

EDITORIAL

El borrador de la nueva ley de la Ciencia, cuyo juicio aventuramos en el interior de este número (habría sido desmesura intentar ajustarlo en el espacio de un editorial), nos muestra una concepción de la I+D caracterizada por su aperturismo y flexibilidad entre los diferentes mundos que trata de coordinar.

En efecto, el nuevo ordenamiento legal de la Ciencia y de la Tecnología se ostenta como un esfuerzo desbarazado y creativo por coordinar la investigación pública con la investigación privada, la investigación básica con la investigación tecnológica, la investigación universitaria y de los centros estatales con la innovación empresarial, la investigación del Estado con la investigación de las Autonomías, la investigación española con la de la Unión Europea...

Esta formidable textura relacional se prevé, además, asentada sobre un mosaico variadísimo de posibles financiaciones, convenios y diferentes maneras de cooperación que prevé el nuevo texto legal para dar a la iniciativa científica y tecnológica una andadura suelta y creativa como nunca hemos conocido.

Un surtidísimo campo de actuación va a abrirse ante los investigadores actuales. Si la expresión "morir de éxito" ha conseguido una vigencia semántica que nos libra de sorpresa, algo semejante puede llegar a sucederle al científico español obligado a escoger para su trabajo entre una sorprendente plétora de posibilidades. Si no sucumbir ante la abundancia, sí puede convertirse en un caprichoso Burro de Buridán tan lleno de dudas como dispuesto a organizarse su propia crioteriología según su santa voluntad.

Sucede que el investigador español, desde la Ley de la Ciencia de 1986, está acostumbrado a entenderse directamente con la ANEP para obtener la concesión de un proyecto de investigación. Esta relación individual

del investigador principal de un proyecto con la fuente de financiación estatal ha ido convirtiendo los institutos y centros de investigación en una especie de hospedaje donde el científico tiene su laboratorio, su biblioteca y su personal auxiliar, a cambio de presenciar a regañadientes cómo le quitan un 20% de su dinero para mantenimiento de su centro de trabajo.

Los institutos y los centros celebran, por supuesto, los éxitos de sus hospedados y ven más o menos acrecentado su buen nombre institucional según sea la ejecutoria de estos últimos. Pero ha pasado a ser casi un recuerdo del pretérito aquella labor institucional de investigación que acreditaba la existencia de tal o cual centro o instituto como reducto especializado en tal o cual materia.

Con esto dicho se está que los actuales directores de los centros e institutos son poco más que gestores de la realidad administrativa y preceptivos firmantes de las solicitudes de proyecto de sus científicos hospedados.

¿Dónde están aquellos grandes directores cuyo historial coincide con épocas de esplendor de los centros o institutos por ellos dirigidos? Ciertamente que algunos tiraban un poco a señores de horca y cuchillo..., y cuando a España vino la democracia se recibió como un desahogo la preceptiva consulta a todas las escalas del centro o instituto –a todas– para que dieran el voto a su candidato preferido. El sistema permite que no siempre se nombre al más votado y hasta admite que se importen de fuera personas que ni siquiera figuran como candidatos, pero en general los directores han salido de la lista de nombres sometidos a consulta democrática. Este signo de los tiempos también ha contribuido sustancialmente a que los directores sean lo que son en nuestros días, es decir, personas que deben cuidar su popularidad interna en la medida en que su reelección tendrá algo que ver con los votos de sus gobernados. Esta dependencia originaria de la consulta electoral ha

mermado la disposición para el mando que en no pocas ocasiones debe concommitar irremediabilmente a la acción de gobierno.

El desdibujamiento de los centros e institutos de investigación en cuanto concretos y señalados referentes de Ciencia y Tecnología, así como la creciente irrelevancia de los directores en cuanto fuentes de orientación e impulso de iniciativas convierte el campo de la I+D en un ámbito poco estructurado y con mayor tendencia a la disipación precisamente como consecuencia de esta nueva Ley de la Ciencia y de la Tecnología ampliamente balconada tanto hacia el variado mundo empresarial, hacia las Autonomías y hacia Europa como dotada de un cuadro diversificado de posibles interacciones, coordinaciones y financiaciones. El investigador de nuestro tiempo, acostumbrado a disfrutar de la autonomía que le concede la obtención de un proyecto de investigación, podrá moverse en la nueva Ley como un libre caballista de este amplio Far-West científico. Los campos que abre la nueva Ley son tan variados como aleatorios en la medida en que dependen de muchas voluntades adventicias como pueden ser las iniciativas empresariales. ¿Cómo se puede estructurar una actividad científica ágil, que no dependa exclusivamente de los expedientes competitivos, ni de las convocatorias burocráticas, en tiempo reglado y necesariamente retardatarias, a cargo de la correspondiente comisión evaluadora? La nueva Ley busca un dinamismo polifacético y una efectividad que permita acudir con seriedad a los envites y apremios del mundo empresarial que suelen ser urgentes, cuando no repentinos. Pero es que, además, en la nueva Ley se habla ya de adjudicaciones directas, especialmente para fondos europeos. ¿Dónde y cómo deben estructurarse las nuevas esferas decisorias para el impulso y la financiación de la actividad investigadora?

En respuesta a esta pregunta inquietante creemos que se debe retornar al protagonismo de los centros e institutos de investigación, de los directores de los mismos y de los vicerrectores universitarios de investigación.

En efecto, en la medida en que el campo de la I+D va a ir extendiéndose a dimensiones nunca vistas en nuestro país, se hace necesaria la creación de espacios de identificación, de *locus* visibles donde se residencie y sea ostensible la existencia de una materia científica o de una subdisciplina. El empresario que quiera poner en marcha una iniciativa innovadora tiene que tener muy claro dónde está la entidad científica donde debe ser debidamente atendido. En este sentido, los centros e institutos deben ser verdaderos faros que iluminen el campo de la I+D+i, que balicen el territorio científico y lo llenen de referencias.

Igualmente, parece del todo necesario jalonar los espacios científicos con personalidades destacadas por su ciencia y su prudente realismo en los que se deposite una importante capacidad de decisión para todos aquellos asuntos que requieran respuesta rápida y conocimiento próximo de los científicos que los plantean. Personas que convivan de cerca con los investigadores, que observen de cerca las cosas, que puedan captar imponderables, que puedan ponderar riesgos que merece la pena afrontar, y, en una palabra, que puedan llegar a conclusiones más certeras que las que sustentan los componentes de una comisión basados en normalizados papeles. Además, no habría fechas suficientes si, en este variadísimo mundo que se avecina, todas las decisiones de I+D tuvieran que tomarse por vía de comisión. Es obvio que estas personas pueden y deben ser los directores de centros e institutos, así como los vicerrectores de investigación.

El resurgimiento de los directores con gobierno y mando no debe ser contemplado por los investigadores actuales como una reviviscencia predemocrática. Porque no estamos hablando de los directores que hemos conocido en estos casi cinco lustros, despojados de facultades y de positivas disponibilidades, pero muy capaces de discriminar y fastidiar a pesar de todo. O muy capaces también de aprovecharse del cargo para favorecer el departamento o la unidad de investigación al que pertenece el director y para deprimir o suprimir líneas de trabajo que consideran competencia dentro del centro o instituto. Hablamos de personas útiles para el investigador y dotadas de medios para ayudar. Pero no se trata sólo de eso. Es que resulta necesario, como decíamos, volver a una investigación institucional donde los centros e institutos, dirigidos por un verdadero director, se ostenten como el oportuno y acaso necesario *locus* donde se residencie una materia o subdisciplina de I+D+i. A estas razones de identificación o de visibilidad, y también de continuidad, se añade que ofrece mayor garantía y seriedad contratar con una institución que con un individuo físico.

Creemos que hay aquí un tema urgente de reflexión. Casi nos atreveríamos a afirmar que el éxito de la nueva Ley depende de que los responsables de la política científica se tomen a pecho la búsqueda de óptimos directores. Se trata de buscar la excelencia, entendida como visión científica, prudencia práctica, y humanidad de trato. Y no entendida por supuesto, y como primer requisito, como afinidad político-ideológica. Creemos que sobra la tendencia de los sucesivos gobiernos del PSOE a nombrar directores a correligionarios. Ni la industria armamentística, ni el ecologismo, son suficientes argumentos para sostener que los derroteros de la I+D+i deban trazarse desde el considerando político o de partido. ■

“Veo el universo un poco más pequeño”

La manera de ver el futuro puede ser mirando las estrellas. Sólo así comprenderemos la misión de SENER en ingeniería aeroespacial: hacer más accesible el universo. Y facilitar el vuelo de satélites y vehículos espaciales, como venimos haciendo desde antes de que el hombre pisara la luna. Y conquistar el cielo sobre las alas de nuestras soluciones aeronáuticas. O regresar a la tierra para desarrollar tecnologías y productos de concentración solar fotovoltaica, y tecnologías de defensa y seguridad. Incluso explorar lo más profundo del ser humano con nuestros avances en robótica médica, que amplían las posibilidades de la cirugía.

La manera de ver el futuro. SENER Aeroespacial



SENER

www.sener.es

Director: Jesús Martín Tejedor

Editor: Enrique Ruiz-Ayúcar

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



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

Presidente: Jesús Martín Tejedor

Vicepresidente: Ismael Buño Borde

Secretario General: Enrique Ruiz-Ayúcar

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

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

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

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

Sitio en la Red: www.aecientificos.es

Correo electrónico: aecientificos@aecientificos.es

ÍNDICE

El borrador de la nueva Ley de la Ciencia JESÚS MARTÍN TEJEDOR	5	El síndrome alcohólico fetal MARÍN M.P.1, ESTEBAN-PRETEL G, BALLESTÍN R, ROMERO A.M., MEGÍAS L., RENAU-PIQUERAS J.	34
Trenes Talgo pendulares y de alta o muy alta velocidad JOSÉ LUIS LÓPEZ GÓMEZ	10	Acto celebrado en la Residencia de Estudiantes, Madrid, 21 de noviembre del año 2008	
El proyecto Adriatic LNG, la primera terminal de regasificación <i>offshore</i> del mundo JEROEN POPPE	20	• Federico García Moliner • Manuel Moreno Cervera • Juan Pérez Mercader	
El ciclo de vida del hidrógeno JOSÉ LUIS GÁLVEZ	25	• Talgo • TOLSA	
Utilización industrial de las nanoestructuras, nanopartículas, nanotubos y nanoarcillas, para mejora de la calidad estructural y funcional de la madera ANTONIO MADROÑERO DE LA CAL, LUIS VELASCO FERNÁNDEZ	30	JESÚS MARTÍN TEJEDOR	40

El borrador de la nueva Ley de la Ciencia

AUTOR: JESÚS MARTÍN TEJEDOR

Han pasado veinticuatro años desde que se promulgó la Ley de Fomento y Coordinación de la Investigación Científica y Tecnológica. Los responsables actuales de la política científica española son los mismos que confeccionaron y promulgaron aquella Ley, pero piensan que ha pasado ya el tiempo suficiente para que resulte necesario y plausible abrir la I+D+i de nuestra época a nuevas regulaciones legales más conformes con los requerimientos de nuestro tiempo.

El tiempo transcurrido desde entonces y la inevitable obsolescencia de las formulaciones de otra época son razones suficientes para que recibamos con verdadero júbilo la noticia de una nueva Ley de la Ciencia. Todos, sin distinción. Pero ¡cuánto mayor será el júbilo de quienes venimos suspirando por una nueva Ley de la Ciencia desde el momento mismo en que se aprobó la anterior! En realidad, desde un poco antes: desde que hicimos todos los esfuerzos posibles para evitar que ese proyecto de Ley llegara a su consumación democrática y legal.

En realidad se trata de un doble júbilo. En primer lugar por saber que hay una nueva Ley en estudio. Y en segundo lugar porque el borrador de la ley proyectada nos resulta claramente esperanzador. Quizá la razón principal por la que nos gusta la nueva Ley de la Ciencia, y por la que no nos gustó la de 1986, es de índole teleológica. Sabemos qué pretende y a qué requerimientos responde desde una certera visión de la realidad. Y su arquitectura conceptual y dispositiva nos permite verificar que su articulado es conducente a los fines propuestos.

No fue este el caso de la Ley de la Ciencia de 1986. En ella primó un mimetismo pedante respecto a la politología científica del Manual de Frascati, cuya lectura y estudio resultó indigesta para el grupo de expertos del PSOE que redactaron aquel texto, aunque por otra parte tuvieron el mérito de ser los primeros en asomarse a las racionalizaciones del hecho científico que habían empezado a ser doctrina común en los países avanzados de la OCDE. La fidelidad a una cartilla de la Agencia Europea de la Energía fue más fuerte que la observación y análisis de la realidad española. Se definió así el Plan Nacional de I+D que vistió de respetabilidad política la I+D, legitimó para siempre una abultada presencia de la Ciencia y la Tecnología en los Presupuestos Generales del Estado, y consiguió convertir en “políticamente correcta” la idea de que el gasto en investigación era más que gasto una inversión con ventajosos retornos. Una inversión rigurosamente reglada y éticamente garantizada gracias a los

controles que los instrumentos de la nueva Ley establecían. Estos frutos no eran despreciables bagatelas y no sería justo olvidarnos de ello. Pero la imposición exclusiva del “Proyecto” científico como único acceso a la financiación ejerció una perversa influencia en el factor humano de la investigación. El investigador español se hizo un experto en redactar proyectos coherentes, sensatos, muy previstos en sus fases de desarrollo, muy pensados y detallados..., tanto que la mejor manera de redactar un proyecto de acuerdo con las especificaciones exigidas era tener terminada o casi terminada previamente la investigación propuesta. Se extendió el uso de formar falsos equipos de investigadores que retorciendo el enfoque de su trabajo lo incardinaban bajo un título común valedero para todos los miembros del supuesto proyecto. La necesidad de ser bien vistos, razonables y sensatos para obtener financiación es muy probablemente la principal causa de que el investigador español huya como de la quema de toda ocurrencia poco explícita o de toda intuición oscura, acaso extraña pero provocativa, que suele estar presente en el primer tiempo de todo descubrimiento valioso. Los científicos españoles se hicieron cobardes y la cobardía en la investigación es más dañina que en la guerra. Por otra parte la obtención de financiación por proyecto ha convertido al investigador agraciado en responsable ante los órganos nacionales evaluadores, pero independiente de la dirección del centro donde trabaja, resultando que la I+D se ha convertido en un asunto de personas físicas, los investigadores, y los centros donde los investigadores trabajan han perdido su personalidad institucional. Resulta así que gracias a la ley de 1986 ha habido dinero para la investigación y el sistema Ciencia-Tecnología español ha producido un considerable número de *papers*. Pero en términos generales ¿ha producido algo más? Decimos todo esto sin el menor afán recriminatorio, pero con el deseo de que los expertos de la nueva Ley de la Ciencia se liberen de hábitos y modos que sólo conviene recordar para evitarlos.

A juzgar por el borrador de la nueva ley y por las reiteradas declaraciones de la ministra Garmendía la nueva Ley de la Ciencia nace como un impulso arbitrista para transformar la realidad económico-empresarial de nuestro país. Como ya dijimos en nuestro anterior editorial, no sabemos si la ministra Garmendía conseguirá sus objetivos, o en cuánta medida los conseguirá, pero sentimos la necesidad de proclamar que esta mujer nos está convocando al menester más necesario y urgente para hacer de nuestra vida nacional un hábitat próspero y en términos de modernidad respetable.

En efecto, se trata de transformar la economía española, hasta ahora predominantemente financiera, en una economía real cuyas ganancias, incluso las grandes ganancias, no surjan

de la actividad financiera, sino de la producción y venta de bienes de mercado.

Ahora bien, la transformación de la economía empresarial española no puede obrarse inmediata y directamente por una actuación legal sobre el sistema productivo. Es preciso transformar nuestra propia sociedad en una sociedad del conocimiento, lo que no puede lograrse de inmediato a partir de la exigua cultura científica de un pueblo como el nuestro que ha convertido en coartada autoexculpatoria la frase “yo soy de letras”. Hará falta que nuestro pueblo, y especialmente los futuros emprendedores, tengan la cultura científica suficiente para saber qué es lo que nos jugamos en el fomento de la Ciencia y de la Tecnología. Así que la nueva ley –y esto es una parte importante de ella– nace con una saludable obsesión por establecer un sistema de comunicación e información para difundir conocimiento científico-tecnológico y para informar sobre los logros que se van obteniendo en este terreno. Quiere que la Universidad, el CSIC, los centros de investigación, los parques tecnológicos, etc., estén conectados institucionalmente con el sistema productivo para transmitirles todo descubrimiento susceptible de sugerir una nueva fabricación, pero a más largo plazo para transmitirles una nueva actitud y unos nuevos hábitos de relación con el conocimiento. Estos son los propósitos de la ministra y las finalidades plausibles de la nueva ley. Y como decíamos más arriba, la arquitectura conceptual y dispositiva del borrador nos permite verificar que su articulado responde seria y explícitamente a los fines propuestos.

No cumpliríamos con nuestra obligación si, después de esta primera observación global y laudatoria de la nueva Ley, no señaláramos algunos puntos concretos que, a nuestro juicio, merecen ser corregidos no sólo por ser deformaciones de la realidad española, sino porque algunos de ellos esconden tendencias peligrosas.

Tal sucede en el comienzo mismo de la *Exposición de Motivos* donde se dice que nuestros resultados científicos y tecnológicos “nos erigen como actores relevantes en el contexto internacional”. La frase nos produce rubor, como es natural, pero más preocupante resulta la afirmación de que “España ocupa hoy una posición mundial acorde con el tamaño de su economía en relación con la producción científica y posee un nivel de desarrollo e innovación tecnológica que le ha permitido iniciar un giro en su sistema productivo para transformarlo en uno más propio de las sociedades basadas en el conocimiento”. O sea, se trata de difundir la especie de que en la I+D+i tenemos un nivel satisfactorio en la investigación científica y estamos ya en camino de llegar a una decorosa suficiencia en innovación tecnológica.

No sabríamos decir qué nos preocupa más si el optimismo inmotivado respecto de la actual Ciencia española o la siempre recurrente separación, como dos mundos diferentes y con vida propia, entre la Ciencia y la Tecnología. Respecto

al optimismo baste recordar –aunque no sea un baremo del todo riguroso– las listas de premios Nobel de Gran Bretaña (68), de Alemania (61), de Francia (26) para que nos hagamos una idea del lugar que ocupamos como “actores relevantes en el contexto internacional”. Y respecto al binomio Ciencia-Tecnología resulta peligrosamente reduccionista la idea de que se puede hacer tecnología importante que no implique algún descubrimiento científico. En realidad, parece advertirse en los autores del borrador cierta indeterminación conceptual o cierta oscuridad en esta materia. Así en el apartado II de la *Exposición de Motivos* y en el artículo 39 del capítulo II se habla de “investigación básica y aplicada” como componentes del dominio de la Ciencia contradistintos del desarrollo experimental. Así la Ciencia “básica y aplicada” se financiará desde la Agencia Estatal de Financiación de la Investigación y el “desarrollo experimental” (que en otros párrafos se identifica con la Tecnología) será financiado desde el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial. ¿Qué es eso de la “ciencia aplicada” en el actual estado de la cuestión o en la moderna mentalidad científica?

Estas distinciones conceptuales no son asunto baladí, y esconden ciertas malicias que conviene denunciar. En primer lugar y respecto al optimismo que antes mencionábamos conviene advertir que en España se considera Ciencia por excelencia la publicación de *papers*, hasta el punto de que el cómputo numérico de artículos científicos publicados da idea de la magnitud de la Ciencia en sentido cuantitativo. Efectivamente, en España, desde la Ley de la Ciencia de 1986 (por poner una fecha razonable aunque no exenta de relación de causalidad) ha crecido espectacularmente el número de publicaciones científicas, y en esos resultados se fundamentan las afirmaciones optimistas sobre nuestra Ciencia a que antes nos referíamos. No se añade que Portugal y Grecia nos acompañan en estas excelencias *paperísticas*; y ya sabemos lo que ambas naciones suponen en el panorama internacional de I+D. Conclusión: procedamos en verdad. Pocas veces será tan atendible el dicho evangélico “la verdad os hará libres”.

Precisamente por este afán de verdad nos gustaría añadir, en una línea optimista y esperanzadora, que sí han pasado cosas interesantes en la investigación española, cosas que conviene tener en cuenta por encima del número de *papers* y de otros oropeles acaso invocables. Nos referimos a la anterior legislatura del Sr. Rodríguez Zapatero, o sea, cuando nuestro Presidente era un fervoroso creyente en la I+D, y lo demostró en los Presupuestos Generales del Estado (¡tiempos!) y la investigación española empezó a despegar, hasta el punto de que casi la mitad de las solicitudes de ayudas para la investigación procedían de científicos extranjeros que querían venir a nuestro país para trabajar con determinados científicos españoles. Estábamos empezando a ser un país interesante. Luego vino la actual ley presupuestaria y el Sr. Zapatero pensó que la I+D era uno de los asuntos prescindibles frente a las angustias de la crisis. Parece sin embargo que todavía le que-

dan gérmenes de su anterior conversión y ha vuelto a pensar que una España de regreso del ladrillo y de la especulación bancaria no tiene más salida que la I+D+i.

Hechas estas salvedades previas, pasemos a referenciar el articulado de la nueva Ley.

El Universo instrumental que configura el borrador tiene como suprema institución el Consejo de Política Científica y Tecnológica (artículo 6) presidido por el Ministro de Ciencia e Innovación e integrado por los Consejeros de I+D de las Comunidades Autónomas y por los representantes de Departamentos ministeriales que nombre el Ministro-Presidente.

Este Consejo aprueba la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología que fija los principios básicos y los objetivos estratégicos a alcanzar. Se trata de una institución exclusivamente política y de Gobierno, sin otra referencia a otros actores que la expresión “oídos los interlocutores sociales”. Esta locución no parece satisfacer mínimamente la esperable presencia de la Sociedad Civil en esta fijación o definición de las aspiraciones del país. ¿Se confía quizá en el artículo 7 donde se habla del Sistema de Información sobre la Ciencia y la Tecnología Españolas? Quizá. Pero los Agentes del Sistema Español de Ciencia y Tecnología que deben informar tanto sobre la Estrategia como sobre los Planes de desarrollo de la misma (a los que se refiere el artículo 7) no parecen incluir a los “interlocutores sociales” que deben ser oídos para la redacción de la Estrategia de Ciencia y Tecnología. Todo parece indicar que la expresión “oídos los interlocutores sociales” no es más que una añagaza sucinta e indeterminada para dejar de lado una grave cuestión: la participación de la Sociedad total o de la Nación en la fijación y expresión de las aspiraciones colectivas que, según cuáles y cuántas sean, deberán perseguirse mediante tal o cual estrategia en Ciencia y Tecnología. ¿Cómo vamos a recabar de la totalidad del país que gaste dinero y recursos humanos en los Planes de I+D+i si no se le transmite la persuasión de que los tales Planes son la concreción práctica de unas aspiraciones vitales cuyo supuesto básico es que no queremos ser tan solo un país de camareros y de sufridos agricultores? Añadamos una pequeña observación de lógica redaccional: creemos que del Consejo de Política Científica y Tecnológica debe hablarse antes que de la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología.

Respecto al artículo 8 sobre el Comité Español de Ética de la Investigación nos parece inteligente que dentro de él se cree el Comité de Bioética de España para la biomedicina y las ciencias de la salud. Con este comité así especializado se podrá proceder de manera más eficaz y flexible en las ocasiones en que se tope con la Iglesia. Una pregunta: ¿resulta suficiente que en la descripción de atribuciones de este Comité se diga, sin ulterior explicación, que es “de carácter consultivo”? En los casos conflictivos ¿quedará en música celestial el pronun-

ciamiento de la Comisión? Pensamos que sería conveniente prever algún adarme de decisión en favor de los dictámenes de los Comités de Ética.

El borrador da una gran extensión al Título II sobre Recursos humanos dedicados a la investigación. Son 11 artículos y varios de considerable extensión. Es una parte importantísima de la ley que despeja de manera satisfactoria el panorama de acceso de un estudiante a la carrera investigadora. Casi la mayor satisfacción es ver que el sistema se articula “siguiendo las prácticas internacionalmente aceptadas”. A la etapa post-doctoral que era la más azarosa se le traza un camino más sólido y cierto. Hay una grave cuestión en todo esto: desaparece la condición de funcionario en la carrera de investigación. Esta transformación nos produce ningún escándalo, pero sí una cierta perplejidad. ¿Es bueno que a la totalidad del estamento científico se le despoje de este peso institucional? Hablamos de la España actual, donde todavía quedan personalidades influyentes en la economía y en la política para las que la investigación española es una monserga cara y de poco provecho. ¿No sería conveniente que una cierta proporción de investigadores, y con carácter muy selectivo, integrara el funcionariado? En general se establece una gran flexibilidad para todos los requerimientos que plantea la colaboración entre el sistema público de I+D y el sistema productivo.

La Ley fomenta la movilidad del personal investigador. En los procesos de evaluación se tendrá en cuenta “la movilidad geográfica, intersectorial, interdisciplinaria y entre los sectores público y privado, como un medio para reforzar los conocimientos científicos y el desarrollo profesional del personal investigador”. Dentro de este artículo (el 18) se recoge también el decreto que permite la incorporación del investigador público a una empresa privada durante cinco años. En el artículo 19 esta movilidad se aplica a los diferentes Departamentos ministeriales con competencias en investigación, cuyo personal científico o tecnológico podrá transferirse a tiempo parcial o tiempo completo de un Departamento a otro. El borrador de la Ley incorpora en esta legislación ya promulgada. El editorial del número anterior de *Acta Científica y Tecnológica* (el nº14) referenciaba con encomio esta posibilidad de desplazar investigadores públicos a la empresa privada, pero advertía de lo inanes que pueden ser estas expectativas si se entienden como la cesión de un investigador público a una empresa privada. Ignacio Fernández de Lucio, coordinador del grupo *Ingenio* de la Universidad de Valencia, en un trabajo titulado *Cómo innovan las empresas españolas* ha mostrado documentadamente que las empresas verdaderamente innovadoras y generadoras de tecnología son las que tienen dentro de ellas mismas un equipo propio y estable de investigación. Sería por tanto inane o iluso pensar que una empresa podría hospedar temporalmente un investigador público para poner en marcha una idea. Otra cosa sería –y nos gustaría saber si entraría en las previsiones de la nueva Ley– que tres o más investigadores públicos se instalaran durante cinco años en

una empresa privada para poner en marcha un laboratorio y criar a su vez un equipo de pre y postdoctorales que hubieran de quedarse fijos para constituir el futuro equipo de I+D+I de la entidad.

El Título III, que empieza por el artículo 20, trata del impulso de la investigación científica y técnica, la transferencia de conocimiento y la difusión. A partir de este artículo la Ley transita hacia zonas eminentemente técnicas y salpicadas de referencias legales y normativas anteriores a esta Ley. En otras palabras, la nueva Ley de la Ciencia entra en un terreno de difícil comprensión para los que no somos administrativistas o hacendistas, y esta condición un tanto abstrusa de los textos pudiera ser cuestionada, habida cuenta de que una ley dedicada a la actividad científica obviamente debe ser entendida por los científicos. Los autores del borrador han sido conscientes de esta dificultad y la lamentan, pero han considerado que era mucho más seguro y más lleno de garantías el explicitar y dejar del todo claros y expeditos algunos extremos legales y de carácter práctico cuya omisión pudiera dar lugar a malentendidos en la futura acción de gobierno. En realidad, a partir del Título III, los redactores que han configurado el contenido político-científico de los dos primeros Títulos se han orillado un poco en favor de expertos administrativistas, hacendistas y economistas del Estado que han dado al borrador la concreción técnica que parecía necesario o conveniente prever.

Así pues, el artículo 20 compromete a las Administraciones públicas a fomentar la investigación científica y técnica mediante el empleo de incentivos y "la realización directa de actividades". Señala además las modalidades de incentivación de que pueden hacer uso las Administraciones: subvenciones, desgravaciones fiscales, bonificaciones de las cuotas empresariales de la Seguridad Social, subvención o bonificación de intereses sobre préstamos, anticipos reembolsables sin interés o a un interés inferior al de mercado, contratos de préstamo, constitución de sociedades capital-riesgo dedicadas a la innovación tecnológica, concesión de avales, fianzas u otras medidas de garantía, colaboración con el sector privado a través de las compras públicas tanto comerciales como precomerciales, y finalmente premios.

El artículo 21 concreta más el asunto de las subvenciones. Residencia en los Ministros con competencias de I+D la facultad de transferir créditos entre los distintos programas presupuestarios de sus respectivos Departamentos. La asignación de las ayudas, en términos generales, se hará por procedimientos de pública concurrencia, previa evaluación científico-técnica, pero se pretende superar el ritmo procesal que tanto ha ralentizado la concesión de proyectos en la anterior Ley de 1986, mediante medios electrónicos, informáticos y telemáticos de gestión que supriman o reduzcan la documentación requerida y agilicen los plazos de respuesta. Esto, como decimos, "en términos generales", pero se admite también la concesión de "forma directa" de subvenciones para

proyectos de I+D que respondan a las propuestas del Programa Marco Plurianual o pretendan su integración en empresas o estructuras formadas por países de la Unión Europea para la realización de programas de I+D.

La apertura hacia formas de actuación más flexibles es manifiesta en el actual borrador, pero no queda todo aquí. El artículo 22 constituye un mosaico de posibilidades que a un viejo servidor del Estado podría sugerir una imagen de anarquía o de desgobierno generalizado. Todos los agentes públicos del Sistema Español de Ciencia y Tecnología, incluidas las Universidades Públicas y los centros e Instituciones del Sistema Nacional de Salud podrán suscribir convenios de colaboración a) entre sí b) con agentes de investigación privados c) con fundaciones o instituciones privadas sin ánimo de lucro nacionales o extranjeras para:

- a) proyectos de I+D+i
- b) transferencia de conocimientos y de resultados de investigación
- c) creación o financiación de centros, institutos, unidades de investigación o proyectos de I+D+i singulares
- d) formación de personal científico y técnico
- e) divulgación científica y tecnológica
- f) uso compartido de inmuebles y de instalaciones
- g) asignación temporal de personas para la realización de actividades de I+D.

Otra pieza especialmente fluida del sistema (Art.23) son las Agrupaciones Públicas de Investigación que se definen como "uniones sin personalidad jurídica, de dos o más agentes públicos del Sistema Español de Ciencia y Tecnología" para "desarrollar un proyecto científico estable, pudiendo también realizar servicios complementarios o accesorios al objeto principal". Es una muestra más de flexibilidad y apertura, pero nos preguntamos si es una figura realmente necesaria y oportuna, habida cuenta de todo el articulado anterior donde cualquier ocurrencia creativa parece posible y realizable. Tal y como está redactado no creemos que pueda pasar el examen del abogado del Estado que haya de dictaminar sobre este texto, especialmente en lo que respecta a la falta de personalidad jurídica de estas uniones o Agrupaciones Públicas de Investigación y a la afirmación de que "las Agrupaciones podrán ser titulares de bienes y derechos". Sin embargo, nos parece tan interesante el afán de esta Ley por abrir caminos a toda ocurrencia valiosa que quedamos abiertos a una nueva redacción de esta figura donde quizá subyacen interesantes aspectos funcionales que no hemos percibido.

Los artículos 24 y 25 tratan de la internacionalización del Sistema Español de Ciencia y Tecnología y de la cooperación al desarrollo. "La dimensión internacional será considerada como un componente intrínseco en las acciones de fomento, coordinación y ejecución de la investigación científica y técnica". Esta condición de "componente intrínseco" nos resulta un tanto metafísica y absoluta. Ya se entiende lo que quiere

decir, pero sería mejor expresarlo de otra forma. Tememos el uso de las palabras y de los principios en las comisiones de evaluación y tememos que un competidor sea preferido a otro porque el primero haga una vaga mención de Europa y el otro no. Por lo demás, son artículos actuales, constructivos y participativos.

El capítulo II del Título III trata de la transferencia de los resultados de la actividad investigadora. Este Capítulo empieza por el artículo 26 dedicado al fomento de la transferencia de conocimiento. Se trata de un ordenamiento valioso y muy en la línea de una de las dos aspiraciones primordiales de esta nueva Ley: la transformación de nuestra Sociedad en una Sociedad del conocimiento. Se supone, con total acierto, que la cultura científica de nuestra Sociedad es condición imprescindible para llegar a situar la Ciencia, la Tecnología y la Innovación de nuestro país en el nivel que le corresponde. Este artículo trata de los incentivos para a) apoyar la difusión del conocimiento generado por la actividad investigadora, b) crear un entorno que estimule la demanda de conocimiento generado por la actividad investigadora y c) estimular la iniciativa pública y privada que intermedie en la transferencia de conocimiento generado por la actividad investigadora.

Todo esto está muy bien, pero resulta ineludible señalar que los *deficits* fundamentales en la cultura científica de nuestro pueblo, es decir, las deficiencias que son la causa principal de que la Ciencia y la Tecnología española no acabe de arrancar con brío, tienen su origen en la enseñanza primaria y secundaria. Nuestro pueblo necesita saber de Matemáticas, de Física, de Química, y de Historia Natural todo aquello que, en teoría, era necesario saber para graduarse como bachiller o como oficial de escuela profesional. Este es un problema que se ha agrandado en nuestros días. Los escolares españoles son los penúltimos ¡del mundo! en Matemáticas. ¿Puede remediarse este fallo de nuestra cultura científica mediante la difusión de noticias sobre los logros de investigación de nuestro sistema de Ciencia y Tecnología? Evidentemente no; por desgracia, el problema de nuestra cultura científica radica en nuestra enseñanza. Pero entonces se plantea otra pregunta: ¿debe una Ley de la Ciencia plantearse problemas cuya solución es competencia del Ministerio de Educación?

Y otra pregunta fundamental ¿puede una Ley de la Ciencia como ésta –es decir, obsesionada por acudir al mundo empresarial para cambiar las bases de nuestra economía– desconocer que al grueso del mundo empresarial español se le da una higa de la Ciencia y de la Tecnología? No es que el empresario español esté genética o temperamentamente incapacitado para usar la Ciencia y la Tecnología. De hecho hay en España más de 2.000 empresas, algunas de ellas prodigiosas, de un alto valor científico y tecnológico. El problema es que España ha sido un mundo de espabilados, intuitivos, arriesgados, creativos, imaginativos que han encontrado en el turismo, en la construcción, en la urbanización, y en la espe-

culación dineraria la ocasión de pegar golpes geniales y rápidos para amasar fortunas. Es ahí donde han estado nuestros “emprendedores” y no sabemos cuánto tardarán los nuevos en descubrir que la creación de una empresa moderna y con aspiraciones debe fundamentarse en la Ciencia y la Tecnología, es decir, en la innovación.

De todo esto podría deducirse que da lo mismo hacer una buena Ley de la Ciencia o una mala Ley de la Ciencia. Un científico eminente amigo nuestro, genial también por su sentido del humor, nos decía que, desde el punto de vista de la tauromaquia, Suecia podría considerarse como inmersa en una situación catastrófica. ¿No sería pensable redactar una buena Ley para el Progreso de la Tauromaquia tendente a desarrollar en los suecos el arte del toreo? Evidentemente, sí. Pero obtendríamos el mismo resultado con una mala Ley de Tauromaquia. En ambas hipótesis tropezaríamos con el absoluto desinterés de los suecos hacia el arte de Cúchares. ¿Pues algo semejante no cabe esperar del empresariado español respecto a una Ley de la Ciencia? Hay mucho de verdad en esto, pero tenemos la impresión de que la Ley de la Ciencia de Garmendia adviene a la vida nacional en un momento especial de nuestra historia: cuando los intentos de salida de nuestra crisis económica no tienen más panorama que la creación de un sistema productivo fundamentado en la innovación. Nuestros empresarios podrán ser científicamente incultos, pero no tontos, y tardarán en descubrir la importancia de la I+D+i mucho menos que un sueco en encandilarse con los toros. Esto supuesto, nos resulta francamente constructivo y esperanzador el afán de la Ley Garmendia por acercar la Universidad y la investigación pública al mundo de la empresa española, tarea en la que desbrozará variados caminos, incluida la ayuda financiera. Nos parece que puede representar esta Ley un punto de inflexión importante no sólo para la historia del empresariado español, sino para la historia de la propia investigación científica patria que habrá profundizado en la idea de que la investigación debe servir para la prosperidad del pueblo que le paga.

A partir del artículo 27 el tenor del borrador se hace abstruso y reiterativo. Se vuelven a explicar con mayor nivel de concreción cosas importantes ya dichas y, en general el texto discurre con variaciones y saltos en cuanto a niveles de abstracción. Hay artículos y párrafos cuyo contenido se desmiga con factura de reglamento o incluso más pormenorizado, y hay artículos y párrafos de difícil comprensión por mor de un estilo redaccional que nos remite a Groucho Marx y a su célebre párrafo: “la parte contratante de la primera parte será considerada como la parte contratante de la primera parte”. Todo el articulado restante, más las Disposiciones Adicionales, más las Disposiciones Transitorias y Finales participa de estas características. Creemos que toda esa parte está muy por hacer, siendo en sí mismo importante, valioso y previsor el contenido. Preferimos suspender nuestro juicio en toda esta parte, no sólo porque nos cuesta comprender su contenido, sino porque esperamos que sea revisada. ■

Trenes Talgo pendulares y de alta o muy alta velocidad

AUTOR: JOSÉ LUIS LÓPEZ GÓMEZ

INTRODUCCION

PATENTES TALGO está desarrollando un tren de muy Alta Velocidad y de gran capacidad. El AVRIL. Basado en los principios tecnológicos de Talgo, que son la RUEDA LIBRE y tren ARTICULADO, que aplicando las tecnologías avanzadas de fabricación se consigue un tren ligero, y de baja altura, condiciones imprescindibles para que el consumo de energía y accesibilidad sean óptimas.

PATENTES TALGO se funda en 1942 con el objetivo de construir trenes rápidos, ligeros, seguros y confortables con objeto de aprovechar al máximo la energía disponible para la tracción. Hoy se denominarían trenes ecológicos.

En 1944 se alcanzan 120 km/h con un tren de pruebas (foto 1) cuyo peso por eje era del orden de 2 t, que teniendo en cuenta las condiciones de las vías, era una velocidad inalcanzable para vehículos con rodadura convencional y ese peso por eje. Se necesitaba mayor peso para que los vehículos ferroviarios fueran estables en la vía.

En 1950 entraron en servicio los primeros trenes Talgo II con velocidad comercial de 120 km/h. En pruebas alcanzaron 150 km/h (foto 2).

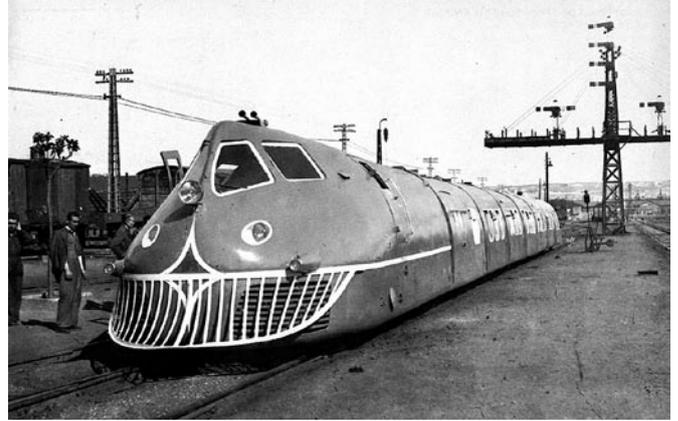


Foto 1. Primer tren experimental Talgo I

Posteriormente manteniendo los principios tecnológicos han alcanzado varios records de Velocidad tanto españoles como mundiales.

En los años 60 PATENTES TALGO desarrolla, para sus coches, el cambio automático de ancho de vía, siendo el primer tren del mundo, que circuló con viajeros sin transbordar, y sin cambio de ejes, por vías de distinto ancho.

En los años 70 PATENTES TALGO incorpora la tecnología de la pendulación natural, según la cual, el tren se inclina en las curvas, hacia el interior de la curva, de una manera



Foto 2. Primer tren Talgo II en servicio



Foto 3. Talgo Pendular serie Talgo IV y sucesivos

natural, es decir, sin necesidad de ningún accionamiento que lo provoque y, por tanto, sin consumo de energía, simplemente por la acción de la fuerza centrífuga. De esta manera se disminuye la aceleración centrífuga que percibe el viajero y se puede aumentar la velocidad en curva manteniendo, o incluso mejorando, el confort (foto 3).

En los años 90 PATENTES TALGO, con la tecnología acumulada de las series de trenes TII, TIII, TIV, TV, TVI y TVII y la experiencia obtenida con más de mil vehículos en servicio, después de comprobar la calidad de rodadura de la tecnología Talgo en el banco de pruebas de Múnich, donde consiguió el record de velocidad hasta el momento 500 km/h (fotos 4 y 5), desarrolla los trenes Talgo de Alta Velocidad 350, serie 102, que dan servicio dentro del grupo de elite de los trenes AVE.

A finales de los 90 PATENTES TALGO, desarrolla la aplicación del sistema de cambio automático de ancho de vía

para vehículos remolcados, que ya estaba en servicio desde 1969, para locomotoras y cabezas motrices con objeto de disponer así de trenes autopropulsados con cambio automático de ancho de vía.

A principios de esta década se construyen los trenes autopropulsados Talgo de Alta Velocidad, con cambio automático de ancho de vía, serie 130, que están circulando tanto por vías del AVE como por vías estándar de Renfe (foto 6).

PATENTES TALGO en sus inicios, en 1950, fue el primer operador y mantenedor privado de Trenes, posteriormente la operación de los trenes Talgo la adquirió Renfe pero el mantenimiento de los trenes lo siguió haciendo TALGO. Esto ha generado una capacidad para desarrollo de equipamiento para mantenimiento, como son los tornos de foso y equipos automáticos para el control de parámetros y estado de la banda de rodadura que se exportan a todo el mundo, Francia, Inglaterra, Suiza, Alemania, Argentina, China, Japón (foto 7).

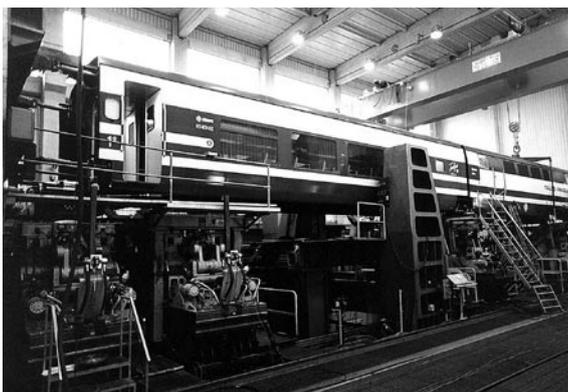


Foto 4. Banco de pruebas de Múnich



Foto 5. Tren Talgo de Alta Velocidad AVE en servicio, serie 102.



Foto 6. Tren Talgo Alta Velocidad con cambio automático de ancho de vía, serie 130, en servicio.



Foto 7. Torno de foso para torneado y reperfilado de ruedas sin desmontar.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS TRENES TALGO

Las características básicas de la tecnología Talgo son los siguientes:

1. Ruedas independientes y ejes guiados
2. Tren articulado
3. Tren ligero
4. Baja altura
5. Gran estabilidad
6. Rodadura de ancho fijo o rodadura desplazable (cambio automático de ancho vía)
7. Suspensión neumática
8. Pendulación

1. RUEDAS INDEPENDIENTES Y EJES GUIADOS

Este es el principio básico del sistema Talgo. Las ruedas no están caladas sobre un mismo eje sino que las dos ruedas de un eje son independientes, es decir, giran independiente una de otra. Cada par de ruedas constituyen un rodal (foto 8). Como es conocido, el carretón de dos o más ejes se le denomina "bogie" (foto 9). En el caso del sistema Talgo "los rodales" no están situados debajo de las cajas sino entre ellas (exceptuando los rodales extremos).

Los rodales están guiados por las cajas, de forma que, tanto en recta como en curva, se sitúan siempre las ruedas sobre el carril en posición tangencial (figura 1).

Como se aprecia en la figura 1, el rodal dispone de un balancín (color rojo) en cada lado del coche unido por unas "barras de guiado" a los extremos de las cajas adyacentes con lo que se consigue, que mecánicamente, sin riesgo ni error, el balancín se mantenga verticalmente en vía recta, (rodal perpendicular a la vía, rueda paralela a la vía) y en curva el balancín interior se cruza al acercarse las esquinas

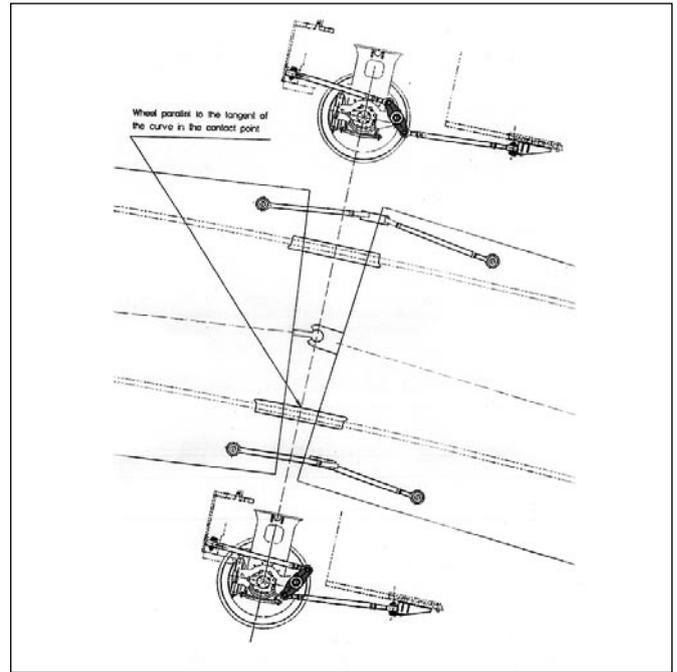


Figura 1. Guiado de ejes Talgo

de los testereros de las cajas, y el de fuera se abre al separarse las esquinas de los testereros exteriores de las cajas, como consecuencia el eje del rodal, se sitúa en la bisectriz del ángulo que forman dichos testereros y las ruedas se sitúan paralelas a la zona de contacto de la vía.

Como consecuencia de este principio se tiene una baja agresividad sobre el carril y un bajo desgaste de la rueda, al no producirse el ataque de la pestaña de la rueda contra el carril con ángulo positivo. Como las ruedas no están caladas sobre un mismo eje no hay deslizamiento entre ellas, efectos típicos de los bogies con ejes rígidos. Con ello se evita también el movimiento de lazo, mejorándose la estabilidad.

El sistema de guiado de ejes Talgo, como ya hemos visto, es un sistema pasivo, que actúa sin aportación de energía,

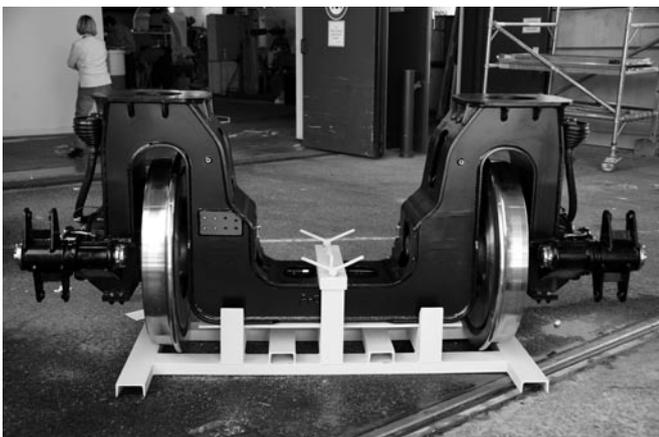


Foto 8. Rodal Talgo, ruedas independientes



Foto 9. Bogie y eje convencional, ruedas caladas sobre un mismo eje

simplemente por la peculiar manera de articular la rodadura con las cajas, que hacen que dicha rodadura se sitúe siempre en la bisectriz del ángulo que forman los testeros de las cajas adyacentes y, por tanto, situaran las ruedas tangenciales a la vía.

En la figura 2 vemos el esquema del comportamiento en vía de un eje convencional con el guiado bicónico y el sistema de guiado Talgo. En el sistema bicónico o convencional guiado por rodadura, aparece el movimiento de lazo, que lleva al eje de un lado a otro de la vía con una frecuencia en función de la velocidad. Este movimiento es necesario reducirlo o eliminarlo con potentes amortiguadores que obligan a deslizar las ruedas produciendo desgastes en la rodadura.

En el caso del sistema de guiado Talgo, no hay este movimiento por estar las ruedas guiadas sobre las vías y girar las ruedas independiente una de la otra.

2. TREN ARTICULADO

PATENTES TALGO ha aplicado y mantenido esta técnica desde el principio. Consiste en poner un rodal entre cada caja y estas se apoyan directamente en dichos rodales sobre la suspensión correspondiente, que luego hablaremos de ella.

Las cajas se unen entre sí por la parte inferior con una articulación resistente a tracción 100 t y a compresión 200 t, pero pueden girar con libertad una con relación a la otra y permite movimientos de articulación en los 360°, lógicamente, estos movimientos quedan limitados a los que necesitan las cajas en curvas cerradas o movimientos verticales debidos a la suspensión y cambios de rasante en vía.

Con esta unión se forma un tren compacto que ante un problema grave en una caja queda sujeta por las demás evitando el vuelco, y acaballamiento, tan peligrosos en los accidentes ferroviarios.

3. TREN LIGERO

La construcción de las cajas de los coches Talgo, siempre se han realizado con materiales de aluminio. Con chapa de

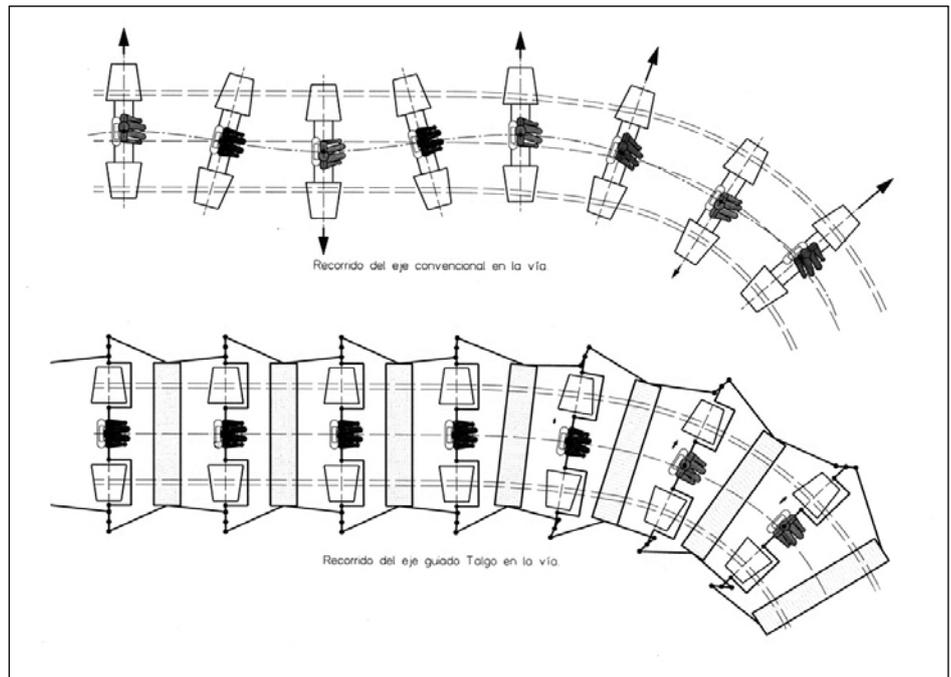


Figura 2. Comportamiento en vía del guiado convencional y el Talgo

aluminio remachada al principio y posteriormente con grandes extrusiones de aluminio soldadas entre sí. El objeto es conseguir cajas tan resistentes como las construidas en acero, pero con menor peso, esto le da una gran ventaja en cuanto a la energía necesaria para la tracción y su comportamiento en caso de accidente es muy superior, ya que las inercias son más bajas.

Otra ventaja importante es que, por ser la longitud de la caja más corta 13,14 m, para la misma resistencia a compresión puede ser más rígida a flexión, consiguiendo una frecuencia natural más alta, lo que se traduce en mayor confort para el viajero.

4. BAJA ALTURA

Al estar situadas las rodaduras entre los coches y no debajo de ellos, es posible situar el piso de la caja en una posición mucha más baja que en el caso de los trenes convencionales, estando incluso el nivel de acceso por debajo del punto su-



Foto 10. El piso de los trenes Talgo está a nivel del andén

perior de la rueda (foto 10). Con esto se consigue un tren de gran facilidad de acceso desde el andén, ya que el nivel de dicho piso, está prácticamente al nivel del andén y además de bajo centro de gravedad, lo que redonda en un aumento de la seguridad.

5. GRAN ESTABILIDAD

El sistema de articulación de las cajas de los trenes Talgo Pendulares, es igual en cuanto al enganche a las series anteriores, a partir de ésta serie se le añade una ventaja más, cada coche se apoya en tres puntos, consiguiéndose así una estabilidad total, ya que Incluso, en grandes alabeos de la vía o a la entrada o salida de curvas cerradas y peraltadas no se pueden producir descargas de ruedas.

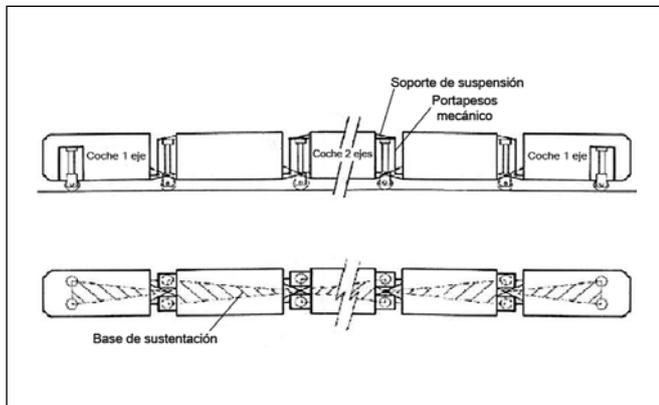


Figura 3. Esquema de apoyo de las cajas S VII

En la (figura 3) se aprecia esquemáticamente como se forman los triángulos de apoyo de la suspensión de los trenes S VII y alta velocidad. El coche del centro del tren es el único que tiene cuatro puntos de suspensión para cerrar los triángulos de apoyo.

6. RODADURA DE ANCHO FIJO

O RODADURA DE ANCHO VARIABLE

En 1965 hubo un concurso del organismo UIC (Unión Internacional de Ferrocarriles) de ideas sobre el cambio automático de ancho de vía en ejes montados. Por tratarse de "ejes montados" Talgo se presentó fuera del concurso ya que como hemos dicho La tecnología Talgo se desarrolló con ruedas libres, (giro independiente). PATENTES TALGO recibió una mención especial. En 1969 entro en servicio, el primer tren del mundo con cambio automático de ancho de vía, entre Barcelona y Ginebra, instalando el cambiador en Port-Bou, circulando el tren entre Barcelona y Port-Bou por vía de ancho normal Renfe y desde Port-Bou a Ginebra por ancho normal europeo, el que hoy en España denominamos vía AVE o Alta Velocidad. Desde entonces se han instalado más de una decena de cambiadores en toda Es-

paña, ya que, al ir aumentando las vías de Alta Velocidad ha sido necesaria la unión, sin transbordo de viajeros, de las ciudades con ancho normal Renfe con la red de ancho vía normal europeo.

Hasta el año 2000 los coches Talgo disponían de cambio automático de ancho, pero no las locomotoras, por tanto era necesario el cambio de locomotora en cada lado del cambiador.

Con los desarrollos iniciados en 1996 Talgo consiguió en el 2000 poner en servicio un sistema de cambio para material tractor. En 1998 consiguió el primer bogie del mundo con tracción y cambio automático de ancho, en el 2000 la primera locomotora diesel con cambio automático, en 2003 la primera locomotora eléctrica y en 2005 los primeros trenes autopropulsados los (S-130) (foto 6) que actualmente prestan servicio entre varias ciudades españolas con distintos anchos de vía. Estos trenes circulan a 250 km/h por vías de Alta Velocidad y a 220 km/h por vías de ancho normal Renfe.

7. SUSPENSIÓN NEUMÁTICA

A los trenes Talgo se les incorpora la suspensión neumática a partir de la serie III con diafragmas de gran sección, lo que se traduce en un aumento de confort para el viajero.

Para los trenes Pendulares, Talgo desarrolla la amortiguación entre cajas (foto 11) consistente en la unión de estas por cuatro amortiguadores longitudinales y uno transversal, esta idea original de Talgo, posteriormente lo incorporaron otros trenes articulados. Estos amortiguadores unidos, longitudinalmente, entre los testeros de las cajas, forman un "todo tubo" por la unión de las cuatro esquinas de las mismas. Esta unión las permite libertad para moverse entre sí, pero lentamente, evitando cualquier movimiento brusco de una caja con relación a la otra, consiguiendo una agradable sensación de sujeción y seguridad en definitiva mejor confort.



Foto 11. Talgo Pendular suspensión neumática y posición de amortiguadores longitudinales

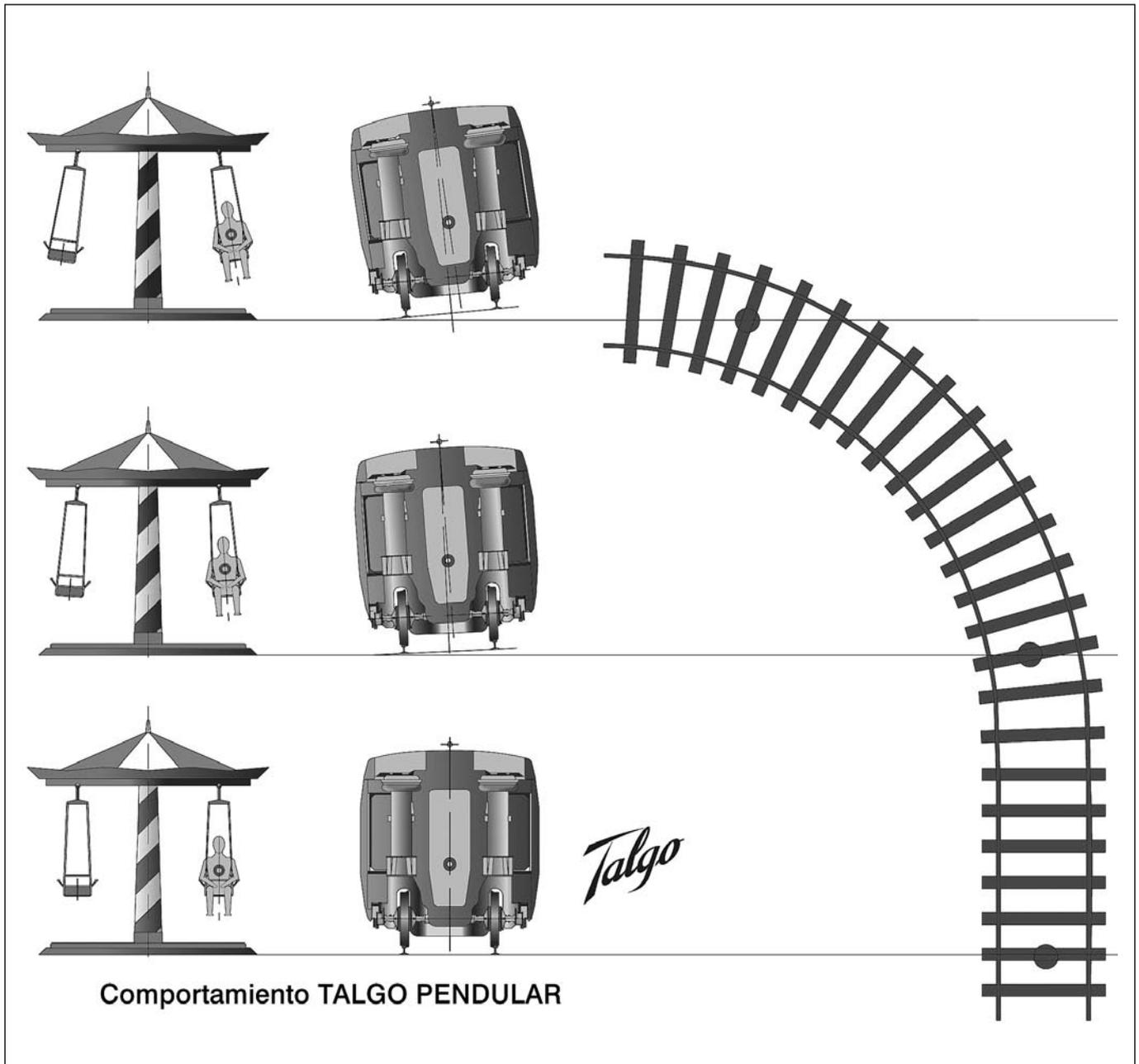


Figura 4. El Talgo Pendular al entrar en curva se comporta como un péndulo

8. PENDULACION NATURAL

Como diferencia sustancial de las anteriores generaciones de los trenes Talgo, los trenes Talgo Pendular presentan la característica de la pendulación natural.

Esto se consigue porque la rodadura, como ya se ha dicho, está situada entre los coches, y se elevan los muelles de suspensión (foto 11), hasta una altura situada muy por encima del centro de gravedad de la caja. Así, al circular por curva con insuficiencia de peralte, la propia fuerza centrífuga hace que la caja se incline hacia el interior de la curva, como si de un péndulo se tratase (de ahí la denominación de Talgo PENDULAR) (figura 4).

La inclinación de la caja se obtiene de una manera natural y pasiva, o sea, sin consumo de energía, por peralte adicional para el pasajero, disminuyendo de ésta manera la aceleración centrífuga que éste percibe. De esta forma se consigue poder circular más rápido por curvas para el mismo confort sobre el viajero.

La posición de la caja para una aceleración centrífuga no compensada en el plano de la vía, viene dada por el equilibrio de los momentos de todas las fuerzas que intervienen. El momento que provoca el giro de la caja depende de la fuerza centrífuga y de la posición del centro de gravedad respecto a los muelles de suspensión, y el momento que se opone al giro de la caja, viene determinado por el peso, por

la posición del centro de gravedad respecto a los muelles de suspensión y por el par resistente al giro que ofrecen los muelles de suspensión que depende de la característica de estos muelles y de su separación (foto 11).

Conjugando todos estos parámetros se puede obtener el ángulo óptimo de inclinación de la caja en función de la aceleración no compensada en el plano de la vía.

Actualmente la combinación de estos factores da un valor de ángulo de giro de la caja de 3,5° para una aceleración centrífuga no compensada en el plano de la vía de 1,6 m/s².

Este valor se ha estimado suficiente, dado que las fuerzas por la aceleración no compensada las soportan los carriles, y circulando con mucha frecuencia terminan dañando la vía. Por tanto, necesitaría un mantenimiento especial. De hecho en España, se limita la velocidad de las circulaciones de los trenes basculantes y pendulares, para que en curva, se tenga una centrífuga máxima no compensada de 1,2 m/s².

Hay que tener en cuenta que los trenes convencionales limitan estos valores a 0,8 m/s² y los trenes de Alta Velocidad a 0,4 – 0,6 m/s².

Vamos a comparar el comportamiento de un tren Talgo Pendular con un tren convencional: La velocidad que se limita a alcanzar un vehículo ferroviario en curva, en función de la aceleración centrífuga sobre el viajero, viene dada por la fórmula:

$$V = \sqrt{\frac{U + U_{GST} + U_R}{11,8}} \cdot R$$

Siendo:

- V = velocidad en km/h
- U = peralte en mm
- U_{GST} = peralte por inclinación de la caja en mm
- U_R = insuficiencia de peralte sobre el viajero en mm
- R = radio de la curva en m

Si tomamos los siguientes valores admitidos:

- U_R = 153 mm (Es el valor de una aceleración sobre el viajero de 1 m/s)
- U = 150 mm (peralte máximo en vías)

Tendríamos:

$$V = \sqrt{\frac{303 + U_{GST}}{11,8}} \cdot R$$

Esta fórmula es válida para cualquier tipo de tren sea convencional, pendular o basculante.

Si consideramos un tren convencional con un coeficiente de souplesse de +0,2 que es un valor razonable para los trenes modernos, tendríamos (figura 5):

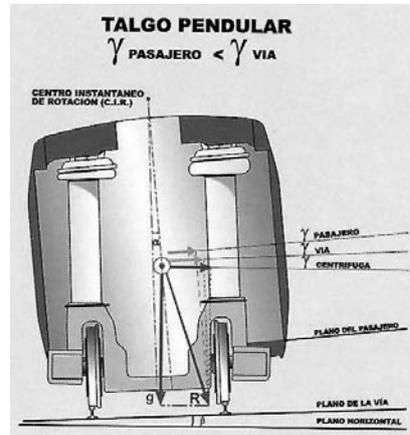


Figura 5. Diagrama de fuerzas en curva de un tren convencional y del Talgo Pendular

$$\frac{a_{viajero}}{a_{plano\ via}} = 1 + S = 1,2$$

$a_{viajero} = 1 \text{ m/s}^2$ admitido como valor recomendado por la UIC.

$$a_{plano\ via} = 1 / 1,2 = 0,83 \text{ m/s}^2$$

$$a_{viajero} = a_{plano\ via} - g (U_{GST} / 1.505)$$

$$U_{GST} = 1.505 \cdot \frac{a_{plano\ via} - a_{plano\ viajero}}{g} = 1.505 \cdot \frac{0,83 - 1}{9,81} = -26 \text{ mm}$$

Para un tren convencional la velocidad límite es:

$$V = \sqrt{\frac{303 + 26}{11,8}} \cdot R = 4,85 \sqrt{R}$$

Si aplicamos esta fórmula para el tren Talgo Pendular obtendremos:

- el Talgo Pendular como ya hemos dicho admite una inclinación de 3,5°
- el valor de es 1.505 seno 3,5° = 92 mm
- el valor del límite de velocidad para Talgo Pendular

$$V = \sqrt{\frac{303 + 92}{11,8}} \cdot R = 5,79 \sqrt{R}$$

Nota.- El coeficiente de souplesse, define el aumento de inclinación lateral debido a la suspensión y a otros elementos elásticos, de un vehículo en un plano inclinado lateralmente.

Por tanto, la ganancia de velocidad del tren Talgo Pendular, con relación a un tren convencional es del 20% prácticamente, para la misma aceleración sobre el viajero.

Es de destacar que este incremento de velocidad en curva representa un importante ahorro energético, ya que en las vías, hay zonas rectas y curvas, y la velocidad de un tren queda limitada en la curva a valores muy inferiores a los que pueden circular por recta, esto significa que al salir el tren de la curva debe acelerar y frenar al llegar a la siguiente. Aunque los trenes modernos como los trenes Talgo de Alta Velocidad, Talgo 380 y Talgo 250 disponen de equipos para devolver la energía de frenada a la catenaria, siempre hay pérdidas por los rendimientos de los equipos, por tanto, el mejor ahorro es no consumirla.

Como se puede comprobar, los trenes Talgo Pendulares ofrecen unas ventajas importantes para los trenes que circulan por vías sinuosas, como es el caso de los trazados antiguos de vías de ancho normal Renfe.

Para las vías de Alta Velocidad, tienen la ventaja de la confortabilidad, aunque ésta se podría conseguir por otros medios, pero dado que, la diferencia del costo de mantenimiento y la fabricación de trenes Talgo con o sin pendulación es prácticamente nula, a partir de 1978 todos los coches fabricados por Talgo son pendulares incluidos los de Alta Velocidad.

Actualmente la gama de productos más importantes que Talgo ofrece al mercado es el siguiente:

■ Composición remolcada sin tracción con las siguientes características básicas:

- Tren pendular.
- Cajas herméticas.
- Velocidad máxima 220 km/h.
- Rodadura de ancho fijo o rodadura de cambio automático de ancho tanto N. Renfe/N. Europeo como N. Ruso/N. Europeo.
- Suministro de energía para aire acondicionado, iluminación y servicios por convertidores estáticos o grupos electrógenos diesel.
- Trenes de día con butacas o de noche camas estándar o tren Hotel.
- Capacidad de circulación en segregable de dos o más composiciones acopladas.

■ Tren Talgo con cabeza motriz en un extremo y cabeza con cabina de conducción en el otro, con las siguientes características básicas:

- Tren pendular.
- Cajas herméticas.
- Velocidad máxima 220 km/h.

- Rodadura fija o variable con cambio automático de ancho de vía tanto N. Renfe/N. Europeo como N. Ruso/N. Europeo.
- Suministro de energía para aire acondicionado, iluminación y servicios por convertidores estáticos o grupos electrógenos diesel.
- Trenes de día con butacas o de noche camas estándar o tren Hotel.
- Capacidad de circulación en dos o más trenes acoplables.

■ Tren Talgo de Alta Velocidad con las siguientes características básicas (foto 6):

- Tren Talgo Pendular con caja hermética.
- Dos cabezas motrices una en cada extremo.
- Velocidad máxima 250 km/h en vías de AVE y por infraestructura en ancho normal Renfe 220 km/h.
- Rodadura fija o variable con cambio automático de ancho de vía tanto N. Renfe/N. Europeo como N. Ruso/N. Europeo.
- Suministro de energía para aire acondicionado, iluminación y servicios por convertidores estáticos.

■ Tren Talgo de Alta Velocidad con las siguientes características (foto 5):

- Tren Pendular.
- Dos cabezas motrices integradas una en cabeza y otra en cola.
- Velocidad máxima 350 km/h.
- Rodadura fija en ancho Normal Europeo, Normal Ruso o Normal Renfe.
- Suministro de energía para aire acondicionado, iluminación y servicios, por convertidores estáticos.

■ En desarrollo el tren AVRIL será un tren Talgo de muy Alta Velocidad y gran capacidad:

- Velocidad máxima 380 km/h.
- Cajas herméticas y anchas.
- Gran eficiencia energética.
- Ancho vía Normal Renfe, Normal Europeo y Normal Ruso. En versiones con ancho fijo y con cambio automático de ancho.
- Tracción con las 4 tensiones estándares Europeas.
- Piso bajo a la altura de andén interoperable.

Con este nuevo desarrollo PATENTES TALGO, estará a los niveles más altos de la tecnología ferroviaria en el mundo. Una de las líneas de mayor esfuerzo de investigación es la eficiencia energética, en la actualidad los trenes Talgo de Alta Velocidad son de los de menor consumo, plaza/km y en este campo se prevé dar un gran impulso reduciendo el consumo por plaza/km del orden de un 20%. ■



SPANISH LEADER IN HIGH SPEED

El proyecto Adriatic LNG, la primera terminal de regasificación *offshore* del mundo

Dragados Offshore completa su parte en un proyecto innovador, de escala mundial, destinado para la importación de gas natural en Italia.

AUTOR: JEROEN POPPE
Director de Proyecto
Dragados Offshore

El proyecto Adriatic LNG es la primera planta de regasificación de gas natural del mundo, construida encima de una GBS ("Gravity Based Structure") de hormigón para instalación y operación costa fuera.

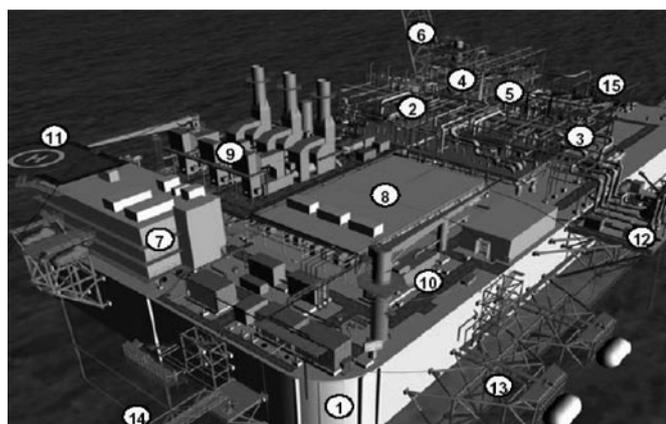
Se trata de un proyecto de escala mundial, con destino final el Mar Adriático, a unos 15 km de la costa de Venecia. En su ejecución han participado empresas de medio mundo, y en el que ha jugado una parte importante la empresa Dragados Offshore, líder mundial en el sector de fabricación para la industria de petróleo y gas.

El conjunto del proyecto incluye diseño, construcción, instalación y puesta en marcha de la terminal de recepción y regasificación de Gas Natural Licuado (LNG). Los principales componentes del Proyecto son una GBS, dos tanques de almacenamiento de LNG, y las instalaciones de regasificación sobre la cubierta de la GBS.

Los principales componentes:

GBS

1. Estructura Base de Gravedad (GBS) incluyendo en su interior:
 - Dos tanques de almacenamiento de gas natural licuado (LNG), con una capacidad total de 250,000 m³.
 - Compartimentos para lastre líquido y sólido.
 - Compartimento de agua de mar
 - Compartimentos de agua de contra-incendios



Los principales componentes del proyecto

MÓDULOS SOBRE CUBIERTA

2. Módulo de Vaporizadores de LNG, ("Open Rack Vaporizers" o "ORV")
3. Compresores del gas de boil-off, ("Boil Off Compressors" o "BOG")
4. Recondensador
5. Bombas de LNG de alta presión
6. Antorcha
7. Módulo habitacional
8. Edificio de Electricidad y Instrumentación
9. Turbogeneradores
10. Edificio de Mantenimiento
11. Cubierta para helicóptero

ESTRUCTURAS LATERALES

12. Plataforma de carga, con brazos de carga de LNG
13. Estructuras de Atraque
14. Puentes a los duques de Alba
15. Conexión con el gasoducto

EL ALCANCE - UN PROYECTO PIONERO CON IMPORTANTE PARTICIPACIÓN DE EMPRESAS ESPAÑOLAS

Los clientes, Qatar Petroleum (45%), ExxonMobil (45%) y Edison (10%), contrataron el proyecto a dos contratistas principales; la empresa Noruega Aker Solutions para el diseño y la construcción de la terminal, y la empresa Italiana Snamprogetti para el diseño y la construcción del gasoducto.

A su vez, Aker Solutions subcontrató la construcción de los diferentes elementos a los siguientes principales subcontratistas:

- Whesoe Oil and Gas Limited, responsable de los tanques de LNG. A su vez, Whesoe subcontrató a Hyundai Heavy Industries la fabricación de los tanques en tres secciones cada uno y su transporte hasta Algeciras.
- Acciona, responsable de la construcción de la GBS.
- Fagioli, responsable de la descarga, transporte, elevación y colocación de los módulos y los tanques.
- Dragados Offshore, encargada de la fabricación en sus instalaciones de Puerto Real (Cádiz) de los módulos sobre cubierta (topsides) y las estructuras laterales y su transporte hasta Algeciras.

- Emtunga, constructora del módulo habitacional y del edificio de mantenimiento.
- Siemens, constructora del módulo de Electricidad e Instrumentación

Finalmente, Dragados Offshore fue el responsable de la completa integración de todos estos elementos, incluyendo la instalación e interconexión de los tanques de almacenamiento, y la instalación e interconexión de todos los módulos, cubriendo todos los trabajos mecánicos, de tuberías, de electricidad e instrumentación, pruebas, pintura, aislamiento y obras civiles menores.

LA FABRICACIÓN DE LOS "TOPSIDES"

Los módulos de cubierta (o "topsides") fueron construidos en las instalaciones de Dragados Offshore en Puerto Real (Cádiz) en una serie de módulos principales, módulos secundarios, estructuras de soporte y estructuras laterales.

Los principales módulos, que cubren la planta de proceso de la terminal de regasificación y los servicios auxiliares, incluyen: a) el módulo de los Vaporizadores y Bombas de Impulsión de Alta Presión, el mayor de los módulos, con un peso aproximado de 4.600 toneladas y unas dimensiones de 75 m x 31,5 m, b) el módulo de los Compresores de Boil-

Off Gas con un peso aproximado de 2.200 toneladas y unas dimensiones de 54 m x 31 m, y c) el módulo de Generación Eléctrica y Servicios Auxiliares, que incluyen tres turbogeneradores para la generación eléctrica de la planta, con un peso aproximado de 1.400 toneladas y unas dimensiones de 53,7 m x 31,5 m.

Todos estos módulos, así como todo el resto de los módulos y estructuras fueron transportados en siete embarques desde su lugar de fabricación en Puerto Real a la zona de integración y la GBS en Algeciras.

LA GBS: UNA ENORME ESTRUCTURA DE HORMIGÓN, APOYADO EN EL FONDO MARINO, EN SU INTERIOR LOS TANQUES Y ENCIMA LA TERMINAL

La GBS ("Gravity Based Structure" ó Estructura Base de Gravedad) esta construida en hormigón post-tensado y pesa unas 290.000 toneladas. Sus dimensiones son 180 metros de largo, 88 metros de ancho y 47 metros de alto, lo que equivale al tamaño de más de dos campos de futbol y una altura correspondiente a un edificio de más de diez plantas. Para la construcción de la GBS se necesitaron unos 90.000 m³ de hormigón, 26.000 toneladas de acero de refuerzo y 4.500 toneladas de acero de post-tensado.



El módulo de generación durante su construcción en Puerto Real (Cádiz)



Instalación de tanques de almacenamiento en el interior de la GBS

DOS TANQUES PARA EL

ALMACENAMIENTO DE 250.000 M³ DE LNG

En el interior de la GBS se encuentran los dos tanques de almacenamiento de LNG. Los tanques están fabricados de acero de 9% níquel, con una capacidad de almacenamiento total de 250.000 m³ de LNG.

Las dimensiones totales de cada tanque son 155 m de largo x 33 m de ancho x 28 m de alto. La fabricación de los tanques, hecho en Corea del Sur, fueron construidos en un total de seis secciones y transportados en un solo embarque hasta la zona de integración de Algeciras. Una vez allí, Dragados Offshore se encargó de la limpieza de los fondos de los tanques mediante granalla y el baldeo general de los tanques, antes de su instalación y montaje en el interior de la GBS. Cada una de las seis secciones pesa unas 1.500 toneladas. Para su instalación, cada sección fue transportada en el interior de la GBS mediante carros hidráulicos y una vez situada en su posición correcta, colgada del techo de la GBS para poder retirar los carros de transporte. Una vez instaladas dos secciones contiguas, las uniones fueron alineadas y soldadas en esta posición. Cuando las uniones de las tres secciones de un tanque fueron completadas, el conjunto fue bajado y apoyado en el fondo de la GBS, después del cual se podía proceder con la instalación del aislamiento, para aislar el hormigón de la temperatura de -163 °C a la cual está almacenado el LNG.

LA INSTALACIÓN DE LOS TOPSIDES

Una vez terminada la GBS, con la última pared de la entrada de tanques cerrada, y el techo post-tensionado, la estructura de hormigón era lo suficientemente resistente para soportar las instalaciones de la terminal de regasificación.

Para la instalación de los principales módulos, con los pesos considerables de hasta 4.600 toneladas mencionados



Instalación de uno de los módulos encima de la GBS mediante el sistema de elevación



El módulo de vaporización durante la operación de carga para transporte a Argel



La construcción de la GBS, y detrás las secciones de los tanques de almacenamiento acopiados temporalmente



Trabajos de instalación e integración encima de la GBS



Remolque de la planta hacia el Mar Adriático



Dique seco inundado mientras continúan los trabajos de integración encima de la GBS



Momento de la salida del dique seco

anteriormente, se utilizó una combinación de sistemas de elevación con gatos hidráulicos (ó “strand jacks”) y patines de deslizamiento (ó “skid shoes”) para elevar y deslizar los diferentes módulos en su ubicación final encima de la GBS.

Los módulos y estructuras varias más pequeñas, fueron instalados mediante grúas convencionales, aunque con gran-

des capacidades y plumas extendidas para poder llegar a todas las ubicaciones posibles.

Una vez terminado la instalación de los módulos, durante la última fase de los trabajos de integración e interconexión de los diferentes partes de la planta de regasificación, el dique seco donde se encontraba la planta fue inundado en preparación a la salida de Algeciras y transporte hacia el Mar Adriático.

TRANSPORTE Y PUESTA EN MARCHA

Una vez terminada, la terminal ha sido remolcada hasta el Mar Adriático, para su instalación a unos 17 km al Este-Noreste de Porto Levante, Italia.

Una vez en su emplazamiento final, se ha procedido al lastrado de la terminal hasta quedar apoyada sobre el fondo marino, en aguas con un calado de aproximadamente 28 metros. La terminal ha sido sumergida y estabilizada llenando la estructura inferior con arena y agua de lastre.

Después de su fondeo, se han instalado los duques de Alba, necesarios para el amarre durante la descarga de los buques de transporte que suministrarán el LNG, y la conexión con el gaseoducto que conecta la instalación a la red de gas del norte de Italia.

La terminal de regasificación Adriatic LNG salió de la bahía de Algeciras el 30 de agosto 2008, y llegó a su emplazamiento final en el Mar Adriático el 15 de septiembre 2008. Tras las operaciones finales de conexión en el Adriático, la terminal se someterá a un periodo de pruebas, antes de su puesta en servicio en este año 2009.

La terminal tendrá una capacidad de regasificación de 8.000 millones de m³ al año, lo que representa alrededor del 10% del consumo de gas en Italia. ■

El ciclo de vida del hidrógeno

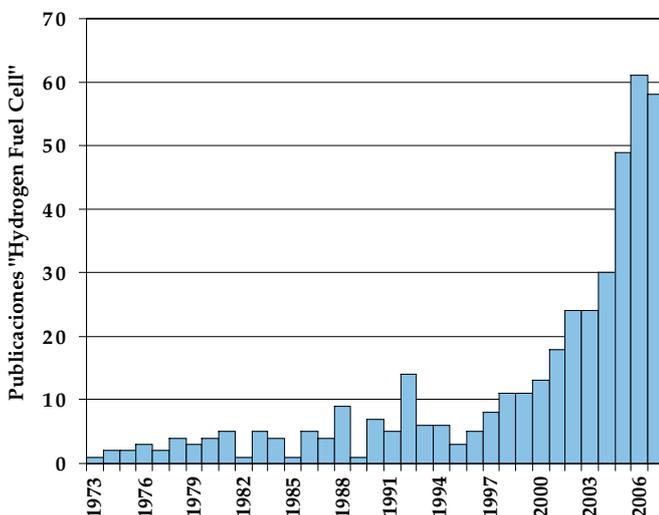
AUTOR: JOSÉ LUIS GÁLVEZ
 Área de Energías Renovables,
 Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)

1. INTRODUCCIÓN

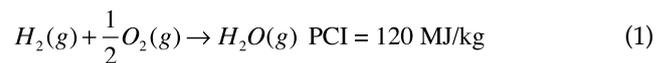
La aplicación energética del hidrógeno es, para muchos, la solución a largo plazo para satisfacer la demanda energética futura que, además, asegura una reducción significativa de gases de efecto invernadero y, por tanto, mitiga el cambio climático. En los últimos años se ha visto crecer de forma prácticamente exponencial el número de investigaciones e investigadores que centran sus esfuerzos en nuevos métodos de producción de hidrógeno, en sistemas de almacenamiento y, sobre todo, en el desarrollo, aplicación e integración de pilas de combustible para la generación de energía eléctrica. En la figura 1 se muestra la evolución del número de publicaciones al año en las que aparece "hydrogen" y "fuel cell" en el título en la base de datos del *Web of Knowledge*.

Una visión global de las tecnologías del hidrógeno, tanto productivas como en aplicación, la ofrecen Botas y col. (2006) y San Miguel y col. (2006) en dos artículos muy interesantes publicados en *Acta Científica y Tecnológica* (números 9 y 10). En este artículo se pretende dar, sin embargo, una visión ambiental del hidrógeno considerando todo su ciclo de vida.

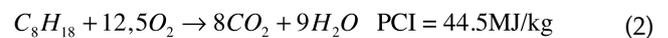
Figura 1. Publicaciones recogidas en Web of Knowledge en las que aparece "Hydrogen" y "Fuel Cell" en el título.



Como muchos de los lectores ya saben, cuando el hidrógeno, bien por combustión directa, bien por reacción electroquímica en la pila de combustible, se enfrenta a la molécula de oxígeno, produce agua:



Un automóvil movido por una pila de combustible de hidrógeno o combustión directa de éste tendría un escape de gases que sólo contendría vapor de agua. Ni rastro del dióxido de carbono que produce la combustión de gasolina:



Sin embargo, el hidrógeno proviene del reformado de hidrocarburos, que consiste en una reacción a alta temperatura y presión, principalmente del metano contenido en el gas natural, con vapor de agua. Además de los altos requerimientos energéticos que existen en este proceso, la reacción global de reformado de metano sí produce CO_2 :



Un simple balance energético y másico de las reacciones 1 a 3 ya revela que 1 MJ de hidrógeno produce aproximadamente 45 gramos de CO_2 , mientras que 1 MJ de gasolina (considerada n-octano) produce 69 gramos de CO_2 si sólo consideramos las reacciones de combustión. Si se incluye el requerimiento energético de la reacción de reformado, emitirían 55 gramos de CO_2 por cada MJ de hidrógeno. La ventaja del hidrógeno sigue existiendo, pero ya no es tan aplastante. Incluso se puede truncar la situación si se considera que el tiempo de vida de un motor de gasolina es muy largo (varios años) comparándolo con el tiempo de vida de una pila de combustible, menor de 10000 horas como media.

Este ejemplo ilustra lo que implica realizar el análisis de ciclo de vida a combustibles o sistemas energéticos en general. El ciclo de vida, según la norma UNE-EN-ISO 14040:2006, es el conjunto de etapas interrelacionadas que engloba la producción de un bien, desde la adquisición de materias primas, la energía necesaria y su generación, hasta el final de su vida útil, considerando también las etapas de desmantelamiento, tratamiento de residuos y reciclado. Antes de catalogar un combustible como "limpio" es necesario evaluar antes todo el ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta su aplicación final.

2. EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

La energía produce un impacto ambiental tanto en origen (fósil o renovable), producción, uso y en el tratamiento de residuos, como cualquier otro producto de consumo. El análisis de este impacto ambiental del ciclo de vida de un producto (en este caso, por ejemplo, 1 kWh eléctrico) se conoce como Análisis de Ciclo de Vida (ACV), en inglés *Life Cycle Assessment* (LCA). Es una de las herramientas principales cuando se evalúa el impacto global y real de uno o varios productos. También se conoce como enfoque “cuna a tumba”. Es un método cuantitativo que proporciona datos científicos que sirven o deben servir a las partes implicadas en la cadena de producción, distribución, uso y gestión de residuo final para conocer los efectos ambientales, no tanto el producto en sí, sino de la función que cumple. Para realizar un ACV riguroso son necesarios una gran cantidad de datos, muy contrastados y de tecnologías maduras (Aranda y col., 2006). Sin embargo, en los últimos tiempos, el análisis de ciclo de vida se ha utilizado para reivindicar procesos o métodos aún en su desarrollo básico, como la biomasa, o con una aplicación pequeña que debe aumentar y con tecnologías no maduras, como las pilas de combustible (Sorensen, 2005).

Udo de Haes y col. (2007) destacan tres aspectos que relacionan estrechamente el análisis de ciclo de vida a los sistemas energéticos:

1. Todo ciclo de vida necesita aporte de energía durante todas las etapas: producción, transporte, uso y disposición final.
2. Los datos obtenidos del análisis de ciclo de vida recogen multitud de aspectos energéticos, siendo estos totalmente válidos para realizar análisis IO (*Input-Output* o entrada-salida) de energía y análisis de la segunda ley, también conocidos como análisis exergéticos.
3. Se puede realizar el análisis de ciclo de vida de sistemas energéticos, en diferentes rangos de tamaño:
 - a. Pequeña escala. Baterías, pilas, etc.
 - b. Escala media. Combustible fósil, hidrógeno, biodiesel, etc.
 - c. Gran escala. Estructuras de generación eléctrica en un país, integración de sistemas de paneles solares, etc.

A continuación, se propone un ejemplo de un escueto análisis de ciclo de vida de varios sistemas energéticos para el transporte con el objetivo de la elección del medio menos contaminante.

Imagine el lector que para acudir al trabajo, que se encuentra a 10 km, le ofrecen las siguientes posibilidades:

- Una bicicleta de montaña, de calidad media, con un tiempo de vida (considerando repuestos, pinchazos, etc.) de 5 años.
- Una motocicleta con un tiempo de vida de 15 años.
- Un scooter eléctrico, con un tiempo de vida de 10 años. No se considera recambio de baterías.
- El transporte público (autobús).
- Un coche pequeño, compartido con un compañero de trabajo.

Tomando un criterio puramente medioambiental, se pretende elegir la mejor opción. Así, se aplica la norma ISO 14040:2006 y 14044:2006 de Análisis de Ciclo de Vida, dividiendo este pequeño estudio en cuatro apartados:

2.1. Definición del Objetivo y Alcance del ACV

Para realizar una comparación ponderada, primero hay que establecer cual es la unidad funcional, la base por la que podremos comparar todas las posibilidades. En este caso, la función elegida es ir a trabajar durante un año y la unidad funcional es la distancia total recorrida, unos 5000 km. El objetivo es establecer que medio de transporte tiene menor impacto y cuál emite menos CO₂. En el alcance del ciclo de vida se establecen los límites de batería de este estudio, excluyendo aquellos procesos poco significativos o que no se tengan en cuenta por definición de los límites.

2.2. Análisis del Inventario de Ciclo de Vida

En esta parte se reúnen los datos de emisiones de cada proceso involucrado en la unidad funcional. El lector puede comprobar que obtener los datos de impacto requiere un gran esfuerzo. Por ello existen, desde hace años, herramientas informáticas de análisis de ciclo de vida que manejan enormes

Figura 2. Emisiones de CO₂ equivalente para cada medio de transporte

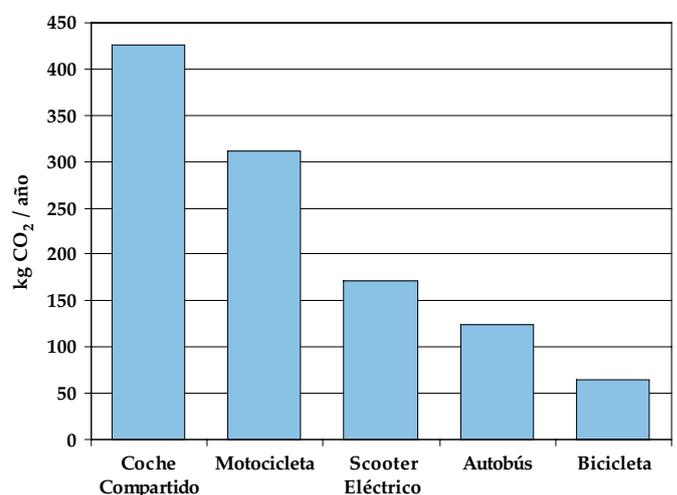


Tabla 1. Categorías de impacto, indicadores y factores de ponderación según Ecoindicador 95

Categoría de Impacto	Indicador de Categoría	Factor de ponderación
Efecto Invernadero	kg CO ₂	2,5
Capa de Ozono	kg CFC11	100
Acidificación	kg SO ₂	10
Eutrofización	kg PO ₄ ³⁻	5
Metales pesados	kg Pb	5
Carcinógenos	kg B(a)P	10
Smog Invernal	kg SPM	5
Smog Veraniego	kg C ₂ H ₄	2,5
Pesticidas	kg sust. Activa	25
Recursos Energéticos	MJ (LHV)	0
Residuos sólidos	kg	0

bases de datos que permiten no sólo establecer las entradas y salidas de materia y energía, y, por tanto, definir los impactos globales, sino relacionarlas con procesos intermedios y su correspondiente efecto, lo que es de gran utilidad en el diseño ambiental de productos y procesos.

En un esbozo rápido del ejemplo, y para una media genérica a nivel europeo, realizado en SimaPro (software muy empleado en ACV), se obtiene la figura 2, referido al impacto en el cambio climático, que se cuantifica como kg de CO₂ equivalente (CO₂ y sustancias que producen efectos similares).

No se puede, sin embargo, reducir el impacto de un producto a los kg de CO₂, ya que del empleo de tecnologías o escenarios alternativos para reducir CO₂ pueden aumentar significativamente otros impactos, por ejemplo, la contribución a la lluvia ácida (cuantificada como kg SO₂). Hay que recurrir a un método de evaluación global de los impactos.

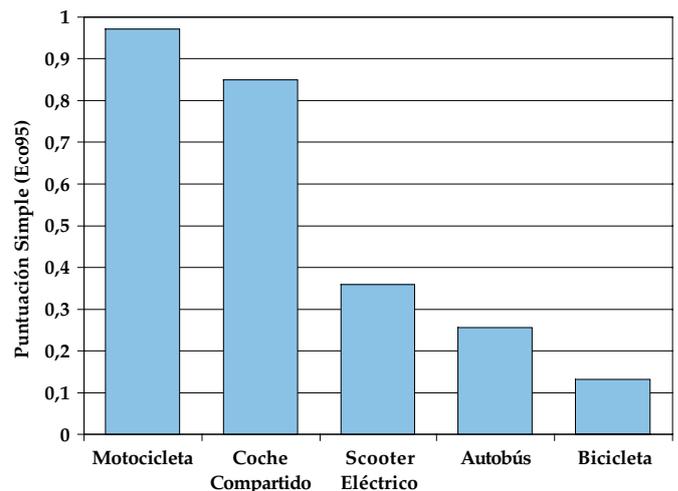
2.3. Evaluación del impacto

Los impactos se categorizan y se cuantifican en unidades equivalentes, como, por ejemplo, kg CO₂, que reúne todos los gases que tengan efecto invernadero. Después, se asigna un peso a cada categoría de impacto. En ACV, este proceso se conoce como ponderación. Y existen muchos métodos de evaluación de impactos con ponderación incluida, que no son normativos, es decir, no es obligatorio ponderar, aunque se recomienda otorgar un peso a cada impacto según métodos de amplio reconocimiento internacional. En el ejemplo tratado aquí, se emplea el método Ecoindicador 95, que otorga puntos en función de la cantidad de impacto a cada

categoría, que se cuantifica mediante un indicador. La tabla 1 muestra las categorías de impacto y el peso otorgado a cada una.

La figura 3 muestra el resultado de puntuación total simple de los medios de transporte analizados.

Figura 3. Puntuación total del impacto ambiental de cada medio de transporte



2.4 Interpretación de resultados

La última fase de un ACV siempre es la interpretación de resultados, en el que se realiza una lectura de los resultados, tratando de adecuarse a los objetivos del estudio, a la calidad de los datos empleados y a otros estudios previos. Las consecuencias de un ACV son, normalmente, la mejora del diseño de productos, fomento de acciones y políticas ambientales, concienciación de la ciudadanía y la clase política, herramienta en la toma de decisiones, etc. Es, con diferencia, la parte más subjetiva de todo análisis de ciclo de vida. En el ejemplo de los medios de transporte, el medio menos contaminante, según Ecoindicador 95, es la bicicleta, mientras que el más contaminante es la motocicleta. Destaca la baja posición del autobús, debido a la alta ocupación y a la alta vida de servicio que se le ha supuesto. Comparando las figuras 2 y 3 se comprueba que, dependiendo del método de ponderación seleccionado, puede ocurrir que el que más gases de efecto invernadero emita no es el que presenta mayor impacto ambiental. Es decir, el coche emite más CO₂, pero al medioambiente le perjudica más el uso de la motocicleta.

3. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE SISTEMAS DE HIDRÓGENO

Uno de los principales inconvenientes de los análisis de ciclo de vida de sistemas energéticos es el establecimiento de

los límites de batería del estudio a realizar (Sorensen, 2005). Por ejemplo, el análisis del ciclo de vida de los combustibles fósiles, cuyo mayor impacto se produce durante su uso y con una contribución menor en su extracción y acondicionamiento. Sin embargo, la generación de energía por paneles fotovoltaicos o aerogeneradores apenas produce impacto notable, sino que la mayor contribución al mismo se ha producido en la generación de la infraestructura, como la fabricación del silicio de los paneles o en la fabricación de las partes móviles del aerogenerador.

Un sistema de hidrógeno para aplicación energética está sometido a las mismas desventajas. De hecho, las publicaciones se centran a menudo en casos *Well to Tank* (pozo a tanque), es decir, el método de producción y el impacto del ciclo de vida antes de la aplicación, excluyendo las etapas comunes del ciclo de vida: almacenamiento, transporte, uso y disposición final de residuos. En otros casos, se analiza el ciclo de vida de un sistema de almacenamiento, de un motor de hidrógeno o de una pila de combustible, y en otros casos se analiza el ciclo de vida global, es decir, casos *cradle to grave* (de cuna a tumba), integrando todas las etapas.

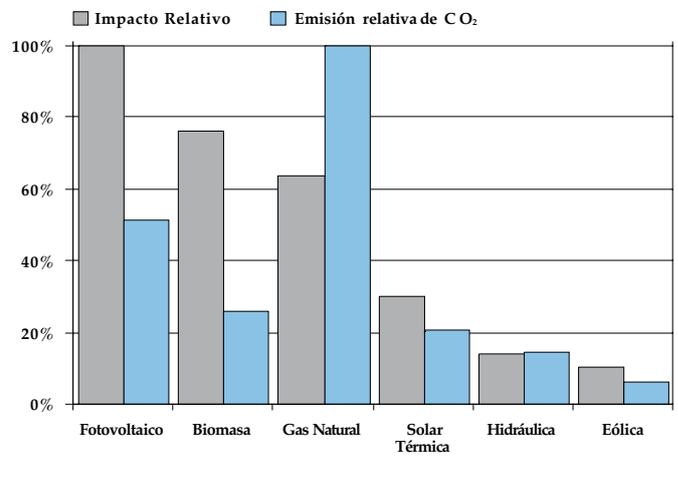
3.1. Casos *Well to Tank* (pozo a tanque)

Uno de los principales focos de impacto del ciclo de vida del hidrógeno es su método de producción. En la introducción se ha expuesto un pequeño ejemplo comparando gasolina con hidrógeno: mientras que la gasolina es más contaminante en uso o aplicación, el hidrógeno reúne la mayoría del impacto en su proceso productivo. Los investigadores centran los esfuerzos en métodos productivos que sean, en primer lugar, económicos y rentables, en segundo lugar, que no dependan de fuentes no renovables de materias primas o energía y, en tercer lugar, con la menor emisión de gases de efecto invernadero y el menor impacto global.

Un estudio muy completo es el ofrecido por Koroneos y col. en 2004, donde se comparan diferentes fuentes de energía en la producción de hidrógeno electrolítico (solar fotovoltaica, solar térmica, eólica, nuclear e hidráulica), hidrógeno de la gasificación de biomasa e hidrógeno producido por reformado de gas natural. Al emplear el método de evaluación Ecoindicador 95, llega a los resultados de emisiones de CO₂ e impacto global que aparecen en la figura 4.

A priori, sorprende la gran cantidad de emisiones y el elevado impacto producido por el hidrógeno de la electrolisis con origen fotovoltaico, que supera al obtenido por reformado de gas natural. Se puede corroborar, con otros estudios (Stoppato, 2006; Nawaz y col., 2006) y con la base de datos EcoInvent, incluida en algunos software de Análisis de Ciclo de Vida como SimaPro, que lo que caracteriza la producción de un panel fotovoltaico es el alto consumo de energía calorífica, de la que se supone un aporte mayoritario de energía fósil. De hecho, el tiempo de retorno de la energía

Figura 4. Impacto ambiental relativo y emisiones relativas de CO₂ equivalente según el origen de la energía en la producción de hidrógeno



de un panel fotovoltaico (período en el que se devuelve la energía empleada en su fabricación) es superior a los seis años, aunque este tiempo es función del rendimiento y la intensidad lumínica que reciba el panel. Según los resultados de Koroneos et al. (2004), la mejor opción, desde el punto de vista ambiental, es el acoplamiento con energía eléctrica de fuente eólica.

Desde el año 2006, el grupo de Hidrógeno y Pilas de Combustible del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, INTA, lidera una de las tareas principales del programa PHISICO2 de investigación en la Comunidad de Madrid. PHISICO2 (Producción de Hidrógeno sin Generación de CO₂) es un programa en el que se desarrollan nuevas técnicas de producción de hidrógeno, como la descomposición termocatalítica de metano, investigada en la Universidad Rey Juan Carlos, la descomposición de agua por ciclos termoquímicos con ferritas, que desarrolla el CIEMAT y la descomposición de agua por fotólisis, que desarrolla el Instituto de Catálisis y Petroquímica del CSIC. El INTA se encarga de realizar los ACV preliminares que establecerán la potencialidad ambiental de cada proceso y se compararán con procesos clásicos, como la electrolisis y el reformado de gas natural.

3.2. Casos *Tank to Wheel* (tanque a rueda)

En estos casos, los análisis se centran en el ciclo de vida de la pila de combustible, que, desde el punto de vista medioambiental, ayuda en el Ecodiseño de las pilas de combustible comerciales o en desarrollo para su futura comercialización, reduciendo el impacto total de todo el ciclo de vida identificando, primero, las etapas y materiales más sensibles para después modificar componentes y eliminar, reducir o sustituir materiales.

En estos casos, las pilas de combustible de óxido sólido, SOFC (*Solid Oxide Fuel Cell*) presentan un gran número de aspectos ambientales críticos. Emplean materiales escasos, con alto valor añadido y con gran exigencia térmica en su manufactura (óxido de zirconio estabilizado con itrio, perovskita tipo LaSrMn, etc.). No se aplica ningún proceso para el reciclado de estos materiales en pilas de combustible, por lo que la fase de desmantelamiento y tratamiento de residuos presenta un alto impacto en el ciclo de vida.

Los análisis de las pilas de combustible con membrana de intercambio de protones, PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*), muestran que los materiales, si bien tienen alto coste, son más clásicos y el ensamblaje no cambia respecto de otros procesos industriales. El empleo de la membrana de Nafión implica un impacto relativamente elevado debido a su baja o nula reciclabilidad. El impacto del ciclo de vida global de una PEMFC no es superior a otras tecnologías convencionales para, por ejemplo, el transporte cuando se suponen tiempos de vida similares. Sin embargo, el principal escollo a superar por estas pilas es la degradación de las membranas y los electrodos y su baja vida útil global.

3.3. Casos integrados

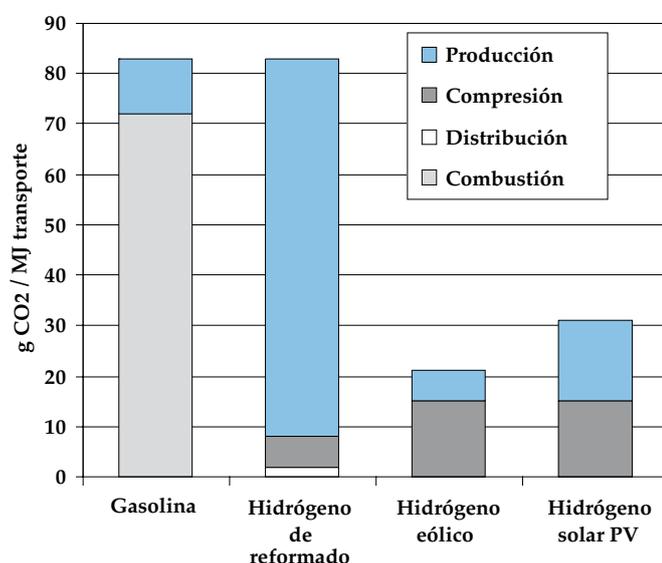
Existen estudios en los que se incluye el ciclo de vida global, sin prácticamente exclusión de ninguna etapa unitaria, del hidrógeno para transporte desde la extracción de las materias primas y el proceso productivo hasta la integración de una pila de combustible en un vehículo y el desmantelamiento de éste. Una figura muy interesante es la que propone Granovskii y col., (2006) que evalúa el impacto de combustibles de transporte, comparando distintas procedencias del hidrógeno con la gasolina y asignando las emisiones a distintas etapas del ciclo de vida. La gasolina se emplea en un motor convencional y el hidrógeno en pila tipo PEM. Como ejemplo, en la figura 5 se muestra la cantidad de CO₂ por MJ de energía para distintos combustibles de automoción.

Definitivamente, según la figura 5, el hidrógeno por reformado puede no representar ninguna ventaja en cuanto al impacto ambiental o las emisiones de gases con efecto invernadero. Son las fuentes renovables las que reducen considerablemente las emisiones asociadas al hidrógeno. En otros trabajos (Ally y col., 2007; Koroneos y col., 2004), el hidrógeno eólico tienen mucho menor impacto que cualquier combustible analizado, siendo el impacto del ciclo de vida del hidrógeno solar muy dependiente del tipo de panel, ubicación, intensidad lumínica y otros parámetros inherentes a esta tecnología. ■

4. REFERENCIAS

- ALLY, J.; PRYOR, T. Life-cycle assessment of diesel, natural gas and hydrogen fuel cell bus transportation systems. *Journal of Power Sources*, 2007, 170, 401-411
- ARANDA, A.; ZABALZA, I.; MARTÍNEZ, A.; VALERO, A.; SCARPELLINI, S. El análisis de ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial. Editorial Fundación Circe, 2006, Capítulo 3.
- BOTAS, J.A., CALLES, J.A., DUFOUR, J., SAN MIGUEL, G. La economía del hidrógeno. Una visión global sobre la revolución energética del siglo XXI. 1. Producción y almacenamiento de hidrógeno. *Acta Científica y Tecnológica*. 2006, 9, 33-36
- GRANOVSKII, M., DINCER, I., ROSER, M.A. Life cycle assessment of hydrogen fuel cell and gasolina vehicles. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2006, 31, 337-352
- KORONEOS, C., DOMPROS, A., ROUMBAS, G., MOUSSIPOULOS, N. Life cycle assessment of hydrogen fuel production processes. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2004, 29, 1443-1450.
- NAWAZ, I.; TIWARI, G.N. Embodied energy analysis of photovoltaic (PV) system based on macro- and micro-level. *Energy Policy*, 2006, 34, 3144-3152
- SAN MIGUEL, G., DUFOUR, J., CALLES, J.A., BOTAS, J.A. La economía del hidrógeno. Una visión global sobre la revolución energética del siglo XXI. 2. Aplicaciones convencionales del hidrógeno y pilas de combustible. *Acta Científica y Tecnológica*. 2006, 10, 21-27
- SORENSEN, B. Hydrogen and Fuel Cells. Ed. Elsevier, London, 2005.
- STOPPATO, A. Life cycle assessment of photovoltaic electricity generation. *Energy*, 2008, 224-232.
- UDO DE HAES, R. HEIJUNGS. Life-cycle assessment for energy analysis and management. *Applied Energy*, 2007, 84, 817-827

Figura 5. Emisiones de CO₂ por MJ de energía para el transporte para hidrógeno y gasolina en distintas etapas del ciclo de vida (datos de Granovskii y col., 2006)



Utilización industrial de las nanoestructuras, nanopartículas, nanotubos y nanoarcillas, para mejora de la calidad estructural y funcional de la madera

AUTORES: ANTONIO MADROÑERO DE LA CAL
CENIM-CSIC
LUIS VELASCO FERNÁNDEZ
ETS de Ingenieros de Montes (UPM). Madrid

El mundo de los materiales sufre las constantes pulsiones de los materiales de reciente desarrollo a los que cada vez se les exige más el que puedan incorporarse prontamente al ámbito de los materiales industriales.

La secuencia parece adaptarse a la historia de la Ciencia de los Materiales que nos iba presentando la sucesión de materiales convencionales, metales, madera, cerámicos, yeso, cemento, a los que se fueron agregando caucho, plásticos, aleaciones avanzadas, composites, materiales biomiméticos y nanomateriales.

Parece que la ley es que las sucesivas oleadas van presentando nuevos materiales con un creciente nivel de prestaciones. Pero la substitución de los materiales primeros por los nuevos materiales viene siendo difícil por simple razón de costo. Por ello reviste gran interés la utilización de pequeñas cantidades de nuevos materiales como aditivos incrementadores de la calidad de los materiales antiguos, de forma que el incremento global que se espera conseguir sea económicamente permisible.

La segunda condición es que esta posible incurción de los nuevos materiales en los materiales convencionales pueda hacerse con modos operatorios similares a los procedimientos de acabado consagrados desde siempre: pintado, impregnado, etc. De otro modo, la difusión de los nuevos materiales sería harto difícil.

Un gran ejemplo es la madera como material estructural y funcional. Es justamente el material más ampliamente utilizado, pero debido a que su producción-renovación es forzosamente lenta, se produce una presión de sobre-explotación difícilmente tolerable.

La Ciencia de los Materiales no puede incrementar el rendimiento maderero de las explotaciones forestales, pero si puede hacer que mejore la calidad de la madera, haciendo que los productos tengan mayor durabilidad bajo los diversos modos de empleo.

La Naturaleza nos marca el camino. Basta examinar el corte de un tronco de árbol para que se adviertan las distintas zonas compuestas de capas concéntricas. Primero hay una capa externa de corteza, un material mecánicamente pobre, y que no es sino una cubierta protectora porosa de forma que se permite que la madera pueda seguir respirando. La madera es casi un material vivo.

La parte media de la sección transversal está constituida por los sucesivos anillos de la albura, constituyendo el material predominante. Cuanto más anchos sean estos anillos más rápido habrá sido el crecimiento del árbol.

El centro está ocupado por el duramen, que no es sino la albura que se fue sobrecargando de las sustancias orgánicas que el proceso del desarrollo del tronco iba aportando y depositando, sobre todo en la parada invernal. Cuanto más profundo sea el anillo más tiempo de impregnación habrá tenido, por lo que se ha ido convirtiendo en un material cada vez más duro. La médula ostenta el registro de la dureza máxima.

Esto equivale a decir que el procedimiento natural para endurecer la madera es la impregnación. Y ello es tanto más cierto cuando más barata es la madera. Las maderas de alta calidad (caoba, teca, etc.), caras por corresponder a especies arbóreas de lento crecimiento, son poco porosas, pues tienen alta densidad. Por el contrario las maderas blandas (chopo, abedul, etc.), más baratas al ser producto de especies de crecimiento más rápido, son más porosas, por lo que resultan ser más fácilmente impregnables.

Por ello, cuando en el siglo XIX hubo necesidad de producir traviesas de madera de larga durabilidad para las vías del ferrocarril, hubo que recurrir a la impregnación. Entonces fueron utilizados productos de destilación de la hulla, sobre todo la cerosota.

Hoy este tipo de sustancias impregnadoras están casi totalmente abandonadas, principalmente por su indeseable capacidad de contaminación ambiental.

El cuadro actual es muy complejo. Se tiende a resolver el problema no sólo de la modesta resistencia de la madera, sobre todo en lo referente al desgaste, sino que además se tiende a insertar productos funguicidas, bactericidas y antivíricos, a fin de reforzar la resistencia de la madera a sucumbir a la amenaza de las distintas fitopatologías. Se incluye también la lucha contra el temido ataque por termitas e insectos.

El óptimo de cerrar todo lo posible el paso a la penetración del agua como vía para soslayar la pudrición, pero sin anular totalmente la respiración que la madera necesita para mantener sus propiedades mecánicas, será siempre un reto abierto. Además, por si el tema no fuese suficientemente complicado, de cara al caso de las maderas destinadas a funcionar en el exterior, convendría que el recubrimiento fuera plurifuncional. Es decir, que además de lo que acabamos de decir en cuanto a la permeabilidad, sería deseable que el recubrimiento proporcionase un incremento de la resistencia a la degradación que se produce por efecto de la agresión de los rayos ultravioleta a la madera.

Conviene dejar claro que con la nanotecnología no se pretende conseguir una madera perfecta, sino con las propiedades mejoradas solo para el uso concreto en cada caso. Así por ejemplo, en una madera para muebles de interior se valora su resistencia a la combustión, porque en caso de fuego puede actuar como un elemento que añade peligro para las personas. Pero en una embarcación esto no sería de interés. La gran apuesta de la nanotecnología es por limitarse a requerimientos concretos para sus productos especializados, lo que supone menores costos que intentar mejorar la calidad en general.

Está claro que la ruta a seguir tiene que pasar por el desarrollo de aditivos plurifuncionales, que, por ejemplo, sean eficaces como reforzadores de la calidad mecánica de la madera, y al mismo tiempo sean como un caballo de Troya que introducen en la matriz de la madera algunas sustancias eficaces contra las fitopatologías de la madera. Como no se tiene noticia de que existan sustancias naturales con estos atributos, se nos plantea la necesidad de proceder a desarrollar

aditivos plurifuncionales hechos a medida de esta problemática tan polifacética. Y para ello no queda sino llamar a las puertas de la nanotecnología.

La esencia de la nanotecnología es proporcionarnos unas muestras de una amplia gama de materiales, pero con un elevadísimo grado de fragmentación, hasta el punto que las partículas muestran tamaños de nanómetros (10^{-9} metros, es decir, unas diez mil veces menor que el grueso de un cabello humano). El exterior de estas briznas de tamaño nanométrico puede ser objeto de un tratamiento químico que haga posible el posterior enclavamiento de diversas moléculas en la superficie de las nanopartículas. Se aprovecha para ello la afinidad de minientornos puntuales activos, formados en la superficie, con algunos radicales orgánicos de diversos tipos de las moléculas que pasan a quedar ancladas. De otro modo no hubiera sido posible agrupar, reunir y fijar conjuntamente a moléculas no afines.

Esto es el fundamento de las aplicaciones de la Nanotecnología para fabricar fármacos de última generación, potentes sobre todo por la enorme superficie específica que gozan las nanoestructuras, debido al ultramicroscópico tamaño del que disfrutan.

Las publicaciones científicas de Medicina y Farmacología relacionadas con el “controlled release” nos muestran abundantes ejemplos. Así por ejemplo, se habla con frecuencia de plataformas (nanoestructuras) para introducir en las células a moléculas y genes (1). Para tratamientos de control de agentes patógenos en las células, se introducen en las células con algún tipo de infección a nanopartículas portadoras de antibióticos y agentes antifúngicos (2).

Pero quizás lo más novedoso sean los “controlled released” aplicados con selectividad y exclusividad en zonas anatómicas concretas. Para ello se fabrican nanopartículas con pequeños acúmulos de hierro incluidos. Un posterior tratamiento de oxidación los convierte en *clusters* de óxido de hierro ferromagnéticos.

Estos *clusters* de óxido de hierro ferromagnéticos superficiales van a determinar el que la nanopartícula pueda ser guiada-arrastrada con un campo magnético exterior hacia cualquier zona anatómica. Por otra parte, los microdefectos aparecidos en la superficie han funcionado como puntos de anclaje de moléculas con propiedades farmacológicas, enriqueciendo así el recubrimiento de las nanopartículas. La técnica ha sido bautizada con el término de “arpones magnéticos”.

Pero el mejor regalo de la funcionalización de las nanoestructuras es la facilidad con que se consigue su

dispersión en un medio líquido, polar o apolar, según sea el surfactante empleado (4). Ello nos va a abrir la posibilidad de emplear las nanoestructuras en procesos de impregnación.

Los procesos de impregnación clásicos de la madera suelen consistir en la introducción de una pieza de madera en un autoclave, donde se hace el vacío, para después inundar con un líquido impregnador. Se sube luego a un estado de sobrepresión, con lo que el líquido penetra por la superficie hacia el interior, dando lugar a un gradiente de impregnación, máxima en la superficie, y decreciente a medida que se pasa a capas más profundas.

Con ello la madera se trastoca en un material con gradiente de dureza, lo que suele ser de interés para muchas aplicaciones.

Una modernización de este proceso es la utilización de líquidos supercríticos en vez de los aceites o soluciones acuosas tradicionales. Cuando una sustancia se pone en condiciones que rebasan la presión y la temperatura críticas, toma un estado de líquido con una tensión superficial y una viscosidad digna de un gas. Se convierten por ello en unos potentes penetradores de un sólido poroso como la madera.

El más usable para este tipo de trabajos es sin duda el anhídrido carbónico, cuyo punto triple está marcado por una temperatura de 25 °C y una presión de 100 atmósferas (por ejemplo, una botella de hidrógeno para uso industrial va cargada a 200 atmósferas).

Es el disolvente limpio ideal, barato y atóxico. Su uso más conocido es para la extracción de la cafeína de los granos de café, dando lugar al café descafeinado.

En esta línea se emplea para extracción de esencias vegetales para perfumería o farmacopea, ya que al trabajar a tan baja temperatura, el anhídrido penetra en el tejido vegetal, disuelve los principios o aceites esenciales y los transporta al exterior sin haberlos desnaturalizado. Un cambio de temperatura posterior permite evaporarlo, de forma que se deposita el extracto (5). En la revista *Journal of Supercritical Fluids* hay muchos artículos que tratan de este tema.

El paso siguiente fue utilizarlo, no como extractor, sino como impregnador de la madera con sustancias previamente disueltas en el anhídrido carbónico. Es conocido el ejemplo de impregnación de la madera con fungicidas (6).

El último paso es ya fácil. Hay mucha doctrina sobre como funcionalizar superficialmente a las nanoes-

tructuras, como ya hemos mencionado anteriormente, de forma que quedan perfectamente dispersas en el seno de un líquido portador, elegido acorde con la química impuesta en la superficie de nanopartículas, nanotubos y nanoarcillas.

Una vez disuelto el líquido portador cargado en el seno del anhídrido carbónico supercrítico, se procede a impregnar como se viene haciendo, por ejemplo, para impregnar con fungicidas.

El abanico de aplicaciones que esta técnica abre es realmente vario y amplio, pues se solapa además con productos para la madera (pinturas, barnices, recubrimientos, etc.) que han incorporado a su vez a las nanoestructuras por la vía de la tecnología de los nanocomposites, que resultan ser materiales muy adecuados para aplicaciones multifuncionales. Podríamos señalar, de un modo muy somero, posibilidades tan interesantes como:

a) recubrimientos ignífugos, que retardan enormemente el inicio de la combustión de una pieza de madera atacada por una llama. Pueden llevar doble carga. Por una parte se ponen nanoarcillas para que el producto de la combustión sea de aspecto vítreo, sin fisuras que estimulen la progresión del fuego por facilitar la entrada de oxígeno. Por otra parte los nanotubos de carbono mejoran la disipación del calor, al incrementar la conductividad térmica,

b) barnices con la resistencia al desgaste mejorada, para aplicaciones como suelos de madera,

c) pinturas y recubrimientos especialmente adecuados para estorbar el ataque de los insectos xilófagos,

d) pinturas antiadherentes que impiden la formación de incrustaciones,

e) pinturas anti-insolación con carga de nanopartículas de dióxido de titanio y de carbono, que aminoran el calentamiento por insolación de construcciones,

f) acabados antihumedad, que mantienen seca a la madera, pese a que el recubrimiento se hace microporoso para que se permita respirar a la madera.

La rentabilidad económica de estos productos ha servido de arranque a muchas instituciones y laboratorios, atraídos además de por el interés tecnológico/económico de estas nuevas tecnologías, por el atractivo publicitario de estos logros suponen. Por ejemplo, en la prensa leemos noticias como que la próxima Expo 2010 en China, las fachadas de los pabellones

llevarán una pintura fabricada con nanotecnología que purifica el aire. El Instituto Tecnológico de Georgia ha creado un revestimiento que hace a la madera autolimpiante, y que le está rindiendo muy buenos beneficios.

La organización de la UE ha creado la red WOODISM donde están integradas todas las instituciones europeas con peso en este rubro. Encabezan el desarrollo maderero Finlandia, Alemania y Francia. Últimamente se están incorporando Grecia y Portugal.

Existe también un centro europeo denominado Centre for European Research in the Wood Industry, estando ubicado en Finlandia. La información sobre proyectos europeos en este rango puede verse en:

http://www.woodwisdom.fi/content/Events/Inwood_Seminar/Inwood_seminar.pdf/from=1091249841404325
<http://woodwisdom.net/about>
<http://ecologycoatings.com>

En España, país que cuenta con más de 1.200 tecnólogos reconocidos de excelencia en temas de Nanotecnología y Nanociencia, las posibilidades son también muy atractivas. En el Plan Nacional de I+D+i se establece toda una Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología, Nuevos Materiales y Nuevos Procesos Industriales, con siete líneas maestras. En ninguna de ellas se recoge expresamente nada focalizado concretamente en la madera, aunque haya un par de posibles líneas transversales que pudieran ofrecer alguna oportunidad para estos temas. No parece suficiente para la envergadura del problema.

Existen también estímulos para empresas medianas. Por ejemplo, en estos momentos, dentro de las ayudas europeas enmarcadas en la iniciativa OEM (Original Equipment Manufacturer) que agrupa a empresas innovadoras de cualquier campo de la actividad industrial que actúan como subcontratistas de los grandes emporios industriales, acaba de ser creado el proyecto europeo SustainComp que pretende crear la innovación que permita utilizar biocompuestos de madera avanzados y nanoestructurados para sectores comerciales como el transporte y el embalaje. Se toma como premisa de partida que estas actividades van a constituir un puente de cooperación entre grandes sociedades y empresas PYMES.

Es esperable por tanto que en nuestro país se ponga en marcha un programa puente entre Nanotecnología e industrias de la madera que nos permita situarnos con buena posición en este campo. España es uno de los países europeos con más potencial forestal, por lo

que la posibilidad de estos nuevos enfoques que sobre-rentabilizan la madera son una gran oportunidad. Son por tanto esperables pues las generosas ayudas públicas estimuladoras para este campo de la investigación, que sin duda van a situar a nuestro país en el lugar que le corresponde, en el cruce de la Nanotecnología y la industria de la madera.

Para una información generalista sobre estos temas, y en español, y muy difundida entre las industrias de la madera, puede consultarse la referencia (7). ■

REFERENCIAS

- 1) Jabr-Milane, L., van Vlerken, L., Devalapally, H., Shenoy, D., Komareddy, S., Bhavsar, M., Amiji, M. "Multi-functional nanocarriers for targeted delivery of drugs and genes". *Journal of Controlled Release Volume 2008;130 (2): 121-128.*
- 2) Briones, E., Isabel Colino, C., Lanao, J.M. "Delivery systems to increase the selectivity of antibiotics in phagocytic cells". *Journal of Controlled Release 2008;125 (3): 210-227.*
- 3) Valdivia Uría, J.G., Ibarra García, M.R., Fernández Pacheco, R., Vilorio, A., Higuera, T., Laborda, A., García, A., García de Jalón, J.A., Gutiérrez, M., Romero, M.S., Cornudella, R., Arruebo, M., Marquina, C., Arbiol, J., Santamaría. "Estudio experimental sobre quimioterapia focalizada en riñón mediante arpón magnético y administración intravenosa de nanopartículas ferrocarrónicas". *Archivos Españoles de Urología 2007: 60(1): 5-14.*
- 4) Moore, V.C., Strano, M.S., Haroz, E.H., Hauge, R.H., Smalley, R.E., Schmidt, J., Talmon, Y. "Individually Suspended single-walled carbon nanotubes in various surfactants". *Nano Letters 2003; 3 (10):1379-1382.*
- 5) de Souza, A.T., Benazzi, T.L., Grings, M.B., Cabral, V., Antonio da Silva, E., Cardozo-Filho, L., Ceva Antunes, O.A. "Supercritical extraction process and phase equilibrium of Candeia (*Eremanthus erythropappus*) oil using supercritical carbon dioxide". *Journal of Supercritical Fluids 2008;47 (2):182-187.*
- 6) Lucas, S., González, E., Calvo, M.P., Palencia, C., Alonso, E., Cocero, M.J. "Supercritical CO₂ impregnation of Radiata pine with organic fungicides. Effect of operating conditions and two-parameters modelling". *Journal of Supercritical Fluids 2007;40 (3): 462-469.*
- 7) Madroñero de la Cal, A., Velasco Fernández, L., Gómez Rivas, G. "Nanotecnología aplicada al sector de la madera: una visión actualizada" 2008. Publicación de FEIM (Federación Española de Industrias de la Madera). Depósito Legal M-30809-2008.

MEDICINA Y SALUD

El síndrome alcohólico fetal

AUTORES: MARÍN M.P.¹, ESTEBAN-PRETEL G.¹,
 BALLESTÍN R.¹, ROMERO A.M.¹, MEGÍAS L.²
 Y RENUAU-PIQUERAS J.^{1*}
¹Sec. Biología y Patología Celular, Ctr Invest.,
 Hospital La Fe, Valencia
²Depto. Anatomía y Embriología Humana,
 Fac. de Medicina, Univ. Granada

RESUMEN

La exposición prenatal al etanol puede causar un síndrome que incluye malformaciones craneofaciales y reducción de la masa cerebral, las cuales pueden estar asociadas a una amplia variedad de alteraciones neuroconductuales. Este síndrome es conocido como síndrome alcohólico fetal (SAF) siendo su incidencia de dos casos cada mil niños nacidos vivos. Este es el extremo de dicho efecto pero existe una gradación de alteraciones inducidas por el etanol sobre el desarrollo del sistema nervioso central (SNC) cuya incidencia alcanzaría el 1% de todos los niños nacidos vivos. Los mecanismos moleculares por los que el etanol ejerce estos efectos teratógenos no están bien dilucidados y para ello se están utilizando diversos modelos animales y otros *in vitro*.

Palabras clave: Etanol, alcoholismo, síndrome alcohólico fetal, sistema nervioso

ABSTRACT

Prenatal exposure to ethanol causes a neurotoxic/dysmorphogenic syndrome that includes craniofacial malformations and reduced brain mass, which is associated with a variety of neurobehavioral disturbances ranging from hyperactivity / attention deficit disorder and learning disabilities in childhood to major depressive and psychotic disorders in adulthood. This syndrome is known as fetal alcohol syndrome (FAS). Fetal alcohol spectrum disorder, or FASD, is the term used to define the full range of prenatal alcohol exposure damage, varying from mild to severe symptomatology, and also comprises other terms with current diagnostic criteria such as FAS, partial FAS, alcohol-related birth defects, and alcohol-related neurodevelopmental disorders.

The molecular mechanisms by which ethanol affects central nervous system development are being extensively investigated, but are still far from being completely understood. No single mechanism has been sufficient to account for these varying effects, and it is likely that multiple factors are involved. Due to ethical reasons it is not possible to perform experiments on pregnant women. Hence to study the effects of alcohol, various ani-

mal and *in vitro* experimental models have been chosen.

Key words: Ethanol, alcoholism, fetal alcoholic syndrome, central nervous system

ANTECEDENTES

El alcohol etílico o etanol es una sustancia con alta capacidad adictiva siendo una de las principales drogas de abuso, estando considerada además, junto con los hipnosedantes y opioides, como "depresor de la actividad funcional cerebral". Las Encuestas Domesticias sobre Abuso de Drogas en España (EDADES)1995-2005 realizadas por la Delegación del Gobierno para el Plan Nacional sobre Drogas (DGPNSD), dirigidas a la población de 15 a 64 años, ponen de manifiesto que el alcohol sigue siendo la sustancia psicoactiva con un consumo más extendido entre la población española. De hecho, España ocupaba en el año 2003 el sexto lugar en el ranking de consumo mundial de alcohol, con diez litros de alcohol puro per cápita. La mayor parte de los daños y costes socio-sanitarios asociados al alcohol se producen en sujetos consumidores aparentemente no dependientes. Los estudios señalan que un buen número de urgencias y de ingresos hospitalarios junto con los accidentes mortales de tráfico están asociados al consumo de alcohol (Comisión Clínica de la Delegación del Gobierno para el Plan Nacional Sobre Drogas, Informe sobre alcohol, Febrero 2007).

Actualmente se admite que el consumo de alcohol (etanol) durante la gestación puede inducir graves daños en el desarrollo del feto (Renau-Piqueras y Guerri, 2002). Aunque hay autores que refieren que este conocimiento está ya contenido en textos antiguos como la Biblia (Jueces 13,7: *Y díjome: He aquí que tú concebirás, y parirás un hijo; por tanto, ahora no bebas vino, ni sidra...*) o en escritos de Aristóteles (Problemata), otros autores ponen en duda dichas interpretaciones de estos textos (Abel, 1999). De una forma mejor documentada los efectos adversos del consumo materno de alcohol durante la gestación se conocen desde finales del siglo XIX cuando, en 1899, William Sullivan, describió que el número de abortos y mortalidad infantil era superior en mujeres alcohólicas que en abstemias, concluyendo que la intoxicación alcohólica de las madres era la principal causa del daño y muerte fetal (Sullivan, 1899). Este trabajo pasó inadvertido y no es hasta mitad del siglo XX, cuando aparecen algunos estudios que describen malformaciones y alteraciones en niños que han estado expuestos intrauterinamente al alcohol. En 1967 Lamache, tras evaluar las causas de las anomalías que padecían 3.352 niños, publicó un informe en el que describe que un 37% de los niños con deficiencias físicas y psíquicas (1.245 niños) eran hijos de padres alcohólicos. En un trabajo publicado por Lemoine et al. en 1968, que incluye 127 hijos de madres alcohólicas, se señala que todos ellos presentan una serie de caracterís-

ticas comunes entre las que se incluyen: alteraciones cráneo-faciales, retraso del crecimiento, hiperactividad, retraso mental y alteraciones psicomotoras. En este trabajo se sugiere por primera vez la existencia de una correlación entre los diferentes grados de afectación en el niño y la gravedad del alcoholismo materno. Posteriormente, en 1973, Jones y Smith describen un patrón de malformaciones comunes en ocho niños nacidos de madres alcohólicas, y lo denominan Fetal Alcohol Síndrome (FAS) o Síndrome Alcohólico Fetal (SAF) en castellano. Estas características las dividen en tres grupos: 1) Deficiencias en el crecimiento pre y postnatal, 2) alteraciones cráneo-faciales (microcefalia, filtrum poco desarrollado, fisuras palpebrales cortas, y malformación del área maxilar) y, 3) graves disfunciones del sistema nervioso central (SNC) (Jones et al., 1973). En 1978 el mismo grupo (Clarren y Smith, 1978) publica, en base a 245 casos de SAF, la prevalencia de las características principales y asociadas a este síndrome. A partir de este momento la comunidad científica empieza a describir nuevos casos de SAF. Así mismo, mediante el uso de modelos experimentales animales, se demuestra que el alcohol es un potente teratógeno.

CARACTERÍSTICAS FACIALES DEL SAF Y DÉFICITS EN EL CRECIMIENTO

Dado que la deficiencia mental y el retraso en el crecimiento son características comunes en muchos procesos patológicos, se ha realizado un gran esfuerzo para intentar definir con precisión el patrón cráneo-facial que se observa en niños con SAF, como posible marcador en el diagnóstico de este síndrome.

La cara "típica" de los niños con SAF muestra unas características comunes en todos ellos (ojos pequeños, pliegues epicánticos, desaparición del filtrum, labio superior delgado) y diferentes, en su conjunto, a los presentes en otros síndromes.

Distintos estudios demuestran, que junto a las alteraciones fenotípicas en los ojos (ej., fisuras palpebrales cortas, pliegues epicánticos), algunos pacientes con SAF presentan problemas importantes en el sistema visual, que parecen estar relacionados con la vulnerabilidad del sistema nervioso al efecto tóxico del alcohol, que se manifiesta también con una elevada frecuencia en los problemas auditivos presentes en niños con dicho síndrome (Connor et al., 1999). Estos déficits se han asociado a alteraciones en el cortex auditivo y cuerpo caloso.

Respecto a los déficits en el crecimiento asociados al SAF, numerosos trabajos han demostrado que tanto el consumo de altas como de bajas cantidades de alcohol durante la gestación induce déficits en el crecimiento pre y postnatal. De hecho, el 80 % de niños con SAF muestran déficits en la talla y peso corporal.

DISFUNCIONES DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL EN NIÑOS CON SAF

Los niños con SAF son, habitualmente, microcéfalos en el momento del nacimiento y, generalmente, éste es el primer indicio indicativo de una disfunción del SNC. Los recién nacidos suelen ser

irritables y temblorosos. Suelen efectuar una débil succión y con frecuencia muestran malestar ante cualquier estímulo sensorial (Sreissguth et al., 1978). El cerebro de niños con SAF es de pequeño tamaño, y presenta graves malformaciones estructurales. En autopsias de niños con este síndrome se han observado anomalías en el desarrollo neuronal y glial que se han interpretado como resultado de un fallo o una interrupción en las migraciones de estos tipos celulares (Clarren et al., 1978). La corteza y la sustancia blanca son reconocibles, pero ambas áreas son más delgadas de lo normal encontrándose grupos celulares heterotópicos que rodean los ventrículos dilatados y aparecen en la sustancia blanca. Igualmente, el cerebelo y la fosa posterior se encuentran frecuentemente reducidos de tamaño.

Las malformaciones cerebrales mayores, como son la anencefalia, porencefalia, mielomeningocele o la obstrucción del sistema ventricular con hidrocefalia, se presentan de forma ocasional en el SAF, y pueden ser interpretadas, también, como interrupciones específicas de la migración neuronal (Clarren, 1981; Wisniewski, et al., 1983).

Las alteraciones morfológicas descritas anteriormente se han relacionado con importantes alteraciones funcionales y cognitivas, que se manifiestan con retraso mental, disfunciones motoras, de memoria y aprendizaje. De hecho, las alteraciones a nivel del SNC son la consecuencia más dramática y permanente de la exposición prenatal al alcohol y se observan tanto en niños con el SAF completo como en individuos expuestos prenatalmente al alcohol que no presentan ninguna anomalía fenotípica. En la etapa preescolar los niños con SAF suelen ser hiperactivos, impulsivos, con deficiencia en la función motora tanto en movimientos finos como groseros, deficiencia en el lenguaje y problemas de comportamiento. En todas las etapas se suelen evidenciar déficits en la atención y función intelectual encontrándose un rango del coeficiente mental medio (CI) de 65. Estudios de seguimiento de niños con SAF, en diferentes poblaciones indican que cuando estos niños llegan a la edad adulta, y aunque algunas características iniciales del SAF (disminución del peso y caracteres dismórficos faciales) son menos marcadas, los déficits en la función intelectual y cognitiva parecen acentuarse (Streissguth et al., 1994 a, b). Además, mediante la utilización de nuevas técnicas (tomografía de emisión de positrones y resonancia magnética nuclear) se ha demostrado que los niños con SAF presentan un volumen de cerebro más reducido, una disminución en el tamaño del cerebelo y anomalías en el desarrollo del vermis cerebelar, cerebro medio (agenesis e hipoplasia del cuerpo caloso), ganglio basal y diencéfalo. Todas estas alteraciones se han relacionado con los mencionados retraso mental, alteraciones cognitivas y del comportamiento en estos niños.

OTRAS CONSECUENCIAS DEL CONSUMO MATERNO DE ALCOHOL DURANTE LA GESTACIÓN

El consumo materno de alcohol durante la gestación, no sólo puede dar lugar al SAF, sino que dependiendo de la dosis y patrón de consumo, puede inducir un espectro continuo de malformaciones fetales que se extienden de forma ininterrumpida desde los más leves, cuando el consumo de alcohol durante la gestación es espo-

rádico, hasta los más graves en donde la madre es alcohólica y que da lugar al SAF.

Los niños diagnosticados de SAF completo, nacen generalmente de madres alcohólicas crónicas (Streissguth et al., 1983). Sin embargo, sólo de un 30% a un 45% de los hijos de estas madres presentan el cuadro completo mientras que el resto presenta un síndrome parcial, lo que ha supuesto un importante problema en la clasificación de estos efectos.

Inicialmente los efectos fetales relacionados con la exposición al etanol o SAF parcial se les denominó en la bibliografía anglosajona como FAE (fetal alcohol effects). Más recientemente, el Instituto de Medicina de Estados Unidos (IOM) publicó un informe en 1996 para el diagnóstico de los efectos fetales asociados al consumo materno de alcohol que incluye cinco categorías que, de forma resumida, son:

Categoría 1. SAF con confirmación de exposición maternal al etanol.

1. Exposición maternal al etanol confirmada.
2. Patrón característico de anomalías faciales.
3. Retraso en el crecimiento.
4. Anomalías en el desarrollo del SNC.

Categoría 2. SAF sin confirmación de exposición maternal al etanol.

Características 2-4 como en Categoría 1.

Categoría 3. SAF parcial con confirmación de exposición maternal al etanol.

1. Exposición maternal al etanol confirmada.
2. Algunos componentes del patrón facial.
3. Retraso en el crecimiento como en Categoría 1.
4. Anomalías en el desarrollo del SNC como en Categoría 1.
5. Un patrón complejo de anomalías cognitivas o de conducta inconsistentes con el nivel de desarrollo e inexplicables por medios de la genética o por variaciones en las condiciones medioambientales (ejemplos: dificultad de aprendizaje, problemas en la percepción social, déficits en el lenguaje, poca capacidad de abstracción, etc.).

Categoría 4. Defectos de nacimiento relacionados con el alcohol (Alcohol-Related Birth Defects, ARBD).

1. Exposición maternal al etanol confirmada.
2. Uno o más defectos congénitos incluyendo malformaciones y displasias del corazón, huesos, riñones, visión, o sistema auditivo.

Categoría 5. Desordenes del desarrollo del sistema nervioso relacionados con el alcohol (Alcohol-Related Neurodevelopmental Disorder, ARND).

1. Exposición maternal al etanol confirmada
2. Anomalías en el desarrollo del SNC como en Categoría 1 y / o 3. Patrón complejo de déficits cognitivos o de la conducta como en Categoría 3.

Uno de los problemas estriba en que la madre alcohólica o consumidora de alcohol reconozca dicho consumo y las pautas del mis-

mo. Por tanto, la detección del consumo de alcohol en las mujeres embarazadas es un paso importante en la prevención del desarrollo de las alteraciones inducidas por la exposición prenatal al etanol. Además, la identificación temprana de estos niños podría conducir al establecimiento de nuevas modalidades de terapia. En este sentido, la utilización de biomarcadores del consumo materno de alcohol debería potenciarse y utilizarse en políticas de prevención primaria y secundaria. En la tabla 1 se indican algunos de estos biomarcadores (basada en Bearer, 2001).

PREVALENCIA DEL SÍNDROME ALCOHÓLICO FETAL

La prevalencia del SAF es muy variable y depende de varios factores tales como diferencias en la cantidad y/o patrón de consumo de alcohol en la población estudiada, factores socioeconómicos, historial clínico de la madre (ej., consumo de otras drogas, nutrición), reconocimiento de este síndrome por los clínicos.

Los métodos epidemiológicos utilizados para estudiar la prevalencia y características del SAF, ARBD, y ARND han progresado sustancialmente, lo que ha permitido establecer un perfil general de aquellas madres con una mayor probabilidad de tener hijos con alteraciones debidas a la exposición prenatal al etanol. La prevalencia del SAF estimada por el IOM está entre 0,5 y 3,0 por cada 1000 niños nacidos vivos, mientras que la prevalencia del SAF y ARBD combinados es de al menos el 1% de todos los nacidos vivos. Esta prevalencia confirma la percepción de muchos especialistas de que *la exposición prenatal al etanol es un problema muy grave y de que se trata de la causa conocida más importante de retraso mental en el mundo occidental.*

ALTERACIONES ASOCIADAS AL CONSUMO MODERADO DE ALCOHOL

Evidencias clínicas indican que la ingesta de pequeñas cantidades de alcohol durante la gestación puede conllevar a alteraciones en la formación del SNC, que se manifiestan con déficits cognitivos y de comportamiento o ARND. Estas evidencias provienen de amplios estudios prospectivos en donde se han controlado variables tales como el estado socioeconómico y nutrición de la madre, el consumo de otras sustancias de abuso etc., y se ha tratado de relacionar la ingesta de alcohol y el patrón de consumo materno con las alteraciones físicas y/o de comportamiento en la descendencia. Sin embargo, hay que destacar, que en estudios prospectivos en donde la madre ha consumido dosis muy bajas de alcohol durante la gestación (0,98-3,3 g etanol/día, equivalente a menos de una cerveza/día) no se observaron alteraciones en el lenguaje, en la comprensión y en la atención en niños de 3 y 6 años de edad.

DOSIS UMBRAL DE ALCOHOL

La dosis umbral o dosis "libre de riesgos" se podría definir como la cantidad de alcohol por debajo de la cual no se observan efectos

Tabla 1. Biomarcadores de consumo materno de alcohol

Nivel de exposición indicado por el biomarcado	Tipo de biomarcador	Ejemplo
Dosis interna de alcohol	Concentración de alcohol	Concentración en sangre de alcohol
Dosis biológicamente efectiva	Metabolitos del alcohol*	Acetaldehído* Esteres etílicos de ácidos grasos
Efectos biológicos tempranos	Enzimas implicadas en el metabolismo del alcohol Productos de la interacción del alcohol con componentes celulares	Citocromo P450 2E1* Catalasa* Aductos acetaldehído y proteínas
Alteraciones estructura / función	Alteración de proteínas	Transferrina CDT Proteínas del suero

* Existen tres vías principales en las que se produce una oxidación metabólica del etanol (Zakhari, 2006). La principal vía del metabolismo oxidativo en el hígado implica a la enzima alcohol deshidrogenasa (ADH) que se encuentra en el citosol. Este enzima transforma el etanol en acetaldehído, un bioproducto altamente reactivo y tóxico que contribuye al daño sobre las células y, probablemente, al proceso adictivo. El acetaldehído es metabolizado en la mitocondria principalmente por la enzima aldehído deshidrogenasa 2 (ALDH2) para formar acetato. La mayoría del acetato formado de esta manera pasa a la sangre y es metabolizado a CO₂ en corazón, músculo esquelético y cerebro. El acetato no es un producto inerte pudiendo incrementar el flujo sanguíneo en el hígado así como actuar como depresor en el SNC. El acetato también puede metabolizarse a acetil-CoA, implicado en la biosíntesis de lípidos y colesterol. Se ha sugerido que en situaciones de alcoholismo crónico el cerebro podría utilizar como fuente de energía acetato en lugar de glucosa.

El etanol también puede transformarse en acetaldehído por otras vías. En los peroxisomas, la enzima catalasa es capaz de oxidar el etanol a acetaldehído con el concurso de H₂O₂. Por último, el CYP2E1, presente predominantemente en los microsomas, asume un importante papel metabolizando el etanol a acetaldehído cuando la concentración de alcohol es elevada.

adversos. Sin embargo, en humanos es difícil establecer esta dosis debido a las enormes diferencias genéticas e interindividuales, tanto en el metabolismo de alcohol como en la vulnerabilidad a este tóxico. De hecho, en el caso del alcohol no se ha podido establecer claramente este umbral, aunque existen algunos estudios que sugieren dosis por debajo de las cuales no se observan determinados efectos. Por ejemplo, Jacobson y Jacobson (1994) no observan déficits intelectuales en niños cuyas madres han consumido menos de 14 g de etanol/día durante la gestación. Sin embargo, estos autores sugieren que esta dosis no se puede tomar como umbral ya que estos niños pueden tener otros déficits cognitivos que se manifiesten en la edad adulta, como se demuestra en el estudio de Streissguth et al. (1994 a,b). De hecho, esta autora sugiere que no existe dosis umbral para los efectos neurocomportamentales del alcohol y recomienda la abstinencia total durante la gestación (Streissguth, 1993).

neurocomportamentales en el niño es mayor en aquellos cuyas madres tienen una edad superior a 30 años.

De acuerdo con estos resultados estudios en animales experimentales demuestran que los efectos adversos del alcohol durante el desarrollo fetal están directamente relacionados con los niveles de alcohol a que el feto está expuesto. Así, Bonthius y West (1990) demostraron que una misma cantidad de alcohol produce un mayor daño fetal cuando se consume concentrada en unas horas (en donde los niveles de alcohol que se alcanzan son muy elevados) que cuando la misma cantidad se toma espaciada en el tiempo. Por tanto, las evidencias clínicas y experimentales demuestran que el consumo esporádico de altas cantidades de alcohol de forma aguda (ej., fines de semana) son mucho más dañinas para el desarrollo fetal que el consumo moderado durante toda la gestación.

PATRÓN DE CONSUMO DE ALCOHOL

Un dato importante que se ha demostrado en los últimos años es que el patrón de consumo de alcohol es un factor crítico importante en la aparición de los efectos fetales asociados al consumo de alcohol durante la gestación. Así, los estudios de Streissguth et al., (1990, 1994b) demuestran que las alteraciones neurocomportamentales más graves las presentan niños de madres que han consumido 19 g de etanol/día durante el primer mes de embarazo o de madres que consumen esporádicamente 70 g de etanol en unas pocas horas. Igualmente se ha demostrado que los déficits funcionales más importantes se observan en niños que proceden de madres que han consumido en unas horas 42 g de etanol/semana (Jacobson and Jacobson, 1994). En este último estudio también se demuestra que con un consumo equivalente de alcohol, la severidad de los déficits

PERÍODOS CRÍTICOS DURANTE

EL DESARROLLO FETAL EN HUMANOS

Aunque a partir de los estudios que se han realizado hasta el momento, es difícil establecer en qué fases de la gestación el feto es más vulnerable a los efectos adversos del etanol, algunos resultados clínicos y experimentales indican que el consumo de altas cantidades de alcohol al inicio de la gestación (primer mes de embarazo), es particularmente crítico para la aparición de malformaciones faciales y retraso mental. Así, Ernhart et al. (1987) observaron una relación dosis-dependiente entre las anomalías craneofaciales en los niños y el consumo materno de alcohol (28-85 g etanol/día) alrededor del momento de la concepción. Estos autores también encontraron una relación entre dismorfia facial y desarrollo intelectual en los niños. Al mismo tiempo, Streissguth et al. (1990, 1994 a,b) demostraron

que el consumo moderado (16 g etanol/día) antes o durante el primer trimestre de gestación se asociaba a déficits neurocomportamentales. Sin embargo, Larsson et al. (1985) observaron que niños que habían estado expuestos durante toda la gestación (consumo materno de 28-85 g etanol/día) presentaban problemas más graves de hiperactividad, lenguaje, déficits motores, que aquellos cuyas madres habían interrumpido su consumo de alcohol durante el segundo trimestre. Estos resultados sugieren que el desarrollo de las diferentes funciones cerebrales poseen su período crítico, y que la interrupción del consumo de alcohol siempre es beneficiosa para el desarrollo fetal.

MECANISMOS DE LA ACCIÓN TERATOGENICA DEL ALCOHOL

A pesar de la simplicidad química del etanol hoy en día no están claros los mecanismos por los que esta sustancia ejerce su acción teratogénica sobre el SNC y otros órganos, habiéndose postulado diferentes hipótesis que confirman que el etanol tiene múltiples dianas por lo que no es sorprendente que dañe al feto a través de distintos mecanismos algunos de los cuales se enumeran a continuación (Goodlett and Horn, 2001; Guerri et al., 2001; Goodlett et al., 2005).

a) *Transporte y captura (uptake) de glucosa*: Alguno de los efectos dañinos asociados a la exposición prenatal al etanol pueden deberse a la disrupción de la utilización de glucosa por parte del cerebro. Como es sabido, la glucosa realiza varias funciones cruciales en el cerebro.

b) *Muerte celular (necrosis y/o apoptosis)*: Muchas de las acciones deletéreas del etanol sobre el organismo en desarrollo tienen como resultado final la muerte celular.

c) *Formación de radicales libres, estrés oxidativo y disfunción mitocondrial*: Un factor esencial que puede desencadenar el proceso de muerte celular es el estrés oxidativo, el cual puede producirse por el alcohol a través de varios mecanismos. Por ejemplo, algunas de las vías metabólicas del alcohol resultan en la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS). Los niveles excesivos de ROS pueden dañar las células e inducir la muerte celular interfiriendo en la función mitocondrial. Por otra parte, el alcohol puede reducir los niveles de antioxidantes.

d) *Efecto sobre factores de crecimiento que regulan la proliferación y supervivencia celular*: El etanol también puede dañar el cerebro a través de mecanismos que actúan inhibiendo la generación de nuevas células en el cortex cerebral durante el desarrollo.

e) *Efectos sobre las células gliales*: El desarrollo normal del cerebro requiere no sólo neuronas sino el concurso de otras células no neuronales como son los astrocitos, que son necesarios para el crecimiento, desarrollo y función de las neuronas.

f) *Efectos sobre el desarrollo de sistemas neurotransmisores. Excitotoxicidad*: Otro mecanismo importante mediante el cual el alcohol

afecta la estructura y función del cerebro en desarrollo es interfiriendo con la actividad de los neurotransmisores. En este contexto, la muerte neuronal también puede ser inducida por el exceso de actividad de determinados neurotransmisores, incluyendo el glutamato.

g) *Efectos sobre la adhesión celular*: Las neuronas necesitan establecer contactos con otras células durante su crecimiento y desarrollo para poder sobrevivir, migrar a su destino final y establecer conexiones adecuadas con otras células. Un número elevado de las llamadas moléculas de adhesión contribuyen al desarrollo de este proceso y se ha demostrado que el etanol puede actuar negativamente sobre algunas de ellas (L1, NCAM, etc.).

h) *Desregulación del "timing" o programa de desarrollo*: Para el correcto desarrollo del cerebro se requiere una regulación perfecta en el espacio y en el tiempo de la generación, migración y desarrollo de las neuronas, así como de la formación de las neuritas y de las sinapsis. El etanol puede alterar este "timing" afectando además el ciclo celular de los astrocitos y, por tanto, la gliogénesis.

i) *Fuentes secundarias de daño*: Incluyen función placentaria alterada, hipoxia, isquemia, etc.

Dentro de esta diversidad, uno de los mecanismos propuestos, por distintos laboratorios, incluyendo el nuestro, supone que el etanol alteraría la biosíntesis de glicoproteínas y su posterior transporte intracelular. Este efecto se ha analizado, dentro de las células del SNC, en astrocitos. El alcohol induciría la síntesis de glicoconjugados anormales (microheterogeneidad) junto a una retención de las proteínas que deben secretarse y que pueden ser de importancia en la regulación de procesos claves como la migración neuronal. Este mecanismo parece ser dependiente de una alteración inducida por etanol sobre aquellos elementos del citoesqueleto (microtúbulos y actina) implicados en el transporte vesicular así como sobre algunas proteínas responsables de dicho transporte y sobre la integridad del aparato de Golgi (Tomás et al., 2005). Nuestro grupo también ha demostrado la existencia de microheterogeneidad en las glicoproteínas en neuronas como consecuencia de la exposición al etanol (Braza-Boils et al., 2006).

MODELOS DE ESTUDIO

Los investigadores han conseguido recrear la mayoría de las principales características del SAF en distintos modelos animales que incluyen el pollo, roedores, principalmente rata, y primates (Goodlett and Horn, 2001; Cud, 2005). Tales modelos permiten estudiar los efectos del alcohol sobre el desarrollo fetal en el contexto de un organismo intacto, y bajo una serie de condiciones controladas que pueden influir en el grado y extensión del daño inducido por la exposición al etanol sobre la estructura y función del SNC. Estos factores incluyen el patrón de consumo, los niveles de alcohol en sangre, el momento de consumo frente a la fase de desarrollo, el tipo celular, etc. Puesto que los estudios con animales se emplean para simular las condiciones de consumo de alcohol durante la gestación, y puesto que los mamíferos utilizados como

modelo tienen características fisiológicas, bioquímicas y genéticas en común con la especie humana, los hallazgos de dichos estudios pueden aportar información clave para comprender mejor los efectos de la exposición prenatal al etanol en humanos. Obviamente, estos resultados deben ser interpretados con cierta cautela, principalmente debido a la existencia de diferencias interespecíficas relativas a su vulnerabilidad frente al alcohol. Por otra parte, los modelos animales no permiten un análisis detallado del efecto del etanol sobre la biología de determinadas células. Este tipo de análisis conducentes a establecer los mecanismos moleculares implicados en la acción del alcohol son posibles mediante el empleo de cultivos celulares. Estos modelos permiten controlar y manipular tanto las células como sus condiciones ambientales, lo que resulta fundamental para conocer los mecanismos que subyacen en la acción teratogénica del alcohol. ■

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por FEPAD (FUNDACIÓN PARA EL ESTUDIO, LA PREVENCIÓN Y LA ASISTENCIA A LAS DROGODEPENDENCIAS), FIS (Red de Trastornos Adictivos (RTA), RD06/0001/0009) y MEC (SAF2005-00615).

REFERENCIAS

- ABEL EL (1999) Was the feral alcohol syndrome recognized by the greeks and romans?. *Alcohol & Alcoholism* 34: 868-872.
- BEARER CF (2001) Markers to detect drinking during pregnancy. *Alcohol Research and Health* 25: 210-218.
- BONTHIUS DJ, WEST JR (1990) Alcohol-induced neural loss in developing rats: increased brain damage with binge exposure. *Alcoholism: Clin Exp Res* 14:107-118.
- BRAZA-BOILS A, TOMAS M, MARIN P, MEGÍAS L, SANCHO-TELLO M, FORNAS E, RENAU-PIQUERAS J (2006) Glycosylation is altered by ethanol in rat hippocampal cultures neurons. *Alcohol & Alcoholism* 41: 494-504.
- CLARREN SK (1981) Recognition of fetal alcohol syndrome. *JAMA* 245: 2436-2439.
- CLARREN SK, SMITH DW (1978) The fetal alcohol syndrome. *N Engl J Med* 298: 1063-1067.
- CLARREN SK, ALVOR EC, SUMI SM, STREISSGUTH AD, SMITH DW (1978) Brain malformations related to prenatal exposure to ethanol. *J Pediatr* 92: 64-70.
- CONNOR PD, STREISSGUTH AP, SAMPSON PD, BOOKSTEIN FL, BARR HM (1999) Individual differences in auditory and visual attention among fetal alcohol-affected adults. *Alcoholism: Clin Exp Res* 23:1395-1402.
- CUD TA (2005) Animal model systems for the study of alcohol teratology. *Exp Biol Med* 230:389-393.
- ERNHART CB, SOKOL RJ, MARTIER S, MORON P, NADLER D, AGER JW, WOLF A (1987) Alcohol teratogenicity in the human: A detailed assessment of specificity, critical period, and threshold. *Am J Obstet Gynecol* 156:33-39.
- GOODLETT CR, HORN KH (2001) Mechanisms of alcohol-induced damage to the developing nervous system. *Alcohol Research and Health* 25: 175-184.
- GOODLETT CR, HORN KH, ZHOU FC (2005) Alcohol teratogenesis: mechanisms of damage and strategies for intervention. *Exp Biol Med* 230:394-406.
- GUERRI C, PASCUAL M, RENAU-PIQUERAS J (2001) Glia and fetal alcohol syndrome. *NeuroToxicology* 22: 593-599.
- JACOBSON JL, JACOBSON SW (1994) Prenatal alcohol exposure and neurobehavioral development: Where is the threshold?. *Alcohol Health and Research* 18: 30-36.
- JONES KL, SMITH DW (1973) Recognition of the F.A.S. in early infancy. *Lancet* 2: 999-1001.
- JONES KL, SMITH DW, ULLELAND CN, STREISSGUTH AP (1973) Pattern of malformation in offspring of chronic alcoholic mothers. *Lancet* 2: 1267-1271.
- LAMACHE MA (1967) Communications: Reflections sur la descendance des alcooliques. *Bull Acad Nat Med* 15: 517-521.
- LARSSON G, BOHLIN A-B, TUNELL R (1985) Prospective study of children exposed to variable amounts of alcohol in utero. *Arch Dis Child* 60:315-321.
- LEMOINE P, HAROUSSEAU H, BORTEYRU JP, MENUET, JC (1968) Lés enfants de parents alcooliques. Anomalies observées a propos de 127 cas. *Quest - Medical* 21: 476-482.
- RENAU-PIQUERAS J, GUERRI C (2002) Síndrome alcohólico fetal y corazón. *Rev Lat Cardiol* 23: 57-65.
- STREISSGUTH AP, MARTIN JC (1983) The Pathogenesis of Alcoholism (KISSIN B, BEIGLITER H, eds.) Plenum Press, New York, pp.539-557.
- STREISSGUTH AP, BARR HM, SAMPSON PD (1990) Moderate prenatal alcohol exposure: Effects on child IQ and learning problems at age 7 ½. *Alcoholism: Clin Exp Res* 14: 662-669.
- STREISSGUTH AP, BOOKSTEIN FL, SAMPSON PF, BARR HM (1993) The enduring effects of prenatal alcohol exposure on child development, birth through 7 years: A partial least squares solution. Ann Arbor, MI University of Michigan Press.
- STREISSGUTH AP, BARR HM, OLSON CH, SAMPSON PD, BOOKSTEIN FL, BURGESS DM (1994a) Drinking during pregnancy decreases word attack and arithmetic scores on standardized tests: Adolescent data from a population-based prospective study. *Alcoholism: Clin Exp Res* 18: 248-254.
- STREISSGUTH AP, SAMPSON PD, OLSON HC, BOOKSTEIN FL, BARR HM, SCOTT M, FELDMAN L, MIRSKY AF (1994b) Maternal drinking during pregnancy: Attention and short-term memory in 14-years-old offspring. A longitudinal study. *Alcoholism: Clin Exp Res* 18: 202-218.
- STREISSGUTH AP (1997) Fetal Alcohol Syndrome: A Guide for Families and Communities (BROOKES, PH, Publishing Co.) Baltimore, Maryland.
- SULLIVAN WC (1899) A note on the influence of maternal inebriety on the offspring. *J Ment Sci* 45: 489-503.
- TOMÁS M, MARÍN P, MEGÍAS L, EGEA G RENAU-PIQUERAS J (2005). Ethanol perturbs the secretory pathway in astrocytes. *Neurobiol Dis* 20: 773 – 784.
- WISNIEWSKI K, DAMBSKA M, SHEV JH, QAZI Q (1983) A clinical neuropathological study of the fetal alcohol syndrome. *Neuropediatrics* 14: 197-201.
- ZAKHARI S (2006) Overview: how is alcohol metabolized by the body?. *Alcohol Research and Health* 29: 245-255.

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

Acto celebrado en la Residencia de Estudiantes, Madrid, 21 de noviembre del año 2008



Conjunto de galardonados con Jesús Martín Tejedor, presidente de la AEC (en medio) y Enrique Ruiz-Ayúcar, secretario general (a la derecha).

Placa de Honor 2008 concedida a Federico García Moliner

Recuerdo haber leído en Ortega, a propósito de la idiosincrasia germana, que nunca un boticario alemán machaca el contenido de un almirez sin haber considerado antes el significado que tal acción tiene en relación con el vasto complejo del Universo. Algo así le sucede a Federico García Moliner, que es incapaz de responder a una pregunta sin remontarse a los orígenes del asunto o sin aclarar los diferentes significados que puede revestir la palabra que hemos empleado. Y eso tiene su explicación. Federico nació en Burriana, en 1930, aunque creo que considera su pueblo San Mateo, y parece que con algún fundamento porque en dicha localidad fue declarado Hijo Predilecto, no como en Salsadella donde le hicieron Hijo Adoptivo. Todas tres coinciden en haberle dedicado una calle. Sea lo que fuere sobre la toponimia de su feliz alumbramiento, yo quiero recalcar que en todo caso nació a la vista del Mediterráneo castellanense, y por eso se me antoja que García Moliner representa como pocos la claridad mediterránea fruto de la cual es su capacidad de verlo todo en conjunto y desde su origen, o también la tendencia en cualquier cuestión a precisar con meticulosas disquisiciones de qué estamos tratando en pureza y de qué otras cosas no trata-

mos. Dicen que más de la mitad de la solución de un problema radica en plantearlo acertadamente. Federico es, por tanto, clamorosamente racional, lo que no le impide ser al propio tiempo un confeso y ferviente antirracionalista.

En efecto, en un capítulo magistral titulado "Ciencia y Valores", publicado en un libro colectivo sobre "Valores básicos de la identidad europea" escribe García Moliner: "la ciencia no se puede ver como el producto autónomo y aséptico de una fría maquinaria racional que funciona automáticamente. Olvidar esto acentuó la tendencia a desvincularla de toda idea de valores, algo que fue muy fácilmente asimilado por la comunidad científica por la comodidad que le supone, pero que es un enorme error". Antonio Fernández Rañada, eminente físico de la Complutense, dice de él: "es un hombre múltiple, un pensador sobre el mundo, no un especialista de visión estrecha..., se trata de un científico de gran cultura, con el que resulta estimulante mantener una conversación". Entre estos valores que defiende e incorpora están la humanidad y la solidaridad, como luego diremos. Por eso nada tiene de extraño que en su cátedra de emérito de la Jaume I de Castellón, donde se situó tras la jubilación en el CSIC, tomara como tema de estudio Aspectos Sociales, Culturales y Éticos de la Ciencia.



Federico García Moliner

Al echar estas cosas por delante, antes de hablar de su biografía y de su *curriculum* me parece que yo mismo he pecado de cierto *garcía molinerismo*, porque presento que a él no le habría parecido clarificador que lo presentara como eminente científico sin mayor aclaración.

Digamos, pues, que hizo el bachillerato en el Instituto Francisco Ribalta de Castellón y la carrera de Ciencias Físicas en la Complutense de Madrid. El doctorado en Física lo hizo en la Universidad de Cambridge, de Inglaterra. Aunque ese mismo doctorado hizo también, con premio extraordinario, en la Complutense de Madrid. En Cambridge debió de dar muy buena cuenta de sí, puesto que le llamaron para ser Miembro Fundador del Patronato del Cambridge European Trust y Honorary Fellow del Fitzwilliam College. Ambas distinciones son elevadísimas. La primera se da a premios Nobel, a presidentes de Estado y a importantes científicos y políticos; la segunda la comparte con los Reyes de España y ningún otro español.

Ha sido tres años profesor en la Universidad de Illinois y luego en la Autónoma de Madrid, pero su dedicación profesional de por vida ha sido el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, del que es Profesor de Investigación jubilado.

García Moliner resume así su aportación científica: “ha trabajado en distintos campos de la física del estado sólido: teoría de transporte (metales y semiconductores) fricción interna en metales y semiconductores; teoría de pseudopotenciales; estadística de quimisorción; problemas de superficies e intercaras en fluidos y sólidos (metales y semiconductores); heteroestructuras semiconductoras cuánticas (estructura electrónica, modos vibracionales y respuesta dieléctrica) y heteroestructuras cuasirregulares”. Es conocido en todo el mundo su método de acoplamiento de las llamadas funciones de Green superficiales, que ha resultado decisivo para entender una variada fenomenología de ondas y electrones de sólidos. Todo esto resulta un

tanto abstruso para los graduados en otras disciplinas, pero no creemos exagerar si decimos –y esto ya se entiende mejor– que Federico García Moliner ha sido el introductor en España de la Física del Estado Sólido y el creador de la Escuela Española de la Física del Estado Sólido.

La Física de la materia condensada o del estado sólido estudia las propiedades de esta a partir de sus átomos y electrones. “Esto es ciencia básica pero también aplicada”, otra vez según el físico Fernández Rañada “porque todos los dispositivos electrónicos que hay ahora, entre ellos los de la comunicación, dependen de materiales sólidos, por lo que se trata de una investigación muy importante desde el punto de vista tecnológico y económico”. Muchos de los elementos esenciales de los aparatos electrónicos, desde la televisión a las calculadoras y ordenadores o los fotómetros, están basados en el comportamiento de los electrones dentro de los sólidos.

Sus relevantes trabajos en disciplinas de tanta importancia y de tanta consecuencia práctica le granjearon, en 1992, el premio Príncipe de Asturias en Investigación Científica y Técnica. Integraban el jurado entre otros Severo Ochoa, Fernández Rañada, Grande Covián, Juan Oró y Julio Rodríguez Villanueva. Es miembro fundador del Comité de Materia Condensada, del Centro Internacional de Física Teórica que las Naciones Unidas crearon en Trieste. Tiene la Medalla de la Real Sociedad Española de Física, y es Socio de Honor de la misma. Es Doctor “Honoris Causa” por la Universidad de Lille I... No quiero seguir –y podría todavía un buen rato– porque estoy seguro de que a Federico le gustará más que emplee el escaso tiempo en recordar los científicos que han querido enriquecerse con sus ideas y experiencias y que él mismo se ha encargado de traer y aposentar en un espléndido ejercicio de solidaridad. De Francia, de Alemania, de Polonia, de Eslovaquia, de Méjico han venido a su vera gracias a sus desvelos, pero él recuerda sobre todo, porque eran más necesitados y muy concienzudos, a los cubanos. Cuando escribas a Rolando dile que le hemos recordado.

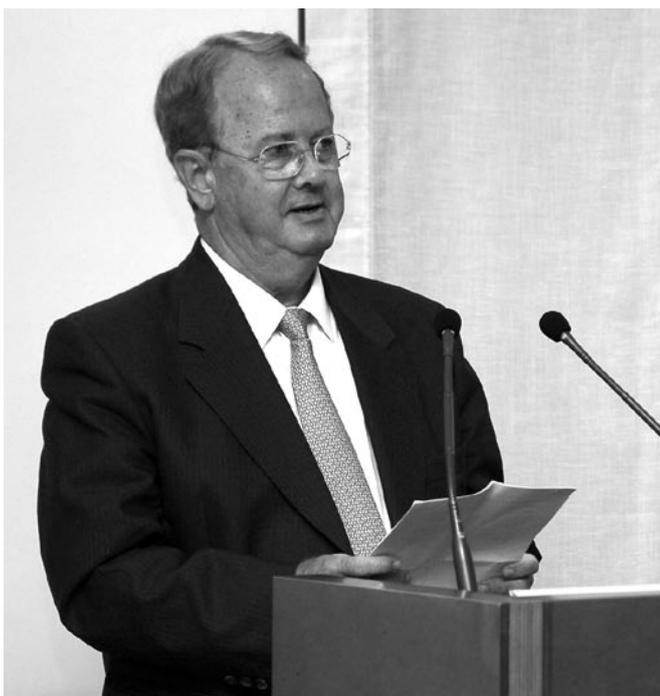
Jesús Martín Tejedor

Placa de Honor 2008 concedida a Manuel Moreno Cervera

Entre los especímenes más graves, responsables y sesudos de nuestra estirpe hispana es frecuente la queja o la autoinculpación de que los españoles somos unos tipos excesivamente improvisadores, ligeros, superficiales, poco sistemáticos, más dados al impulso que a la reflexión y no desprovistos de una capacidad creativa que obedece a inspiraciones espontáneas más que a preparaciones concienzudas. Estamos, además, en una Europa donde no faltan pueblos como los alemanes o los suizos, cuya imagen colectiva es la antítesis de este catálogo de achaques hispanos que acabamos de enumerar. Pues bien, esta placa de honor a don Manuel Moreno Cervera nos produce una

satisfacción especialísima y un secreto regodeo porque viene a responder y contradecir a aquellos de nuestros compatriotas que se sienten europeos de segunda o que, en todo caso, echan de menos un mayor fuste humano en su genio colectivo.

Esta placa de honor que dedicamos a don Manuel Moreno Cervera va dedicada en realidad a los ingenieros españoles de obra pública que están a la cabeza del mundo desde hace mucho tiempo y cuya excelencia sólo es conocida y reconocida por escasos españoles. ¿Y qué tiene que ver esto con mis anteriores palabras? Tiene que ver y mucho, porque cuando se conoce el *modus operandi* en una obra pública, especialmente en las de ubicación subterránea, se comprende que el genio creativo, rápido, improvisador e intuitivo del hispano dota de una relevancia especial al ingeniero español, sin perjuicio de que sus conocimientos científicos y facultativos sean, por otra parte, tan doctos y concienzudos como los del país más desarrollado. Echegaray, Torres Quevedo y Torroja, jalonan una tradición de aportaciones teóricas a la ingeniería civil que hace de nuestra patria lugar de peregrinación de extranjeros, europeos, norteamericanos, y asiáticos, que se llegan a nosotros interesados en el rastro de Torroja. Pero más que a esta excelencia teórica - aunque dándola por supuesta - se ha de atribuir la fama de nuestros ingenieros civiles a ese aparejo temperamental que les permite afrontar la dirección de obra, con atrevimiento, con riesgo, con prontitud en la respuesta, con certera improvisación. Siguen así apareciendo nombres destacados en nuestra ingeniería de obra pública, como Javier Manterola Armisén, genial diseñador y realizador de puentes grandiosos, Ramón Iribarren, constructor de puertos y Manuel Moreno Cervera cuyo nombre irá vinculado a los túneles del Ave en la sierra de Guadarrama para unir Madrid con Valladolid.



Manuel Moreno Cervera

Y es que los túneles de Guadarrama cuya realización dirigió y coordinó Manuel Moreno Cervera es la obra de ingeniería civil más grande de las que se han hecho en España. Como túnel es el quinto más largo del mundo, y el cuarto de Europa tras el Lötschberg. Son casi 29 kilómetros excavados en rocas ígneas, metamórficas, gneisses, y granitos con importantes problemas de tectonismo. Un cuidado exquisito con la ecología y la propia altura de la sierra impidió en gran parte del futuro recorrido hacer en el subsuelo rocoso calas verticales que anticiparan el conocimiento de las masas con las que habría de toparse la tuneladora. Hubo que penetrar en la montaña con un conocimiento genérico de sus componentes tectónicos y, como cabía suponer, surgieron situaciones conflictivas de suma gravedad como la falla de Valparaíso donde la tuneladora se hundió 1,90 metros porque el terreno cedía a lo largo de 220 metros, la falla de la Carrascosa, la falla de la Angostura y la falla de la Umbría tan reluctantante que hubo de cambiarse el trazado del proyecto para rodear un componente del cretácico.

Las tuneladoras eran una fuente diaria de tensiones y complicaciones. Se trajeron dos Herrenknecht y dos Wirth de manera que la doble boca de cada extremo tuviera uno y otro modelo. En todo caso ambos modelos tenían un escudo de ataque superior a 8 metros de diámetro y las tuneladoras de esas dimensiones, que habían empezado a implementarse a partir de 1995, todavía presentaban incógnitas y sorpresas en el año 2001 en que comenzó la obra de Guadarrama. La dureza y la abrasividad de estas rocas planteaban el desgaste rápido del filo de los discos cortadores, o su bloqueo por calentamiento del aceite de sus rodamientos. Al quedar parado un disco cambiaba la distribución del empuje o presión sobre los demás cortadores y esta alteración podía paralizar la totalidad de la máquina. Estas y otras eventualidades problemáticas eran el albur de cada día, pero sus soluciones a cargo de estos ingenieros creativos y resolutivos no sólo permitieron seguir adelante cada día, sino que establecieron modificaciones en la geometría de movimientos de los discos de corte o alumbraron sistemas de refrigeración que vinieron a desarrollar y perfeccionar con valioso aporte el propio modelo con el que operaban. Esto es sólo un ejemplo de la constante aventura en la que se trabajaba y he querido mencionarlo aquí para que se comprenda por qué los ingenieros de caminos españoles, pertenecientes a este pueblo que pasa por improvisador y rápido en sus decisiones, son de lo mejor que tiene la profesión en el mundo.

Como ejecutoria profesional, y teniendo en cuenta la dureza y abrasividad de la roca en que se operaba, la obra fue un éxito que quizá podríamos calificar de espectacular. Se avanzó a ritmo de más de 16 metros por día y de 971 metros cada 30 días, o sea casi un kilómetro al mes. La totalidad de la obra llevó un tiempo de 32 meses. Se extrajeron 4 millones de metros cúbicos de roca. Trabajaron más de 4.000 personas. Y en mayo de 2005 estaba terminada la obra. Cada 250 metros hay galerías transversales que comunican los dos túneles. En el centro del trazado se ha construido un área de emergencia de 500 metros de longitud. Y es abrumador el aparataje para el

suministro eléctrico, ventilación, aireación, y calidad del aire, detección de accidentes, radiocomunicación interior, telefonía interior, megafonía en galerías transversales, detección y extinción de incendios, detección de sismos, sistema automático de gestión inteligente, y todos estos sistemas controlados con telemando desde las estaciones de Chamartín y Segovia.

Esta es la obra cumbre de este madrileño, bachiller por los marianistas del Pilar, miembro de una estirpe de ingenieros de caminos, los Moreno, y de otra de marinos, los Cervera, en la que brilla, desde la postrer historia de la presencia de España en América, el nombre del almirante Cervera.

Terminado en 1964 su doctorado en Ingeniería de Caminos Canales y Puertos (a Don Manuel le gusta mencionar su título con todas las letras, aunque él haya resultado, a mi juicio, el rey de los túneles) empezó a trabajar como ingeniero jefe de obra en Entrecanales y Tavora. En 1968 y hasta 1974 pasó a Valconsa como jefe de obra del edificio singular Torre de Valencia, quizá su primer trabajo a lo grande y con especial responsabilidad. En 1974 ingresó en la Administración como Ingeniero Jefe de Servicio en la Subdirección General de Infraestructuras Ferroviarias del Ministerio de Fomento. A los doce años empieza su contacto con la futura Alta Velocidad al pasar a Director de Obra de la Construcción de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Frontera Francesa para el tramo Calatayud-Ricla. Y en 2000 es Administrador de Infraestructuras ferroviarias de las obras que actualmente lleva el ADIF, ente empresarial estatal, con el encargo de la línea de Alta Velocidad Madrid-Valladolid, en el tramo Soto del Real-Segovia-Valdecastillas. Dentro de este tramo entraban los túneles de Guadarrama.

Estos son sus puntos de referencia profesionales o sus anclajes estables por así decirlo, pero entremedio hay una formidable relación de obras ferroviarias que es imposible enumerar aquí: 8 remodelaciones de estaciones de Metro en Madrid; renovaciones de vía en 5 líneas del Metro de Madrid, en la línea Puerto de Santa María-Sanlúcar; consolidaciones de terreno en el complejo estacional de Alonso Martínez de Madrid y 5 consolidaciones de infraestructuras en el ferrocarril de las cercanías de Bilbao; 6 estaciones de autobuses en distantes lugares de España; 5 obras en la estación de Sta. Justa de Sevilla al construirse el Ave; 10 túneles en la Alta Velocidad Madrid-Zaragoza; en la misma línea de Madrid-Valladolid los túneles de La Fuentecilla y Tabladillo; 10 supresiones de paso a nivel en el Oeste, Centro y Sur de España. Con especial cariño menciona él sus tres obras del Ave Madrid-Sevilla en Córdoba: las excavaciones previas con implicaciones arqueológicas, el soterramiento de la vía en la estación, y la construcción de la estación. Aunque les parezca mentira, todavía dejo sin mencionar la friolera de 62 intervenciones de proyecto o de obra que es imposible traer aquí.

Esta es la obra del hombre en quien vemos representada la ingeniería civil española. Su obra de los túneles del Guadarrama no es sólo meritoria por su grandeza, dureza y abrasividad, sino porque es una formidable intervención en la obra del

Creador, convirtiendo en un solo espacio geográfico las dos mesetas hasta hace poco separadas por el Sistema Central. Y ya que los túneles del Guadarrama han sido los desencadenantes de este homenaje nos parece justo y congruente mencionar a quienes le han secundado: Javier del Barrio y Antonio Muñoz en los tramos del Sur y Enrique Torres, Pedro Gómez Escribano, Joaquín Roura y Ricardo Ferreras en los del Norte. Tampoco podemos olvidar a José Antonio Cobreros Aranguen, director de línea, a Rafael López Palomar que fue el antecesor de Moreno Cervera y comenzó la dirección de las obras, a José Miguel Fernández de Castro, coordinador de asistencias técnicas y a los directores de obra Manuel Herrera y Carlos Conde. Todos estos sí hacen España.

Jesús Martín Tejedor

Placa de Honor 2008 concedida a Juan Pérez Mercader



Juan Pérez Mercader

Sin llegar a ser profesionales de la psicología o especialistas en tipología humana, todos tenemos la intuición de que en el aparejo temperamental y mental de cada individuo humano hay notas dominantes o predominantes que determinan la personalidad en un sentido, al tiempo que excluyen el sentido contrario. Así decimos de uno que es todo cerebro, con tendencia a ser frío y calculador, y de otro decimos que es todo corazón. En lo intelectual advertimos que hay talentos analíticos, que pueden –por así decirlo– diseccionar ordenadamente un enunciado o un conjunto de enunciados; y hay un talento sintético que puede resumir en una sola expresión una situación compleja o intuir de una forma global un nuevo campo de la realidad. Algunos tienden fundamentalmente a pensar, otros consideran vano todo lo que no sea “hacer”. Está el tipo serio y

más bien callado, y está el tipo cómico o festivo y extrovertido. Aunque puede haber humoristas serios que son un intermedio entre los dos anteriores.

Traemos todo esto a colación porque lo más notable de la personalidad de Don Juan Pérez Mercader o de Juanito Pérez Mercader es una portentosa mezcla de contrarios. Es analítico y es creador y sintético; es un cerebro y es un amigo entrañable; es pavorosamente serio en la administración de su tiempo y en el uso ético de su vida; y es lo más desenfadado, desinhibido, alegre, cachondo (con perdón) y un "boquita de piñón" en la relación personal; penetra hasta perderse de vista en los más remotos arcanos del Universo, y luego divulga sus hallazgos de forma que le entiende hasta un analfabeto. He dicho antes Don Juan y Juanito, porque entre los dos agotan todo lo humano. El vive mucho en Marte, como veremos, y por eso se me ocurre imaginar que si un día mandaran a un marciano a la Tierra para enterarse de cómo es el hombre, bastaría con enseñarle a Pérez Mercader y decirle: "ya puede Vd. volverse, ya ha visto todo". Juan lleva asuntos que, si terminan con bien, pudieran reportarle un premio Nobel; por ejemplo, el tema del origen de la vida a partir de la materia. ¿Qué curiosidad tengo por saber cómo sería su comparecencia en Estocolmo! ¿Se tocaría con un castoreño andaluz, recordando a García Márquez en parigual circunstancia? ¿Se limitaría a una súbita cuchufleta? Ojalá lo sepamos algún día para gloria de España.

Siempre he creído que Juan era onubense por sus referencias en la conversación. Por eso me extrañó que hace dos años le nombraran nada menos que Hijo Predilecto de la Provincia de Sevilla. Error mío. Juan nació en la localidad sevillana de Alcalá de Guadaíra el año 1947, pero hasta los 18 años vivió en Huelva. Volvió a Sevilla para hacer la carrera de Ciencias Físicas, pero no paró ahí su andadura estudiantil. Al terminar su carrera fue a Dublín para hacer un Master of Science in Mathematics and Theoretical Physics en el Trinity College, y concluido éste saltó el Atlántico para hacer un Master of Philosophy por la City University of New York, seguido de un doctorado en Física Teórica por el City College of New York que fue convalidado en Madrid por la Complutense.

En 1980-1982 lo tenemos ya en Baton Rouge como Investigador Asociado Post-doctoral en la Universidad del Estado de Luisiana. Y en el primero de estos dos años publica ya, nada menos que en la revista *Physical Review*, la más importante del mundo en Física, su trabajo sobre la Nueva Renormalización que explica nuevos fenómenos y fenómenos de auto-organización del Universo. Al año siguiente, en la misma revista, publica un trabajo donde predice la desintegración del protón. Esto lo hace en la sufreña Luisiana, pero científicamente se sitúa ya para toda su vida en pleno "territorio comanche", porque Pérez Mercader trabajará siempre en las cuestiones más difíciles, actuales y debatidas de la Física de nuestro tiempo. El año 1983 está en Nuevo Méjico, es decir, en el Laboratorio Nacional de Los Álamos, donde nacieron las bombas atómicas. Al año siguiente vino a España para hacerse un lugar entre los suyos, pero volverá a vincularse con Los Álamos en 1990 y en eso está hasta nuestros días.

Resulta imposible referenciar cabalmente sus numerosos e importantísimos trabajos sobre supercuerdas, sobre el problema de la constante cosmológica, sobre la materia oscura, sobre los orígenes físicos de la irreversibilidad del tiempo, sobre aspectos teóricos y experimentales de la teoría general de la gravitación, sobre el origen de las leyes de escala en astrofísica, geología y biología, etc.etc. Son más de un centenar de trabajos originales publicados en las más prestigiosas revistas internacionales, como *Science*, *Physical Review*, *Physical Review Letters*, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, *Nuclear Physics B*, etc.

Parecía un niño malo que siempre va a donde hay jaleos y pedradas, porque Pérez Mercader se ha venido metiendo en las cuestiones físicas más arduas y acuciantes de la actualidad. Pero andando el tiempo hemos visto que sus objetos de atención cambiaban hacia la biología. No se trata de un capricho ni de una derivación desacorde con su anterior dedicación. Lo que sucede es que desde 1996 (más o menos) investiga intensamente en las bases teórico-experimentales necesarias para establecer un puente entre el Big-Bang y la vida que nos permita comprender los eventos que han tenido lugar en la evolución del Universo y que han desembocado en la aparición de la vida en el planeta Tierra. Dicho de manera más desenfadada, trata de saber si la vida es una consecuencia de la evolución del Universo. La inevitable referencia a Darwin debe ser matizada, entre otras cosas, porque Pérez Mercader se remonta mucho más arriba que Darwin, quien al fin y al cabo parte del hecho de la vida, y en cambio queda más corto que Teilhard de Chardin en cuanto que se detiene en la vida sin fijarse en el Hombre como culminación de la vida según propone el jesuita francés.

A esta preocupación por la vida debe Juan la más importante de sus realizaciones visibles: la creación del Centro de Astrobiología (Centro Mixto del INTA y del CSIC) en asociación con el NASA Astrobiology Institute. Es un edificio de 10.000 metros cuadrados que alberga a más de 100 científicos e ingenieros dedicados a una tarea interdisciplinar desde la Robótica y las Telecomunicaciones hasta la Biología y la Ecología. Para el Nacional Research Council de Estados Unidos el Centro de Astrobiología español "es un modelo de lo que ha de ser un Centro de Astrobiología real". Desde su creación en 1999 ha colocado a España entre las tres primeras potencias mundiales en esta área de ciencia básica y de tecnología. Y a este Centro se debe en buena parte que haya empezado a revolucionarse la forma en la que se hace búsqueda de vida en la exploración planetaria. Porque en realidad es el concepto de vida el que se viene modulando especialmente en lo que se refiere al oxígeno. Sus investigaciones en Rio Tinto, en las que ha participado la NASA, muestran la existencia de una rica biodiversidad microscópica que desde hace 500.000 años se alimentan de metales pesados y no dependen del oxígeno. Son los supuestos con los que se busca vida en las exploraciones de Marte.

Pérez Mercader es un científico mundialmente reconocido: premio de la Gravity Research Foundation, de Massachussets;

Cruz del Mérito Aeronáutico, del Ministerio de Defensa de España; Gran Cruz del Mérito Aeronáutico, concedida por el Rey de España; NASA Distinguished Public Service Medal, la más alta distinción de la NASA; elegido por la European Physical Society y la Swiss National Academy of Sciences para impartir una de las dos lecciones conmemorativas del "Centenario de las Publicaciones de Einstein en Berna"; Académico de la European Academy of Arts and Sciences; Académico de la International Academy of Astronautics y otros que tenemos que omitir por falta de espacio.

Pérez Mercader ha dado su nombre al Centro de Formación Municipal de La Rinconada (Sevilla), al Instituto de Enseñanza Secundaria de Corrales (Huelva), y a la Escuela-Taller de Alcalá de Guadaíra. Además es Medalla de Oro de Andalucía, Doctor Honoris Causa de la Universidad de Huelva, Medalla de Plata de la Ciudad de Huelva, Hijo Adoptivo de La Rinconada, Medalla de Oro de la ciudad de Sevilla... ¡Qué grande debes de ser, querido Juan, cuando la connatural envidia de tus connaturales es mucho menor que el afán de poseerte !

Jesús Martín Tejedor

Placa de Honor 2008 concedida a la empresa Talgo

TALGO va a dar a la industria española del ferrocarril un tren puntero capaz de competir en la Alta Velocidad mundial e incluso de liderarla. Tiene como nombre AVRIL, que es el acrónimo de Alta Velocidad Rueda Independiente Ligero. Va a ser el más rápido del mundo. Con sus 380 kilómetros hora aventajará en 20 kilómetros al AGV de la firma ALSTOM. En la actualidad el tren más veloz es el SIEMENS S103 de RENFE



José Luis López Gómez de TALGO

que está homologado para circular a 350 kilómetros hora aunque en España no pasa de 300 por la limitación de sus vías e instalaciones ferroviarias.

El AVRIL no tendrá máquina tractora. Llevará sus motores distribuidos por el 42 % de los ejes de las ruedas. Al evitar el tirón del motor delantero o el empujón del motor trasero se quitan tensiones en la estructura interna y se da suavidad y armonía a los movimientos. Sus coches serán bajos y tendrán el piso de entrada y salida a la misma altura que el andén de las estaciones. Esto hará más expedita y rápida la entrada y salida de viajeros y se ganará tiempo en las paradas.

TALGO quiere superar la capacidad viajera de la serie TALGO 102. Va a pasar de 310 plazas a 470 en el formato normal, pero podrá llegar a los 540 viajeros en la versión llamada "alta capacidad". Tendrá un ahorro de energía notable al aligerar el peso que pasará de 322 toneladas a 287. Consumirá un 7% menos por kilómetro lo que traducido a energía por viajero da una reducción del 31 % del consumo energético. Podrá fabricarse en diesel o en híbrido.

El proyecto tiene sorpresas en el diseño de interiores y va a modificar apreciablemente la forma de Pato en el comienzo de la composición, dándole mayor penetración en el aire y haciendo más ostensible la referencia zoológica, porque los focos delanteros sugieren al primer golpe de vista los ojos del anátido. El recuerdo de Walt Disney se hace presente y envuelve la cabeza de la composición en un simpático aire de Pato Donald. No nos extrañaría que el público se apresure a llamarle Donald tan pronto como vean el AVRIL. Su versatilidad geográfica va a ser suma, porque podrá adaptarse a cualquier ancho de vía.

Con este proyecto en estado avanzado TALGO sale al paso de una limitación que ha podido restarle venta: su aforo relativamente pequeño. Los compradores de trenes dan especial importancia a la capacidad viajera y al ahorro de energía, cualidades ambas que caracterizan al AVRIL y son quizá, junto con la equiparación de alturas entre las puertas y los andenes, los señuelos más vivaces para salir a la competencia.

La competencia es dura y poderosa. Lo ha sido siempre desde que Goicoechea y Oriol pusieron en marcha una nueva concepción del tren que es cabalmente la que terminaría por hacer posible la Alta Velocidad en el mundo. Siemens, East Japan Rail, Korail, Caf Siemens, Alstom, Bombardier, etc., constituyen empresas con una capacidad patrimonial y financiera algunas de ellas muy superior a la de los propietarios de TALGO. La excelencia de TALGO se ha basado siempre en su acometividad tecnológica y en un particular espíritu de riesgo y valentía que, como enseguida veremos, viene de sus fundadores. Poco debe TALGO a la política por no decir más bien nada, cosa que no pueden decir algunos de sus más poderosos competidores que se han beneficiado de avenencias interestatales o de compensaciones por dramáticos favores.

En efecto, desde sus comienzos en la década del 40 y principios del 50, cuando TALGO sorprende al mundo con el tren articulado ligero, la empresa ha venido marcando unos jalones que nos place recordar ahora a falta de una relación completa de sus progresos que requeriría un tiempo del que carecemos.

En 1968 TALGO sorprende con el sistema RD que permite cambiar la distancia entre ruedas para acomodarse a otro ancho de vías. La consecuencia más inmediata es que se puede estrenar el viaje Madrid-París sin transbordo. En 1980 aparece el TALGO pendular que consigue la basculación de las cajas por una inclinación natural que aprovecha la inercia del coche en las curvas. También en 1980 se introduce el sistema de amortiguación entre cajas que permite a un coche neutralizar un movimiento irregular del coche vecino mediante una amortiguación hidráulica telescópica. En el año 2000 se hace el TALGO XXI con lanzaderas de Alta Velocidad de tracción integrada en cabeza y cola o sea sin tractora visible y con ancho de ejes variable. En el mismo año el TALGO 350 y el tren de Alta Velocidad TALGO 250 con sistema RD o sea de cambio de ancho de ruedas. Finalmente cabe reseñar la locomotora TRAVCA de Alta Velocidad y cambio de ancho cuyo nombre es el acrónimo de Tren Regional de Alta Velocidad, que incorpora el ancho variable de ejes a una unidad motora. Se hace compatible, y ese es su mérito, la Alta Velocidad con el cambio de distancia entre ruedas.

La empresa TALGO que hoy queremos distinguir con nuestro modesto galardón se ha acreditado como un permanente dinamismo de creatividad y de originalidad. Y si ello es así se debe a dos hombres que desde el principio, en 1942, le imprimieron una manera de ser, de pensar y de sentir que dura hasta en nuestros días. Son Alejandro Goicoechea Omar y José Luis Oriol Urigüen. El primero es un ejemplo para los investigadores y tecnólogos de nuestros días; el segundo es un ejemplo para nuestros empresarios. El asunto es de la máxima actualidad. La Ministra Cristina Garmendia está desarrollando todo un pensamiento para cambiar la economía financiera española por una economía real. Se trata de situar en su papel a los catedráticos, a los científicos y a los empresarios para que entre todos transformemos el sistema productivo. A los científicos e investigadores les pide originalidad y audacia, a los empresarios les pide ser capaces de creer en la ciencia y arriesgar su dinero. Goicoechea y Oriol son de máxima actualidad en el sentido que apuntamos. Yo quisiera insistir más en Oriol, en su formidable valor humano y en su capacidad de creer, cuando todos sus asesores le desaconsejaron prestar oídos al proyecto de Goicoechea. El tuvo intuición, claridad y personalidad para ver el proyecto, juzgarlo con juicio propio, creérselo y arriesgar su patrimonio.

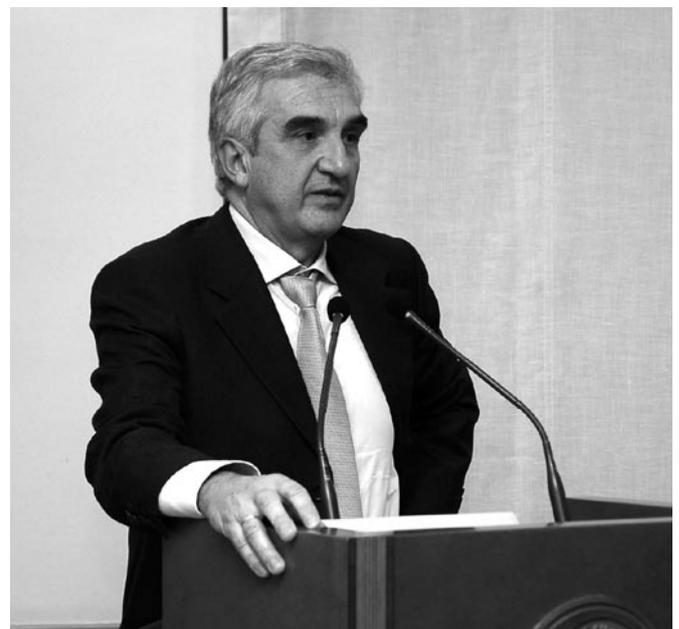
Quiero insistir en esta idea del riesgo patrimonial porque en España ha habido una curiosa percepción de los Oriol. El hecho de que José Luis Oriol creara una espléndida fundación para becar estudiantes, o construyera el Cerro de los Ángeles o levantara conventos carmelitanos le constituyó en una especie de Crespo, poco menos que dueño de este país, cuando todo su

esplendor patrimonial se debía a la generosidad y a la responsabilidad social que otros más ricos que él no tuvieron. En este contexto su apoyo a Goicoechea y su interés por el TALGO se toma casi como un capricho de rico o como una peculiaridad de carácter en todo caso incapaz de perturbarle el sueño. La realidad es que todo esto fue para él un verdadero quebradero de cabeza y que en cierto momento, para poder financiar el proyecto TALGO, estuvo pensando hasta en vender su enorme y preciosa finca de El Plantío, donde vivía él y su familia. Hoy lleva la tecnología de la empresa un jubilado de la misma, don José Luis López Gómez quien no ha querido retirarse porque siempre se ha sentido en TALGO como continuador de aquella patriótica aventura. Y es que don Alejandro y don José Luis no sólo crearon una empresa, sino un espíritu y una cultura. El mismo espíritu se ve también en su actual presidente Carlos de Palacio Oriol. Y decía antes lo de patriótica aventura, porque pocas cosas han dado tanto prestigio a España como el tren TALGO.

Jesús Martín Tejedor

Placa de Honor 2008 concedida a la empresa TOLSA

Con esta importante empresa madrileña nos sucede algo verdaderamente curioso. En realidad tendríamos que ofrecerles dos Placas de Honor. No es una cuestión cualitativa como si quisiéramos insinuar que el compromiso empresarial de TOLSA con la ciencia y la tecnología es doblemente superior en intensidad al de las demás empresas que aquí hemos venido distinguiendo. Sucede que TOLSA, junto a sus intereses empresariales, que responden como en todas las empresas al afán de lucro, se ha visto invitada a colaborar en la investigación académica y paleontológica de los fósiles que han puesto al descubierto sus movimientos de arcillas. En sus yacimientos de Cerro Ba-



Antonio Alvarez Berenguer (Director de I+D de TOLSA)

tallones, de Torrejón de Velasco y en el Cerro Almodóvar, de Vallecas, se han descubierto fósiles que convierten al Madrid del Mioceno, o sea, de hace nueve millones de años, en un verdadero paraíso cinegético y en una tierra subsahariana llena de plantas tropicales y de múltiples y amenos arroyuelos. Mastodontes, jirafas de cuello corto, cebras, rinocerontes sin cuernos, tigres con dientes de sable, osos, tortugas, caballos salvajes, hienas, cánidos, cabras, una especie de panda rojo, martas, mofetas etc.etc. Sabemos que en esos tiempos no había hombres sobre la Tierra. De otro modo pensaríamos que fue entonces cuando se inventó aquello de: “de Madrid al Cielo”.

Pues bien, la empresa TOLSA no se ha desentendido del aspecto académico que presentan sus yacimientos y participa en la financiación de esta clase de excavaciones junto con la Comunidad Autónoma de Madrid y con el Ministerio de Ciencia e Innovación. Intervienen también paleontólogos y geólogos del Museo Nacional de Ciencias Naturales del CSIC, de la Complutense de Madrid, de las Universidades de Zaragoza y Valencia, del Museo Nacional de Historia Natural de París, de la Universidad de Cambridge, de la John Moores de Liverpool y del Museo Nacional de Historia Natural de Leiden. Y con los alumnos de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente organiza visitas muy detalladas a la empresa e imparte cursos sobre las materias relacionadas con los yacimientos. Y estamos en España, no en Norteamérica. ¿Sólo esto no merece ya una Placa de Honor con independencia de su actividad empresarial?

Pasemos pues a la TOLSA empresarial y comprometida con la Ciencia, la Tecnología y la Innovación a efectos productivos y lucrativos como corresponde a toda empresa normal. Hablemos, pues, de la otra Placa. TOLSA se constituyó en 1957 con la instalación de su primera factoría en Toledo para extraer y tratar minerales no metálicos. En 1970 TOLSA adquirió la explotación de Silicatos Anglo-Españoles que tenían en Vallecas el mayor yacimiento de sepiolitas del mundo. En 1976 se construye la fábrica de Madrid para el tratamiento de sepiolita, silicato de magnesio hidratado, y de la atapulgita, silicato aluminico y también de magnesio hidratado. Pero la expansión continúa, y en 1986 se crea la filial de Francia, en 1987 la de Bélgica, en 1990 la de Italia, en 2001 la de Argentina, aunque entre medio se ha adquirido una empresa ya constituida en Inglaterra (1996), otra en Senegal (1988) y otra en Holanda en 2002. Además se adquieren yacimientos en Marruecos (1999) que vienen a sumarse a otros en América del Sur y en Europa. Nuevamente quiero recordarles que estamos hablando de una empresa española que es claramente una importante multinacional. ¿Cómo se explica este formidable y rápido crecimiento?

Para nosotros no caben dudas. A los dos años de comprar Cerro Almodóvar, en las proximidades de Vallecas, en 1972, TOLSA creó un Departamento de I+D. En esos años no se hablaba de I+D en general, y pocas empresas se ocupaban de lo que hoy en día expresamos con la grafía I+D. Su investigación es tan intencionada y pragmática que el Departamento de I+D está organizado por áreas que se corresponden con las líneas

de negocio de la empresa: a) productos de consumo, b) productos técnico industriales, c) Alimentación animal, d) servicios analíticos, y e) investigación aplicada.

A propósito de su investigación científica y tecnológica no podemos pasar por alto la rica y multiforme colaboración tanto para investigaciones básicas como aplicadas que TOLSA ha tenido con los centros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Instituto de Cerámica y Vidrio, Instituto de Ciencia de Materiales de Cantoblanco, Instituto de Polímeros aquí cercano, Instituto de Catálisis, ahora en Cantoblanco, etc. Estas investigaciones han dado lugar a numerosas patentes y a muchos artículos de revistas sumamente prestigiosas. De ellas han salido productos para cerámicas avanzadas, y procesos de activación de los minerales que obtiene Tolsa para obtener geopolímeros, productos muy prometedores que pueden ser los cementos del futuro, o también materiales compuestos que se obtienen haciendo reaccionar estos minerales inorgánicos con compuestos orgánicos...

Estas investigaciones – si se me permite – de rabiosa actualidad demuestran que si se hacen las cosas bien se puede llegar al primer plano mundial. Entendemos por hacer las cosas bien no sólo la estrecha cooperación con las entidades científicas y de investigación, sino el realismo y el sentido común para inventar, en primer lugar, como ha hecho TOLSA, los recursos naturales del país. En esta península Ibérica, extenuada en sus recursos mineros y naturales desde la antigua Roma, existían todavía minerales con los que se hacían, por ejemplo, los jaboncillos de sastrerías con los que nuestras madres marcaban sus costuras, y con los que había fabricado una finísima porcelana “genuinamente española” la antigua Real Fábrica de Porcelana del Retiro, la que destruyeron las tropas de Wellington durante la invasión napoleónica. TOLSA reexaminó estos materiales, consciente de que la investigación científica de nuestro tiempo puede descubrir nuevas virtualidades en lo que ha venido siendo desechado o desatendido. El resultado ya lo hemos visto: una formidable multinacional cuyas bases estaban ahí, a las puertas de Madrid. Qué bien ha ponderado esto que decimos la revista del CDTI que ha sacado un artículo titulado: “TOLSA una mina de ideas”.

Estas ideas pueden ser aparentemente vulgares como la fabricación de camas para perros y gatos con la que empezó la empresa, utilizando la capacidad de absorción de sus minerales para eliminar los olores de las mascotas. O puede referirse a productos poco visibles como los aditivos de efectos reológicos para controlar los flujos y deformaciones de la materia en los hormigones, los espesantes, suspensionantes, mejoradores de la trabajabilidad de morteros, yesos, hormigones, etc. Esta mina de ideas que es TOLSA, en el fondo es una nueva visión de la realidad que tenemos delante y no apreciamos. La I+D utilizada como lo hace TOLSA nos lleva a interesantes descubrimientos sin tener que embarcarnos en ninguna carabela.

Jesús Martín Tejedor

Visión global, respuesta global



A330 MRTT: La Referencia.



C-295 USCG: La referencia para la Vigilancia Marítima y seguridad Nacional.



A400M: El transporte polivalente.

Damos respuesta a los nuevos requerimientos del mercado con soluciones innovadoras y competitivas. Sofisticados Sistemas de Misión imprescindibles para la Vigilancia Marítima y Seguridad Nacional, la más completa gama de aviones de transporte táctico y logístico, o aviones multimisión (Multi Role Tanker Transport). Hoy en día Airbus Military actúa globalmente con productos que ofrecen la mayor efectividad con la última tecnología.

 **AIRBUS MILITARY**