

## EDITORIAL

¿Qué se debe a España? Desde hace siglos, desde hace cuatro, desde hace seis, ¿Qué ha hecho por Europa? Estas palabras, referidas a nuestra contribución a la ciencia, fueron escritas hace algo más de dos siglos por el francés Nicolas Masson de Morvilliers en la *Encyclopédie Methodique* y qué decir tiene que han dolido y duelen. En este momento en que finaliza el semestre español de presidencia de la Unión Europea suenan, cuanto menos, a sarcasmo. Sin embargo, fue con ellas como surge en toda su crudeza la bien conocida polémica de la ciencia española que, con independencia de la profundidad y validez de los argumentos, sirvió a nuestros ilustrados para motivar tantos cambios y reformas. Tener que leer en la España de Carlos III, donde y cuando se está llevando a cabo un ambicioso programa de construcción nacional, aquello de "... la debilidad de su gobierno, la Inquisición, los frailes, el perezoso orgullo de sus habitantes..." no debió resultar fácil y, por fuerza, tuvo que provocar apasionadas reacciones.

Hoy, en el seno de la Unión Europea, nuestra sociedad invierte en I+D, dedicando en los presupuestos nacionales sumas crecientes a este capítulo. Más aún, se buscan fórmulas racionales para aproximar nuestros modos de hacer en ciencia y tecnología a los patrones más exitosos de nuestro entorno. Converger en este tema con Europa se ha convertido en prioridad de gobierno. Existe un convencimiento de que aquello era cierto, de que aún no se ha salido de un secular atraso científico, y de que un brillante futuro económico pasa necesariamente por terminar con este atraso. Y se está consiguiendo. El camino que va desde los pensionados en el extranjero por la Junta de Ampliación de Estudios al programa Ramón y Cajal abarca un siglo, pero sobre todo, es ejemplo de una transformación sin precedentes. En los últimos veinte años hemos asistido a la formalización, con la Ley de la Ciencia, del Sistema Español de Ciencia y Tecnología, a la sucesión de luces y sombras de los planes nacionales de investigación, a la definición de objetivos sectoriales, el incremento de las plantillas, etc. Incluso la existencia de una Agencia de Evaluación y Prospectiva cuyas herramientas son – deben serlo – los criterios científicos. Finalmente el agrupamiento de muchos de estos esfuerzos en un Ministerio de Ciencia y Tecnología, que quizá resulte incompleto y sesgado por la ausencia de la universidad y de la industria.

Lo que hoy cuenta es para qué progresa la ciencia: para crear riqueza. Tal creencia es al menos la que el legislador y el gobernante transmiten con sus hechos. La ciencia, la actividad científica, el gravoso capítulo de la I + D, se justifican en función de los retornos que producen. Siendo esto cierto, el problema es que no se está de acuerdo en qué se entiende por "retorno". Es bueno recordar que, casi sin excepciones, la falta de acuerdo se dio siempre y en todo lugar. También hay que indicar expresamente la bondad del criterio: generar riqueza, que así formulado suena como el mejor de los posibles. Sin embargo, las discusiones del concepto de retorno muestran la falta de unanimidad sobre el qué, cómo y para qué del quehacer científico. El efecto del desacuerdo sobre un sistema de I + D en estado naciente como el nuestro, puede ser demoledor.

Es frecuente una postura que reduce la controversia explicándola en función de las tensiones naturales que se dan entre la ciencia básica y la aplicada. Conviene tomar distancia en la esperanza de poder abarcar mejor la amplitud y profundidad de lo que se discute. En efecto, con la revolución científica del XVII se formularon dos concepciones del quehacer científico, que siempre se entendieron como complementos perfectos una de la otra y cuyos ecos lejanos se malinterpretaron en alguna periferia en términos de básico frente a aplicado a que nos referíamos antes.

El significado de lo que se ha dado en llamar programa de investigación newtoniano, aparece recogido explícitamente en diversos fragmentos a través de la obra de Newton. Por su parte, Max Planck, padre de la física cuántica, lo define con toda nitidez en su *¿Hacia dónde va la Ciencia?* como "El completo dominio (intelectual) del mundo de las sensaciones," mundo que hoy extenderíamos sin pudor a lo que coloquialmente se conoce como "infinitamente grande e infinitamente pequeño," es decir, desde lo subatómico al universo entero. El programa propone, por tanto, una gigantesca aventura intelectual, la del conocimiento, y se presenta como válido y justificado por sí mismo. La magnitud de la empresa, su relevancia, su misma capacidad transformadora, pulverizan los por qué y los para qué. Se hace evidente "su peligro," razón de peso y una de las causas de nuestro atraso en matemáticas, física y ciencias en general. Feijoo señalaba "la preocupación que reina en Espa-



CARBUEROS  
METALICOS

*¡Eureka!*

Cada vez que obtenemos un nuevo logro, un objetivo, es el fruto del empeño y la determinación de personas con espíritu innovador trabajando en equipo para superar los mayores desafíos.

Tras más de un siglo dedicados a suministrar gases y a afrontar retos, en Carbueros Metálicos hemos hecho una ciencia de la creación de soluciones. En investigación, refinería, electrónica, medio ambiente, alimentación, medicina o cualquier otro sector se nos conoce como verdaderos expertos en el suministro de productos clave. El profundo entendimiento que tenemos del negocio de nuestros clientes nos convierte en incomparables aliados.

Cada nuevo avance nos regala el entusiasmo del momento en el que se produce. Pero también nos aporta una recompensa mucho más duradera: aumenta nuestros conocimientos, enriquece nuestra experiencia y alimenta nuestra *pasión por innovar*.

*Porque en Carbueros Metálicos **innovamos para tu futuro**.*

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

ña frente a toda novedad" ;Qué cambio! Hoy lo único peligroso es que el resultado pueda no estar a la altura de su potencial productivo.

La otra concepción complementaria se articula a través del programa de investigación definido por Francis Bacon en su *Nova Atlantis* de 1627. Frente al ideal del conocimiento el ideal del poder. Se trata ahora de "El ensanchamiento de los límites del imperio humano de forma que actúe sobre todas las cosas posibles." Es la ciencia útil, tan anhelada en España por el poder político y que, sin embargo, brillaba por su ausencia en nuestras universidades. La llamada Paradoja Europea (que tanto preocupa a los políticos de la UE y tan poco a sus ciudadanos) se podría definir como la excelencia de Europa en lo newtoniano frente a su mediocridad en lo baconiano. Hay que apresurarse a decir que el fenómeno es relativo, tomando los EEUUA como referente, y que aparece en el último medio siglo. La paradoja se manifiesta en España con crudeza, pues sin llegar a excelsos en lo primero, nos encontramos en el vagón de cola europeo en lo segundo.

Actualmente se reconoce la existencia de una tercera vía a la investigación que ha sido bautizada por Gerald Holton como el programa de investigación jeffersoniano, en honor de Thomas Jefferson, segundo presidente de los Estados Unidos de América que envió en 1803 a Lewis y Clark a explorar el río Missouri. La idea del programa es en palabras de Holton "Poner el centro de la investigación en una zona de ignorancia científica básica situada en el corazón de un problema social." Dejando a un lado lo enrevesado de la definición y su factibilidad, el programa se basa en el reconocimiento de que los problemas y dificultades a gran escala con que nos tropezamos en la actualidad, no son fruto del progreso científico (como a veces se dice), sino de la carencia de los conocimientos científicos necesarios en el área específica de que se trate. El programa se presenta con un doble objetivo: "La libertad y felicidad del hombre." El caso del SIDA es paradigmático y se basta y sobra para explicar el interés de la propuesta de Holton. La reciente reunión de la FAO donde quedó claro que habiendo alimentos para todos, no todos pueden costárselos, parecía pedir a gritos un programa de este tipo, que encauzase un mínimo de solidaridad y decencia por parte de la comunidad internacional, algo que finalmente no se dio. En cambio, en la historia española encontramos un caso claro del método jeffersoniano, cuando la monarquía española propició la investigación sobre la naturaleza de los amerindios y sus derechos frente a la conquista y colonización españolas, a raíz de la denuncia de Bartolomé de las Casas. Que fue una verdadera investigación lo demuestra el hecho que de ella naciera el Derecho de Gentes.

Las tres concepciones de la Ciencia que acabamos de mencionar y su índole mutuamente complementaria parecen conformar tres proyecciones finalísticas en la legitimación del menester científico. La primera, la de Newton y de Planck, se afianza en lo cognitivo como valor en cierto modo absoluto y que no necesita justificación. Lo que en modo alguno implica descono-

cimiento ni descuido del interés fungible o pragmático del conocimiento. La segunda, la de Bacon, apunta al conocimiento de la realidad para su dominio y manipulación, y ello en manera tal que una pesquisa científica llega a su natural acabamiento cuando produce un bien nuevo, provechoso y tangible. La tercera, la jeffersoniana, da a la aventura del conocimiento un acusado mesianismo social y combina el conocimiento de la realidad con la investigación de las condiciones de vida de un grupo social o de la Sociedad en general. Trasciende, por tanto, a la distinción entre ciencia básica y ciencia aplicada, porque las incluye a ambas.

Pues bien, si examinamos la concepción del menester científico vigente en los medios del poder político y de Gobierno nos encontramos también con una triple parcelación: Investigación, Desarrollo e Innovación. Bien entendido que la Investigación iría en la línea de Newton - Planck. El Desarrollo estaría más vinculado a Bacon. ¿Y la innovación? ¿Qué es la Innovación? ¿Con qué derecho se inserta en ese tríptico o trípode, como si fuera una pata más o una cara más de un mismo poliedro? Hay mucha innovación que nada tiene que ver ni con la ciencia básica, ni con la ciencia aplicada, sino que es una pura cuestión de diseño para un mejor reparto de espacios y de pesos, una mayor facilidad de uso o hasta un envoltorio más sugestivo. Lo que altera favorablemente los ritmos de venta, eso es innovación, porque lo que se busca es lisa y llanamente un asunto de aumentos de renta y de puestos de trabajo. Y siendo eso así, la importancia del científico es aparentemente muy relativa. Importantes empresas de innovación operan con técnicos de grado medio, con maestros y oficiales de formación profesional, o con ingeniosos y creativos modelizadores dotados de ese talento que hace de los españoles frecuentes ganadores en el Salón de la Invención de Ginebra.

Lo malo del asunto no es que el tríptico Investigación-Desarrollo-Innovación sea falso como expresión de las diferentes fases de un proceso, sino que la Innovación ha cobrado un protagonismo tal que, en las proclamaciones programáticas del poder político - incluida la más alta magistratura del Estado - y por supuesto también del poder económico, la Investigación y el Desarrollo han pasado a tener un carácter ancilar y subordinado con respecto a la Innovación. No sólo se supone que se debe investigar para vender más y para aumentar los puestos de trabajo, sino que tal causalidad finalística se toma como exclusiva. Los países más desarrollados de nuestro entorno consideran la Ciencia como la base de su pujanza económica presente y sobretodo futura, y nadie en España medianamente educado osa poner en cuestión tal afirmación, pero, cuando se habla de Ciencia, los más avisados entienden que debe entenderse primordialmente como tal la Innovación. Innovación: he ahí la cuestión.

Y la verdadera cuestión, la urgente cuestión que debe acompañar a los términos Investigación y Desarrollo, si queremos hacer Ciencia como los países desarrollados, es el aumento de la masa crítica del personal científico. El verdadero tríptico ex-

presivo de los desiderata a este respecto debe ser: Investigación-Desarrollo-Masa crítica.

Esta idea debe contribuir a tranquilizar a muy altos responsables políticos de nuestra Ciencia que han observado, no sin cierta estupefacción, que el fruto profesional del primer año de funcionamiento de los contratos Ramón y Cajal han sido cien empleos como científicos. Es decir, que el primer quinquenio del plan Ramón y Cajal dará como resultado: quinientos empleos de científico y mil quinientos de parados perfectamente formados. Tranquilícense nuestros responsables políticos. Esos mil quinientos científicos, si están perfectamente formados, deben ser absorbidos por la propia Administración si no encuentran otros caminos. Porque la plantilla de investigadores de España, debe al menos duplicarse, si queremos comparecer dignamente ante las naciones desarrolladas de nuestro entorno y establecer con ellas relaciones en pie de igualdad y provecho mutuo.

Por otra parte, la capacidad de absorción privada de personal científico tiene mucho que ver con el nivel de cultura científica de la sociedad española en general. El sistema Ciencia-Tecnología español no puede mantenerse de sí mismo o por sí mismo en el seno de una sociedad subdesarrollada en cuanto a cultura científica. Si todavía fuéramos, como dijo Mas-

son de Morvilliers, *“quizá la nación más ignorante de Europa”*, sería imposible tener Ciencia propia y no sólo por la falta de terreno abonado para que surgiera. Aunque cayeran llovidos del Cielo una pléyade de científicos eminentes, una tal nación ni sabría ni consideraría relevante utilizarlos. De manera que el tríptico de la Ciencia podría formularse también como Investigación-Desarrollo-Enseñanza. Es toda la Sociedad española la que debe ser preparada para formar parte de la “sociedad del conocimiento”. Y sólo en el caso de que los tres términos del tríptico interactúen al mismo nivel sería posible el avance de los tres. Desgraciadamente el nivel de la educación matemática, por poner un ejemplo, presenta en España caracteres extremadamente alarmantes. Y no son sólo las matemáticas las que muestran tan lamentable precariedad.

Por suerte, la Ciencia tiene ante sí un frente mucho más rico, prometedor y rentable que el de la producción de objetos venales, con todo y ser esto último un empeño digno de importante atención. No se trata sólo de la investigación jeffersoniana sobre la propia Sociedad y sus condiciones de vida (salud, habitación, ecología, demografía, educación, cohesión social, etc. etc.) con amplias repercusiones económicas y de bienestar, sino que la propia Innovación encontrará salidas mucho más espectaculares cuando se trate de vender inventos radicalmente nuevos y, por tanto, de base científica. ■

## Al nuevo ministro Josep Piqué Saludo y bienvenida (10-7-2002)

La Asociación Española de Científicos saluda con esperanza al nuevo Ministro de Ciencia y Tecnología, y se ofrece a su entera disposición. Esperamos que su presencia al frente de este departamento habrá de contribuir sustancialmente a su consolidación funcional y a su enderezamiento hacia más certeros derroteros, porque muy presumiblemente fue Piqué el principal inspirador de su existencia y es también de presumir que dedicará a ésta su nueva labor ministerial amor de criatura propia.

La prestancia personal y política del nuevo titular, así como su espíritu moderno, constructivo y dialogante nos permite adelantar los mejores augurios para su nuevo desempeño. Cuando oímos la noticia de su nombramiento, pensamos de inmediato que empezaban a ser verdad aquellos calificativos de “ministerio estrella” o de “buque insignia del Gobierno”, con los que se saludó oficiosamente la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Fue esta expectativa la que movió a la minoría catalana a solicitar la presidencia de la Comisión de Ciencia y Tecnología del Congreso.

Pero tan grata noticia se vió pronto desvirtuada ante el rumor de que la titularidad de Piqué en este Ministerio se con-

cibe como provisional, con final posible en las próximos comicios catalanes, en todo caso, no más allá de las elecciones generales.

Claro que ningún ministro pensable puede tener garantizada su presencia más allá del fin de una legislatura, pero el Gobierno actual, que confía no imprudentemente en repetir su triunfo electoral, habría podido escoger un ministro que perviviera en la siguiente legislatura. Hay mucho qué hacer en el Ministerio de Ciencia y Tecnología, mucho qué pensar y, por desgracia, mucho qué enderezar. ¿Podrá hacerlo Piqué en dos años, si llega hasta el final de la legislatura? ¿Qué podrá hacer en un año, si se le envía de candidato a las elecciones catalanas? ¿Cuánto caudal de atención y de ilusión podrá dedicar a su nuevo ministerio cuando tiene en ciernes una cita tan complicada?

Nada más lejos de nuestro ánimo que la pretensión de implicarnos en los avatares de la política, pero quisiéramos llamar la atención del Gobierno sobre el interés sumo que tiene para nosotros el que Piqué esté al menos dos años, al frente del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Dos años bien aprovechados, con ilusión y dedicación, de persona tan adornada de buenas cualidades, y que es además el “padre de la criatura”, pueden suponer un golpe de timón decisivo que facilite la obra de acertados continuadores. ■

**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

Que inventen ellos	6	Fiscalidad pura vs. Fiscalidad aplicada	30
<b>Empresas españolas en el Programa Galileo</b>		Una introducción al mundo de la información científica, académica y empresarial en Medio Ambiente	36
(I) Estrategia europea en los sistemas de posicionamiento y navegación por satélite. Los programas Egnos y Galileo	9		
(II) El Programa GALILEO	14	La enfermedad de Alzheimer: bases moleculares y aproximaciones terapéuticas	39
La enseñanza de la ciencia en España y en Europa	22	Placas de honor de la Asociación	43
Olimpiadas científicas	27	Libros	46
Hacia una voz de la comunidad científica	29		

# Que inventen ellos

**AUTOR:** ALFREDO TIEMBLO

Traída y llevada como pocas, la postura rotunda que parece sugerir el título de estas líneas se ha esgrimido, no pocas veces, con el valor de la síntesis de una forma de pensar. Verían en ella algunos un punto de vista que reservaría a la Ciencia y a la Tecnología, compañera inseparable de la primera en el lenguaje políticamente correcto del momento, el papel que pueda haber atribuir a un saber de especialistas, las artes útiles de antaño, con poca o ninguna relación con los genuinos problemas existenciales del hombre en los que la imaginación creadora encontraría su más depurada expresión.

Quien así piense, más que una síntesis, establece, a mi modo de ver, una caricatura que, no diré yo ignora, pero sí prescinde de algún que otro contenido de un pensamiento tan complejo como el de Unamuno. Tampoco hace falta rebuscar mucho, pues por citar sólo uno de ellos, merece la pena traer aquí un artículo que cuadra bastante mejor a este viejo debate de la Ciencia y España.

Me refiero al que inspirado en tierras americanas titula don Miguel "La imaginación en Cochabamba" y me parece oportuno hacerlo así ya que hace bastante tiempo que Cochabamba nos viene quedando cerca. Para no alargar más la cita reproduzco literalmente: "Para descubrir las leyes de Newton para inventar la máquina de vapor o el taller mecánico, hace falta enormemente más imaginación y no sólo Ciencia ni paciencia...", sigue el texto aludiendo a las que él llama oquedades fonográficas, instaladas en nuestra cultura con carácter epidémico, para concluir con un dictamen no por categórico menos cierto y actual. "Si no tenemos ni filosofía ni ciencia propias es por no tener imaginación suficiente para hacerlas".

Yo me quedo con este Unamuno, por cuanto una cosa es que don Miguel, en algún abundamiento de los que le eran propios, llamase "pincha-ranas" a algún biólogo cuando sacaba los pies del tiesto y otra, bien distinta, que no percibiera con toda claridad el formidable papel histórico y cultural que la Ciencia estaba generando en el campo del pensamiento a secas, es decir sin apellidos.

De la Ciencia se ha dicho casi todo y por tanto, como suele en estos casos, queda todavía casi todo por decir. En consecuencia, si uno se anima a seguir escribiendo, tiene donde escoger pero, críticas postmodernas aparte, a mí siempre me ha parecido que la Ciencia constituye el mayor ejercicio de libertad que, hasta ahora, le ha sido dado ejercer a nuestra enigmática especie. Libertad,

siempre problemática, que abona un abundante terreno para la polémica que, al final, termina organizándose en la denuncia del famoso problema del doble uso. La verdad es que el objeto de la Ciencia es el conocimiento y nada más, pues en definitiva el más evidente de los sistemas de doble uso del que tenemos constancia, radica en la tortuosa condición de la conciencia humana depositaria natural del conocimiento y responsable pues última de su destino final.

Tengo además para mí que el día que el mono desnudo se decidió a bajar del ancestral refugio del árbol para tallar la piedra y pintar las paredes, oficio éste por cierto que perdura, se empezó un camino que puede llevarnos a las estrellas o tal vez al desastre, pero en cualquier caso sin marcha atrás. No va a ser menos Ciencia sino más, en todo caso, la que decida al final nuestro futuro.

Las conquistas del conocimiento y las de la libertad han corrido caminos paralelos con acuerdo casi cronológico y quizás este solo hecho baste para entender lo que, en este sentido, viene ocurriendo por acá.

No creo desvelar ningún enigma histórico afirmando que la historia de Europa y la de la construcción de una sociedad civil son términos que se pueden entender como sinónimos. Es muy cierto que España ha dado pasos difíciles de imaginar, hace no mucho, en el proceso de incorporación al ámbito común europeo; pero también lo es que la transición, de la que cabe estar orgullosos por tantos conceptos, sólo estará completa cuando nuestra Sociedad Civil tenga una consistencia comparable a lo que se usa en nuestro viejo continente.

En el fondo la diferencia entre un estado totalitario y otro democrático no viene a ser otra cosa que la presencia o no de una sociedad civil respetada y no invadida por los poderes públicos.

Probablemente este binomio Ciencia-Libertad admitiría reflexiones de mayor cuantía a las que plumas, mejores que la mía, han dedicado ya cumplida atención. Pero no está de más constatar, una vez más, hasta qué punto la geografía de las grandes conquistas sociales y la del desarrollo científico, se superponen con acuerdo casi matemático.

Los países europeos constituyen una especie de anomalía social en la que conviene detenerse. Son en promedio pequeños, superpoblados y con escasos recursos naturales, es decir las condiciones objetivas de la pobreza. Gozan en cambio, de un nivel de vida y asis-

tencia social que tienen muy pocos parangones en el mundo. La solución del enigma es bastante notoria, ha sido y sigue siendo la iniciativa de sus gentes el recurso natural que ha configurado la realidad histórica europea, iniciativa que no es evidentemente otra cosa que el ejercicio de la libertad.

La Ciencia es, casi por definición, la experiencia más nítida de una iniciativa humana que no se detiene ni ante la realidad universal de la propia estructura del Universo. Ciencia, iniciativa y libertad, tres conceptos que casi se implican mutuamente y que van a ser la clave del mundo que nos va a tocar vivir, a menos, naturalmente, que la intransigencia y algunas formas de fanatismo ilustrado, que de todo hay, terminen por prevalecer.

Pero conviene volver a la alusión cochabambina por cuanto tiene de dictamen de insólita nitidez sobre algunos aspectos, nada desdeñables, de nuestro modo de ver las cosas. Aquí el trivium, con su correspondiente retórica, ha merecido siempre más precio que un cuadrivium que incluía juntas la música y las matemáticas, expresión, por otra parte, de una rara lucidez.

Sobre la Ciencia tengo ya oído casi todo, incluso aquello de su "frigidéz axiológica", no se si acusación o halago, pues nunca he llegado a entenderlo. Elementos todos de una opinión subyacente que contrapone el pensamiento científico a una supuesta espontaneidad creativa, que se manifestaría a través esencialmente de la expresión artística y literaria. Abundan, de este modo, en una lectura casi banal de los dos espíritus de Geometría y de finura que, atribuidos arbitrariamente, permiten llegar a no entender ni lo uno ni lo otro.

En alguna Universidad de Verano se me pidió que comentara escuetamente los supuestos desde los que se construye la Ciencia. Supongo que mi interlocutor esperaba algunos comentarios eruditos, aunque breves, sobre el particular. La respuesta más honrada hubiera sido tal vez decir que la Ciencia, como cualquier otra cosa, se construye como se puede, es decir, para emplear los términos del Siglo de Oro, de muchos modos e maneras. No obstante para escoger una idea clara y distinta, como quería Descartes, atribuí el origen del pensamiento científico, con muy pocas dudas por mi parte, al brillante ejercicio de la imaginación.

No existe, imaginación menos contaminada que la del niño en sus primeras etapas; a pocos de ellos he oído interesarse por la voz perifrástica o las instituciones socio-políticas, eso vendrá mas tarde, sí en cambio por el fascinante espectáculo del Universo que le rodea. Por eso, detrás de cada cuento infantil alienta algún mito cosmológico. La Ciencia es, en buena medida, heredera de esa curiosidad primordial y de esa desbordante imagi-

nación que no quiere detenerse ante la ingente tarea histórica que supone comprender un Universo por tantas razones enigmático y provocador.

Pero es que además, en el proceso de la creación científica concurren los mismos elementos que en los de la creación en cualquier otro campo. Sabemos, hoy día, que la realidad viene determinada por la presencia de cuatro interacciones fundamentales. Una vez conocidas y caracterizadas, el programa podría considerarse estrictamente concluido. Y sin embargo no hay físico que no sueñe, he dicho "sueñe", con unificar todas ellas en una sola interacción universal para conseguir, de este modo, un Universo simple e incluso bello. Un programa de Unificación que adquiere así el valor de los mitos clásicos impregnado asimismo de las reminiscencias "casi alquímicas" de la Teoría Total. Sin duda, estas ideas no hacen otra cosa que ampliar, en lenguaje de hoy, el número de los mitos, pues dejadme que insista. ¿Dónde radica la necesidad de una teoría única?. La respuesta a esta pregunta está más en un innato sentido de la estética que en algún prejuicio de carácter lógico.

Dicho esto, no obstante, es preciso hacer notar que nuestras ideas sobre el régimen dinámico de los instantes primordiales del Universo, insinúan que bien pudiera ser ésta la situación y en este punto hay que apelar a lo que todos entendemos por historia, pues fuera lo que fuese lo que ocurriera en ese oscuro comienzo, acabó por precipitar en un Universo con cuatro interacciones, quizás habría que decir aquí que por ahora, y se trata ciertamente de un hecho histórico fundamental, por cuanto una vez ocurrido ya estaba todo prácticamente decidido y como resulta que, al menos por el momento, no somos capaces de crear Universos en el laboratorio, estamos de hecho, "imaginando" y no otra cosa, qué es lo que pudo ser ese intrigante principio que, por supuesto, es también nuestro origen más genuino.

La presencia ubicua de la Tecnología en la actual estructura productiva, viene también, de algún modo, a contribuir a la creación de lo que, sin duda, son falsas ideas. De este modo la gran justificación de la Ciencia, y en consecuencia de lo que se pueda invertir en ella, es naturalmente que constituye el soporte de la tecnología. Lo cual, como casi todas las banalidades, es trivialmente cierto. Se establece así lo que a mí me gusta llamar la utopía pragmática, es decir hagamos aquella ciencia que sirva precisamente a estos propósitos. Se olvida quien incurre en este pensamiento utópico de que, en rigor, no existe la Ciencia aplicada, si no más bien las aplicaciones de la Ciencia, brillante matización que no puedo atribuir a mi modesto entendimiento. El diagnóstico viene a ser el siguiente: nuestro insuficiente grado de desarrollo tiene su origen en el hecho de que España no se ha interesado en la Tecnología.

Con este equipaje argumental podemos conseguir que la situación siga sin tener remedio o bien, si se pone el suficiente énfasis, que vaya incluso a peor. Probablemente es mucho más cierto que nuestra situación es la que es, no tanto por no haber puesto interés en la tecnología como tal vez por habernos interesado “sólo” en ella. Por ello entender que la tecnología, mucho más que la Ciencia aplicada, es la aplicación de la Ciencia resulta esencial para crear un futuro diferente. En este terreno, como en casi todos, los matices suelen ser las claves de los problemas.

De hecho buena parte de las circunstancias que rodean a la situación del denominado tercer mundo se debe precisamente a esto. Subyuga la tecnología del mundo desarrollado, pero la Ciencia Fundamental se suele considerar prescindible y en algunos casos incluso ideológicamente peligrosa. Nuestro pasado tampoco es ajeno a esta postura.

Es muy cierto que en el mundo de hoy existe, de hecho, una comunidad científica de carácter internacional, concluir de ello que la Ciencia y el conocimiento han llegado a ser, del mismo modo, un patrimonio global no sólo no es legítimo si no que además constituye muchas veces, tal vez siempre, un peligroso espejismo.

En Ciencia hay metrópolis y periferias y en esta disyuntiva la situación de nuestro país es todavía bastante ambigua, pues mientras la geografía y la historia además de la estructura de nuestra sociedad, que estrena una incipiente prosperidad económica, nos colocan en el club de las metrópolis. La realidad de nuestro sistema de Ciencia y Tecnología nos aleja todavía de este puesto de privilegio.

No se trata de discutir todo lo que en este terreno se ha avanzado, aunque habría bastante que hablar sobre a quien cabe atribuir el protagonismo del proceso. Lo que conviene es reflexionar sobre las características peculiares de nuestra situación actual. En este punto se incurre en el riesgo de empezar de hecho otro artículo. Para huir de ello, es preciso moderarse y recurrir a esa triste característica de nuestra cultura actual que obliga a defender lo evidente. Pues lo evidente es, sin duda alguna, que nuestra comunidad científica tiene todavía dimensiones que la definen como una anomalía dentro de lo que llamamos, con propiedad, el contexto europeo.

No obstante, el ritmo de crecimiento de puestos de trabajo en este terreno parece aceptar esta situación como una fatalidad histórica irreparable. No sólo parece además insinuarse que a esta escasa dimensión, muy lejos todavía de la que podríamos considerar crítica, vamos a añadir factores de precariedad en el empleo que parecen ignorar que la consolidación de un movimiento científico propio, como la misma creación científica,

son más el fruto de ciertas formas de sosiego y persistencia que de ninguna teoría de la desazón.

La alusión a una dimensión crítica, lejos de ser gratuita, afecta a la posibilidad de abordar la etapa necesaria que identifique, en nuestro país, el papel crucial que la capacidad de iniciativa tiene en este orden de cosas.

Perdura todavía entre nosotros, en lo que a la Ciencia se refiere, una considerable dependencia exterior asociada en muy buena medida a esa escasa dimensión crítica que no terminamos de querer alcanzar y que determina que en muchos casos no pasemos de lo puramente testimonial.

A este respecto me viene a la memoria una anécdota atribuida también a Unamuno para la que cabría aquello de *se non e vero, e ben trovato*. Cuentan que don Miguel compartía con otros cuatro miembros la responsabilidad de decidir la oposición para un puesto de profesor de sánscrito. Fácil es deducir que el concurso contaba con un solo candidato que una vez superadas las primeras frases afrontaba la lectura y traducción de un texto en la lengua sagrada de la India. El trance estaría por concluir una buena mitad cuando don Miguel empezó a reír, circunstancia ante la que el aspirante no pudo evitar un ligero reproche. Unamuno se disculpó diciéndole que podía creer que en España hubiera una persona que entendiera el sánscrito pero que dudaba que hubiera cinco para constituir un tribunal. Bromas aparte, la historia mantiene todavía una cierta vigencia entre nosotros, por ello si se me permite decirlo abruptamente, la línea maestra de una política científica que quiera entender la situación debería ser aquella que reconozca que hay que hacer “más y más deprisa”. Un colega y excelente amigo suele aquí aludir a Alicia en el País de las Maravillas, quien tenía que correr mucho sólo para seguir en el mismo sitio.

Nuestro movimiento científico se organiza todavía a través de grupos de trabajo, que haciendo, sin duda, Ciencia de calidad, mantienen, inevitablemente, en muchos casos, una relación casi umbilical con grupos matrices exteriores, en los que con frecuencia se formaron inicialmente. Ciencia bajo licencia, algo así como el Seat de la era Fiat. Etapa ésta sin duda necesaria y que asimismo ha dado frutos muy estimables, pero que, en cualquier caso, ha llegado la hora de superar, ya que en Ciencia el que no lleva la iniciativa, no nos engañemos, no lleva gran cosa.

Del mismo modo, participar en un gran proyecto internacional no es pagar una cuota, aunque pueda ser una inversión juiciosa e incluso rentable. Aparte del dinero, que además de no estorbar nunca es siempre bien recibido, hay que aportar ideas, o en otros términos, llevar al menos una parte de la iniciativa; que inventemos nosotros también, pues de lo contrario lo van a seguir haciendo ellos. ■

## EMPRESAS ESPAÑOLAS EN EL PROGRAMA GALILEO

# (I) Estrategia europea en los sistemas de posicionamiento y navegación por satélite. Los programas Egnos y Galileo

**AUTORES:** JORGE DEZA  
*Director Departamento de Telecomunicaciones. SENER*  
 SANTIAGO HERNÁNDEZ ARIÑO  
*Director del Programa Galileo. SENER*

Por iniciativa de diversas instituciones, Europa ha decidido contribuir al sistema GNSS (Global Navigation Satellite System) y hacerlo en dos fases. La primera se conoce como EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) y está en avanzado estado de desarrollo. Consiste en un sistema que, utilizando las señales del GPS estadounidense y, tal vez, del GLONASS ruso, persigue obtener las mejoras en precisión, integridad, disponibilidad y continuidad necesarias para su aplicación a la navegación aérea así como a cualquier otro vehículo, siguiendo un criterio multimodal. La segunda fase, conocida como GALILEO, ha sido recientemente aprobada y proyecta construir un sistema independiente del GPS, con constelación propia y bajo control civil de la UE.

### SABER DÓNDE ESTAMOS

Para poder desplazarse de un lugar a otro, el hombre ha necesitado, desde los tiempos más remotos, conocer dos cosas: su posición y la dirección a seguir para alcanzar el lugar de destino. Al principio, el reconocimiento del terreno o de la costa era el procedimiento utilizado. Enseguida se hizo necesario buscar métodos basados en conceptos distintos, sobre todo para viajes largos o a través del mar sin avistamiento de la costa. Mucho antes del nacimiento de Cristo ya se utilizaban el sol y las estrellas. Mediante los cuadrantes, sextantes, ballestillas y astrolabios, los navegantes utilizaban el sol en su cenit y la polar para determinar su latitud.

Las primeras referencias escritas sobre la utilización de la brújula (o "aguja de marear" como se le llamaba en el castellano de la época) datan del siglo XII d. C. Este sencillo dispositivo supuso un gran avance, permitía estimar el rumbo en todo momento sin observar el cielo y facilitó los viajes transoceánicos.

La determinación de la longitud estaba unida a la precisión del reloj que se utilizase. Salvo los prolijos mé-

todos basados en la observación de sucesos astronómicos, hasta el siglo XVIII no se obtuvieron cronómetros suficientemente precisos que redujeran el error tras varios días de navegación a límites razonables.

La invención de la radio por Marconi en 1895 dio paso a los sistemas de radionavegación, utilizados ya en la primera guerra mundial y que fueron creciendo hasta llegar a la multitud de sistemas basados en radiocomunicaciones terrenales: OMEGA, TACAN, LORAN, VOR, etc., hasta los locales ILS y MLS, sin olvidar la importancia del radar.

Finalmente, los sistemas hoy disponibles basados en satélites -GPS y GLONASS- presentan unas características muy ventajosas en cobertura, precisión e incluso coste y permiten apostar a que la siguiente generación batirá en toda regla a todos los sistemas de navegación conocidos.

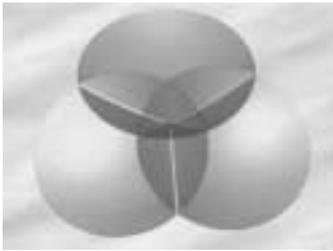
Se cierra así, por el momento, un ciclo en la historia de la navegación de la humanidad por el planeta Tierra: empezó mirando al cielo utilizando las estrellas como referencia y hoy vuelve a mirar al cielo utilizando los satélites.

### LOS SISTEMAS BASADOS

#### EN SATÉLITES

Conviene precisar que, en este campo, la palabra navegar tiene la acepción de saber la posición. En sentido amplio, la función navegación proporciona los valores de posición y velocidad (tanto lineales como angulares) del móvil, respecto de un sistema de referencia previamente definido.

Un sistema de navegación por satélite se funda en los mismos algoritmos que la vieja triangulación de los agrimensores egipcios: conocer las distancias a determinados puntos del lugar que se quiere referenciar. La versión moderna del problema exige la existencia de una constelación de satélites, de los que, en cada instante, se conoce su posición. Es posible saber lo que tarda una señal electromagnética emitida por un satélite en llegar al receptor. Por otro lado, la velocidad de propagación de



la señal es conocida, luego se puede calcular la distancia entre el receptor y el satélite. Si los relojes de los satélites y del receptor estuvieran sincronizados, sabiendo la distancia entre el móvil y tres satélites

cualesquiera a la vista, estaría resuelto el problema de triangulación. No obstante esto es algo más complicado y aparecen desde el primer momento tres de los problemas del sistema: la sincronización, los errores en la propagación de la señal y la calidad del conocimiento de la posición de los satélites.

El problema de la sincronización se resuelve calculando la distancia a un cuarto satélite, o sea, utilizando una ecuación más que permite obtener el error de cero (offset) entre el reloj del receptor (barato) y los relojes atómicos (caros) instalados a bordo de los satélites. Los errores debidos a la velocidad de propagación (errores tropo-ionosférico) se pueden estimar y corregir con diversas técnicas: utilización de distintas (dos al menos) portadoras que tienen retardos diferentes, o sabiendo la posición, por otros medios, de un punto conocido y viendo las diferencias (método diferencial, aunque esta técnica también corrige otros errores) o, mucho más sencillamente, basándose en modelos físicos que proporcionan una aproximación más rudimentaria.

Hay que añadir, en esta descripción rápida y general, que los sistemas de navegación por satélite proporcionan además una base de tiempo de extraordinaria calidad, disponible en todo momento en cualquier punto del mundo, lo que permite su utilización en aplicaciones que requieran sincronización o donde sea fundamental una base de tiempos precisa y estable.

### ESTRATEGIA EUROPEA

La existencia del GPS norteamericano, y en menor medida el GLONASS ruso, siempre supuso para los Estados europeos una toma de conciencia de su debilidad estratégica y tecnológica en este campo.

Mediados los años ochenta, la Agencia Espacial Europea (ESA) da carpetazo a sus propias ilusiones de desarrollar un sistema propio de navegación por satélite, en el que había empezado a trabajar, conocido como NAVSAT. La ESA prosigue su desigual batalla preparando a la industria europea mediante pequeños contratos tecnológicos, sin recursos para lanzarse por el momento al sueño de desarrollar y desplegar una constelación propia. No obstante, la idea y la necesidad estaban ya presentes en muchas mentes de la Unión Europea, que se iba perfilando, cada vez con mayor claridad, una potencia mundial.

El principio de los noventa supuso un paso intermedio en la forma de una aproximación menos ambiciosa, que se concreta con la creación del Grupo Tripartito (UE, ESA y Eurocontrol) en el año 1994, para poner en marcha lo que se conocerá más tarde como EGNOS que, aprovechándose de la existencia de una señal GPS libre (Standard Positioning Service), intenta mejorar las prestaciones ofrecidas, sobre todo introduciendo lo que se llama el canal de integridad.

EGNOS supone también la respuesta competitiva europea al desarrollo del Wide Area Augmentation Service (WAAS) en EEUU –destinado al área geográfica de América- y del MSAS en Japón –destinado a Asia-. Así, Europa desarrolla y fabrica su propio sistema, interoperable con WAAS y MSAS. En 2002 está prevista la entrada parcial en servicio del WAAS y en 2008 del MSAS.

Aunque EGNOS es una pieza clave por lo que supone de experiencia en un sistema de navegación, la Unión Europea vuelve con el cambio de siglo (cada década parece resurgir el interés) a lo que es realmente un sistema europeo autónomo de navegación satélite, que se bautiza con el nombre de GALILEO.

Por fin parece que Europa se agrupa uniendo para este proyecto su Institución política, la Comisión Europea (CE) y su Agencia Espacial (ESA). Ambas organizaciones acuerdan lanzar el programa de forma preliminar en 1999, a través de resoluciones aprobadas al más alto nivel. Durante 2000 y 2001 se realizan estudios básicos de viabilidad y definición, para que finalmente el 5 de abril de 2001, la Comisión de Transportes de la UE, apruebe (con algunas acciones que habrán de ser cumplimentadas antes de fin de 2001) la fase de desarrollo del programa GALILEO, que comenzará en 2002.

### EL PROGRAMA EGNOS

El programa EGNOS consiste en desarrollar un complejo sistema para complementar las señales ya existentes y disponibles de GPS y, en su caso GLONASS, de forma que se puedan cumplir requisitos de usuario muy exigentes no sólo en cuanto a precisión sino también desde el punto de vista de seguridad, como los que solicita la aviación civil. Y además, se tiene igualmente en cuenta que otros usuarios menos exigentes puedan beneficiarse de sus mejores prestaciones, por lo que tendrá un impacto indudable también en el transporte por tierra y por mar.

El programa EGNOS se propone mejorar los siguientes parámetros:

- Precisión
- Integridad
- Disponibilidad del servicio
- Continuidad del servicio

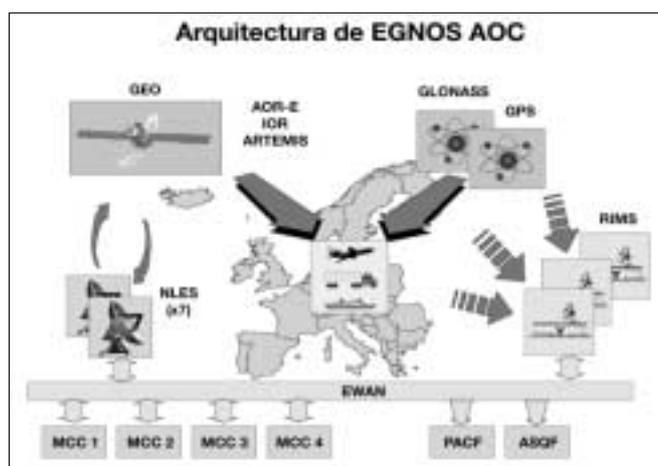
	GPS-RECEIVER	GPS/EGNOS RECEIVER
Accuracy	20 m (*)	7,7 m vertical 4 m horizontal
Availability	58-97% (RAIM)	99%-99.999%
Integrity Time to Alert	RAIM only Not specified	Raim + EGNOS Integrity Channel better than 6 sec
Continuity	1/10000 hours	1/10 000 000 hours
Timing (UTC)	300 nsec	10 nsec

(\*) Precisión sin error intencionado (SA). Con SA activo típico, pasa a 100 m.

Los principales requisitos de EGNOS se incluyen en el cuadro adjunto. La precisión debe llegar hasta los 4 metros en horizontal. La integridad, o capacidad del sistema de ofrecer una comprobación independiente de la validez y precisión de la señal de cada satélite, debe proporcionar tiempos de alerta mejores que 6 segundos y el servicio debe estar disponible, al menos, el 99% del tiempo.

Los sistemas GPS y GLONASS tienen las limitaciones inherentes a estar controlados por los gobiernos de Estados Unidos y Rusia y con aplicaciones militares prioritarias, en vez de estar bajo control de un organismo civil internacional. En estos aspectos, EGNOS introduce algunas mejoras: por ejemplo, reduce el error ("selective availability" o SA) que intencionadamente se introducía hasta hace poco tiempo en la señal GPS disponible para usuarios civiles.

Resumiendo un sistema muy complejo, el EGNOS desarrolla tres funciones de mejora principales: de medida de distancia, de integridad y de corrección diferencial de área amplia. Esto se lleva a cabo mediante los elementos de la figura. Se refuerza la constelación GPS y GLONASS con cargas de pago en tres satélites GEO, dos de Inmarsat y el Artemis de ESA, que simulan satélites GPS adicionales y además difunden las señales de corrección y de integridad a los receptores de los usuarios. Se dispone una red de estaciones de tierra (RIMS) que re-



ciben las señales de los satélites GPS/GLONASS y las envían, mediante la red de telecomunicaciones EWAN, a los Centros Principales de Control (MCC) donde se calculan las correcciones para mejorar la precisión así como establecer la integridad. Las estaciones terrenas NLES generan las señales y las envían a los satélites GEO.

Ya está disponible la señal EGNOS pre-operacional (ESTB), con los objetivos de probar el propio sistema y demostrarlo a los usuarios potenciales. Para el año 2004 está previsto que EGNOS entre en servicio en fase operativa avanzada (AOC), mejorándose posteriormente en términos de disponibilidad y continuidad hasta llegar a la capacidad operativa total (FOC).

### EL PROGRAMA GALILEO

Galileo se define como un programa europeo, civil, independiente, de cobertura mundial e interoperable con el GPS norteamericano. Proporcionará distintos servicios de navegación, desde un servicio gratuito, equivalente al existente con GPS, hasta servicios tarificables de acceso controlado y prestaciones garantizadas y, finalmente, servicios de uso gubernamental.

GALILEO Services	General-Purpose Services	Commercial Services		Public-Utility Services	
Coverage	Gobal	Gobal	Local	Gobal	Local
Accuracy	15 - 30 m (single frequency)	5 - 10 m (dual frequency)	<10 cm 1 m (local augmentation signals)	4 - 6 m (dual frequency)	1 m (local augmentation signals)
Availability	99 %	99 %	99 %	99 - 99,9 %*	99 - 99,9 %*
Integrity	Not generally required	Value-added service		Mandatory requirement	
Alert Limit	-	20 - 45 m	2 - 3 m	<15 m	3 - 5 m
Time to Alert	-	10 seconds	1 second	6 seconds	1 second
Integrity Risk	-	10 <sup>7</sup> /hour	10 <sup>7</sup> /hour	2 x 10 <sup>7</sup> /150 seconds	2 x 10 <sup>7</sup> /150 seconds
Continuity Risk	-	10 <sup>4</sup> /hour	10 <sup>4</sup> /hour	8 x 10 <sup>6</sup> /15 seconds	2 x 10 <sup>6</sup> /15 seconds
Timing Accuracy w.r.t. to UTC/TAI	50 nseconds	<50 nseconds		50 nseconds	
Access Control	Free Open access	Controlled acces of Value-added Data	Controlled acces of Local Correction Data	Controlled acces of Navigation Code and/or Value-added Data	Controlled acces of Local Correction Data
Certification and Service Guarantees	No	Guarantee of service possible		Build for Certification, Guarantee of Service possible	

(\*) Higher availability subject to confirmation.

Galileo incorpora algunas novedades importantes, que le configuran como un auténtico servicio: ofrece un canal de integridad que no posee GPS, y como se ha visto es la aportación fundamental de EGNOS y WAAS. Y servicios de tipo humanitario: servicios de salvamento (SAR); diseminación de datos relacionados con la navegación (datos meteorológicos, información sobre alertas de tráfico y accidentes, etc.).

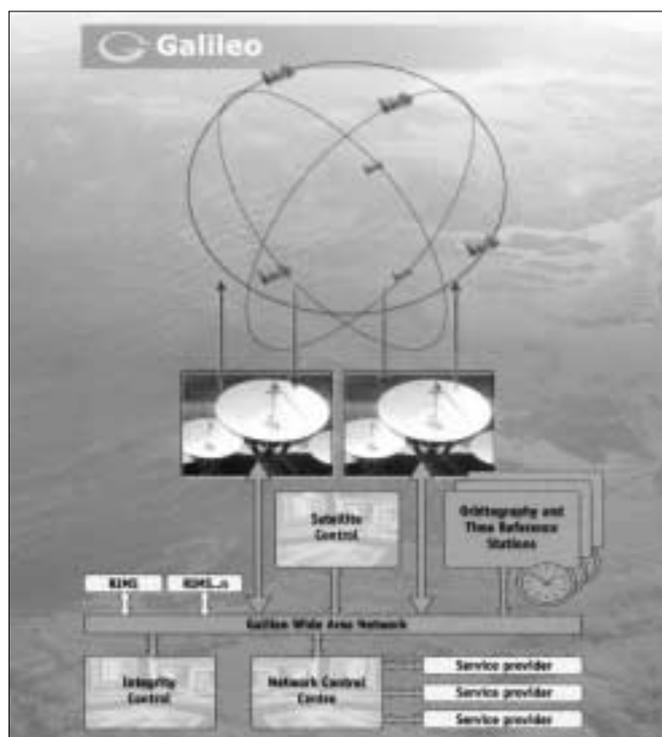
El programa GALILEO es un programa complejo que consiste en:

- Constelación de 30 satélites (27 activos + 3), en tres planos de 56 grados de inclinación y orbitando a 23.616 km de altitud
- Segmento tierra para controlar los satélites, las funciones de navegación, orbitografía, sincronismo, integridad global, enlace ascendente, etc. Los complementos de este segmento a escala regional y local proporcionan las prestaciones más exigentes.

Los equipos principales que cada satélite embarca son: cuatro relojes atómicos (2xH-Maser y 2xRb), la carga de pago de navegación que transmite cuatro portadoras moduladas con los códigos y datos, un transpondedor para SAR y una antena fija que apunta constantemente a la Tierra.

En la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2000 de Estambul (WRC 2000) se reservó espectro para Galileo, en bandas L y C.

El calendario de desarrollo prevé que a finales de 2005 una mini-constelación con 4 satélites estará operativa y garantizará la funcionalidad técnica del programa.



El despliegue total de Galileo será en 2008. A partir de 2005, la infraestructura de EGNOS se integrará en Galileo. Los costes estimados para la puesta en marcha del sistema alcanzan los 3.250 M euros y los de operación hasta 2020 se estiman en 2.640 M euros. Se está en negociaciones para incorporar financiación privada.

Galileo, además de sus aspectos estratégicos, posibilita la creación de un sinnúmero de aplicaciones para la aviación y el transporte en general y el uso de su base de tiempo para múltiples aplicaciones de sincronización. Los estudios de mercado predicen 700 millones de usuarios de Galileo en 2020. Los análisis coste-beneficio estiman beneficios económicos comerciales directos de 62.000 M euros, a los que hay que añadir 12.000 M euros en beneficios para la sociedad (menor duración de viajes, menor contaminación, etc.) hasta el año 2020.

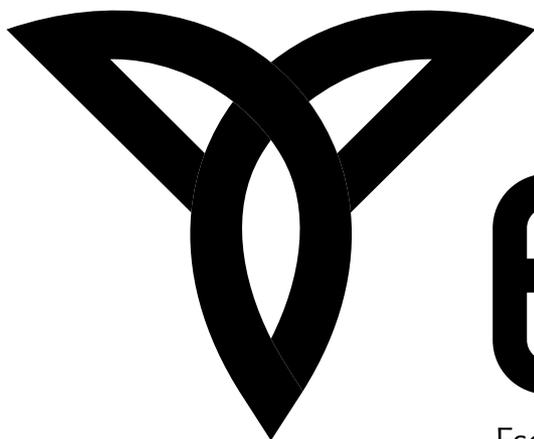
### APORTACIÓN ESPAÑOLA

Es preciso mencionar la importante aportación española en este campo. Las instituciones y la industria están siendo piezas clave en todo este proceso. Entre las primeras destacan los Ministerios de Fomento y de Ciencia y Tecnología a través de la Dirección General de Aviación Civil, el Ente Público Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA) y el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), y que han visto la oportunidad con suficiente anticipación para posicionarse adecuadamente. Hay que mencionar la importante contribución de D<sup>a</sup> Loyola de Palacio al frente de la Comisaría de Transporte de la UE.

En el programa EGNOS, España participa con el 11%, retornando en trabajos para la industria. Uno de los cuatro MCC se instalará en el Centro de Control de Tránsito Aéreo de Madrid y será operado por AENA. Las empresas involucradas en el desarrollo son INDRA, GMV y SENER.

En el programa GALILEO se ha formado una nueva compañía, GALILEO Sistemas y Servicios (GSS) participada por AENA, HISPASAT, INDRA, GMV y SENER (en proceso de adhesión ALCATEL Espacio y EADS-CASA Espacio), con el propósito de dar una respuesta global tanto desde el punto de vista industrial (suministradores de infraestructura de vuelo y tierra), como creadora de servicios de valor añadido al programa. GSS está en negociaciones para formar parte de la compañía en el ámbito europeo que lleve a cabo esta notable empresa técnica.

Hay que añadir la contribución a través del segmento usuario, tanto en el área de equipos terminales como de aplicaciones, de muchas compañías que trabajan en sistemas basados en GPS. Se abre ahora una oportunidad formidable con EGNOS y GALILEO. ■



# eo*i*

Escuela de Negocios

## INFORMACIÓN E INSCRIPCIONES:

- MBA
- MBA Internacional
- MBA Industria y Tecnología.
- MBA e-Business Part Time
- Master en Gestión de Calidad.
- Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental.
- Master en Ingeniería Medioambiental y la Gestión del Agua.
- Master en Organización Jurídica, Económica y Social del Medio Ambiente.
- Master en Energías Renovables y Mercado Energético.
- Master en Gestión de Infraestructuras y Servicios Ambientales.
- Master en Prevención de Riesgos Laborales.
- Curso de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección en la Ingeniería Medioambiental.
- Master en Sistemas de Información ERP.

- MBA Part Time.
- Master en Gestión de Empresa de Ocio.
- Master en Dirección de Marketing y Gestión Comercial.
- Master en Dirección Estratégica de Recursos Humanos.
- Master en Dirección Financiera y Control de Gestión.
- Master Executive en Gestión de Calidad en los Servicios.
- Master Profesional en Ingeniería y Gestión Medioambiental.
- Master Executive e-Business (Modular).

- MBA
- Master en Gestión de Calidad.
- Master en Gestión de Empresas de Ocio.
- Master Profesional en Ingeniería y Gestión Medioambiental.
- Master en Dirección estratégica de Recursos Humanos.
- Master en Gestión Internacional de la Empresa.
- Master en Gestión y Asesoría Fiscal.

- Creación y Consolidación de PYMES

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

Patronato EOI



## EMPRESAS ESPAÑOLAS EN EL PROGRAMA GALILEO

# (II) El Programa GALILEO

**AUTOR:** FRANCISCO GONZÁLEZ AÑÓN  
*Jefe del Programa GALILEO en EADS CASA Espacio*

### 1. INTRODUCCIÓN

Desde la más remota antigüedad, los seres humanos se han hecho dos preguntas básicas en sus movimientos a lo largo de nuestro planeta:

- ¿Dónde nos encontramos?
- ¿Qué dirección debemos de seguir para llegar al punto deseado?

Para responder a estas dos preguntas, el hombre ha desarrollado diversos métodos, asociados en cada caso a los medios de que disponía en la época.

Los diferentes sistemas de navegación desarrollados a lo largo de la historia habría que asociarlos a tres técnicas distintas:

- La Navegación Astronómica
- La Radionavegación basada en el uso de estaciones radioeléctricas terrestres.

Y por último,

- La Navegación por satélite.

### 2. NAVEGACIÓN ASTRONÓMICA

Inicialmente, los navegantes debían de basarse en referencias visibles desde el mar, es decir, tenían que conocer las costas y todos sus detalles: perfil, escollos, etc.

Cuando la costa no era visible, estimaban su rumbo observando el cielo: En nuestras latitudes, el Sol a mediodía, en su máxima elevación sobre el horizonte, definía el sur y, durante la noche la bóveda celeste parecía girar alrededor de una posición próxima a una estrella que hoy en día es la estrella Polar de la constelación de la Osa Menor. Este método de observación del firmamento permitió la *navegación a estima*, donde a partir de un punto conocido de la costa se determinaba la posición en función de la distancia recorrida y del rumbo seguido.

A partir del siglo XII, con el descubrimiento de la *brújula*, la navegación a estima se independizó de la observación del firmamento, permitiendo que las navegaciones se alejaran de las costas.

Sin embargo, los importantes errores propios de la navegación a estima sólo se pudieron reducir a partir de la

determinación de la *Latitud*, entendida como la elevación de la polar sobre el plano del horizonte durante la noche (u observando la elevación máxima del Sol al mediodía). Para esta medida fue fundamental que existiera el astrolabio, con el que Colón midió la latitud de Cuba con un error de 5°.

Ahora bien, nos falta otro dato para posicionarnos sobre la superficie terrestre: la *Longitud*. Esta puede obtenerse por diferencia, en un mismo instante, entre la hora local del observatorio de referencia y la del punto cuya longitud se quiere medir. El procedimiento más obvio es el cronómetro, pero evidentemente los relojes de la antigüedad o no existían o tenían tan poca precisión que hacía inviable el procedimiento. Para poder determinar la longitud en tiempo real era preciso utilizar un evento celeste que fuese observable desde la nave y se pudiese predecir con antelación. Este método fue el usado por Colón en su segundo viaje a América, que midió la hora local de un eclipse de Luna y la comparó con el valor previsto por el observatorio de Nuremberg para dicha ciudad, cometiendo un error de 23° en su estimación.

A partir de 1725, los catálogos detallados de distancias angulares entre la Luna y estrellas zodiacales en función de la hora permitieron determinar la longitud con una precisión de medio grado, equivalente a unas treinta millas sobre el Ecuador. Finalmente, a partir de 1760, los cronómetros consiguieron una precisión tal que permitió la terminación de la longitud con mayor simplicidad, hasta 1923 en que la radio permitió emitir las señales horarias.

### 3. RADIONAVEGACIÓN

Llamamos radionavegación a la determinación de la posición del usuario mediante la utilización de señales radioeléctricas emitidas por estaciones terrestres. Se pueden clasificar dependiendo del principio en que se basan para determinar dicha posición:

- Determinación de la dirección de la que procede una señal enviada por un emisor de posición conocida.
- Determinación del tiempo transcurrido desde la emisión de la señal por un emisor hasta su llegada al receptor, y a partir de ello, hallar la distancia entre ambos.
- Determinación de la diferencia entre los tiempos de llegada de impulsos emitidos simultáneamente por dos estaciones y, a partir de ella, la diferencia de distancias del usuario a las mismas.

Las primeras radiobalizas (Non Directional Beacons NDB's) se instalaron en la costa americana durante la 1ª Guerra Mundial. Emitían una señal de identificación en código Morse, y a miles de millas, los marinos podía determinar su posición tomando como referencia la señal procedente de dos o más estaciones.

Finalizada la 2ª Guerra Mundial, se creó la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) que implantó el VOR (Very High Frequency Omnidirectional Radio Ranging), lo que permite determinar la posición de cualquier aeronave con una precisión de 1°.

A la segunda de las categorías indicadas pertenecen los DME's (Distance Measurement Equipment), en los que una estación de tierra, generalmente asociada en su posición a un VOR, responde a una señal enviada por el avión, quien al recibirla determina la distancia a la misma.

Existen otros sistemas como el Loran (Long Range Aid to Navigation) o el OMEGA, pero en cualquier caso ninguno de ellos permite que las aeronaves puedan seguir rutas directas desde el origen hasta su destino, si no es a través de una aerovía, definida por la localización de los VOR's.

Es evidente que el volumen de tráfico aéreo actual –por mencionar sólo uno de los usuarios de los sistemas de navegación por satélite- requiere nuevos sistemas de localización, con una precisión que los sistemas tradicionales no son capaces de garantizar, sin reducir los niveles de seguridad existentes.

## 4. SISTEMAS DE NAVEGACIÓN

### POR SATELITE

#### 4.1. Sus orígenes

Los sistemas de navegación por satélite aparecen durante los últimos veinte años, y suponen un salto cualitativo respecto a la radionavegación más moderna: Sus características de cobertura mundial, precisión, disponibilidad en todo instante y coste, lo convierten en el sistema ideal para reemplazar a los sistemas tradicionales de navegación terrestre, marítima, aérea o incluso espacial. Actualmente solo existen dos sistemas: el norteamericano GPS y el ruso GLONASS.

El GPS lo financió el Departamento de Defensa americano, y lo desarrolló la empresa Boeing durante la guerra fría, inicialmente para utilización exclusiva del Gobierno y en particular de sus Fuerzas Armadas. Las aplicaciones militares son múltiples, y por mencionar sólo algunas, citaremos la localización de aeronaves o submarinos, unidades de tropas, el guiado activo de misiles, etc. Por tanto su control es exclusivo del Departamento de Defensa,

que en cada momento puede decidir el ámbito de uso para los equipos no autorizados o reducir la precisión de los mismos, por medio de la degradación de la señal emitida por sus 24 satélites, que sólo puede ser descodificada por los receptores adecuados. Otra característica de este sistema en cuanto a su uso civil se refiere, es que no se garantiza, la precisión de la medida que en cada momento se está recibiendo.

Después del trágico derribo del Jumbo coreano sobre territorio ruso en 1983, la administración Reagan anunció que parte de las capacidades operacionales del GPS, podrían ser accesibles al uso civil. Esto podría ayudar a evitar que errores de navegación, tales como el que permitió que el Jumbo coreano se saliera de su ruta, sucedieran de nuevo.

Como consecuencia de esta facilidad para su utilización, y los esfuerzos realizados por los fabricantes de receptores de GPS para miniaturizarlos, reduciendo el consumo de potencia de los mismos, así como el tiempo necesario para obtener su primera localización después de su conexión, han permitido un desarrollo acelerado de las aplicaciones civiles. A esto debemos añadir que, a partir de mayo 2000 el gobierno americano ha reducido algunas de las degradaciones que imponía a la señal recibida por los receptores comerciales, con lo que actualmente se puede obtener una precisión de aproximadamente metros horizontalmente. Existen receptores GPS a partir de 120 euros.

Por su parte el sistema ruso GLONASS, también tiene un origen militar, pero actualmente su capacidad operativa es limitada como consecuencia de las restricciones presupuestarias del gobierno ruso, que no han permitido reemplazar al ritmo adecuado los satélites obsoletos o averiados, con lo que actualmente la constelación apenas cuenta con la mitad de sus satélites en condiciones operacionales. Sin embargo, el gobierno ruso pretende, corregir esta situación en los próximos años, lanzando nuevos satélites para restablecer las condiciones óptimas de funcionamiento. A estos problemas hay que añadir la dificultad de encontrar receptores comerciales compatibles con esta constelación.

#### 4.2. Como funciona el sistema de navegación por satélite:

En el espacio hay tres coordenadas que deben ser determinadas:  $x, y, z$ . Por tanto necesitamos resolver tres ecuaciones independientes para hallar las tres incógnitas. Podemos usar las distancias medidas desde tres satélites para construir las tres ecuaciones que necesitamos. Pero tenemos una incógnita extra –el error del reloj (clock bias) de nuestro receptor, que denominamos  $t_{err}$ . Debido a esta incógnita, necesitamos un cuarto satélite, y una cuarta ecuación.

La fuente de la señal no necesita ser estacionaria, siempre que podamos predecir su posición y localización en todo momento. Afortunadamente, las órbitas de los satélites alrededor de la tierra son muy predecibles ya desde que Johannes Kepler descubrió las leyes y ecuaciones necesarias para describir los movimientos de los cuerpos pesados –la Luna alrededor de la Tierra, los planetas alrededor del Sol, etc. Las órbitas de los satélites por tanto son conocidas, y ellos emiten un conjunto de información orbital conocido como *efemérides*, que nos indica dónde encontrar cada satélite en un momento dado. Nuestro receptor lee esta efemérides o almanaque y guarda esa información en una memoria no volátil, de forma que no se borre cuando apaguemos el receptor.

Supuesta conocida la posición de dichos satélites en el momento de efectuar la medición y la distancia del usuario a cada uno de ellos, se deduce que éste se encuentra en la intersección de las esferas con centro en cada uno de los satélites y radio la distancia entre ellos y el observador.

El receptor determina la distancia a cada satélite a partir del tiempo que tarda en llegar la señal emitida por el satélite. Midiendo la diferencia de tiempo entre el momento de su emisión y su llegada al receptor, y multiplicando por la velocidad de transmisión, podemos determinar la distancia entre ambos.

Para determinar el tiempo transcurrido, el satélite transmite una señal codificada que incluye en su información, el instante exacto en que fue emitida. La precisión de dicho parámetro es conseguida en el caso del GALILEO gracias a disponer cada satélite de cuatro relojes atómicos (dos de hidrógeno pasivo MASER y dos de rubidio RAFS).

Finalmente, es necesario que el receptor disponga de un reloj, que permita determinar el instante de llegada de la señal.

Ahora bien, el reloj del receptor ni es tan preciso como los relojes atómicos de que dispone el satélite, ni está perfectamente sincronizado con los de los satélites, por lo que existe un error, que aunque fuera sólo de una millonésima de segundo, se calcula fácilmente que se traduce en un error de medición de:

$$3 \times 10^8 \text{ m/s } 10^{-6} \text{ s} = 300 \text{ m}$$

Si a estos errores añadimos los debidos a la transmisión de la señal a través de la troposfera e ionosfera, así como el provocado por el ruido en el receptor, podemos concluir que, a pesar de los algoritmos de corrección que se añaden a las señales, la precisión máxima que se puede obtener con el **GPS estándar** es del orden de 100 metros en la posición horizontal.

Hay que recurrir a sistemas de mejora como el DGPS (diferencia de área local) que básicamente consisten en conocer con gran precisión la localización de una estación fija terrestre, que tras recibir las señales emitidas por los satélites, las compara con las que corresponderían a su posición exacta, determinando por tanto las correcciones que hay que introducir en las señales emitidas por los satélites.

Este sistema se puede ampliar para que sea válido en grandes áreas –por ejemplo toda Europa- llamados GPS diferenciales de área extensa, actualmente en desarrollo en EEUU (sistema WAAS), Japón (sistema MSAS) o Europa (sistema EGNOS). Para ello se hace uso de una red de estaciones terrestres, que identifica por separado las distintas fuentes de error.

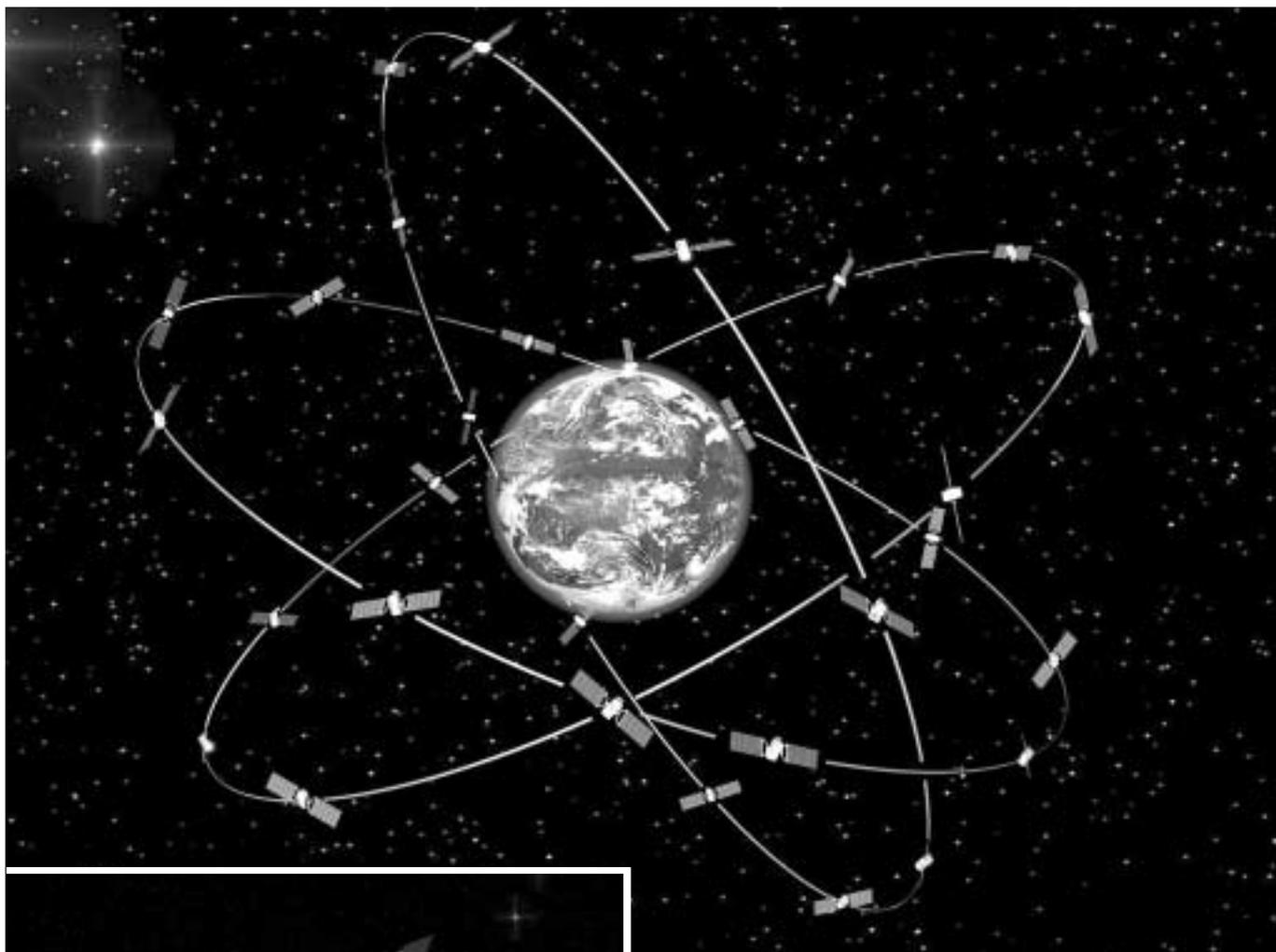


Vista artística de lanzamiento múltiple de satélites Galileo con lanzador Ariane.

## 5. EL PROGRAMA GALILEO

■ El objetivo último del programa Galileo es que Europa consiga disponer de un sistema, que bajo su exclusiva soberanía y control civil asegure un mercado en constante evolución, para la determinación de la posición, navegación y medida del tiempo. El Galileo ofrecerá tanto señales de acceso libre como de acceso controlado, con el fin de satisfacer una amplia variedad de demandas para diferentes grupos de usuarios.

■ El GALILEO aportará ventajas para los ciudadanos: Los sistemas GPS y el GLONASS existentes son gestionados por las autoridades militares, que pueden inte-



Esquema orbital del Sistema Galileo que cuenta con treinta satélites distribuidos en tres órbitas.

rrumpir las señales cuando lo desean, por ejemplo en caso de crisis. Además adolecen de deficiencias graves, por ejemplo:

- Ausencia de garantía y de compromiso de responsabilidad por parte de sus operadores, con las consecuencias imaginables, por ejemplo, en el caso de un accidente aéreo.
- Fiabilidad no total: Los usuarios, por ejemplo, no son informados inmediatamente de eventuales errores, la transmisión es aleatoria, en particular en las ciudades y en las regiones en latitudes extremas.
- La precisión es mediocre para las aplicaciones que exigen un posicionamiento rápido.

■ El GALILEO es un servicio complementario al GPS. El hecho de disponer de dos servicios y por tanto de dos señales, refuerza su fiabilidad.

El GALILEO incluye el segmento espacial así como la red de infraestructura de control en tierra, incluyendo los sistemas de mejora local o regional allí donde se requiera.

Los requerimientos para las diferentes aplicaciones, así como los aspectos comerciales y de seguridad imponen tres tipos diferentes de servicios:

- Servicios de Propósito General
- Servicios Comerciales
- Servicios de Utilidad Pública

*Los servicios de Propósito General* proveerán navegación y tiempo con una precisión mejor que los servicios existentes actualmente y serán aplicables a un amplio rango de aplicaciones como la aviación, marina, transporte por carretera, industria así como uso personal. Estará disponible para cualquiera que disponga de un receptor de GALILEO sin necesidad de ninguna autorización.

*Los Servicios Comerciales* proveerán servicios de valor añadido, previo pago de una tasa. Por ello harán uso de los servicios de propósito general más datos encriptados

que le darán un valor añadido. Esta opción incluirá servicios garantizados, avisos de integridad de la señal, así como mejoras para las correcciones de los retrasos ionosféricos, lo que permitirá la determinación de la posición con extrema precisión.

Por último, los servicios de Utilidad Pública proveerán, con alta precisión y certificación, señales utilizables para servicios de seguridad y otras aplicaciones críticas. Su acceso será controlado por medio de la encriptación de la señal, y entre sus aplicaciones más inmediatas habría que mencionar la aviación civil, el transporte ferroviario y por carretera, el control de sustancias peligrosas, control de aduanas, aplicaciones humanitarias, etc.

Una nueva aplicación de servicio público consistente en una antena SAR (Search and Rescue o Búsqueda y Salvamento) se ha añadido a la carga de pago de los satélites. Permitirá que los afectados por una situación de emergencia, puedan enviar una señal de socorro, que los localiza en su posición instantáneamente y les devuelve, a través del receptor Galileo integrado, la confirmación de que su petición de ayuda ha sido recibida (cosa que actualmente no sucede).

En la tabla I se detallan las características de cada uno de los servicios disponibles.

Los siguientes datos nos dan un idea de la importancia tanto económica como técnica que va a tener el programa GALILEO para Europa:

#### ■ Aspectos Económicos:

- Aproximadamente 3300 M€ para el desarrollo y despliegue del sistema, (esto es equivalente al coste de unos 100 km de tren de alta velocidad)
- Aproximadamente 6000 M€ para el sistema completo incluyendo los costes de operación durante 12 años. Estos costes ha de ser compartidos por los 15 estados miembros de UE en 20 años.
- Nuevos trabajos: La UE estima en al menos 100.000

nuevos puestos de trabajo se podrían crear hasta el 2020.

- Beneficios Económicos: 74.000 M€ en 20 años de acuerdo con los estudios de la Comisión Europea

#### ■ Las características técnicas del Segmento espacial del sistema Galileo son las siguientes:

- 30 satélites que dan una vuelta a la Tierra aproximadamente en 12 horas (El GPS cuenta con 24 satélites)
- Altitud: 23.616 Km
- 3 planos orbitales con 10 satélites en cada uno y 56° de inclinación. (El GPS consta de 6 planos orbitales de 4 satélites en cada uno, y una inclinación algo menor, por lo que su cobertura en las latitudes extremas está menos garantizada que con el GALILEO).
- Tiempo de vida de los satélites: > 15 años
- Tiempo de vida del sistema: > 20 años
- Peso de cada satélite: 625 Kg.
- Dimensiones de los satélites: 2,7 × 1,2 × 1,1 m<sup>3</sup>
- Potencia: 1500 W
- Transmisión continua de señales para integridad y medida de la distancia
- Contacto regular con estaciones de tierra para actualizar los datos de integridad (cada 100 minutos)
- La integridad de datos, que son transmitidos por algunos satélites seleccionados, pueden ser actualizados cada segundo si se requiere.

#### ■ Lanzadores:

- Tres Ariane 5 con 8 satélites cada uno
- Tres Soyuz con 2 satélites cada uno
  - Ambos lanzadores liberan los satélites directamente en su órbita final, con lo que estos no precisan un sistema de propulsión autónomo. Sólo llevan sistema de control de actitud

#### ■ Infraestructura terrestre: (Ver figura 2)

- 5 estaciones (Up-link ULS) distribuidas para realimentar con datos de navegación y control a los satélites.
- 12 estaciones distribuidas para órbita y sincroni-

Servicios GALILEO	Servicios de Propósito General	Servicios Comerciales		Servicios de Utilidad Pública	
<b>Cobertura</b>	Gobal	Gobal	Local	Gobal	Local
<b>Precisión</b>	15 - 30 m (frecuencia simple)	5 - 10 m (frec. doble)	<10 cm 1 m (señales de incrementación local)	4 - 6 m (frec. doble)	1 m (señales de incrementación local)
<b>Integridad</b>	No requerida generalmente	Servicio de valor añadido		Requerido en la especificación	
<b>Disponibilidad</b>	99 %	99 %	99 %	99 - 99,9 %	99 - 99,9 %
<b>Límite de alerta</b>	-	20 - 45 m	2 - 3 m	<15 m	3 - 5 m
<b>Tiempo de alerta</b>	-	10 seg	1 seg	6 seg	1 seg
<b>Control de acceso</b>	Acceso libre	Acceso controlado para datos de valor añadido	Acceso controlado para datos corrección local	Acceso controlado de código de navegación y/o datos de valor añadido	Acceso controlado para datos corrección local
<b>Certificación y servicios garantizados</b>	No	Garantía de servicio posible		Diseñado para certificación Garantía de servicio posible	

zación (OSS), que reciben señales para la determinación de la órbita y parámetros del reloj.

- 2 Centros de control para control y navegación de satélites.
- 12 estaciones (Up-link) para integridad de la señal: 3 en Europa y 9 en otros continentes.
- Estaciones que monitorizan la integridad de la señal recibida por los usuarios: 23 en Europa y 29 en otros continentes.
- 2 centros de control para el cálculo de la integridad de la información.
- Otras estaciones de tierra locales para incremento de la precisión, disponibilidad, continuidad e integridad (por ejemplo los aeropuertos).

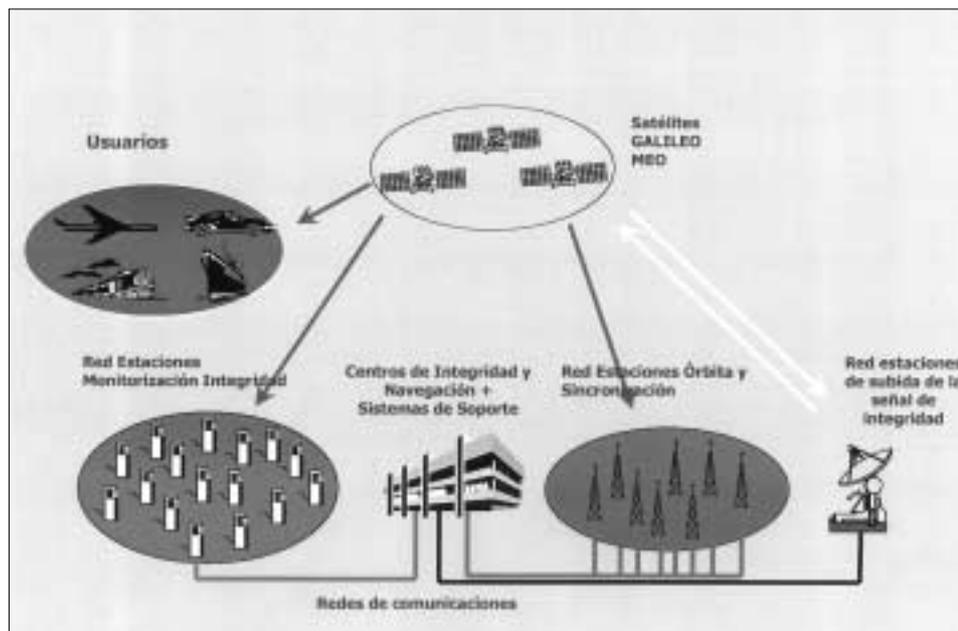


Figura 2.

### 5.1. ¿Cuáles son las posibles aplicaciones del GALILEO?

Los destinatarios del GALILEO son los ciudadanos europeos, tanto en su actividad profesional como privada. Las oportunidades económicas, sociales y ambientales son enormes, como es fácil de demostrar:

#### El transporte:

Mejora de la seguridad y comodidad, seguimiento permanente de pasajeros y mercancías y una mejora en los modos de transporte para servicios de puerta a puerta.

#### Por carretera:

En un futuro muy próximo, todos los coches –y no sólo los más caros como ocurre actualmente– irán equipados con receptores GALILEO lo que permitirá al conductor conocer en todo momento donde se encuentra y cuál es el camino más corto y rápido para llegar a su destino. Las economías de escala harán que estos equipos sean cada vez más baratos. El sistema per-

mitirá gestionar mejor una flota de vehículos, así como localizar un vehículo robado, incluso si está oculto en un garaje, cosa imposible con el actual GPS.

#### Por avión:

La gestión del tráfico aéreo constituye un reto importante dado su constante crecimiento y las condiciones de seguridad exigibles. El GALILEO será más fiable, interoperable y complementario de los sistemas actuales y paliará la inexistencia de un control aéreo adecuado en determinadas partes del mundo.

#### Por mar:

Teniendo en cuenta que el 80% de los accidentes marítimos se deben a errores humanos, GALILEO facilitará información continua y precisa sobre la posición y ruta de los buques y reforzará los medios de búsqueda y salvamento tanto comercial como de recreo.

#### Por ferrocarril:

Las aplicaciones son numerosas: Control de tráfico, seguimiento de vagones y mercancías, señalización, etc.

#### Y mucho más:

Puede servir de herramienta de vigilancia geodésica en el urbanismo, construcción de puentes y carreteras.

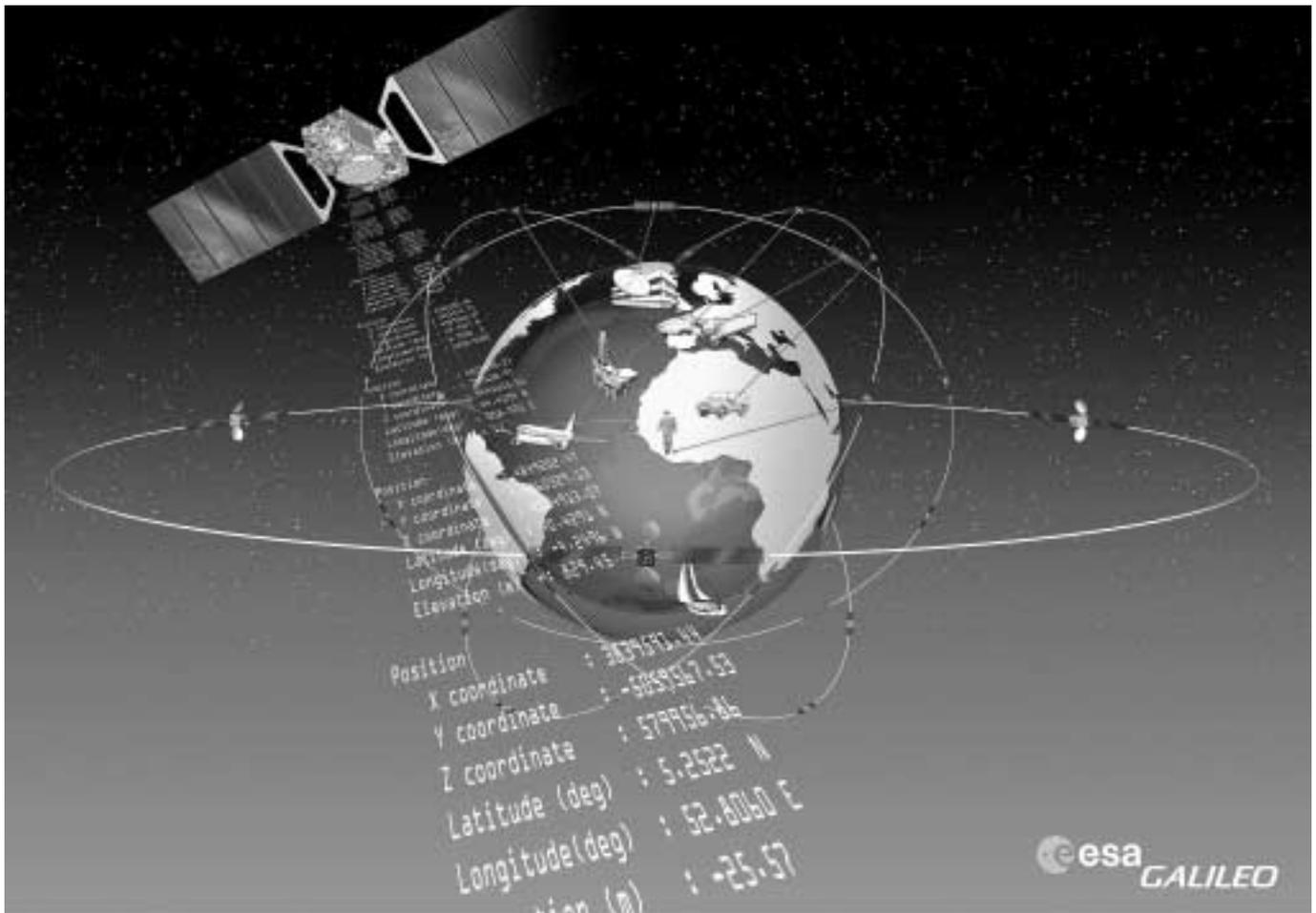
La mejora de los sistemas de información geográfica puede servir para gestionar mejor los

suelos para la agricultura, protección del medio ambiente, seguimiento de materiales peligrosos, etc.

### 5.2. ¿Cómo se financia el GALILEO?

Dada la actual política de los Estados Unidos de proveer la señal básica del GPS libre de coste, sería ilusorio imaginar que el sistema GALILEO pueda desarrollarse y utilizarse bajo financiación del sector privado. Como ocurre con otras grandes infraestructuras en Europa, una importante financiación pública es necesaria. Esto es imprescindible principalmente en las fases de investigación básica, validación del concepto, desarrollo y despliegue de la constelación.

Por lo tanto, después de un periodo de incertidumbre política, en la que algunos países mostraban serias reticencias al programa, en parte debido a las sutiles –o no tan sutiles– presiones norteamericanas que no ven con buenos ojos la existencia de un competidor que ponga en peligro su práctico monopolio actual, así como



Posibles aplicaciones del sistema de posicionamiento y navegación por satélite Galileo.

las implicaciones comerciales que posee, la Unión Europea ha alcanzado finalmente un acuerdo de financiación el pasado mes de marzo que comparte los costes entre la Agencia Espacial Europea (ESA) y los países de la Unión Europea estableciendo asimismo las bases para una futura participación privada en la financiación, una vez demostrada la funcionalidad del sistema.

### 5.3. ¿Cuál es la posición española en el GALILEO?

Desde un principio, tanto la industria como el Gobierno español, a través de los Ministerios afectados y el CDTI (Centro de Desarrollo Tecnológico e Industrial) han apoyado sin reservas el proyecto GALILEO, tratando de conseguir que el papel que juegue España en un proyecto de esta envergadura, esté al nivel de nuestro papel en Europa, y de la financiación pública a la que España se ha comprometido (del orden del 11%).

Asimismo, se considera necesario la participación de la Administración española en los órganos de Gestión y Control del programa, sirviendo España como polo de expansión para Iberoamérica y Norte de África.

Así, industrialmente las empresas y entidades más representativas del sector Espacial, es decir EADS CASA

Espacio, GMV, INDRA, SENER, Alcatel Espacio, Hispasat y AENA, se han agrupado formando un consorcio llamado Galileo Sistemas y Servicios que, como interlocutor único ha negociado y finalmente acordado su integración en el consorcio Galileo Industries (GalIn) que compuesto a su vez por las tres más grandes compañías europeas: Astrium, Alenia y Alcatel Space, desarrollará tanto los segmentos espacial como terrestre del GALILEO.

En el Segmento Vuelo EADS CASA Espacio, desarrollará las estructuras, control térmico, antena de navegación, así como los Dispensadores que servirán para poner en órbita varios satélites simultáneamente, a través de los correspondientes lanzadores.

Otras empresas como GMV o INDRA tendrán un papel muy activo en el Segmento Tierra, o en la fase operacional.

### 5.4. ¿Finalmente: cuál es la Planificación del programa?

Una vez alcanzados los acuerdos políticos que han desbloqueado el programa y su financiación, en los próximos meses va a comenzar la fase de desarrollo completa, que incluye:

- La terminación de los programas ya en marcha tendentes a validar las tecnologías que se utilizarán, relacionadas con los segmentos espacial y terrestre.
- El diseño de los segmentos espacio, tierra y del usuario del GALILEO.
- Desarrollo, integración y ensayo de la base de la constelación compuesta por un satélite experimental (GSTB-V2) (que debe de estar en órbita a finales de 2004), seguida de la Fase de Validación en Órbita (IOV) compuesta por tres o cuatro satélites operacionales, así como el correspondiente Segmento de Tierra, que han de demostrar el correcto funcionamiento del sistema en una versión reducida. Estos han de estar en vuelo alrededor del 2006.
- Entre el 2006 y el 2008, una vez demostrado el correcto funcionamiento del IOV, se lanzarán lo restantes satélites hasta completar el total de treinta, que deberán de completar la fase de despliegue a finales del 2008, comenzando en esa fecha la fase operacional para los diferentes tipos de usuarios.
- Posteriormente, se deberán de ir reemplazando aquellos satélites que hayan completado su ciclo de vida o sufrido alguna avería, de tal forma que el sistema mantenga su operatividad completa al menos durante veinte años.

## CONCLUSIONES

La oportunidad histórica que tiene España de incorporarse desde sus comienzos, a un programa de esta envergadura, con múltiples aplicaciones para todos los ciudadanos y teniendo una participación muy relevante, similar en orden de magnitud a la que van a tener países como Francia, Alemania o Italia, por esta vez no se va a desaprovechar.

Asimismo, la participación industrial e institucional, si se confirman las actuales perspectivas, será un hecho histórico que afianzará nuestra independencia tecnológica, y añadirá relevancia institucional a nuestro país en el contexto europeo.

Todos los que estamos directa o indirectamente involucrados en el GALILEO, contemplamos el programa como un reto, pero a la vez con la esperanza de alcanzar un hito en el desarrollo tecnológico y espacial de nuestros países, tal y como ocurrió hace años en otros programas como el AIRBUS o el ARIANE, en los que muchos no creían y que el tiempo ha demostrado su éxito. ■

# 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 Parkea - E-20009 DONOSTIA/SAN SEBASTIAN  
Tel.: +34 943 00 37 00 - Fax: +34 943 003800 - www.inasmet.es



**tecnalia**  
Corporación Tecnológica

# La enseñanza de la ciencia en España y en Europa

**AUTOR:** CARLOS PICO MARÍN

*Catedrático de Química Inorgánica  
Universidad Complutense de Madrid*

Parece que la enseñanza es, afortunadamente, un tema de debate social en nuestros días. Puede percibirse que son muchos los sectores que se sienten afectados y muy diversas sus posturas ante ese problema, sobre todo en la enseñanza secundaria, y de modo muy especial con respecto a las directrices legislativas que se avecinan. Incluso, tragedias escolares como la reciente de Erfurt en Alemania se han interpretado como derivadas del ambiente de indisciplina en los Centros y del escaso aprecio social hacia la figura del profesor. De pronto, nos hemos encontrado con que las aguas aparentemente tranquilas de las aulas de primaria y secundaria se agitan y ya no sólo se cuestiona cuál ha de ser la carga lectiva de unas materias u otras, ni cómo llevar a cabo la integración de las nuevas tecnologías en el proceso educativo, sino que también se analiza el grado de analfabetismo con que terminan los estudiantes la etapa de primaria y la escasa responsabilidad con que muchos padres observan –en general con cierto alejamiento y recelo hacia los educadores– la evolución de los estudios de sus hijos.

Entre los sectores que han salido a la palestra –y en una iniciativa que se anticipó en varios meses a la reciente vorágine– se encuentran nuestras Reales Sociedades de Física, Matemáticas y Química que mostraron su preocupación, por no emplear términos más alarmistas, por el bajo nivel científico de los estudiantes de secundaria. Esta iniciativa se encauzó a través de la Comisión de Enseñanza, Cultura y Deporte del Senado español y, con el acuerdo de todos los Grupos parlamentarios, se creó una Ponencia específica para tratar tal problemática.

Las aportaciones de diferentes comparecientes ante dicha Ponencia vienen demostrando la gravedad del diagnóstico y cómo éste se enmarca en las deficiencias de nuestro sistema. Ello, a pesar del esfuerzo de los profesores que, durante muchos años, han estado tratando de incorporarse a la dinámica impuesta por la LOGSE y sin que los numerosos cursos e intercambios de experiencias en que han participado hayan logrado salvar el bache psicológico y funcional que conlleva dicho sistema. Un factor negativo que se viene registrando –con graves consecuencias en bajas laborales por depresiones– es la pérdida de autoridad de los profesores, cuya figura debería dignificarse en el aula y en la sociedad. Por el contrario, los jóvenes no se sienten estimulados a esforzarse por saber, como se ha evidenciado en una reciente

encuesta, ni vinculan el fracaso en los estudios con la posibilidad de encontrar un empleo aceptable[1]; su entorno no valora la ilusión por el conocimiento ni fomenta la responsabilidad personal; muy probablemente porque están acostumbrados a recibir en su casa más de lo que necesitan[2] –minusvalorando así los medios que la familia y la sociedad ponen a su alcance–. Son mucho más apreciadas ciertas “operaciones triunfo” en las que candidatos con escaso bagaje formativo y unas pocas semanas de entrenamiento logran resultados más apetecibles que los que cursan años de intenso estudio en los Conservatorios, por ejemplo.

Con este panorama, no es raro que enfrentarse con las ciencias sea una tarea todavía más ingrata. Sobre todo con relación a las que coloquialmente podemos denominar como “duras” (Matemáticas, Física y Química) y, en menor medida, las dos restantes ciencias de la naturaleza (Biología y Geología); un poco al margen quedarían otras materias de nombre científico o tecnológico pero que sólo responden a contenidos divulgativos. La razón de esta clasificación estriba, por una parte, en que el dominio de los conceptos y métodos de trabajo de las ciencias “duras” requiere un esfuerzo considerablemente mayor –tanto por su abstracción como por la concatenación de argumentos que marca su desarrollo– y, sin duda, la carencia de los principios básicos simplemente incapacita para progresar en su estudio. Lo cual es particularmente grave en el caso de las Matemáticas, que integran conocimientos pero también destrezas intelectuales de valor por sí mismos en cuanto lenguaje y, además, son herramientas instrumentales para la comprensión de la Física y de la Química. No cabe duda de que el pensamiento matemático constituye un elemento fundamental en la formación intelectual del estudiante y, por tanto, ha de gozar de un puesto preeminente en el currículo docente, desde la etapa más temprana.

Merece resaltarse el inestimable valor formativo de las ciencias para comprender mejor nuestros orígenes, naturaleza y dignidad como seres humanos, y el papel que nos corresponde en la conservación y mejora de las condiciones de vida y recursos naturales disponibles[3]. A la vez, estos valores se integran en los principios que definen a una sociedad democrática y son pautas esenciales para formar ciudadanos capaces de asumir sus derechos como tales, e incluso de ejercer como líderes. Por ello, la escuela debe ser obligatoria y el sistema educativo tiene que velar con especial atención por la buena formación intelectual y limitar en lo posible el fracaso escolar, por la quiebra que éste supone en la plena realización de la per-

sonalidad y el riesgo añadido del deterioro del propio sistema democrático. En particular, la ciencia requiere del pensamiento creativo y del análisis crítico y su conjugación armónica es un filtro poderoso contra las ideas preconcebidas, las presiones del entorno o las supersticiones ideológicas que –como se ha visto recientemente en las elecciones presidenciales en Francia– pueden poner en serio riesgo la convivencia social.

Incluso dentro de un contexto propiamente cultural, es inevitable señalar la importancia vital que tiene la educación científica en la formación de personas cultas. A ello se ha referido la Unión Europea en una recomendación para fomentar el estudio de las ciencias entre todo el alumnado y no solamente entre aquellos que deseen cursar carreras científicas. La pregunta que surge es si realmente estamos preparando a las futuras generaciones para vivir en un mundo inevitablemente científico[4]. Que la ciencia forma parte de la cultura universal es una realidad a la que no debe sustraerse la enseñanza desde la educación infantil y primaria, despertando la curiosidad del niño por los fenómenos naturales. En efecto, la teoría de la relatividad ha cambiado la visión del espacio y del tiempo (que ya presentó Kant en la *Crítica de la razón pura*) y con la mecánica cuántica –sobre todo con el principio de indeterminación de Heisenberg– ha cambiado nuestra visión del principio de causalidad. Estos son algunos de los ejemplos de las implicaciones filosóficas de la Física moderna y que demuestran la unión profunda entre la ciencia y las humanidades[5].

Sin embargo, diversos indicadores muestran resultados muy desalentadores sobre el grado de preparación de nuestros estudiantes de secundaria en las ciencias[6], en parte debido a la insuficiente carga lectiva de todas y cada una de estas materias y, en parte también, a la casi nula atención que se presta al trabajo en el laboratorio. Este último aspecto resulta ciertamente paradójico, teniendo en cuenta que la Física y la Química son ciencias eminentemente experimentales; sin la observación no es posible adentrarse en los conceptos que derivan de ella y, desde luego, provoca un distanciamiento entre el objeto del estudio y su formalización físico-matemática.

Entre los indicadores de cuál es el nivel científico de los bachilleres españoles se pueden citar las pruebas de acceso a la Universidad en el Distrito de Madrid (datos del Vicerrectorado de Alumnos de la UCM) que representan del orden del 10% del total nacional. En resumen, las notas más bajas que obtienen los alumnos de las opciones científicas o biosanitarias son precisamente las de las ciencias “duras”, con notas medias en las pruebas del orden de 4,5 puntos, y salvándose la Biología (con calificaciones de 5,5 puntos de media). Contrastan estos resultados con los de las materias comunes, como Lengua o Inglés (entre 5,5 y 6 puntos de media). Además los porcentajes de aprobados (con

nota de 5 puntos o superior) rondan el 70% en estas últimas, frente a menos del 50% en Matemáticas, Física o Química. Aunque son posibles otros muchos análisis –y más rigurosos que los aquí esbozados– la conclusión inmediata es que cerca de la mitad de los estudiantes “de ciencias” superan la selectividad sin haber aprobado ninguna de sus cuatro materias científicas; lo cual no es precisamente alentador sobre su preparación hacia las carreras que pretenden cursar. Los datos anteriores se refieren sobre todo a alumnos de COU que, sin excepción, tenían que examinarse de las citadas materias; porque los que provienen del bachillerato de LOGSE –ahora ya la práctica totalidad– pueden recurrir a astutas componendas que les permitan soslayar algunas de esas asignaturas en las pruebas de selectividad y sustituirlas por otras más “blandas” (es decir, de contenidos más divulgativos y con pruebas más discursivas). Quizás deba mencionarse también el caso de las Matemáticas que cursan los estudiantes del área de Ciencias Sociales; aquí los resultados son absolutamente catastróficos, sin paliativos: según los años, las notas rondan entre el 2,5 y el 4 y los porcentajes de aptos no suelen superar el 35%. Esto parece ser también un indicio de la escasa compenetración de los alumnos con el razonamiento matemático, aun en temas más familiares como los de estadística.

Otros indicadores manejados han sido los resultados de los participantes españoles en las Olimpiadas internacionales de Matemáticas, Física y Química. Se trata ahora de alumnos de muy alto nivel en una o más de estas materias –ya que es frecuente que algún participante quede finalista en dos de ellas–, cuyos conocimientos son muy superiores a lo establecido en los programas oficiales y con elevada motivación personal. Con respecto a las Olimpiadas de Matemáticas[7] celebradas entre 1996 y 2000, la media de la puntuación obtenida por nuestros seis representantes en cada edición ha oscilado entre 60 y 29 puntos (sobre un total de 252 puntos), muy por debajo de Alemania o Reino Unido (entre 161 y 96), bastante por detrás de Francia o Italia (entre 105 y 57) y sólo mejor que Portugal, por citar algunos países de nuestro entorno. Las Olimpiadas de Física[8] han aportado resultados bastante tristes: en las diez últimas ediciones se obtuvieron en total una medalla de bronce y cinco menciones de honor. A partir de una escala de 0 y 100, calculada sobre la base del número de medallas y de menciones posibles, los equipos españoles se sitúan con 3,5 (igualados con Islandia, cuya población es equivalente a la de una capital de provincias española); también como comparación, Alemania alcanza 59,5, el Reino Unido 49, Italia 26 y Bélgica 7 y, eso sí, superamos a Grecia y a Portugal. Con el mismo criterio anterior, en las Olimpiadas internacionales de Química[9] obtenemos 8,3 (sobre 100) frente a Alemania (74), Francia (57), Reino Unido (56), Italia (38) o Bélgica (18). Aunque la selección de criterios numéricos sea convencional, cualquiera de ellos conduce a la misma secuencia –atenuándose más o menos

las diferencias relativas— y la conclusión es que nuestros mejores estudiantes de ciencias saben mucho menos que sus compañeros de los países más desarrollados. En el caso de la Física y la Química resalta una deficiencia muy notable, ya apuntada: la falta casi absoluta de entrenamiento en prácticas de laboratorio.

Naturalmente, no es un hecho casual que exista una clara correlación entre el nivel de formación en ciencias de los bachilleres y el grado de desarrollo tecnológico de sus respectivos países. La previsión que se puede hacer es igualmente clara: si no se mejora la formación científica en nuestra educación secundaria estaremos condenados a ser un país de servicios.

De todos modos, más que enseñar “cosas útiles” debemos marcarnos el objetivo de lograr una “formación integral que capacite a la persona para hacer frente a nuevos retos y nuevas formas de vivir y de pensar que no podemos prever en este momento”[10]. Dando por sentado que la ciencia y la tecnología están hoy en la base del bienestar de las naciones y que de ellas dimana el empleo de calidad y, por añadidura, la creación de riqueza, resulta inevitable que la carencia de desarrollo científico condiciona la evolución económica y, en definitiva, el progreso social. Nuestra enseñanza es, sin embargo, generalista y “utilitaria” en la medida en que nos volcamos hacia pinceladas de cosas más o menos curiosas, que entretengan a la mayoría, sin entrar en enojosas profundidades. Este planteamiento conformista y tibio parece presuponer que lo que de verdad necesitan los estudiantes para el trabajo profesional ya se lo enseñarán después en la universidad. El problema está en que sin una base científica sólida no será fácil poder asimilar lo que vendrá a continuación; así, sólo demoramos la hora del fracaso.

Si, en este momento, se considera la transmisión del conocimiento como una “nueva forma de evolución” en el sentido darwiniano del término[11], parece claro que nuestra enseñanza de las ciencias —y probablemente del resto de las materias, porque nuestros colegas de Bachillerato no están menos cualificados que los demás— se encuentra no lejos de Atapuerca. Marcando tres hitos en la historia de la enseñanza, como son la alfabetización generalizada, la aparición de la enseñanza profesional, gremial, y la alfabetización científica, nos encontramos ahora en el mundo occidental en esa tercera etapa evolutiva, que tuvo su inicio al lanzarse el primer satélite artificial en 1957. Interesa fijar la atención en que este hecho supuso una conmoción en los EE.UU. y la respuesta a la pregunta de cómo pudo suceder que la URSS se adelantara al país supuestamente más avanzado tecnológicamente fue simple y contundente: el ciudadano medio (americano) era científicamente analfabeto; es decir, desconocía la ciencia, no tenía interés por comprenderla y, por la experiencia reciente de la Segunda Guerra Mundial, temía sus posibles efectos.

El remedio propuesto fue doble, y todavía tiene vigencia: era necesario divulgar los conocimientos científicos entre toda la población (fines) y los estudiantes debían hacer la ciencia, no sólo recibirla como algo ya hecho (métodos). Con ello se pretendía que los niños se interesaran por lo científico a lo largo de su vida. Aquí entraba en juego una cuestión clave que condicionaría el éxito del proyecto: la formación científica de los maestros y la actualización permanente de sus conocimientos. La consecución de estos objetivos requiere implicar a los propios maestros, profesores de niveles superiores e incluso investigadores que coordinen sus experiencias y desarrollen programas de estudio adaptados a cada etapa. Otros países europeos, con algún retraso con respecto a los EE.UU., han adoptado directrices semejantes, pero no es el caso de España. Todavía la carrera de los maestros de educación infantil y primaria está recargada de materias sobre “cómo es el niño” y “cómo enseñarle”, sin entrar apenas en “qué enseñarle” sobre todo en cuestiones de iniciación a la ciencia. Tenemos mucho camino por recorrer siguiendo las pautas trazadas en nuestro entorno europeo.

Las tendencias, no obstante, parecen encaminadas en sentido contrario; no sólo es ya “que inventen ellos” sino que tendemos incluso a que “enseñen ellos”. Desde la Ley General de Educación de 1970 hasta nuestros días vamos decididamente hacia lograr que más estudiantes sepan (casi) nada de ciencias y, los que optan por saber algo, que sepan cada vez menos. Son datos objetivos los que indican que es menor la población relativa de alumnos que cursan materias científicas y que éstas se impartan con menor carga lectiva, lo cual implica con menor extensión[12]. Las propias inconsistencias de los programas se ven complementadas con las alternativas que se ofrecen, de dificultad conceptual más llevadera (¿por qué soportar una Física y Química en 4º curso si, para seguir adelante, podemos optar, por ejemplo, con una Educación Plástica y Visual, a todas luces más atractiva?). Al fin y al cabo, ello no es óbice ni valladar para después cursar un Bachillerato de ciencias y, por si fuera poco, los recursos matemáticos adquiridos —con dificultades generalizadas para resolver ecuaciones de segundo grado y sin apenas conocimientos de cálculo vectorial ni de trigonometría— tampoco son el mejor estímulo para enfrentarse a la Física. No obstante, todavía hay alguna oportunidad de reconducir estas deficiencias menores ya que los alumnos del Bachillerato científico-tecnológico, tendrán la oportunidad de cursar hasta 12 horas semanales (de las 30 totales) de materias científicas. ¿Puede darse más en menos tiempo?

Un análisis comparativo de cuál es el panorama en otros países de nuestro entorno geográfico y social nos permitirá comprender mejor las causas de nuestro retraso tecnológico —si como premisa plausible admitimos que está relacionado con la atención que recibe la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria—. Nos centraremos en el

caso de la Física[13]. En Alemania, se imparte desde los 13-14 años durante seis cursos y siempre separada de la Química, con una componente experimental muy marcada. En el Bachillerato francés, tras tres cursos de Física y Química comunes para todos los estudiantes, la Física es obligatoria en la modalidad científica y se cursa separada de la Química, entre los 15 y 18 años; el laboratorio dispone del 40% de la carga lectiva (2 clases de 5 semanales). En el último curso del Bachillerato científico se puede elegir una "Ampliación de Física" y los demás alumnos cursan una materia de "Fundamento de las Ciencias: programa experimental". El Bachillerato italiano tiene una duración de 5 cursos (edades comprendidas entre los 14 y 18 años) y las asignaturas de ciencias son obligatorias para todos los estudiantes de la especialidad científica (existiendo sólo otra alternativa de humanidades). En el segundo curso se estudia Física y Química y en los tres últimos cursos la Física separadamente (con un 30% del tiempo total en el laboratorio). Finalmente, en el Reino Unido (Inglaterra y Gales) desde los 11 años las clases de ciencias se imparten fundamentalmente en el laboratorio (85% del tiempo) y en el equivalente a nuestro Bachillerato (16-18 años de edad) la Física es obligatoria, y separada de la Química, con seis clases semanales (de ellas, 1,5 son experimentales). En España contamos con unas 2 horas semanales obligatorias de Física y Química, conjuntamente, en tercero de ESO y otras 3 h/s en cuarto, pero con carácter optativo; tal asignatura pasa a ser obligatoria con 4 h/s en algunas modalidades en primero de Bachillerato y –por fin como materias independientes– la Física y la Química, se cursan en segundo, con 4 h/s, pero como obligatorias u optativas, según el itinerario elegido[12]. En nuestra enseñanza científica no está contemplado el laboratorio (parecen bastar la tiza y la pizarra como instrumentos formativos necesarios y suficientes).

Merece destacarse que nuestro Bachillerato se encuentra entre los más cortos y, sin embargo, es el más diversificado en contenidos; en el Reino Unido, por ejemplo, también su duración es de dos cursos pero su estructura es mucho más compacta en las asignaturas de ciencias. Además, en la práctica totalidad de los países la Física y la Química se tratan separadamente durante tres cursos, mientras que en el nuestro sólo en uno. Igualmente, somos los únicos en carecer de programaciones específicas de prácticas de laboratorio y, por añadidura, de tiempo lectivo dedicado a éstas; la experiencia docente acumulada indica que tales prácticas son altamente motivadoras para el estudio y mejoran el rendimiento académico de los alumnos. En muchos países también se especifican los prerrequisitos matemáticos necesarios para el desarrollo de los programas –lo que es absolutamente aconsejable– pero se obvian en el nuestro.

Un modelo muy sugestivo es el aplicado en el Bachillerato Internacional, de dos años de duración, también implantado en España y con reconocimiento oficial. Consiste de seis áreas (primera lengua, segunda lengua, individuos

y sociedades, ciencias experimentales, matemáticas y artes) y cada alumno debe seleccionar una asignatura de cada una; entre tres y cuatro de ellas se cursan a un nivel superior (240 horas) y las demás a un nivel medio (150 horas), lo que permite profundizar en las disciplinas de ciencias o de humanidades. Un aspecto muy interesante es la evaluación externa, de forma que los exámenes son comunes a todos los alumnos de los diferentes países y en su calificación intervienen profesores que han impartido las asignaturas en otros Centros; esta calificación representa el 76% de la nota y se complementa con la evaluación interna de un trabajo práctico desarrollado durante 60 horas (es decir, el 25% de la carga lectiva de la asignatura de nivel superior) sobre temas del programa planificado por el propio profesor, y que representa el 24% de la nota final. El resultado es que los alumnos españoles que optan por este Bachillerato Internacional reciben una formación científica –tanto en horas lectivas como prácticas, e igualmente en desarrollo de aptitudes para el trabajo individual y en equipo– que son homologables a las de cualquier país europeo con programaciones sensatas. A la vez, el profesorado actúa coordinadamente y se presta a la evaluación externa que, en el fondo, es una garantía del reconocimiento de su trabajo más que una fiscalización.

Aparte de las formas y la extensión de las materias de ciencias, también merecen algunos comentarios su metodología y contenidos[14]. Parece necesario retornar a directrices en las que predomine lo cuantitativo sobre lo descriptivo, lo formal sobre lo divulgativo, lo básico sobre lo transversal, la argumentación lógica sobre lo intuitivo y, en definitiva, el conocimiento y el estudio personal sobre la actitud y la actividad grupal. Este planteamiento comportaría recortar opciones pseudocientíficas y concentrar los esfuerzos (horas lectivas) en las materias científicas –que deberían tener carácter obligatorio e ir, en todo caso, acompañadas de optativas que permitan profundizar en su estudio– en el itinerario científico-tecnológico.

En efecto, el diseño del currículo de las ciencias, ha de consistir en un entramado de conceptos y métodos de enseñanza en el que se articulen los elementos formativos básicos y aplicados fundamentales; a su vez, debe ser lo suficientemente abierto para dar cauce a la creatividad y a la innovación.

Con relación al currículo de matemáticas se ha propuesto que la enseñanza obligatoria debería proporcionar una alfabetización numérica, simbólica y geométrica; estas destrezas no se limitarían a rutinas de cálculo: incluirían capacidades de estimación, análisis y tratamiento de la información y habilidades para modelar situaciones abiertas. En todo caso, sería preciso evitar la confusión ("generosamente extendida en el mundo educativo") entre lo que se enseña y lo que realmente se aprende: quizás enseñando menos se logre que se aprenda mejor. Como se ha apunta-

do antes, las matemáticas no son sólo un fin en sí mismo, sino un valiosa “herramienta que acude en ayuda de todas las otras ciencias y actividades del hombre, una actividad creadora”[15] y deben constituir, por tanto, “uno de los ejes de nuestro sistema educativo”. Sus rasgos de sometimiento a la verdad, a la realidad y a la comprobación –que comparte con las otras ciencias– son elementos igualmente importantes de la ética del comportamiento humano, que deben apreciarse y estimularse en la juventud. La difusión de la verdad encontrada en el hecho científico, el sometimiento de los criterios que lo explican al juicio de la comunidad, la aceptación de convenciones para describirlo y el inmenso respeto a la libertad creativa y de opinión razonada –facetas intrínsecas de toda ciencia– son igualmente actitudes que deben fomentarse en el quehacer social. Una conclusión válida es que los dos ejes sobre los que debe gravitar la formación obligatoria son la lengua y la matemática; seguramente, será preciso añadir un tercero, también instrumental y esencial en nuestro mundo para facilitar la comunicación, que es el inglés.

Echemos un nuevo vistazo a Europa, para terminar, también a propósito de las Matemáticas[16], citando algunos de los análisis del proyecto “Niveles de referencia para la Enseñanza de las Matemáticas en Europa”. Junto a la tendencia a alargar la escolaridad hasta los 18 años, se encuentra la de retrasar la especialización en lo posible, desde los 14 o 15 años. Se trata de que todos reciban una formación básica en conocimientos y capacidades, y de suficiente nivel para afrontar estudios superiores o para desenvolverse en el cambiante mundo laboral. Al respecto, es necesario estar capacitado en las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC) para conocer y entender el mundo actual; ello afecta incluso a los propios fundamentos de la democracia. En el conjunto de los países de la OCDE, se considera que la disciplina más importante son las Matemáticas, después de la lengua propia, dedicándole un tiempo entre el 10 y el 15% del total, sin contar el dedicado a la informática (esta proporción podría ser válida también para la Física y la Química en los estudios especializados de ciencias). Quizás en la enseñanza de las Matemáticas surja más claramente la necesidad de correlacionar los conceptos de “enseñanza” y “aprendizaje” y desarrollar nuevas metodologías didácticas. Parece, pues, imperativo que se tome conciencia de esta necesidad y en ella se impliquen desde las universidades –proponiendo programas específicos de segundo o tercer ciclo– hasta las Sociedades científicas que colaboren con el profesorado en su desarrollo.

Las ideas anteriores plasman algunos elementos de reflexión sobre el estado actual y posible mejora de la enseñanza de las ciencias en España; son básicamente el resultado de las aportaciones de los autores que se citan en las referencias, y que pueden completarse dirigiéndose a los mismos; el mérito es suyo y esta recopilación sólo ha tra-

tado de resumir –esperemos que fielmente– parte de su contenido. Como colofón, aunque admitamos como válida la hipótesis de que el sistema de educación secundaria español tiene importantes defectos –en parte, concomitantes con el avance social innegable que ha supuesto la extensión de la enseñanza obligatoria hasta los 16 años– ello no presupone cuál ha de ser la mejor alternativa ni, por supuesto, que cualquiera de las posibles sea necesariamente mejor que la actual. Las diferentes opciones estarán imbuidas de una cierta carga ideológica, legítima, pero deberíamos esforzarnos por lograr un consenso sobre cuál ha de ser el proyecto educativo que prepare mejor a nuestros jóvenes para enfrentarse al mundo científico-tecnológico en que vivimos. ■

## REFERENCIAS

- [1] M. de León, “Peculiaridad de las matemáticas como ciencia”. [mdeleon@imaff.cfmac.csic.es].
- [2] M. Gómez Rubio, “Situación general de la enseñanza secundaria en España: Física y Química”. [manuel.gomez@uah.es].
- [3] E. Ramos Jara, “El futuro de la enseñanza de las ciencias en España”. [erjara@terra.es].
- [4] L. A. Oro Giral, “Ponencia sobre la situación de las enseñanzas científicas en la educación secundaria”. [oro@posta.unizar.es].
- [5] G. Delgado Barrio, “Importancia de la enseñanza de las ciencias como base de la cultura científica y del desarrollo tecnológico”. [gerardo@fam77.imaff.csic.es].
- [6] C. Pico Marín, “Indicadores sobre el rendimiento de la enseñanza de las ciencias”. [cpico@quim.ucm.es].
- [7] M. Gaspar Alonso-Vega, “Olimpiadas Matemáticas”. [mgaspar@retemail.es; maria\_gaspar@mat.ucm.es].
- [8] J. Julve Pérez, “Olimpiadas de Física”. [julve@imaff.cfmac.csic.es].
- [9] J. A. Rodríguez Renuncio, “Olimpiadas de Química”. [renuncio@quim.ucm.es].
- [10] A. Fernández-Rañada, “Ponencia ante la Comisión de Educación del Senado”. [afr1@fis.ucm.es].
- [11] J. M. López Sancho, “La alfabetización científica, una revolución pendiente en la enseñanza”. [lopezsancho@imaff.cfmac.csic.es].
- [12] M. J. Del Arco, “Análisis de los currículos de Física y Química en la ESO y en el Bachillerato”. [mjdelarco@yahoo.es].
- [13] P. Varela Nieto, “Informe sobre la enseñanza de las ciencias y de las Matemáticas en España”. [varelap@edu.ucm.es].
- [14] T. Recio, “Situación de la enseñanza de las Matemáticas en la educación secundaria española”. [tomas.recio@unican.es].
- [15] M. De Guzmán, “Valores y aspectos éticos en la actividad científica”. [mdeguzman@bitmailer.net].
- [16] Ph. R. Richard, “Matemáticas y escuela secundaria en Europa”. [philippe.r.richard@umontreal.ca].

# Olimpiadas científicas

## V Olimpiada Iberoamericana de Física

### RESUMEN

Se describe el desarrollo de la V Olimpiada Iberoamericana de Física, celebrada en Jaca (España) del 14 al 21 de septiembre de 2000. Además de la relación de países participantes se incluyen los nombres y nacionalidad de los estudiantes premiados. En <http://fisaplic.unizar.es/olimpiada/webolimp.html> se puede encontrar información complementaria.

### INTRODUCCIÓN

La Olimpiada Iberoamericana de Física (OIbF) es una competición intelectual, al igual que la Olimpiada Internacional de Física (IPhO), en la que participan estudiantes preuniversitarios del ámbito iberoamericano.

La primera edición de la OIbF tuvo lugar en Bogotá (Colombia) en 1991. Tras unos años de indecisión, se reanudó en 1997 en Oaxtepec (Morelos, México) y, desde entonces se ha celebrado en Mérida (Venezuela), Ochomogo (Costa Rica). La V OIbF ha tenido lugar del 14 al 21 de septiembre en Jaca (España).

### SEDE

En la II Olimpiada Iberoamericana de Física se propuso que España organizase la V edición en el 2000. El Ministerio de Educación, Cultura y Deporte español aceptó la propuesta y encargó a la Real Sociedad Española de Física (RSEF) la organización de la V OIbF. La financiación de la Olimpiada ha corrido a cargo de los organismos anteriormente citados y la entidad de ahorro Ibercaja. Ha contado también con la colaboración del Colegio Oficial de Físicos de España.

La RSEF propuso a su vez a la Universidad de Zaragoza que fuese anfitrión de la Olimpiada y se eligió como sede la ciudad de Jaca (Huesca). Esta pequeña localidad está situada en el norte de España, a escasos kilómetros de la frontera con Francia y a 145 Km de Zaragoza, y es de gran interés, tanto desde el punto de vista turístico como cultural.

Esta ciudad, posee las infraestructuras necesarias para la realización de este tipo de acontecimientos: una Residencia de la Universidad en la que se realizan cursos de verano internacionales, un Instituto de Enseñanza Secundaria, contiguo a la Residencia, amplio y con bien dotados laboratorios de prácticas, y un Palacio de Congresos. A esto hay que añadir el pequeño tamaño de la ciudad (unos 12.000 habitantes) y la proverbial amabilidad y hospitalidad de sus gentes, de forma que Jaca es un lugar idóneo para la realización de la Olimpiada Iberoamericana.

### PARTICIPACIÓN

La V OIbF ha contado con la participación de delegaciones (estudiantes y profesores) de los siguientes países: Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Cuba, El Salvador, Guatemala, México, Panamá, Portugal, Uruguay, Venezuela y España. En calidad de observadores oficiales estuvieron presentes profesores de Ecuador y Perú. Ésta ha sido la OIbF con mayor participación de las cinco realizadas hasta la fecha.

Por su relación con la Olimpiada, debemos citar que del 12 al 14 de septiembre, vísperas de la V OIbF, tuvo lugar en El Escorial (Madrid) la V Reunión de Presidentes de Sociedades de Física Iberoamericanas, organizada por la RSEF. Esto hizo posible que muchos de los Presidentes se desplazaran a Zaragoza para asistir al Acto de Inauguración de la Olimpiada y posteriormente a Jaca en calidad de delegados o invitados.

### DESARROLLO DE LA OLIMPIADA

La organización de la V OIbF se hizo cargo de los participantes en Madrid a partir del día 14 de septiembre. Después de un recorrido turístico con visita al Museo del Prado, se desplazaron a Zaragoza, a 330 Km de Madrid, en autobuses contratados por la organización.

El Acto de Inauguración de la Olimpiada tuvo lugar en el Paraninfo de la Universidad. Estuvo presidido por el Rector Magnífico de la Universidad de Zaragoza, la Presidenta de la Federación Latinoamericana de Sociedades de Física (FELASOFI), el Vicepresidente de la RSEF, el Alcalde de la Zaragoza y otras autoridades representantes del Ministerio de Educación, del Gobierno de Aragón, de la Universidad de Zaragoza y de Ibercaja.

Tras la inauguración, todos los participantes fueron trasladados a Jaca, concretamente a la Residencia de la Universidad de Zaragoza donde, además del alojamiento, se celebraron las pertinentes reuniones del Jurado internacional. Las pruebas teóricas y experimentales se realizaron los días 17 y 18 en el Instituto de Enseñanza Secundaria "Domingo Miral" situado a pocos metros de la Residencia. El día 19 se realizó la excursión oficial visitando el Monasterio de San Juan de la Peña, cuna del antiguo Reino de Aragón, y la histórica villa de Sos del Rey Católico, lugar de nacimiento del Rey Fernando. Al día siguiente, en el Palacio de Congresos de Jaca, el Dr. D. Juan Antonio Rubio, Director de la División de Educación y Transferencia de Tecnología del CERN, pronunció una conferencia titulada "En la frontera de la Física: las partículas elementales; el CERN". Inmediatamente después tuvo lugar el Acto de Clausura y Entrega de Premios, que estuvo presidido por el alcalde de Jaca. Después de la comida en el restaurante del Palacio de Congresos, las delegaciones fueron trasladadas a Madrid en autobús, dando fin a la V Olimpiada Iberoamericana de Física.

## MEDALLERO

El resultado obtenido fue el siguiente: Argentina una medalla de oro y una de plata, Bolivia una de bronce, Brasil tres menciones de honor, Colombia dos medallas de plata, Cuba dos de oro, una de plata y una de bronce, España una de oro, una de plata y una de bronce, México una de bronce y dos menciones de honor, Portugal dos menciones de honor, Uruguay una medalla de plata y una de bronce y Venezuela una mención de honor. Fue ganador absoluto D. Gustavo Ariel Moreno, de Argentina.

## LAS PRUEBAS

Siguiendo un esquema análogo al de la IPhO, las pruebas de la OIBF constan de dos partes, una teórica y otra experimental, cuyas puntuaciones representan el 60% y 40% del total. Ambas pruebas pueden encontrarse en la citada página web, en sus versiones española y portuguesa, idiomas oficiales de esta competición.

La parte experimental, constó de dos ejercicios diseñados para apreciar la destreza experimental de los estudiantes y sus conocimientos en el tratamiento de datos, con el condicionante obvio de que los montajes requeridos fuesen sencillos y económicos. Lograr un equilibrio entre un bajo coste económico y unas pruebas experimentales dignas es un problema no trivial que exige una buena dosis de imaginación y trabajo. ■

J.A. CARRIÓN<sup>1</sup>, J. JULVE<sup>2</sup>, S. RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, J. TORNOS<sup>1</sup>, A.A. VIRTO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza

<sup>2</sup>Instituto de Matemáticas y Física Fundamental (CSIC), Madrid

## Olimpiadas Internacionales de Física, Matemáticas y Química: la participación española

Fue en el año 1988 cuando recibimos una invitación para que España participara en la Olimpiada Internacional de Física. Tras mi viaje a Viena, como observadora, lo tuve muy claro: había que poner los medios para que jóvenes españoles pudieran vivir esa experiencia. La Real Sociedad Española de Física organizó la primera Olimpiada Nacional en el año 1990, siguiendo el modelo de la de Olimpiada de Matemáticas, que se celebraba anualmente desde 1964.

En la Subdirección de Becas sabíamos ya de esta última, que la Real Sociedad Matemática Española venía organizando siempre en colaboración con el Ministerio de Educación. Con la Olimpiada se trataba, por un lado, de detectar a alumnos bien dotados para las matemáticas, y por otro, de facilitar su dedicación a esta ciencia. Las becas que concedía el INAPE (Instituto Nacional de Ayuda y Promoción del Estudiante), antecesor de la actual Subdirección de Becas y Promoción Educativa, a tres estudiantes por distrito universitario propuestos por la RSME permitían la dedicación de estos jóvenes a las matemáticas, en un momento en que eran muy pocas las Facultades de Ciencias con Sección de Exactas. Estas becas se prorrogaban du-

rante toda la licenciatura, siempre que se cumplieran los requisitos académicos.

Con esta larga historia de colaboración, equipos españoles, seleccionados a través de la Olimpiada Nacional, participaban en la Internacional de Matemáticas desde 1983.

La Sociedad Española de Química, junto con la Asociación Nacional de químicos de España (ANQUE), siguiendo el mismo modelo, organizaban también una Olimpiada de Química, completándose el abanico de Olimpiadas de Ciencias.

La complejidad de la organización, tanto de aspectos técnicos como económicos, de las tres Olimpiadas, hace necesario establecer el marco institucional de colaboración entre el Ministerio y las Reales Sociedades de Física, Química y Matemáticas. La Orden Ministerial de 4 de febrero de 1988 crea una Comisión coordinadora de la participación española en la Olimpiadas Internacionales. Posteriormente, en 1998, esta colaboración se normaliza a través de convenios entre el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, y las correspondientes instituciones.

El Ministerio supervisa la actividad, dejando que los científicos hagan su labor. Además, cada año premia a los ganadores locales, a propuesta de las Reales Sociedades, así como a los ganadores de las fases nacionales de las tres Olimpiadas. También asegura financian los viajes de equipos españoles a las Olimpiadas Internacional e Iberoamericana, y se implica en la posible organización de éstas cuando a España le corresponde ser sede. Esto ocurrió por primera vez en 1990, cuando la Olimpiada Iberoamericana de Matemáticas se celebró en Valladolid. Pero también se han celebrado con éxito Iberoamericanas de Química (Santiago de Compostela, 1999) y de Física (Jaca, 2000). Y nos queda por afrontar el gran reto: la organización de olimpiadas Internacionales. Esta vez los pioneros serán los físicos, anfitriones, en 2005 en Salamanca, de la Internacional de Física.

Las Olimpiadas parecen ser el marco ideal para recoger el principio clave en toda política educativa: proporcionar igualdad de oportunidades, fomentando el buen hacer y reconociendo el esfuerzo. Estoy convencida de que colaborando en la mejora de la enseñanza de las Ciencias se contribuye no sólo al desarrollo personal de los individuos, sino también a mejorar la capacidad de nuestra sociedad para conseguir logros culturales, económicos, tecnológicos y sociales.

Hay muchas oportunidades para premiar y festejar los éxitos en campos como el deporte y las artes, pero son pocas las existentes para reconocer la excelencia intelectual, sobre todo en los jóvenes. Yo me siento satisfecha y orgullosa de contribuir a estos fines prestando apoyo a las olimpiadas. ■

AMALIA GÓMEZ RODRÍGUEZ,

Subdirectora General de Becas y Promoción Educativa, MECD

# Hacia una voz de la comunidad científica

Hay en España una notable variedad de sociedades científicas de diversa entidad y con temáticas y objetivos diferentes. Todas ellas se caracterizan por el noble empeño de mejorar las condiciones en que se desarrolla el quehacer científico y muchas tienen todavía como objetivo primordial ese mismo quehacer: investigar, crear ciencia y aplicarla. Probablemente nacieron de algo tan sencillo como la necesidad, alentadas por la oportuna visión de unos pocos y en marcha gracias al trabajo desinteresado de tantos colegas. En resumen: en lo que atañe a ciencia, son nuestra sociedad civil.

La otra cara de la moneda, el sistema de ciencia y tecnología, parece haber alcanzado un punto de acumulación durante el curso que ahora termina. Nos referimos en particular a la sucesión de pequeños y grandes desastres de gestión que, a ritmo creciente, produce nuestro flamante Ministerio de Ciencia y Tecnología. La dejación de las responsabilidades económicas para con sectores enteros de becarios, el atraso de cantidades que se adeudan a proyectos de investigación en diversas áreas, el apagón informático durante la solicitud de los proyectos del plan nacional, etc. etc.

En fin, se ha llegado a un punto en que diversas sociedades científicas de las áreas de biología y medicina, ante una situación que les estaba asfixiando, decidieron elevar colectivamente su voz. No es necesario recordar el eco de su denuncia en los laboratorios y universidades españolas, sometidos muchos de ellos a similares dislates. Posteriormente, ya a finales de curso, un documento originado desde la sociedad española de astronomía consiguió concitar el acuerdo de un conjunto de veintidós sociedades científicas que lo avalaron con su firma, así como muestras diversas de apoyo desde un colectivo aún más amplio.

El documento consiste en una petición dirigida por los presidentes de las sociedades firmantes al legislativo y al gobierno. En él se señala el problema de gestión que se ha hecho habitual y se solicita un cambio de rumbo administrativo. En concreto se solicita el ordenamiento legal de un procedimiento para la gestión de los fondos de investigación que proporcione una cadencia estable y precisa para su solicitud, concesión y libramiento. La petición fue entregada en persona primero a miembros de la comisión de ciencia y tecnología del Congreso y, posteriormente, al Secretario de Estado. En la primera de estas sesiones se hizo patente la preocupación del legislativo. En la segunda, las dificultades inesperadas y de diverso orden con que la administración se estaba tropezando al intentar convertir en hechos el edificio teórico del nuevo ministerio.

No ha sido fácil poner de acuerdo a tantos grupos, que muchas veces se desconocían previamente y que resultaron en ocasiones dispares. En estas condiciones era complicada la elaboración – paso a paso, por etapas sucesivas, incluyendo las sugerencias de las partes – de un documento asumido por todos. A los astrónomos y a su presidente les corresponde el mérito de haberlo hecho y en un tiempo récord. La reunión

y comunicaciones previas a la entrega del documento fueron una oportunidad única de intercambiar experiencias e impresiones y formular iniciativas. El encuentro de representantes de tantas sociedades científicas era un hecho sin precedentes en España. Había, además, un sentimiento compartido de que no debía perderse ese foro común que se había conseguido debido a que la comunidad en su conjunto carece de vías de comunicación interna, de interacción entre sus diferentes constituyentes y, también de capacidad de transmitir una opinión pública científica autorizada al conjunto de la sociedad y, en particular a sus representantes y a las diferentes administraciones. Finalmente, la instrumentación de una voz representativa de la sociedad civil de la ciencia, que fuese interlocutor válido ante la administración y la sociedad en general, se vio como una tarea inaplazable.

La Ley de Fomento y Coordinación de la Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, ha conducido a los sucesivos Planes Nacionales de I+D, inspirados en sus diversas ediciones por un escaso número de

científicos de la confianza del poder político y designados por éste, quienes a su vez seleccionan por especialidades a un mayor número de científicos. Ahora bien, las sociedades científicas no han sido hasta el momento consultadas. Es decir, ninguno de los órganos naturales por cuyo medio debería expresarse la comunidad científica ha podido contribuir a la tarea. Por ello resulta indispensable que dichos órganos dispongan de un procedimiento de

expresión de los puntos de vista de la comunidad científica civil. Ésta es al fin y al cabo la que, en su quehacer dedicado al desarrollo de diferentes aspectos de la ciencia, se halla sometida a unas mismas decisiones por parte de las administraciones públicas. Fue ésa precisamente, y no otra, la razón de la toma de contacto, origen de los desarrollos que estamos comentando.

Estas consideraciones han sugerido la idea de que las sociedades científicas, testigos de estos hechos, necesitadas de un foro de debate y de proyección hacia las administraciones, se planteen la creación de una confederación de las sociedades científicas existentes en nuestro país. No es este el sitio para delinear la estructura y el funcionamiento de tal posible confederación, que será fruto del debate entre las sociedades miembros que se han adherido a tal propósito o lo hagan en el futuro. Obviamente, el nombre mismo de confederación ya designa el total respeto a la personalidad autónoma de cada una de las sociedades científicas que habrán de confederarse.

Este llamamiento plantea, entre otras cosas, apertura de interlocución entre el mundo científico y el poder político. La existencia de dicho canal de comunicación parece ser del agrado de la administración, lo cual debiera facilitar en gran medida la consecución de los fines propuestos. No obstante, es del mayor interés advertir que, aun en el caso contrario, la iniciativa mantiene su total validez y será la totalidad de la sociedad española la que resulte beneficiada. ■

## Las sociedades científicas se plantean confederarse en nuestro país

# Fiscalidad pura vs. Fiscalidad aplicada

**AUTORES:** PILAR DÍAZ NÚÑEZ  
García Maldonado Asesores. S.L.

LUIS GUASCH PEREIRA  
Oficina de Transferencia de Tecnología, Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas. (l.guasch@orgc.csic.es)

## MEJORA DE LA COMPETITIVIDAD

### DESDE EL TRATAMIENTO

#### FISCAL DE LA I + D + i

La innovación se entiende como parte del éxito de la empresa ya que resulta imprescindible para mantener o mejorar la **COMPETITIVIDAD**. En este contexto, **innovación** es simplemente la **aplicación comercial de una idea, para mejorar**, ya sea con técnicas avanzadas, perfeccionando el proceso productivo, introduciendo tecnologías limpias o simplemente formando al personal. Todo se reduce a la búsqueda de soluciones y supone desmitificar la Ciencia y hacerla cercana y útil a las empresas y a la Sociedad en su conjunto.

En este sentido y al objeto de fomentar esa inversión por parte de las empresas, el Gobierno ha arbitrado una serie de medidas para que la inversión en Investigación y Desarrollo e Innovación se traduzca directamente en una mejora de su competitividad. Son medidas que tienden a “fomentar el desarrollo científico y tecnológico, favorecer la competitividad de las empresas españolas y promover, en definitiva, el progreso económico de nuestro país”. El Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica prevé que en el año 2003 el gasto en I+D llegue al 1,3% del PIB (frente al 0,95% estimado en 1998) con el fin de acortar el diferencial que nos separa de los países más desarrollados de nuestro entorno. Los fondos del Plan Nacional son limitados y sujetos al principio equilibrio presupuestario y por tanto la financiación de sus actividades a partir de subvenciones es también limitada con lo que se han articulado otros instrumentos financieros como crédito reembolsable, fondos de arranque, etc.

Igualmente, se han establecido unos incentivos fiscales en materia de I+D+i, como deducciones que disminuyen la cantidad a pagar de Impuesto de Sociedades de las empresas que apuesten por invertir en este difícil mundo de la investigación. La primera actuación se realizó con la Ley 55/1999 de 29 de diciembre de Medidas Fiscales, Administrativas y de Orden Social que modificaba a la Ley del Impuesto Sobre Sociedades en su artículo 33 y posteriormente este año en la ley 24/2001 de 27 de diciembre de Medidas Fiscales, Administrati-

vas y de Orden Social. Por otra parte la Ley 6/2000 de 13 de diciembre por la que se aprueban medidas fiscales urgentes de estímulo al ahorro familiar y a la pequeña y mediana empresa ha ratificado lo establecido en su día por el Real Decreto Ley 3/2000 de 23 de junio en cuanto a la posibilidad de deducir en la cuota integra un 10% de los gastos relacionados con la mejora de la capacidad de acceso y manejo de información de transacciones comerciales a través de Internet, así como la mejora de sus procesos internos mediante el uso de tecnologías de la información y de la comunicación. La Disposición Adicional Vigésima de la Ley 13/2000, de 28 de diciembre de Presupuestos Generales del Estado para el 2001 sobre actividades y programas prioritarios de mecenazgo y otros incentivos de interés general, recoge en relación con el artículo 67 de la Ley 30/1994, de Fundaciones y de Incentivos Fiscales a la participación privada en actividades de interés general, una deducción entre el 15% y 25% en el Impuesto de la Renta de Personas Físicas por donaciones.

## DEDUCCIONES EN EL IMPUESTO

### SOBRE SOCIEDADES

El porcentaje de la deducción sobre los gastos realizados es diferente según se trate de Investigación y Desarrollo o de Innovación. **El porcentaje de deducción en I+D puede llegar hasta a un 60%** de la cantidad invertida (y esto es lo que nuestros políticos resaltan ante la prensa, diciendo que es el país de la OCDE que más fomenta la investigación). Si es la primera vez o la empresa invierte lo mismo o menos que en años anteriores puede deducirse un 30%, si ha invertido con anterioridad y se gasta más, entonces hasta la media de los años anteriores la deducción será del 30% mientras que sobre el exceso será del 50%. El 60% se puede conseguir añadiendo la deducción del 10% que se refiere a Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico contratados a Organismos Públicos de Investigación, Universidades y Centros de Innovación y Tecnología (Real Decreto 2609/1996 de 20 de diciembre por el que se regulan los Centros de Innovación y Tecnología). En este punto parece que la ley pretende más favorecer la financiación de los OPIs y Universidades que favorecer la competitividad de las empresas, cuando además los fondos estructurales de los que parcialmente se nutre el Plan Nacional desaparecerán a partir del 2006. Lo interesante es que la empresa española tenga **la mejor tecnología disponible** y no sólo la mejor tecnología disponible en centros de España, la globalización también debería afectar a los Centros de Investigación. Por lo menos se deberí-

an considerar también Centros de Investigación de la Unión Europea, por aquello de la libre circulación de personas y mercancías. Se podría ampliar la deducción teniendo en cuenta lo que ya establece el artículo 33 de la LIS para admitir el gasto "...que la actividad principal se realice en España y que no supere el 25% del importe de proyecto".

Además no existe ninguna consideración especial a las empresas que participan en Proyectos de Investigación del 5º Programa Marco de la Unión Europea, estos proyectos se sitúan en la vanguardia de la investigación, y por tanto mejoran considerablemente la **COMPETITIVIDAD** de las empresas. Consideramos por ello que la Firma de Acuerdo de Consorcio con la Comisión y más aún ser líder del mismo debería bonificarse de alguna manera. Si lo que se quiere es financiar el Sistema Público de I+D+i parece más acertado el sistema de donaciones que se introdujo el año 2001 para el Impuesto de la Renta de las Personas Físicas (Ley 13/2000) o utilizar los mismos mecanismos que se utilizaron para fomentar la participación empresarial en los eventos de 1992, Año Santo Jacobo 99.

Existe otra deducción adicional del 10% de los gastos de personal de investigadores cualificados que trabajen en exclusiva en las tareas de investigación, medida que puede interpretarse como un deseo de incorporar Doctores a empresas al objeto de contar con personal con capacidad suficiente para llevar a cabo la dirección de la investigación. La Administración Tributaria establece que será investigador cualificado el profesional poseedor de título universitario que trabaja en la concepción o creación de nuevos conocimientos, productos, procesos, métodos o sistemas.

Los gastos de Innovación tienen una deducción comprendida entre el 10 y el 15%, la ley especifica claramente los conceptos de proyectos encargados a OPIs, Universidades y CITs, de diseño industrial e ingeniería de procesos de producción, la adquisición de tecnología en forma de patentes, licencias, "Know how", etc. y la obtención del certificado de aseguramiento de la calidad pero no su implantación.

## EL PROBLEMA

### DE LAS INTERPRETACIONES

En la práctica, en muchas ocasiones es muy difícil saber si estamos ante una actividad de Desarrollo o de Innovación. El primer interrogante que se plantea es ¿Qué es Investigación y Desarrollo? ¿E Innovación? - **ni se clarifica ni diferencia suficientemente en la Ley 55/1999 ni en su posterior modificación, la Ley 24/2001**, ni se ha resuelto en vía reglamentaria, por lo que la interpretación

de estas medidas se realiza a través de las resoluciones emitidas por la Dirección General de Tributos.

Que un gasto se pueda considerar o no como susceptible de deducción y de qué tipo, va a depender de su **novedad**, de si existen **mejoras sustanciales** o **significativas** y esa novedad va a radicar en sus características y aplicaciones. Todos ellos son conceptos muy **subjetivos**. En las consultas a la Agencia Tributaria, como los términos de Investigación, Desarrollo e Innovación se salen de lo propiamente tributario, siempre contestan empezando con la definición legal, y poniendo énfasis en que la investigación ha de ser original y planificada. La propia Guía Fiscal del Ministerio de Ciencia y Tecnología vuelve a cargar las tintas en estas palabras, sin supeditarlas a la obtención de conocimiento. El descubrimiento de la Penicilina por Fleming al ser fortuito, fiscalmente no sería deducible. Evidentemente después de que ocurriera ese hecho fortuito Fleming buscó de forma sistemática porqué las bacterias no crecían donde crecía el hongo de donde al final se obtuvo la Penicilina. Recientemente la Real Academia ha introducido el término serendipia para definir este aprovechamiento científico del azar del que existen significativos ejemplos como el de Marconi, el Velcro, etc. Volviendo al tema fiscal y dejando atrás discusiones bizantinas, lo más lógico es adelantarse a las contestaciones de la Agencia Tributaria y plantear las cuestiones sobre I+D+i indicando que esa actividad se ha hecho de forma planificada fruto de un proyecto que tiene la empresa con el objetivo X e intentar que todo este correctamente determinado y documentado por ejemplo en un libro registro de I+D+i.

Parece que se opta por el principio de "prudencia" y ante la duda, considerar que no es investigación sino innovación y se olvidan del desarrollo. Por todo ello no es de extrañar que la Agencia Tributaria tienda a **no ver la novedad** por ningún sitio y considerar TODO esfuerzos rutinarios de mejora de la calidad o a **adaptación del producto o la producción a las exigencias de un cliente**. Si en vez de un cliente, son dos, tres, cien o cien mil quizá ya podríamos hablar de exigencias del mercado. Para una empresa que vende colonias, 1 cliente pudiera parecer que no es representativo, pero si el cliente es la mayor distribuidora en España y le compra el 70% de la producción parece que las cosas no están tan claras. Si conseguir aumentar o consolidar las ventas no se considera mejorar la competitividad y **si el objetivo de la ley no es otro que aumentar la competitividad, ¿por qué tantas trabas a considerar las actividades como investigación y desarrollo?**

La innovación en el marco de la empresa surge de la necesidad de adaptarse a un mercado en constante evolución. La innovación consiste en la aplicación comercial de una idea independientemente del grado de subjetivi-

dad, para convertir ideas en productos, procesos o servicios nuevos o mejorados que el mercado valora. Así esta valoración puede deberse al mantenimiento de unos precios bajos pero también a factores tan diversos como calidad, ofrecer una mayor gama de productos, ser más rápidas en su introducción en el mercado o adaptación a las características específicas de los clientes. Se trata de un hecho fundamentalmente económico que incrementa la capacidad de creación de riqueza de la empresa.

## CUANDO LA TEORÍA FISCAL

### SE APLICA A UN CASO REAL

Para muestra un ejemplo de una resolución de 21 mayo de 2001 referente a la consulta vinculante V-0034-01. La pregunta era si el proyecto mencionado tiene la consideración de investigación y desarrollo a efectos de la aplicación del artículo 33 de la LIS. El texto de la consulta va en cursiva, las partes importantes se han destacado en negrita y los (comentarios se incluyen entre paréntesis y subrayados).

*“Una de las actividades de la entidad consultante consiste en la fabricación de papel para la producción de cartón, utilizando como materia prima papel reciclado. La empresa va a implantar un proyecto de investigación para el aprovechamiento de los subproductos residuales generados en la fabricación de papel reciclado, desarrollando los procesos y determinando las características de los equipos, para lograr una transformación de los subproductos que permita la **minimización y/o valoración de los mismos**, según el tipo de residuo. El desarrollo del proyecto supone el estudio de determinados residuos, su caracterización y elaboración de programas de desarrollo para cada uno. Se contará con un equipo técnico especializado y con diversas empresas colaboradoras, así como la participación de una Universidad.”*

(La contestación se inicia con la consiguiente descripción legal de I+D), ....“que se considerará **investigación** a la indagación original y planificada que persiga descubrir nuevos conocimientos y una superior comprensión en el ámbito científico o tecnológico, y **desarrollo** a la aplicación de los resultados (Por tanto conocidos) de la investigación o de cualquier otro tipo de conocimiento científico para la fabricación de nuevos materiales o productos o para el diseño de nuevos procesos o sistemas de producción, así como para la mejora tecnológica sustancial de materiales, productos, procesos o sistemas preexistentes. Se considerará innovación tecnológica la actividad cuyo resultado es la obtención de nuevos productos o procesos de producción, o de mejoras sustanciales, tecnológicamente significativas (aquí la ley no dice que la mejora sea lo mejor del mundo mundial ni que la novedad sea mundial, ni objetiva ni subjetiva), de los ya existentes. Se considerarán nuevos aquellos productos o procesos cuyas características o aplicaciones, desde

el punto de vista tecnológico, difieran sustancialmente de las existentes con anterioridad.

*El apartado 4 del mismo artículo determina que no se considerarán actividades de investigación y desarrollo ni de innovación tecnológica, entre otras, las consistentes en: las actividades que no impliquen una novedad científica o tecnológica significativa....”*

(A continuación aparece un el párrafo que no viene en la Ley pero si en muchas de las consultas y que parece ser que condensa lo que la Agencia Tributaria entiende por I+D).

*De acuerdo con lo anterior, las actividades llevadas a cabo por la consultante en el proyecto descrito se considerarían actividades de investigación y desarrollo, a los efectos del artículo que nos ocupa, en la medida que sea una **indagación original y planificada que incorpore nuevas tecnologías y que persiga descubrir nuevos conocimientos o mejoras tecnológicas sustanciales** en relación con productos o procesos. En este sentido, **el desarrollo del proyecto planteado pretende caracterizar los residuos, desarrollar y diseñar equipos y procesos para lograr su transformación y realizar otros estudios para obtener conocimientos que posibiliten la minimización y reutilización de dichos residuos. Estas actividades, por sí mismas, no implican la incorporación de nuevas tecnologías (¿Cuáles son esas nuevas tecnologías que nadie menciona? Pidan más información si la explicación no es suficientemente aclaratoria. Si la tecnología existiera ya ¿para qué lo irían a disfrazar de I+D, si luego en los costes se vería si fuera sólo adquisición de maquinaria?) ni la obtención de nuevos conocimientos en el ámbito científico o técnico (¿saber cómo se elimina un residuo no es conocimiento cuando menos técnico?) ni por supuesto, la elaboración de productos no existentes en el mercado o la incorporación de procesos novedosos o que supongan una mejora tecnológica sustancial de los ya existentes. Se trata, más bien, de una serie de actividades tendentes al aprovechamiento de los subproductos (¿al ser subproductos sería un conocimiento de 2ª categoría?) que se obtienen en el proceso de producción del papel que permitan su valorización y, por tanto, mejorar la **productividad** (¿Dónde se dice que el aumento de la productividad de las empresas sea malo?, ¿No era ese el objetivo de la ley?) de la empresa, cuya ejecución, aisladamente considerada, no puede considerarse como una actividad de investigación y desarrollo en los términos establecidos en la normativa vigente a los efectos de la deducción establecida en el artículo 33 de la LIS.***

No obstante, el apartado 3 del artículo 33 de la LIS posibilita también practicar la deducción a actividades de innovación tecnológica, considerándose como tales aquellas cuyo resultado sea la obtención de nuevos productos o procesos de producción o de mejoras sustanciales, tecnológicamente significativas, de los ya existentes. En definitiva, **la actividad de innova-**

*ción requiere la existencia de una novedad subjetiva y no objetiva, esto es, que el nuevo producto o proceso lo sea desde el punto del vista del sujeto pasivo aun cuando los mismos existan en el mercado.*

*En consecuencia, si el resultado final de las actividades desarrolladas por la consultante determinan un producto o proceso cuyas características o aplicaciones difieran sustancialmente de las existentes con anterioridad en los productos o procesos propios de la consultante, ello posibilitaría considerar dicha actividad como de innovación tecnológica (ni siquiera dice que lo sea).*

*En tal caso, la base sobre la que calcular dicha deducción no serían todos los gastos del período impositivo sino aquellos que, estando específicamente individualizados en un proyecto, teniendo relación directa con la actividad innovadora realizada y habiéndose aplicado efectivamente en su realización, se encuentren entre los citados en las letras a), b), c) y d) del artículo 33.3 de la LIS.*

Muchos proyectos que se presentan al Ministerio de Ciencia y Tecnología no van más allá de lo que se expone aquí, y de hecho en este caso colaboran con una Universidad. Por otro lado, en muchos de los proyectos de desarrollo tecnológico financiados por el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial CDTI, se emplean tecnología asimiladas y no por ello se dejan de considerar desarrollo tecnológico. ¿Por qué los requisitos fiscales son en ocasiones más restrictivos que los necesarios para obtener una subvención o una patente? **En definitiva el panorama es descorazonador si se quiere fomentar la I+D+i por un lado y por el otro si se quiere fomentar la competitividad de las empresas.**

## I + D + i PARA LA SOCIEDAD

### DE LA INFORMACIÓN

El tema del **software** también debe ser tratado en particular. Se especifica en el texto de la ley que el software no se considera investigación científica salvo que sea software avanzado, es decir nuevos algoritmos, lenguajes de programación, etc., con lo cual, lo excluye prácticamente por completo. Sin embargo no dice nada que no sea ni desarrollo tecnológico ni innovación, si bien tampoco dice que lo sea. A nuestro entender, se debería clarificar en la propia ley este supuesto ya que es una actividad altamente innovadora y debe ser tenida en cuenta, cuando además la elaboración de muestrarios para el lanzamiento de un producto se considera investigación y desarrollo o establecer una medida similar al tratamiento de Internet. Es cierto que la situación anterior a la reforma de la ley del 99 era todavía peor, puesto que se excluía por completo de forma expresa de cualquier deducción (*"no se considerarán ... c) la confección de pro-*

*gramas para equipos electrónicos"*, resolución de 21/07/98 entre otras) y en cierta medida se ha dulcificado este supuesto con las medidas aprobadas en la Ley 3/2000.

## MEJOR QUE NO TENGA ÉXITO

Se establece que se pueden deducir todos los gastos realizados para la consecución de un **prototipo** no comercializable (gastos de personal, inmovilizado material e inmaterial y suministros y gastos de prueba del prototipo) como investigación y desarrollo. Sin embargo, una vez verificado el prototipo si este es válido los gastos de la puesta en marcha del nuevo proceso de fabricación no serían deducibles. Y la ley en ese aspecto es absolutamente clara. Sin embargo, no parece demasiado razonable que cuando finalmente el fruto final de la investigación y desarrollo llega al mercado en forma de un producto nuevo e innovador a esta actividad no se la considere innovación. Desde todos los Programas de Investigación y Desarrollo, tanto de la Unión Europea, como de los diferentes Organismos Nacionales, se aboga por llevar la investigación del laboratorio al mercado y vender así la **Paradoja Europea en Investigación**. En contraposición se penaliza este hecho al excluirlo de estas deducciones fiscales. Evidentemente no puede tener las mismas deducciones que la investigación o desarrollo puesto que la incertidumbre es mucho más reducida, pero existe; no obstante se podría incluir como un concepto adicional de innovación sujeto a deducción, si se quiere con un porcentaje inferior.

La situación anterior llega a la incongruencia de que si el prototipo es válido y funciona, no puedo aprovecharlo para iniciar la producción puesto que perdería la deducción de los gastos realizados. La ley es muy clara también en este punto pero resulta ridículo que en un país de recursos escasos pueda ser más rentable tirar el prototipo y deducírselo. En este caso deberían abrirse soluciones más imaginativas como minoración de la deducción o cambios en la amortización del inmovilizado, etc., antes que cerrarse en banda con la excusa es que la ley dice... Si el espíritu de la modificación de la LIS es realmente la mejora de la competitividad quizá debiera pecar de permisiva y dar un premio a aquellos que consiguen mejorar sus procesos.

Más aún, en vez de optar por el criterio amplio, se ha optado por uno más restrictivo. El término de prototipo no comercializable incluye además la amortización de todo el inmovilizado. En la consulta vinculante V-0080-00 de fecha de salida 04/09/2000, el propio consultante abre la vía de que se establezca un porcentaje de utilización o alguna fórmula intermedia. Si se permite que autónomos puedan considerar como coche de empresa el suyo propio asignándole un porcentaje de utilización, ¿no parece una fórmula de este tipo más adecuada para este caso?

## LA I + D + i NO SÓLO TIENE QUE SER

## APLICADA, HA DE SER EXCLUSIVA

Otro tema complicado es el criterio de exclusividad en la deducción de personal. La exigencia de EXCLUSIVIDAD puede traer consigo un problema de organización en la empresa al plantearse la mejora de un proceso existente. El encargado del proceso actual es el que más conoce los problemas que existen y los que pueden surgir. Al diseñar un proyecto de modificación de este proceso, el encargado tiene que dedicar parte de su tiempo para participar en la investigación. Además cuando una empresa participa en un Proyecto de Investigación y Desarrollo con un Organismo Público de Investigación casi **NUNCA** el personal de la empresa se dedica únicamente a esa tarea. No tenerlo en consideración podría suponer no favorecer la innovación en estos casos. No es muy lógico hablar de favorecer la integración de la Investigación y el Desarrollo en el sector productivo y cuando es la misma persona que compatibiliza ambos aspectos no se apoya. La Dirección de una empresa no va a retirar una persona que es eficiente de un puesto clave para que realice tareas de investigación. Quizá sería más lógico deducirse la parte proporcional de participación con la única exigencia que esta estuviera reflejada en algún documento. Hacienda responde del siguiente modo *“Respecto de la condición de adscripción en exclusiva a la actividad de investigación y desarrollo, debe entenderse que **durante todo el tiempo que dure, dentro del período impositivo, el proyecto de investigación y desarrollo, la actividad desarrollada por el personal investigador para la consultante debe hacerse en exclusiva para ejecutar dicho proyecto**”*.

Salvo las grandes empresas que tienen perfectamente individualizados sus departamentos de I+D y por tanto sus costes o gastos, las empresas de tamaño medio y mucho más las PYMES comparten sus estructuras para la realización de tareas comunes como fabricación y diseño. Este tema se da especialmente en el caso de los suministros (agua, luz, gas, teléfono, etc.) y el inmovilizado (desde las maquinas a las mesas y sillas) y generalmente se soluciona asignando un porcentaje de costes indirectos que aunque **contablemente si están previstos, fiscalmente no se contemplan** por lo que habrán de realizarse los ajustes necesarios para incluirlos en las deducciones.

Es paradójico que se pretende incentivar la investigación en las empresas y se excluyan estos costes que son reales aunque no fácilmente individualizables. Sin embargo se bonifica con un 10% de deducción adicional la contratación de proyectos en Universidades y Organismos Públicos de Investigación y estos organismos si incluyen estos costes indirectos. El propio Ministerio de Ciencia y Tecnología cuando subvenciona un proyecto de investigación admite unos costes indirectos del 15%.

También en los Proyectos de los Programas Marco de la Unión Europea (co-financian hasta un 50% de los costes totales de los proyectos de investigación) se repercuten estos costes indirectos de OPIS y de cualquier empresa con contabilidad analítica (debidamente justificada). Para este tipo de proyectos incluso tiene unos baremos fijos Flat Rate para no complicar la contabilidad (80% de los costes de personal sin requerir justificación alguna). También los proyectos financiados por el CDTI incluyen un porcentaje de costes indirectos.

## UN INTENTO DE EVITAR

## CONTROVERSIAS

La posibilidad de realizar consultas vinculantes y acuerdos previos de valoración pueden resolver las posibles dudas. Pretenden aportar seguridad jurídica en la calificación de proyectos de I+D+i para evitar controversias entre la Administración Tributaria y los destinatarios de los incentivos fiscales, pero sin la intervención de otros organismos especializados en Investigación, Desarrollo e Innovación. Ambas figuras tratan de asegurar al sujeto pasivo que los gastos realizados y englobados en la deducción que practique en su Impuesto de Sociedades hayan sido correctamente valorados con carácter previo a la presentación de dicho Impuesto. Según la ley el sujeto pasivo (el obligado a presentar el impuesto) será el que pueda plantear consultas vinculantes sobre la interpretación de la deducción así como solicitar la valoración de los gastos correspondientes a proyectos de investigación y desarrollo o de innovación.

Se deja a la Administración Tributaria y la Inspección Financiera la valoración exclusiva de unos gastos no suficientemente delimitados por la ley (Investigación, Desarrollo, Innovación Tecnológica) y que escapan de lo tributario, cuando han podido ser previamente calificados como tales por organismos competentes en la materia, incluso por el propio Ministerio de Ciencia y Tecnología. En otras deducciones como la practicada en materia de Medio Ambiente se permite la emisión de certificaciones de convalidación de la inversión realizada por la Administración competente sin necesidad de que la Administración Tributaria entre a valorar si benefician o no al Medio Ambiente. Tampoco, a pesar de formar parte de una deducción, las minusvalías son objeto de valoración aunque deban ser documentadas.

Además, la incertidumbre se acrecienta cuando los gastos han sido efectuados por las empresas en un proyecto que tiene concedida una subvención para su realización por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología, por un organismo de él dependiente o por la Comisión Europea. El que estos gastos hayan de ser valorados como I+D+i por parte del Ministerio de Hacienda, sin que sea obligato-

riamente vinculante para el mismo, no facilita precisamente las cosas, puesto que en caso de litigio las discrepancias habrían de ser resueltas en los tribunales. En la práctica puede suponer alargar el proceso de I+D+i por lo menos los 6 meses de plazo de los acuerdos previos, si a eso añadimos que existen casos en que la concesión de proyectos de investigación se demoran más de un año, y que luego hay un período de libranza del dinero, puede ocurrir que después de 2 años la demanda del mercado, o la política de la empresa sea otra o que los competidores se hubieran adelantado. Eso sin contar que cualquier revisión a la baja de la subvención solicitada (esto ocurre en la mayoría de los casos) me invalide la consulta vinculante que había realizado. Al final, en este caso el fomento de la competitividad se habría quedado en agua de borrajas

En la Guía Fiscal del Ministerio de Ciencia y Tecnología aun con la sana intención de proponer un "manual de planificación y gestión de proyectos" escogen los documentos necesarios para presentar un proyecto al Programa de Fomento de la Investigación Técnica (PROFIT), Nuestra propuesta considera que intentar trasladar al mundo fiscal el vocabulario científico y técnico es un absurdo porque nada tiene que ver los términos contables o fiscales con los científicos y tecnológicos y lo que clarifica un aspecto enturbia el otro. Los impresos del PROFIT han sido diseñados para obtener subvenciones y para ello han de ser evaluados científicamente por la ANEP (Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva) por lo que las exigencias documentales son diferentes. Por un lado decimos que Hacienda no considera las valoraciones de Ciencia y Tecnología pero este último tampoco ha realizado un esfuerzo imaginativo para la coordinación de ambos Ministerios ya que los impresos de los PROFIT no son precisamente fáciles de rellenar. Se incluyen (2 veces) apartados totalmente alejados de la realidad empresarial como Plan de Difusión, divulgación ... publicaciones, revistas, tesis... sin más comentario ni adaptación, cuando se sabe que muchas empresas ni patentan sus resultados para protegerlos cuanto menos van a divulgarlos gratis en revistas (luego se aplica un 10% por licencia de patentes y regalas las tuyas). Si se pretende animar a la PY-MES a innovar no creemos que sea este el camino.

## CONCLUSIONES

El que el objetivo de que el gasto de I+D+i alcance el 2% del PIB, en gran medida debido al esfuerzo inversor privado, no se quede en una mera declaración de intereses depende de que las medidas de fomento de la Innovación se articulen de manera adecuada. En el caso de las deducciones del Impuesto sobre Sociedades el problema es que no se establecen las reglamentaciones adecuadas para que no existan problemas de interpretación y no han conseguido **augmentar la confianza empresarial en I+D+i**, necesaria para que el objetivo del Plan Nacional.

Se deja entrever que las autoridades tienen miedo de que esto pueda convertirse en un "coladero". Así la ley 24/2001 aunque incluye una deducción del 10% de los gastos en elementos del inmovilizado material e inmaterial que no estaba contemplado en la reforma anterior, elimina la posibilidad de que la suma de todas las deducciones de I+D+i, actividades de exportación, inversiones en bienes de interés cultural, y gastos de formación llegue al 45% de la cuota íntegra. Esta medida favorecía la realización de actividades innovadoras en empresas que tenían comprometida ya su capacidad de deducción fiscal con otro tipo de deducciones y constituía un incentivo más para que cualquier empresa se involucrara en el proceso de innovación. Ahora el temor al "coladero" ha hecho eliminar esta posibilidad y ha dejado con el "culo al aire" a las empresas que habían apostado por la Innovación. El procedimiento de ensayo-error no es admisible puesto que va en detrimento de la confianza empresarial que al fin de cuentas es lo que va a influir en la competitividad

Las empresas deben apostar por la innovación para mejorar su competitividad y deben desarrollar sus proyectos independientemente de cualquier otra consideración, esto implica no convertir en objetivo la deducción fiscal pero, por supuesto, tenerla en cuenta e intentar que ésta sea la máxima posible.

Si queremos cerciorarnos de que nuestro proyecto es considerado fiscalmente como de Investigación y Desarrollo o de Innovación en su caso, hay que realizar consultas a la Administración Tributaria. Pero hay que tener en cuenta, primero que el tiempo de respuesta nos puede comprometer la propia novedad de la innovación y segundo la necesidad de plantear la consulta en los términos más exactos y completos posibles ya que cualquier variación posterior por insignificante que pueda parecer implica que la contestación emitida no sirva para nada.

Todo es recurrible y si otros organismos competentes en la Materia han calificado un proyecto como de Investigación, Desarrollo Tecnológico o Innovación existen buenos argumentos ante una Inspección y llegado el caso serían pruebas de peso ante los Tribunales. Sí recomendamos que se tenga un libro registro de I+D+i como el que se propuso en el estudio innovación: mejor en Canarias en el cual se incluyan todos los gastos individualizados por conceptos y proyectos tal como exige la práctica de esta deducción

Autores del Estudio: "Innovación: Mejor en Canarias", (Portal de Innovación de Canarias [http://pic.itccanarias.org/informacion/regimen\\_fiscal/index.html](http://pic.itccanarias.org/informacion/regimen_fiscal/index.html)) encargado por la OTRI de la Universidad de La Laguna dentro de la Iniciativa RIS+ ", en el que se analizan las especiales condiciones fiscales existentes en las Islas y su relación con la Investigación y Desarrollo y la Innovación Tecnológica.

# Una introducción al mundo de la información científica, académica y empresarial en Medio Ambiente

**AUTOR:** LUIS M. PLAZA

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

## INTRODUCCIÓN

El enorme cúmulo de agentes e intereses implicados en la problemática ambiental ha dado lugar a un particular crecimiento de la información en este ámbito. Este fenómeno responde a la necesidad de disponer de datos y documentos de muy distinta naturaleza; científica, empresarial, sociológica, administrativa, normativa, legislativa, etc. Las múltiples interacciones entre los diversos sectores implicados hace prácticamente imposible delimitar áreas de actividad en las que las necesidades de información no requieran el acceso a diferentes fuentes y tipos de datos. En este medio complejo, el acceso a una información fiable y útil presenta serias dificultades. En el ámbito de la investigación, aunque las publicaciones de interés científico y técnico sobre disciplinas ambientales son cada vez más numerosas, los canales para acceder a las mismas están bien organizados y son de sobra conocidos por los investigadores y especialistas. El problema del acceso a una información ambiental fiable y de verdadera utilidad, no estriba en la variedad de fuentes primarias (revistas científicas, libros técnicos, etc.), bases de datos y otros recursos de información, sino en el crecimiento de una literatura periférica de dudosa fiabilidad. Este fenómeno responde a la actividad de numerosos colectivos que, movidos por un amplio abanico de intereses políticos, económicos y sociales, producen una gran variedad de publicaciones, haciendo circular todo tipo de documentos con datos y valoraciones entre las que no siempre resulta fácil distinguir aquellas obtenidas de forma rigurosa e imparcial.

Ante este fenómeno que podría definirse como de "contaminación de la información ambiental" surge la necesidad de definir cuales son las opciones más adecuadas para acceder a una información verdaderamente fiable y útil.

Los hechos anteriormente mencionados, unidos al desarrollo del mercado de la información electrónica, y en especial al desarrollo y popularización de Internet, ha-

ce que el acceso al sector de la información ambiental, sea cada día más complejo. Sin embargo, este desarrollo de Internet ofrece, a este respecto, unas posibilidades de especial interés, ya que la práctica totalidad de los organismos públicos de investigación, así como los del sector académico y buen número de entidades públicas y privadas relacionadas con la gestión ambiental, están presentes en este medio. Esto nos permite utilizar las posibilidades de la red para acceder y explorar los recursos y servicios de información ambiental que pueden ser de mayor utilidad.

Esta contribución pretende ayudar a conocer los principales recursos de información en medio ambiente, haciendo especial énfasis en aquellos de interés para la ciencia, la tecnología y la industria. Con esta finalidad se ha recopilado una colección de direcciones www de distintas entidades públicas y privadas de interés ambiental. La información suministrada, en este documento, pretende servir de orientación para aquellas personas que requieran introducirse en el ámbito de la documentación e información ambiental y que no estén suficientemente familiarizadas con los correspondientes servicios y recursos.

Las direcciones www seleccionadas, corresponden a los servidores de entidades públicas y privadas cuyas actividades están estrechamente relacionadas con la generación de información ambiental, bien sea porque dichas actividades se enmarquen en el ámbito de la investigación científica de interés en medio ambiente, bien porque se relacionen con la gestión de recursos y/o porque ejerzan una labor significativa en la difusión de información en este entorno.

Las entidades cuyas direcciones se han seleccionado, y que se muestran recogidas en las tablas, están organizadas en tres apartados, conforme a tres objetivos o intereses específicos; I) acceso a recursos y servicios de información ambiental, II) acceso a distintos tipos de publicaciones y III) búsqueda de ofertas de formación ambiental.

En las correspondientes tablas se recogen las direcciones de diversas entidades españolas, tanto de alcance nacional, como regional y local. Dado su especial interés se han incluido también las direcciones de algunas orga-

nizaciones de carácter internacional. En la selección se han tenido en cuenta exclusivamente las entidades del sector público vinculadas a la investigación científica y técnica, al sector académico y a la gestión ambiental. Por otra parte se recogen las direcciones de algunos de los principales servidores de bases de datos de cobertura nacional e internacional. El sector privado está representado por distintos agentes del sector de la información, fundamentalmente editores y distribuidores de publicaciones científicas y técnicas, así como por las Cámaras de Comercio españolas y Fundaciones que, en ambos casos, son, junto a algunas entidades públicas de investigación y universidades, los medios más adecuados para acceder a la información sobre ofertas de formación ambiental.

En estas tablas no se han incluido direcciones de entidades directamente implicadas en la información ambiental de carácter preferentemente divulgativo (agencias y editores de prensa, etc.), así como de organizaciones no gubernamentales o colectivos privados. La utilidad, que desde el punto de vista del medio ambiente, prestan buena parte de este tipo de entidades, está claramente entendida y aceptada por la sociedad, pero en este trabajo ha primado la selección de entidades implicadas en actividades científicas, académicas y de gestión ambiental, así como el sector empresa o industria por sus implicaciones en la problemática ambiental.

#### RECURSOS Y SERVICIOS DE INFORMACIÓN AMBIENTAL

Sistema público de I+D	Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT)	<a href="http://www.cicyt.es/">http://www.cicyt.es/</a>	
	Secretaría de Estado de Universidades, Investigación y Desarrollo (SEUID)	<a href="http://www.seui.mec.es/">http://www.seui.mec.es/</a>	
	Red Iris	<a href="http://www.rediris.es/">http://www.rediris.es/</a>	
	Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)	<a href="http://www.csic.es">http://www.csic.es</a>	
	Universidades	<a href="http://www.rediris.es/recursos/centros/univ.es">http://www.rediris.es/recursos/centros/univ.es</a>	
	Instituto Español de Oceanografía (IEO)	<a href="http://www.ieo.es/">http://www.ieo.es/</a>	
	Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM)	<a href="http://oepm.es/">http://oepm.es/</a>	
	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)	<a href="http://www.ciemat.es/">http://www.ciemat.es/</a>	
	Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI)	<a href="http://www.cdti.es/">http://www.cdti.es/</a>	
	Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGME)	<a href="http://www.itge.mma.es/">http://www.itge.mma.es/</a>	
Ministerios y otros organismos públicos	Ministerio de Ciencia y Tecnología	<a href="http://www.mcyt.es">http://www.mcyt.es</a>	
	Ministerio de Medio Ambiente	<a href="http://www.mma.es/">http://www.mma.es/</a>	
	Centro de Información Administrativa (MAP)	<a href="http://www.igsap.map.es/">http://www.igsap.map.es/</a>	
	Ministerio de Educación, Cultura y Deporte	<a href="http://www.mec.es/">http://www.mec.es/</a>	
	Instituto Geográfico Nacional	<a href="http://www.geo.ign.es/">http://www.geo.ign.es/</a>	
	Instituto Nacional de Meteorología	<a href="http://www.inm.es/">http://www.inm.es/</a>	
	Instituto Nacional de Estadística	<a href="http://www.ine.es/">http://www.ine.es/</a>	
	European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau	<a href="http://eippcb.jrc.es/">http://eippcb.jrc.es/</a>	
	Instituto de Prospectiva Tecnológica y Científica (IPTS)	<a href="http://www.jrc.es/welcome.html">http://www.jrc.es/welcome.html</a>	
	Comunidades Autónomas	Direcciones www de órganos ambientales de Comunidades Autónomas	<a href="http://www.igsap.map.es/docs/cia/cca/">http://www.igsap.map.es/docs/cia/cca/</a>
Comunidad de Madrid		<a href="http://www.comadrid.es/">http://www.comadrid.es/</a>	
Ayuntamientos	Ayuntamiento de Madrid	<a href="http://www.munimadrid.es/">http://www.munimadrid.es/</a>	
	Ayuntamiento de Barcelona	<a href="http://www.bcn.es/">http://www.bcn.es/</a>	
	Ayuntamiento de Sevilla	<a href="http://www.sevilla.org/">http://www.sevilla.org/</a>	
	Ayuntamiento de Valencia	<a href="http://www.ayto-valencia.es/">http://www.ayto-valencia.es/</a>	
Bases de datos	Bases de datos CSIC	<a href="http://www.cindoc.csic.es">http://www.cindoc.csic.es</a>	
	DATRI	<a href="http://seui.mec.es/">http://seui.mec.es/</a>	
	FAO Statistical Databases	<a href="http://apps.fao.org">http://apps.fao.org</a>	
	CORDIS	<a href="http://www.cordis.lu/es/home.html">http://www.cordis.lu/es/home.html</a>	
	BIOSIS	<a href="http://www.biosis.org/">http://www.biosis.org/</a>	
	ASFA	<a href="http://www.csa.com/detailsV3/asfaset.html">http://www.csa.com/detailsV3/asfaset.html</a>	
	SCI	<a href="http://www.isinet.com/">http://www.isinet.com/</a>	
	Chemical Abstracts	<a href="http://www.cas.org/">http://www.cas.org/</a>	
	Georef	<a href="http://georef.org">http://georef.org</a>	
	Agrícola	<a href="http://www.nalusda.gov">http://www.nalusda.gov</a>	
	Esp@cenet	<a href="http://es.espacenet.com/">http://es.espacenet.com/</a>	
	Otras direcciones de interés	Agencia Europea de Medio Ambiente	<a href="http://www.eea.eu.int/">http://www.eea.eu.int/</a>
		Asociación Española de Normalización	<a href="http://www.aenor.es/">http://www.aenor.es/</a>
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente		<a href="http://www.unep.org/">http://www.unep.org/</a>	
Fundación para la gestión y protección del Medio Ambiente		<a href="http://www.fungesma.es/">http://www.fungesma.es/</a>	
Fundación entorno		<a href="http://www.fundación-orgacion.org/">http://www.fundación-orgacion.org/</a>	
Red EIONET		<a href="http://nfp-es.eionet.eu.int:8980/Public/irc/eionet-circle/Home/main">http://nfp-es.eionet.eu.int:8980/Public/irc/eionet-circle/Home/main</a>	

**ACCESO A PUBLICACIONES DE INTERÉS AMBIENTAL**

Asociaciones de editores de revistas científicas	International Association of Scientific, Technical and Medical Publishers	<a href="http://www.stm-assoc.org/">http://www.stm-assoc.org/</a>
	European Association of Science Editors	<a href="http://www.ease.org.uk/">http://www.ease.org.uk/</a>
Bibliotecas	CSIC – CINDOC	<a href="http://www.cindoc.csic.es">http://www.cindoc.csic.es</a>
	CSIC – Centro de Ciencias Medio Ambientales (CCMA)	<a href="http://www.ccma.csic.es">http://www.ccma.csic.es</a>
Centros de Documentación	CSIC - CINDOC	<a href="http://www.cindoc.csic.es">http://www.cindoc.csic.es</a>
	Centro de Información y Documentación sobre Industria y Medio Ambiente (CIDIMA) – Escuela de Organización Industrial	<a href="http://www.eoi.es">http://www.eoi.es</a>
Directorios de revistas	EBSCO	<a href="http://www-sp.ebsco.com/home/default.asp">http://www-sp.ebsco.com/home/default.asp</a>
	Ulrich Plus	<a href="http://www.ulrichweb.com">http://www.ulrichweb.com</a>
	Directorio de Revistas Españolas de Ciencia y Tecnología	<a href="http://www.cindoc.csic.es">http://www.cindoc.csic.es</a>
Boletines Oficiales	Boletín Oficial del Estado (BOE)	<a href="http://www.boe.es/">http://www.boe.es/</a>
	Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid (BOCM)	<a href="http://www.comadrid.es/">http://www.comadrid.es/</a>
Servicios de Información Científica	Institute for Scientific Information (ISI)	<a href="http://www.isinet.com/">http://www.isinet.com/</a>
	Sistema de información activa Madri+d	<a href="http://www.madrimasd.org">http://www.madrimasd.org</a>
Otras direcciones de interés	Fundación entorno	<a href="http://www.fundación-orgacion.org/">http://www.fundación-orgacion.org/</a>
	European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau	<a href="http://eippcb.jrc.es/">http://eippcb.jrc.es/</a>

**ENTIDADES CON OFERTAS ESPECÍFICAS DE FORMACIÓN DE INTERÉS AMBIENTAL**

Administración	Centro de comunicaciones CSIC – Red Iris	<a href="http://www.rediris.es/">http://www.rediris.es/</a>
	Centro de Información Administrativa (MAP)	<a href="http://www.igsap.map.es/cia.htm">http://www.igsap.map.es/cia.htm</a>
Cámaras de Comercio	Consejo Superior de Cámaras de Comercio	<a href="http://www.cscamaras.es">http://www.cscamaras.es</a>
	Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid	<a href="http://www.camaramadrid.es">http://www.camaramadrid.es</a>
Colegios y Asociaciones Profesionales	Red de colegios profesionales	<a href="http://www.recol.es/">http://www.recol.es/</a>
	Colegio Oficial de Biólogos	<a href="http://www.servicom.es/cob-biologos">http://www.servicom.es/cob-biologos</a>
Oficinas de empleo	INEM	<a href="http://www.inem.es/">http://www.inem.es/</a>
Comunidades Autónomas	Comunidad de Madrid	<a href="http://www.comadrid.es/">http://www.comadrid.es/</a>
Universidades	Directorio de universidades españolas	<a href="http://www.rediris.es/recursos/centros/univ.es.html">http://www.rediris.es/recursos/centros/univ.es.html</a>
Instituciones públicas	Escuela de Organización Industrial	<a href="http://www.eoi.es/">http://www.eoi.es/</a>
	CEDEX	<a href="http://www.cedex.es/">http://www.cedex.es/</a>
Fundaciones	Fundación Universidad-Empresa	<a href="http://www.fue.es/">http://www.fue.es/</a>
	Centro de Cooperación Medioambiental	<a href="http://www.fue.es/ccm.htm">http://www.fue.es/ccm.htm</a>
	Fundación Areces	<a href="http://www.fundacionareces.es">http://www.fundacionareces.es</a>

Estas listas incluyen direcciones www de entidades que podrían estar incluidas en dos o en las tres tablas adjuntas, ya que en no pocas ocasiones, un mismo organismo constituye un servicio de información ambiental que al mismo tiempo que genera datos de interés en medio ambiente, ofrece distintos servicios de información (biblioteca, acceso a bases de datos, etc), edita revistas u otras publicaciones de interés y tiene distintas posibilidades de relación con el sector de la formación ambiental.

Aunque una descripción detallada de los contenidos de estas direcciones no es el objetivo de este artículo, si cabe mencionar que una de las posibilidades más interesante, para estar permanentemente informado de aquellas materias medioambientales que puedan ser de interés para el usuario, es la que ofrece la página de Red Iris. A través de la misma se ofrece la po-

sibilidad de suscribirse a alguno de los foros de discusión o listas de distribución de distintos colectivos científicos involucrados en distintas áreas de investigación científica o tecnológica. Esta posibilidad permite relacionarse con profesionales de este sector, recibir información sobre la realización o convocatoria de eventos científicos y estar al día en cuanto a distintas publicaciones o actividades relacionadas con la investigación y la gestión medioambiental.

En suma; las direcciones recogidas en las tablas no tienen un carácter exhaustivo, sino que señalan algunas de las principales opciones para introducirse en el ámbito de la información en Medio Ambiente. De hecho, el usuario de estas páginas www encontrará en ellas un buen número de enlaces a otras páginas que puedan ser de su interés, ampliando así el abanico de posibilidades. ■

MEDICINA Y SALUD

# La enfermedad de Alzheimer: bases moleculares y aproximaciones terapéuticas

**AUTOR:** ANA CASTRO, ANA MARTÍNEZ  
*Instituto de Química Médica (CSIC)*  
*Juan de la Cierva, 3, 28006 Madrid*

**INTRODUCCIÓN**

La enfermedad de Alzheimer (EA) recibe su nombre debido a las contribuciones científicas de Alois Alzheimer sobre un tipo de desorden neuropsiquiátrico. Las investigaciones de Alzheimer se basaron en establecer una correlación entre la sintomatología clínica de pacientes con este desorden, y la aparición de estructuras anómalas en el cerebro de los mismos. En su trabajo experimental a comienzos del siglo pasado, Alois Alzheimer observó mediante tinciones con plata de fragmentos de cerebro provenientes de autopsias de tales enfermos, la presencia de ovillos neurofibrilares. Estas estructuras fueron encontradas en el cerebro de pacientes que experimentaban un deterioro progresivo en sus funciones cognitivas y en su memoria, hasta llegar a un estado en que prácticamente no recordaban nada. Sin embargo, no se encontraban presentes en los cerebros post-mortem de individuos controles mayores de edad que no tenían tal dolencia.

Hoy en día, la EA representa la forma más común de demencia en personas adultas. La incidencia aumenta con la vida media de la población afectando entre el 47 y 50% de los mayores de 85 años. En las últimas décadas, la población mundial ha sufrido importantes cambios en su estructura por edades, sobre todo en los países desarrollados. Así, y debido al progresivo envejecimiento de la población mundial y al aumento creciente de la esperanza de vida media se estima que en el año 2020, tan



Figura 1.

solo en los países desarrollados, en torno a los siete millones de personas se vean afectadas por esta enfermedad (figura 1). Por todo ello el impacto no solo social sino también económico que esta enfermedad esta suponiendo para nuestra sociedad es muy grande.

**PRESENTACIÓN CLÍNICA Y**

**CARACTERÍSTICAS NEUROPATOLÓGICAS**

La EA es un proceso neurodegenerativo múltiple del sistema nervioso central, que se caracteriza clínicamente por la pérdida progresiva de la memoria a corto plazo y de la atención, seguida de la afectación de otras habilidades cognitivas, como el lenguaje y el pensamiento abstracto, el juicio crítico y el reconocimiento de lugares o personas. En las primeras fases de la enfermedad el impacto psicológico en el paciente es devastador, y en estadios avanzados, éste evoluciona a un mutismo casi absoluto con un deterioro progresivo de sus capacidades motrices pudiendo llegar a una total desconexión con el entorno, siendo incapaz de controlar sus funciones fisiológicas más simples.

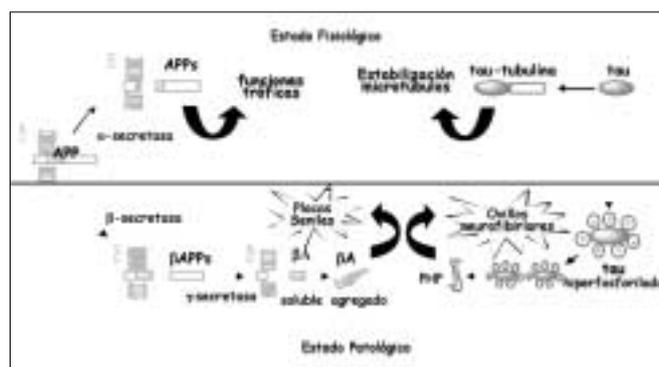


Figura 2.

A nivel histopatológico, la EA se asocia a la formación masiva de dos tipos de agregados proteicos: los ovillos neurofibrilares que se localizan en el interior de la neurona y las placas seniles en el espacio extracelular (figura 2).

Los *ovillos neurofibrilares* están formados por los filamentos pareados helicoidales (PHFs), estructuras anómalas de la neurona, cuya presencia provoca serios trastornos en la actividad de ésta que la llevan a una pérdi-

da de su capacidad de transmitir mensajes nerviosos, y finalmente al proceso neurodegenerativo. Se sabe que las neuronas que contienen ovillos neurofibrilares pierden su capacidad funcional, y muchas de ellas mueren como se evidencia por la presencia de residuos neuronales que contienen dichos ovillos en el cerebro de pacientes con la enfermedad de Alzheimer.

Por otra parte, las *placas seniles* son estructuras esféricas localizadas en el espacio extracelular donde desplazan las terminaciones nerviosas. Se trata de conglomerados anulares de cuerpos y prolongaciones neuronales degeneradas en torno a un depósito central de un péptido de longitud variable (de 40 o 42 amino ácidos) llamado  $\beta$ -amiloide ( $\beta$ A). El  $\beta$ A depende de la ruptura enzimática de la proteína precursora de amiloide (APP). Tres enzimas son responsables de este proceso de ruptura. APP puede fragmentarse por acción de la  $\alpha$ -secretasa, seguida de la acción de la  $\gamma$ -secretasa. De manera que se genera fragmentos solubles de APP. Sin embargo, cuando sobre APP actúa en primer lugar la b-secretasa seguido de la acción de g-secretasa se libera los fragmentos de  $A\beta$  (1-40) y  $A\beta$  (1-42), poniéndose en marcha la ruta amiloidogénica.

Los ovillos neurofibrilares constituyen la principal lesión intraneuronal y se encuentran fundamentalmente en los cuerpos neuronales y dendritas apicales, aunque en menor proporción se detectan lesiones neurofibrilares también formadas por PHFs en dendritas distales como los filamentos de la neuropila y en neuritas distróficas que rodean los núcleos centrales de algunas placas del amiloide. Dichas estructuras anómalas de la neurona se forman principalmente a partir de *tau*, una proteína asociada a los filamentos que forman el citoesqueleto neuronal.

En condiciones normales de la neurona, la proteína *tau* juega un papel fundamental en la modulación de la formación de los microtúbulos, polímeros claves de la arquitectura neuronal y que son además esenciales para mantener la dinámica del citoplasma, procesos de transporte en el interior de la neurona y en la formación del huso mitótico en células en división. Debido a una alteración de las señales regulatorias, *tau* deja de cumplir su papel en el mantenimiento de la estabilidad del citoesqueleto y se transforma en una proteína con una capacidad aberrante de asociarse consigo misma para formar polímeros intracelulares. Dichos polímeros de *tau* son los que se organizan en las estructuras helicoidales altamente resistentes de los PHFs.

Por otro lado, durante el proceso de degeneración neurofibrilar que caracteriza esta enfermedad se produce una pérdida notable de la *inervación colinérgica* de la corteza cerebral, sobre todo en el hipocampo y en el neocórtex. Se ha encontrado una disminución importante en

los niveles de ciertos neurotransmisores. Concretamente se ha notado una reducción considerable de los niveles de acetilcolina y disminución de la colinacetiltransferasa, lo que se ha relacionado con pérdida de neuronas colinérgicas en regiones del cerebro que están implicados en los procesos de memoria y aprendizaje. Además se ha observado déficits en otros sistemas como el noradrenérgico, dopaminérgico y serotoninérgico.

## PATOGÉNESIS

La investigación, a lo largo de los últimos años, acerca de la EA ha sido muy intensa y como resultado de ella se están postulando un gran número de hipótesis que ayudan a entender cada día más este complejo proceso neurodegenerativo. Si bien hoy en día no se conoce la etiología de esta enfermedad todos los datos acumulados a lo largo de las últimas décadas apuntan a un conocimiento del origen la misma cada vez más próximo.

A continuación se recogen algunas de las hipótesis más representativas sobre las que se ha centrado fundamentalmente la investigación en este área.

## HIPÓTESIS COLINÉRGICA

De todas las hipótesis que intentan describir la patogénesis de la EA la que más se ha estudiado y probado ha sido probablemente la llamada "*hipótesis colinérgica*". Con datos que van desde experimentos a nivel molecular hasta ensayos clínicos basados en terapias colinérgicas. De hecho los únicos tratamientos farmacológicos que actualmente se administran para la mejora cognitiva de los pacientes son fármacos colinérgicos.

La correlación encontrada entre el déficit colinérgico (entre otros disminución del neurotransmisor acetilcolina) y la pérdida de las capacidades cognitivas de los enfermos es lo que ha motivado la intensa investigación en este punto, siendo una de las aproximaciones terapéuticas más explotada y desarrollada en los últimos años. Como resultado de la misma ha sido la puesta en el mercado los únicos fármacos comercializados hasta el momento para el tratamiento paliativo de esta enfermedad.

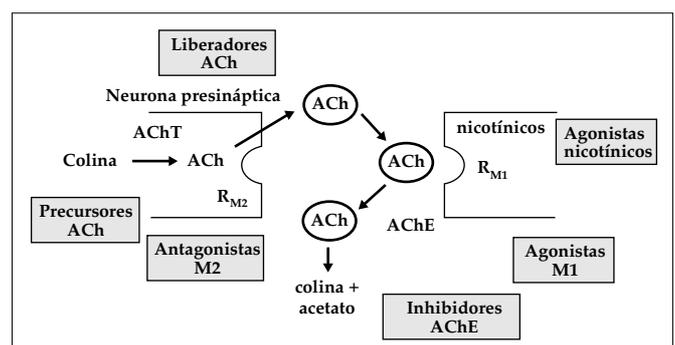


Figura 3.

Basándose en la estructura y los mecanismos bioquímicos de la sinapsis se están desarrollando las siguientes estrategias terapéuticas: precursores de acetilcolina, agonistas nicotínicos, liberadores de neurotransmisores, agonistas muscarínicos M1 o antagonistas muscarínicos M2 y inhibidores de acetilcolinesterasa (figura 3). Concretamente los fármacos actualmente comercializados actúan por este último mecanismo. Tal es el caso de tacrina (Cognex), donepezilo (Aricept) o rivastigmina (Exelon).

### HIPÓTESIS EXCITOTÓXICA

El glutamato es el principal neurotransmisor excitatorio y de hecho el sistema glutamatérgico está implicado en los acontecimientos excitotóxicos que tienen lugar en otras muchas patologías neurodegenerativas, tales como isquemia, esclerosis lateral amiotrófica, esclerosis múltiple entre otras. De acuerdo con la teoría excitotóxica la activación glutamatérgica de los receptores NMDA y/o AMPA/kainato, conduce a una entrada masiva de calcio. Como resultado del aumento desmesurado de las concentraciones de calcio intraneuronal se inducen la activación de gran variedad de compuestos neurotóxicos que alteran y disminuyen la viabilidad neuronal, conduciendo en definitiva a la muerte neuronal.

Las aproximaciones terapéuticas que se están teniendo en cuenta se centran en el diseño de fármacos neuroprotectores, entendiendo por tales todas aquellas sustancias que disminuyen en definitiva la liberación de los aminoácidos excitatorios controlando de esa manera sus efectos intracelulares. Así se pueden considerar como tales el desarrollo de antagonistas del receptor NMDA, antagonistas del receptor AMPA, bloqueadores de canales de calcio, inhibidores de la sintasa del óxido nítrico, captadores de radicales libres, antagonistas de los canales de sodio, inhibidores de la liberación de glutamato o activadores de canales de potasio.

### DAÑO OXIDATIVO Y PROCESOS

#### NEURO-INFLAMATORIOS

Otra de las teorías que intentan explicar la patogénesis de la EA es la *teoría de los radicales libres*. El daño producido por el exceso de las especies radicales es algo asociado a los procesos de envejecimiento y en la EA el daño oxidativo juega un papel importante ya que los radicales libres atacan a las neuronas produciendo la oxidación de lípidos, proteínas y ADN, lo que se traduce en la muerte neuronal. En condiciones normales las especies radicalicas son controladas por una eficiente cascada de mecanismos de antioxidación, que incluye tanto la intervención de diferentes enzimas antioxidantes como de agentes antioxidantes no-enzimáticos. Sin embargo, durante los procesos neurodegenerativos se produce una

descompensación entre la producción de los radicales libres y la defensa antioxidante celular, como consecuencia se producen fallos en diferentes funciones biológicas conduciendo a la muerte celular.

Por otro lado, en cerebros con Alzheimer se producen un gran número de *factores neuro-inflamatorios* como son: inmunoproteínas y citoquinas generadas por neuronas, astrocitos y microglia. Además de la generación de especies radicalicas, contribuyendo a agravar las situaciones de daño oxidativo. De manera que el daño oxidativo y la cascada neuro-inflamatoria contribuyen de forma paralela a la patogénesis de esta enfermedad ofreciendo nuevas estrategias para el desarrollo de fármacos. De acuerdo con el punto de intervención farmacológico se podrían clasificar como: antioxidantes, captadores de radicales libres o anti-inflamatorios neuronales.

### PROTEÍNA TAU

Otro de los marcadores característicos de la EA es la presencia de *ovillos neurofibrilares*, de hecho la correlación entre la presencia de estos y el grado de demencia es uno de los indicadores en la EA.

Uno de los componentes de los ovillos neurofibrilares es la proteína *tau*. Como se ha comentado anteriormente, la función celular de la misma es modular la adhesión de los microtúbulos y su estabilización en las neuronas. Una de las causas probables por las cuales se produce un cambio en la conducta funcional de *tau* sería la fosforilación anormal en sitios críticos de su estructura, disminuyendo su capacidad para promover la adhesión de los microtúbulos bloqueando su acción estabilizadora.

El mecanismo de fosforilación de la proteína *tau* in vivo es todavía incierto, aunque son dos las quinasas más relevantes conocidas: la denominada TPK I, que es idéntica a la GSK-3 $\beta$  y la TPK II formada por un nuevo activador de la proteína p35 y una unidad catalítica que resulta ser idéntica a la quinasa dependiente de ciclina 5. De manera que la inhibición de estas enzimas constituye un objetivo terapéutico de alto interés en la búsqueda de fármacos anti-Alzheimer.

### $\beta$ -AMILOIDE

La presencia de placas extracelulares de  $\beta$ A es un hecho central en la patología de la EA. La teoría del  *$\beta$ -amiloide* se fundamenta en que los agregados de  $\beta$ A son el factor desencadenante de multitud de vías neurotóxicas, entre las que se pueden incluir excitotoxicidad, alteraciones en la homeostasis del calcio, producción masiva de radicales libres y procesos neuro-inflamatorios. Las estrategias terapéuticas van desde los inhibidores de  $\beta$  y  $\gamma$  secretasas, enzimas responsables de la fragmentación anóma-

la del la proteína precursora del amiloide, hasta la búsqueda de antiagregantes de dicho péptido.

Sin embargo, hoy en día no existe consenso acerca de cómo la deposición del amiloide lleva a la demencia y si los depósitos de  $\beta$ A son suficientes por sí sólo para causar la enfermedad. Fundamentalmente debido a que los estudios de Alzheimer ya indicaban que las placas seniles se encontraban tanto en cerebros con la enfermedad como en los controles siempre que se tratara de ancianos, lo que sugería que tales placas podrían ser marcadores de senilidad más que de demencia. En apoyo de esto, existe evidencia que la distrofia neurítica se correlaciona con la expresión de formas de demencia clínica, y que los pacientes pueden tolerar ciertos niveles de amiloidosis antes de presentar signos de disturbios cognitivos. La formación de componentes del amiloide es común en el envejecimiento normal, y en casos muy raros se encuentran ovillos sin la presencia de amiloide. De esta forma, el  $\beta$ A posiblemente precedería a la ocurrencia de ovillos neurofibrilares. Sin embargo, es posible que los dos eventos celulares claves en el Alzheimer, formación de PHFs y de placas seniles, lleven en forma complementaria a la pérdida de la actividad de las neuronas afectadas. Aunque son fenómenos molecularmente independientes, la generación de PHFs y la deposición del amiloide, pudiesen tener alguna relación a nivel del funcionamiento neuronal, aunque hoy en día este sigue siendo un debate abierto entre los "baptistas" (defensores del  $\beta$ -amiloide como agente etiológico primario causante de la EA) y los "tauistas" (defensores de la disfunción de la proteína *tau* como agente etiológico primario causante de la EA)

## CONCLUSIONES

En el estado actual de la investigación biomédica, aún no existe un tratamiento para la cura de la enfermedad de Alzheimer cuya eficacia esté reconocidamente demostrada, y los enfoques terapéuticos están orientados a obtener un cierto grado de mejoría del paciente en etapas iniciales de la enfermedad.

La búsqueda de un tratamiento eficaz contra la enfermedad de Alzheimer dependerá del mayor conocimiento de sus mecanismos biológicos. Sin embargo, la neurobiología del Alzheimer es muy compleja. Como ya se ha comentado, uno de los cambios importantes a nivel celular en la enfermedad de Alzheimer es la pérdida gradual de neuronas de los núcleos basales, cuyo neurotransmisor es la acetilcolina, y cuyas prolongaciones llegan a la corteza cerebral. Para controlar en parte éste y otros efectos se han usado múltiples medicamentos entre los cuales están tacrina (Cognex), donepezilo (Aricept) o rivastigmina (Exelon), que se manejan actualmente con fines terapéuticos.

La formación de  $\beta$ -amiloide así como la de los PHFs son blancos potenciales para diseñar aproximaciones te-

rapéuticas contra el Alzheimer, y ello dependerá del conocimiento que se tenga sobre los mecanismos moleculares de la generación de estas estructuras.

No hay que olvidar, como vía de investigación terapéutica el bloqueo de enzimas que cortan en forma anómala la proteína amiloide, mediante el diseño de fármacos que desactiven las enzimas aberrantes que conducen a la formación de las placas, permitiendo así la fragmentación normal del componente amiloide. Asimismo se podrían controlar selectivamente los mecanismos enzimáticos que determinan las hiperfosforilaciones en *tau* y su agregación en PHFs. En general, todas aquellas vías que permitan controlar los procesos bioquímicos alterados en la EA están proporcionando nuevos puntos de intervención farmacológica que unido al desarrollo de los animales transgénicos, como método de evaluación de fármacos, están abriendo las puertas hacia posibles enfoques farmacológicos que aseguran un halo de esperanza en la búsqueda de un futuro tratamiento para esta enfermedad. ■

## REFERENCIAS

- Wilfang, J.; Esselmann, H.; Maler, J. M.; Bleich, S.; Huther, G.; Kornhuber, J. Molecular biology of Alzheimer's disease dementia and its clinical relevance to early diagnosis and new therapeutic strategies. *Gerontology*, 2001, 47, 65-71.
- Hirai, S. Alzheimer's disease: current therapy and future therapeutic strategies. *Alzh. Dis. Assoc. Disord.*, 2000, 14, S11-S17.
- Grundman, M.; Thal, L. J. Treatment of Alzheimer's disease: rationale and strategies. *Neurol. Clin.*, 2000, 18, 807-828.
- Smith, R. G. The aging process. Where are the drug opportunities? *Curr. Opin. Chem. Biol.*, 2000, 4, 371-376
- Gauthier, S. Alzheimer's disease: current and future therapeutic perspectives. *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry*, 2001, 25, 74-89.
- Latimer, L. H. Therapeutic approaches to Alzheimer's disease. *Curr. Opin. Chem. Biol.*, 2000, 4, 377-382
- Qizilbash, N.; Emre, M. Experimental approaches and drugs in development for the treatment of Alzheimer's disease. *Expert Opin. Investig. Drugs*, 2001, 10, 607-617.
- Cutler, N. R.; Sramek, J. J. Review of the next generation of Alzheimer's disease therapeutics: challenges for drug development. *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry*, 2001, 25, 27-57
- Schneider, L. S. Treatment of Alzheimer's disease with cholinesterase inhibitors. *Clin. Geriatr. Med.*, 2001, 17, 337-358.
- Tsopelas, N. D.; Marin, D. B. Cholinergic treatments of Alzheimer's disease. *Funct. Neurobiol. Aging*, 2001, 475-486
- Castro, A.; Conde S.; Rodriguez-Franco, M.I.; Martinez, A. Non-Cholinergic Pharmacotherapy to the Future Treatment of Alzheimer's disease, *Mini-Rev. Med. Chem.* 2002, 2, 37-50.

# PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACION

## Placa de Honor 2001 concedida a Javier García Guinea

Siempre he pensado que este tipo de galardones debería estar dirigido a "personalidades más consagradas" como un reconocimiento a la labor intensa de toda una vida científica o a la consecución de un logro que represente un avance muy significativo en el conocimiento.

Sin embargo, en el caso del Dr. Javier García Guinea existe una connotación inusual que, por su excepcionalidad, le convierte a mi juicio, en un candidato idóneo para recibir la presente distinción. Se trata de un rasgo que caracteriza su personalidad, y que a pesar de llevar tantos años codo a codo con él, se repite indefectiblemente: **siempre es capaz de sorprender con una idea genial**. Su creatividad y flexibilidad mental están claramente patentes en el conjunto de sus investigaciones y para mí ha sido un honor poder acompañarle en sus "aventuras científicas" en muchos temas. Por destacar algunos de ellos: la elaboración del Mapa Gemológico de España, su extraordinaria labor en la sección de Geología del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, la originalidad de sus trabajos sobre luminiscencia, su respaldo a la construcción del único órgano de piedra del mundo, el descubrimiento (en el que me cabe el honor de haber colaborado) de formación de minerales dentro de libros antiguos publicado en la prestigiosa revista *Nature*, su labor de protección como patrimonio geológico e investigación de la geoda gigante de yeso descubierta en Almería, sus estudios sobre el biodeterioro de CDs y muchos otros temas que acreditan su originalidad y su carencia de miedo a enfrentarse a problemas a veces muy complejos.

Todo ello, debe a sin duda, hacernos reflexionar ya que constituye un modelo de actuación científica a seguir, por supuesto, cada uno en sus respectivas disciplinas científicas.

Desafortunadamente, vivimos una etapa triste e injusta en la investigación española, que no es sólo de ahora, sino que es el resultado de una insistente mala gestión que se remonta decenios atrás, y que nos ha situado en la retaguardia de la ciencia europea. Algunos califican los problemas de nuestros científicos, en España y en el extranjero –abordados incluso por las revistas más prestigiosas del mundo– como el "segundo exilio" de la Ciencia Española. Y excelentes "jóvenes" investigadores, que ya se acercan a los 40 años, no disponen de los medios para incorporarse a nuestro sistema científico y poder desarrollar su labor en España. Estamos en un país donde no existe apenas promoción ni reconocimiento del trabajo del investigador y donde el dirigismo, amparándose en una concepción adulterada de la excelencia científica, continúa desafortunadamente vigente.

La figura del Dr. García Guinea sobresale eclipsando la mediocridad que nos rodea y, con sus iniciativas, representa un signo que ha marcado a nuestro país: *la importancia de las individualidades y del esfuerzo personal en el avance de nuestra ciencia*. Por ello, no creo que se deba esperar 20 años más para concederle este galardón. Es ahora, en este momento, cuando es necesario. Personalmente es lo que creo y por ello considero la idoneidad del Dr. García Guinea como receptor de la Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos.

Jesús Martínez-Frías

## Placa de Honor 2001 concedida a Eduard Punset Casals

Me pregunto cuál sería mi elección, si en vez de una semblanza escrita, tuviera que hacer de Punset un retrato de pintor. ¿De qué lo vestiría? Sus dotes de sempiterno anticipador del futuro me llevarían a vestirlo de profeta de un fresco de Miguel Angel con una túnica y un cayado, pero sus hábitos de estudio, reflexión y método científico me lo hacen más verosímil con una casaca y una camisa de lazo del siglo XVIII, colgado en una galería de prohombres de la Ilustración o en el Museo Naval entre marinos ilustres, quienes, por cierto, eran los únicos que sabían matemáticas. Lo que está claro es que del cuello para arriba, con sus ojos risueñamente penetrantes, su frente despejada y su cabello ensortijado, Punset haría las delicias de uno de esos escultores a los que encargan bustos los Ayuntamientos para ilustrar los parques. Seguramente que el premio de la Asociación Española de Científicos tiene menos entidad que uno de esos bustos edili-

cios, pero queda compensado por el afecto agradecido con que se lo hemos entregado. Desde nuestra condición derrelicta de científicos en España, es de agradecer que Punset esté llevando a la pequeña pantalla la preocupación por la Ciencia. Su programa *Redes* es notablemente serio, apunta a temas de sugestiva proyección en el futuro y pone en contacto humano con el investigador y con el hecho científico. Todo eso es importante para la causa de la Ciencia y así lo ha reconocido, con su premio, la Asociación Española de Científicos.

El mérito de su dedicación al periodismo científico estriba, en primer lugar, en que no se le han caído los anillos por entrar a formar parte del mundo de "la canallesca". Joven técnico del Fondo Monetario Internacional (1969), Secretario General Técnico del Ministerio de Industria (1977), Conseller de Economía y Finanzas de la Generalitat Catalana, Ministro del Gobierno Español para las relaciones con las Comunidades Europeas, tenía ya cumplidos todos los antecedentes para pertenecer a ese cie-

lo empíreo de las presidencias, de los consejos de administración, de los patronatos y fundaciones, que gratifican con cifras de nueve dígitos a quienes prestan su ilustre nombre para adornar la fachada. Pero Punset ha querido seguir en la vida real de la docencia, del pensamiento estratégico, crítico y prospectivo, y del periodismo científico. Un cuarto de arbitrio, otro cuarto de regeneracionismo, y una mitad de avizorador del futuro más apremiante hacen el entero de la personalidad de Punset. Veán, si no, los títulos de sus obras: *La salida de la crisis*; *España: sociedad cerrada, sociedad abierta*; *La España impertinente*; *Manual para sobrevivir en el siglo XXI*; y en coautoría *La sociedad de la información: riesgos y oportunidades para la empresa española*.

El programa televisivo de Punset por el que le ha premiado esta Asociación es el más fino medidor de la sociedad española, carente todavía de unos mínimos de decencia en cuanto a cultura científica. Porque se emite en la madrugada, cuando las emisoras de radio se aprestan a rellenar sus espacios dialogando con solitarios camioneros y con insomnes atribulados, y cuando las personas de vida ordenada están ya en su mejor sueño. Cuando el programa de Punset vaya adelantando la hora de su emisión, porque un gran número de televidentes quieren presenciarlo, algo importante habrá empezado a cambiar en España.

Jesús Martín Tejedor

## Placa de Honor 2001 concedida a ABENGOA

Una de las actividades de mayor interés socioeconómico y tecnológico desarrolladas por ABENGOA tiene por objeto preservar el Medio Ambiente contribuyendo a asegurar un desarrollo sostenible de la industria.

Estas actividades de preservación del medio ambiente tienen a escala mundial un futuro de expansión, y al aparecer otros nuevos campos de actividad como el comercio de derechos de emisión, la gestión de sumideros de carbón, las nuevas tecnologías para obtener emisiones limpias en los procesos de fabricación, etc., cuya enorme transcendencia económica, sociopolítica y tecnológica, e incluso científica, sólo se vislumbra actualmente. La misma existencia de nuestras sociedades de bienestar está implicada en el desafío científico y tecnológico que demanda un desarrollo sostenible.

El desarrollo sostenible va en ABENGOA asociado a una reingeniería de los procesos que permite dar respuestas adecuadas a las necesidades del usuario con costes más bajos, introduciendo innovaciones tecnológicas muy alejadas a veces de las producciones masivas tradicionales. Un exponente de la preocupación de ABENGOA por el conocimiento es la constitución de la Fundación ABENGOA.

ABENGOA se estructura en cuatro grandes grupos de negocio que tienen como denominador común el desarrollo sostenible: bioetanol, medio ambiente, sistemas de redes de información e, ingeniería en la construcción industrial.

Dentro del grupo MEDIOAMBIENTE, el concepto de reciclado se repite como actividad y como negocio, se encuentra: BEFESA, el reciclaje de Zn (ASER), la gestión y el reciclado de residuos no metálicos y la ingeniería medioambiental.

A título de ejemplo voy a destacar las actividades de ASER de BEFESA, del grupo MEDIOAMBIENTE, que se dedica a la recuperación de cinc, preferentemente el cinc presente en el polvo de acería. Además de reciclar el cinc, se asegura el reciclado integral de la chapa de acero galvanizado cuando al final

de su ciclo de vida se convierte en chatarra. Esta chatarra produce nuevo acero en los hornos eléctricos y cinc metálico. Muchos materiales metálicos recuerdan al mito del Ave Fénix, ya que el fuego los hace renacer convirtiéndose sus chatarras en nuevos materiales con las mismas propiedades que cuando sus minerales y materiales originales fueron reducidos la primera vez. La reciclabilidad es una propiedad de los materiales metálicos de alto interés económico y tecnológico.

En la actualidad se producen más de 700 millones de toneladas de acero al año en todo el mundo. De cada 100 kilos de acero 70 proceden del reciclado de chatarra de acero. La reciclabilidad del acero, y especialmente de la chapa galvanizada, que es un compuesto de Fe y Zn, facilita que la industria siderúrgica tenga un futuro más sostenible. Este reciclado del cinc del polvo de horno eléctrico es una tecnología que está más allá de las soluciones más tradicionales basadas en la inertización y deposición en vertedero.

La investigación realizada por ASER ha permitido aplicar conocimientos disponibles en centros públicos para resolver mejor la separación de los componentes de un residuo, el polvo de horno eléctrico

La transmisión de conocimientos necesita de cauces de comunicación limpios y eficaces que aseguren la acción creadora. Por otra parte, dicha transmisión de conocimientos debe superar las barreras que, ajenas a la consecución de objetivos de rentabilidad, levantan las administraciones públicas y privadas por razones siempre bien intencionadas, pero que a veces hacen más difíciles lo que ya es difícil; el resultado económico rentable. La comunicación y la cooperación son necesarias para afrontar los complejos problemas que debemos abordar y resolver para conseguir el desarrollo sostenible, que será el tema fundamental para mantener y extender el bienestar durante el siglo XXI.

La solución de los complejos problemas tecnológicos exige la cooperación entre grupos multidisciplinares, y dicha cooperación es difícil sin cauces limpios de comunicación, que no estén contaminados por propagandas comerciales o de grupos minoritarios que pueden llegar a perturbar el sistema productivo de generación de riqueza y bienestar.

En el siglo XX, unos cauces de comunicación más limpios facilitaron la cooperación necesaria para superar con relativa rapidez las consecuencias de los acontecimientos bélicos que marcaron trágicamente ese siglo XX. Los medios tecnológicos eran muy inferiores entonces a los ahora existentes, pero la reconstrucción de una Europa en ruinas se realizó con rapidez en los años cuarenta y cincuenta. Hoy, en el siglo XXI, con una tecnología formidable sería mucho más difícil abordar una reconstrucción si se produjese una catástrofe generalizada, por la dificultad de establecer la cooperación necesaria entre países, sectores productivos y sectores políticos, al estar las comunicaciones interferidas por propagandas hiperdesarrolladas de intereses comerciales y políticos.

Este pronóstico pesimista se justifica en que algunos problemas globales, como el aumento de CO<sub>2</sub>, la aparición de nuevas enfermedades, etc., siguen creciendo. La solución de

estos problemas exige un desarrollo sostenible como el que tuvo lugar en Europa en el periodo de reconstrucción inmediatamente posterior a la segunda guerra mundial. Dicha reconstrucción fue un buen negocio para los que participaron en ella, y además contribuyó a que durante décadas se alcanzase un nivel de bienestar sin precedentes en Europa.

La capacidad de comunicación humana no está asegurada a pesar de los formidables medios informáticos disponibles ahora. Los inmensos flujos de información que se reciben deben ser filtrados y captados para separar los mensajes útiles que demanda la cooperación humana en una actividad concreta. ABENGOA conoce muy bien la necesidad de integrar en un conjunto empresarial los distintos factores y actividades que dan lugar a una actividad empresarial sostenible.

Fernando García Carcedo

## Placa de Honor 2001 concedida a Juan Vicent García

Me parece que el famoso rey leonés al que se debe la expresión "estar en Babia" distinguiría muy bien entre "estar en Babia" y "ser de Babia". Porque Juan Vicent procede de Babia por vía materna, pero en su vida y en su actividad científica jamás ha estado en Babia, a juzgar por los frutos que ha cosechado en su todavía joven biografía.

Nacido en Madrid, en 1959, estudió Prehistoria y Arqueología en la Autónoma de Madrid, y se doctoró por la misma Universidad en 1989. En 1990 era ya investigador científico en el Centro de Estudios Históricos del CSIC. Pero incluso antes de terminar su doctorado, Juan Vicent comenzó a "armar el taco" en los dominios de la prehistoria con trabajos como «Las tendencias metodológicas en prehistoria», que fue su primer intento de redimensionar y redefinir el menester del prehistoriador insertándolo en una nueva racionalidad metodológica y complexiva a la luz de la sociología, de la geografía económica, y en general, de las leyes de morfología y dinámica por las que se rigen los humanos acontecimientos. Es decir, del análisis físico y descriptivo de los objetos y restos prehistóricos o de su catalogación, Juan Vicent pasó a plantear una visión coherente de los grupos humanos prehistóricos entendiéndolos como verdaderas sociedades en interacción con el medio.

Podríamos decir que Vicent ha sido un "pensador" de lo que debe ser la ciencia prehistórica y como tal está reconocido desde Chicago hasta Moscú. Pero él mismo ha manejado la piqueta por diversos países, como Israel, Jamaica, Méjico, Argentina, y Rusia. En la arqueología euroasiática ha trabajado ampliamente en combinación con la Academia de Ciencias de Moscú.

Pero la aportación de Vicent a la ciencia prehistórica no se define predominantemente por sus hallazgos conceptuales y

formales. Tan importante como su redefinición de la disciplina en cuanto tal, ha sido su aportación metodológica e instrumental. En general, podemos decir que ha sido un notable y creativo aplicador de las nuevas tecnologías a la ciencia prehistórica. Sus programaciones de informática son de uso común entre los prehistoriadores norteamericanos y rusos, así como su aplicación de métodos avanzados de teledetección, imágenes desde satélites y técnicas de observación de la Tierra desde el espacio, trabajos específicos de estadística sobre prehistoria a través de ordenador, tratamiento de imágenes, paleobotánica. ...

Fruto de todas estas aplicaciones interdisciplinares a las que se entrega Vicent es una nueva, complexiva y humana visión del neolítico y de las primeras edades de los metales. Y a uno, desde su profanidad, se le ocurre una boutade: ¿no va a destruir Vicent la prehistoria, porque sencillamente la está convirtiendo en Historia ?

Jesús Martín Tejedor

## Renovación de la Junta de Gobierno de la AEC

El 29 de noviembre de 2001, durante la Asamblea General Ordinaria de la Asociación Española de Científicos celebrada en la Casa de América, se procedió a la renovación de la Junta de Gobierno. Resultaron elegidos: Jesús Martín Tejedor (Presidente), Armando González-Posada Sánchez (Vicepresidente), Enrique Ruiz-Ayúcar de Merlo (Secretario de Organización - Gerente), e Ismael Buño Borde (Tesorero). También fueron elegidos los socios Francisco Ayala Carcedo, Marcial García Rojo y Alfredo Tiemblo Ramos, en calidad de nuevos Vocales.

## LIBROS

### Publicaciones recientes de la Fundación Escuela de Organización Industrial (EOI) en materia de medio ambiente

La política europea de prevención y control de la contaminación impone a las empresas adaptar su actividad para cumplir los compromisos medioambientales que exige la legislación nacional y las directivas europeas. El medio ambiente ha pasado a ser un factor determinante de competitividad, con la finalidad de divulgar las buenas prácticas medioambientales, EOI ha editado una serie monográfica de "Manual de Minimización Económica del Impacto Ambiental en la Industria. Manual MEDIA" aplicados a sectores industriales con una problemática especial, bien sea por su volumen de residuos o emisiones, bien sea por la toxicidad de éstos. Los sectores tratados son: Curtidos, Textil, Tratamiento de Superficies y Cárnicos. El más reciente, sobre el sector Agroalimentario, subsector Cárnicos, acaba de publicarse, acompañado de un CD que incluye algunos datos adicionales sobre legislación aplicable, y como fruto de la colaboración de la Fundación EOI con AINIA.

Estos Manuales ayudan a las empresas a introducirse en la gestión medioambiental, y a minimizar emisiones, vertidos y residuos, contribuyendo a la detección de ineficiencias del proceso y a la reducción de costes al disminuir cargas contaminantes. Las guías están orientadas a la prevención de la contaminación, para ello se analizan todas las etapas del proceso en forma de fichas, presentando las opciones de minimización de cada etapa, y su viabilidad técnica y económica. Su efectividad está avalada por la aplicación experimental en varias empresas de distintos sectores y en sí es una guía para realizar un autodiagnóstico medioambiental de la empresa. Es el primer paso para afrontar el proceso de verificación medioambiental o certificación por las normas UNE-EN-ISO.

En la serie: Documentos de Trabajo de Medio Ambiente se edita Las Tecnologías para el Medio Ambiente Industrial, que recoge los resultados del Programa ATYCA del Ministerio de Industria y Energía. Cuando España ingresa en la Comunidad Europea en el año 1986, acaba de concluir el III Programa de Acción sobre

el Medio Ambiente y los Estados Miembros llevaban una ventaja considerable sobre nuestro país en la aplicación de políticas ambientales. Nuestro país ha tenido que hacer, en pocos años, un gran esfuerzo para adaptarse a la normativa comunitaria. Un indicador de este esfuerzo pueden ser las estimaciones efectuadas por el Ministerio de Industria y Energía (MINER), ahora Ministerio de Ciencia y Tecnología, sobre las necesidades de inversión de la industria española para adaptarse a la normativa medioambiental, inversión que, en parte, ha asumido el sector público, pero también el sector privado, y muy especialmente el industrial. Se puede afirmar que, durante la década de los noventa, en España, las empresas industriales han invertido una media de doscientos mil millones de pesetas anuales en temas de medioambiente.



Finalmente, con la edición del Directorio de Enlaces Medioambientales, la Fundación EOI sigue fiel a su trayectoria de facilitar a la empresa española el acceso a las mejores herramientas que compaginen actividad económica y respecto al medio ambiente. La adecuación de las actividades industriales al medio ambiente ha dejado de ser motivo de amenaza y preocupación para la cuenta de resultados de las empresas y ha comenzado a ser incentivo de competitividad e, incluso, de negocio neto. De ahí que la Fundación EOI haya considerado de utilizada facilitar un poco el acceso a esa gran arteria de la información y la comunicación que es la Red (internet), que es el medio más utilizado para la difusión de los avances tecnológicos, la oferta de bienes y servicios y el conocimiento en general, y con el apoyo de Iniciativa ATYCA del MIMER, ha desarrollado la aplicación DEMA (Directorio de Enlaces en Medio Ambiente) para facilitar a las empresas industriales, y demás usuarios, el acceso a una información rigurosa, previamente analizada, evaluada, seleccionada y clasificada por campos ambientales y sectores de actividad.

FRITTA VILA-REAL



FRITTA ONDA

F R I T T A  
D O B L E  
D I M E N S I O N  
C E R A M I C A

Siempre comprometidos con el desarrollo tecnológico para dar el mejor servicio, trabajamos por una cerámica que alcance día a día una nueva dimensión.

Ahora, con nuestras nuevas instalaciones en ONDA, hacemos un doble esfuerzo para que nuestros clientes adquieran la dimensión que por su capacidad y competitividad merecen.

*Fritta* 

MAS DIMENSION CERAMICA  
EN ESMALTE Y COLOR  
WWW.FRITTA.COM Tel. 964 520437 Fax 964 530709 VILA-REAL

AEROESPACIAL



INGENIERÍA



ENERGÍA  
Y MEDIO AMBIENTE

INGENIERÍA de ALTO  
CONTENIDO TECNOLÓGICO



BARCELONA - BILBAO - CANARIAS - MADRID - VALENCIA

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