

EDITORIAL

En este nuevo número de nuestra revista *Acta Científica y Tecnológica* presentamos varios artículos que te permitirán apreciar el buen quehacer de la investigación, el desarrollo y la innovación (I + D + i) en España, incluso a pesar de las limitaciones burocráticas y presupuestarias que se han agravado en los diez años largos de crisis. Encontrarás dos ejemplos de campos bien distintos, la tecnología aeroespacial y la biotecnología vegetal, así como un interesante estudio, parte de una Tesis Doctoral, sobre el “derecho fundamental a la investigación”, que ojalá llegara a todos nuestros políticos. Y, un año más, las reseñas al acto más entrañable de nuestra asociación: la entrega de las placas de honor de la AEC-2018. Juzga con estos ejemplos la vitalidad de nuestro “ecosistema de I + D + i”.

Como comenté en la presentación del acto, las placas de honor quieren poner de manifiesto el esfuerzo y el talento dedicado en España a la generación de conocimiento, a la difusión del mismo y a su aplicación en beneficio de la sociedad. En este editorial me gustaría resaltar una derivada más de estos reconocimientos que, no me cansaré de repetir, solo constituyen una mínima parte de los que estarían más que merecidos. Los perfiles de los galardonados muestran que los investigadores, poco a poco, van asumiendo actividades de responsabilidad social, no restringiéndose a la generación del conocimiento, materia prima para todas esas actividades. Participan en la difusión y divulgación de dicho conocimiento, tanto a título personal como colaborando con medios como, por ejemplo, el premiado este año. También se implican en el desarrollo de productos y servicios para resolver necesidades de la sociedad que nos financia, incluso asumiendo en ocasiones tareas de gestión y dirección empresarial; no se conforman con ser un mero, aunque esencial, asesor científico. Están abiertos a satisfacer la curiosidad, incluso la a veces imperiosa, de las asociaciones de pacientes y del público en general. O dedican buena parte de su tiempo a estimular y formar a los más jóvenes en capacitaciones esenciales para su futuro, no solo profesional sino también personal. Unas actividades que ¡por fin! han sido reconocidas por nuestras autoridades con la institución de un “sexenio de transferencia”, un pequeño reconocimiento económico a aquellos investigadores que personalmente acercan su conocimiento a la sociedad.

Más recientemente hemos sido conscientes de la necesidad de adquirir también protagonismo en el establecimiento de políticas científicas. En el año 2003 se fundó la COSCE (Confederación Española de Sociedades Científicas), en cuyos estatutos¹ podrás ver las firmas de Alfredo Tiemblo y Enrique Ruiz-Ayúcar, aún miembros a día de hoy de la Asociación Española de Científicos y de su Consejo Rector. La COSCE, desde su fundación, ha sido muy consciente de la necesidad de analizar y criticar constructivamente las acciones de política científica de gobiernos de uno u otro signo, así como de realizar recomendaciones, tal como ha hecho en sus proyectos CRECE y DECIDES. También ha sido pionera en establecer contactos con miembros del parlamento. En estos últimos años se han multiplicado las iniciativas similares por parte de científicos más o menos jóvenes, fundaciones, intermediarios, etc. Bienvenidas sean siempre que no pretendan suplantar el protagonismo que los propios investigadores hemos ido ganando y debemos mantener en todas las acciones de responsabilidad social. En conjunción con otros profesionales, que complementen nuestra formación, los científicos debemos ser protagonistas de la transmisión del conocimiento a la sociedad de múltiples maneras, así como de la defensa ante los representantes del pueblo español de las directrices de política científica. Por ello, suscribo la aseveración “sobran *influencers* y faltan referentes”, surgida de controversia sobre la exposición sobre Leonardo da Vinci². Seamos referentes y protagonistas del desarrollo de la sociedad basada en el conocimiento y en el pensamiento crítico, y no en la posverdad y las *fake news*.

¹ <https://www.cosce.org/estatutos/>

² https://elpais.com/cultura/2018/12/16/actualidad/1544952442_746647.html

ENRIQUE J. DE LA ROSA.
Presidente de la AEC

Director: Enrique J. de la Rosa
Editor: Enrique Ruiz-Ayúcar
Consejo Editorial: Alfredo Tiemblo Ramos, Pedro José Sánchez Soto



Consejo Rector de la Asociación Española de Científicos (AEC)

Presidente: Enrique J. de la Rosa
Vicepresidente Primero: Alfredo Tiemblo Ramos
Vicepresidente Segundo: María del Carmen Risueño Almeida
Secretario General: Enrique Ruiz-Ayúcar

Vocales: Manuel Jordán Vidal, Pedro José Sánchez Soto

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

La AEC es miembro fundador de la Confederación de Sociedades Científicas de España, COSCE.

INDICE

MIURA 5: EL COHETE EUROPEO REUTILIZABLE, LANZADOR DE PEQUEÑOS SATÉLITES

RAÚL TORRES BERENGUER, FRANCISCO GARCÍA LACARTE Y
 RAÚL VERDÚ LIDÓN 3

El derecho fundamental a la investigación científica en la Constitución Española de 1978

M^a ÁNGELA BERNARDO-ÁLVAREZ 11

Aplicaciones de la Biotecnología en la Agricultura

M^a DOLORES RODRÍGUEZ MARTÍN 17

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

- Palabras del Presidente en el acto de entrega de placas de la AEC

- Marisol Soengas

- José Luis Todolí Torró

- Lluís Montoliu

- CELERA

- MATERIA

- ALGENEX

- Discurso de clausura del Acto de entrega de Placas de Honor de la AEC, Raquel Yotti Álvarez 23

Reseñas 46-47

MIURA 5: EL COHETE EUROPEO REUTILIZABLE, LANZADOR DE PEQUEÑOS SATÉLITES

TORRES BERENGUER, RAÚL¹, GARCÍA LACARTE, FRANCISCO¹, VERDÚ LIDÓN, RAÚL¹

¹PLD Space - Nicolás Copérnico 7, 03203 Elche, Spain. +34 965063139, raul.torres@pldspace.com, francisco.garcia@pldspace.com, raul.verdu@pldspace.com

RESUMEN

PLD Space es una empresa de lanzadores espaciales fundada en 2011 por Raúl Torres y Raúl Verdú y con sede en Elche (España). La empresa tiene como objetivo satisfacer las necesidades de accesibilidad espacial del creciente mercado de pequeños satélites. Después de algunos años de predicciones inciertas, parece más claro que nunca que el mercado de los satélites pequeños está en auge. Cada año son más las empresas que desarrollan pequeños satélites (de 1 kg a 150 kg) que ofrecen una amplia gama de servicios y aplicaciones.

Sin embargo, hasta el momento no existen lanzadores de cohetes operacionales que estén específicamente contruidos para proporcionar servicios de lanzamiento concretos para estos pequeños satélites. Por lo general, los satélites pequeños se lanzan como cargas útiles secundarias o piggy back, quedando siempre a merced del cliente principal, y dificultando ligeramente las diferentes operaciones asociadas al lanzamiento.

MIURA 5, un microlanzador reutilizable que está siendo desarrollado por PLD Space, ha sido concebido con la filosofía de servir a las necesidades de lanzamiento de estos satélites, así como de simplificar todas las operaciones asociadas. Además, MIURA 5 ha sido diseñado para ser un lanzador espacial flexible, lo que permite un servicio de lanzamiento más flexible y económico.

Después de haber probado con éxito el primer motor de cohete reutilizable en sus instalaciones de pruebas en el aeropuerto Teruel, PLD Space está concentrando sus esfuerzos en el desarrollo de MIURA 1, el demostrador tecnológico del microlanzador de MIURA 5.

MIURA 5, el primer cohete orbital reutilizable en Europa dedicado al mercado de satélites pequeños será capaz de inyectar 150 kg de carga útil en una órbita terrestre por encima de 400 km en una misión nominal. MIURA 5, un cohete de propulsión líquida de tres etapas contará con todas las tecnologías necesarias para ser parcialmente reutilizado varias veces.

MIURA 5 pretende ser la referencia de cohetes orbitales en Europa para pequeños satélites, proporcionando un acceso asequible, flexible y sencillo al espacio a la industria, las agencias espaciales, los centros de investigación y el mundo académico.

1. INTRODUCCIÓN

Los lanzadores europeos (ARIANE 5 y VEGA) y los europeos que actualmente están en desarrollo (ARIANE 6 y VEGA C) garantizarán el acceso independiente de Europa al espacio para el mercado de satélites de gama media y alta. Sin embargo, estos lanzadores están menos centrados en proporcionar servicios de lanzamiento de satélites pequeños.

Como no se dispone de un vehículo de lanzamiento propiamente diseñado para ello, los satélites pequeños (satélites de menos de 200 kg y CubeSats) han entrado en órbita como cargas útiles secundarias que se liberan después de que el lanzador haya cumplido su misión principal. También han sido lanzados a órbita desde contenedores a bordo de la Estación Espacial Internacional para llevar a cabo misiones de investigación. En todos los casos, los satélites pequeños están a merced de la carga útil primaria y de la órbita en la que debe volar.

Hay un nicho de mercado al que hay que hacer frente, según varios estudios, que se prevé que crezca significativamente en las próximas décadas con un volumen de negocio que supere los 10 billones de dólares y que en la actualidad carece de un lanzador europeo de pequeñas dimensiones y dedicado, en términos de capacidad de respuesta, al lanzamiento y versatilidad de integración de la carga útil.

Los análisis históricos sugieren que la oferta actual de lanzadores no tiene capacidad suficiente para servir a la futura demanda del mercado de satélites pequeños. Para fomentar el crecimiento dinámico observado desde 2013 y hasta 2018, el mercado deberá ofrecer más oportunidades de lanzamiento y aumentar la parte de aquellos que atienden cargas útiles secundarias o desarrollar microlanzadores totalmente dedicados al mercado de los satélites pequeños. Dado que la demanda de lanzamientos de satélites de gama media a alta se mantendrá estable, como indican los distintos análisis, las oportunidades de lanzamiento de los satélites

pequeños que ofrecen los lanzadores medianos y pesados parece que continúa invariable.

Varias empresas de todo el mundo (denominadas comúnmente compañías del NewSpace) están desarrollando activamente diferentes tecnologías para aumentar drásticamente el número de lanzamientos anuales de satélites pequeños utilizando una combinación de tecnologías tradicionales (como la propulsión líquida basada en motores cohete reutilizables de tipología KeroLOX) con algunas tecnologías novedosas (como la fabricación aditiva y las electrobombas).

A este respecto, el objetivo último de PLD Space es convertirse en la alternativa europea para prestar servicios de lanzamiento de satélites pequeños en órbitas. En este sentido, la reutilización del hardware juega un factor transversal y un concepto revolucionario para reducir drásticamente el coste de fabricación de nuevos cohetes.

2. CONTEXTO

PLD Space es una empresa totalmente privada que nace en 2011 para afrontar el futuro de la evolución del transporte. Su objetivo es convertirse en la empresa europea pionera en el mercado emergente de lanzamientos de satélites pequeños. Actualmente, con 45 empleados a tiempo completo (en junio de 2018) y una financiación total de 18 millones de euros, está considerada como una de las empresas de microlanzadores más prometedoras de Europa.

La estrategia de desarrollo tecnológico de PLD Space se basa en la aplicación de la receta del éxito de cualquier sistema de transporte: lanzamiento (transporte), recuperación y

relanzamiento (transporte de nuevo). Hoy en día, casi todos los cohetes producidos en todo el mundo son desechables. SpaceX y Blue Origin están implementando una idea de negocio reutilizable para cohetes grandes. PLD Space aspira a ser el principal fabricante europeo de microlanzadores reutilizables.

La base tecnológica que constituye el desarrollo de PLD Space se basa en tres grandes líneas de actuación:

- Propulsión a través de motores de cohetes de combustión líquida:

- Tecnología reutilizable, que reduce no sólo el coste de las misiones espaciales, sino también el coste del desarrollo, al ser una tecnología comprobable.

- Utilización de keroseno de aviación y oxígeno líquido. Es una tecnología madura y su uso sigue aumentando a escala internacional.

- Estructuras de vuelo diseñadas para ser reutilizadas.

- Electrónica de vuelo comercial e industrial. El uso de componentes de automoción y militares permitirá reducir el coste de la producción en serie.

Estas tecnologías sentarán las bases para el desarrollo de dos cohetes:

- **MIURA 1**, un cohete de sondeo que también servirá como demostrador tecnológico de MIURA 5. Utilizando una rampa portátil para el lanzamiento de cargas útiles de hasta 100 kg, al final de cada misión, el cohete regresará cerca de la zona de lanzamiento, por lo que podrá ser recuperado utilizando un sistema de paracaídas y luego podrá

| Rank ¹ | Name | Stated IOC | Payload to SSO (kg) ² | Target Launch Price ³ | Major Recent Milestone |
|-------------------|--|------------|----------------------------------|----------------------------------|--|
| 1 |  Electron | 2018 | 150 | \$33K/kg | Successful orbital launch and satellite deployment |
| 2 |  Kuaizhou 1A ↑ | 2017 | 250 | \$57K/kg | Successful orbital launch and satellite deployment |
| 3 |  LauncherOne | 2018 | 300 | \$40K/kg | Secured \$1B investment from Saudi Arabia Public Investment Fund |
| 4 |  Small Satellite Launch Vehicle (SSLV) ↑ | 2019 | 700 | \$12K/kg | Development announced by Indian Space Research Organization |
| 5 |  Vector-R | 2018 | 28 | \$54K/kg | Successful suborbital flight demonstration |
| 6 |  Arion 2 ↑ | 2021 | 83 | \$38K/kg | Secured \$2.5M grant from the European Commission |

Figura 1. Los desarrollos de microlanzadores más prometedores [Nano/Microsatellite Market Forecast, 8th Edition, SpaceWorks, 2018]

ser relanzado. El vuelo inaugural está previsto para el tercer trimestre de 2019.

- **MIURA 5**, por otra parte, colocará repetidamente pequeños satélites en órbita baja terrestre (LEO), convirtiéndose en uno de los primeros cohetes dedicados al mercado mundial de satélites pequeños. El primer vuelo de prueba está previsto para finales de 2020.

Estos dos lanzadores producirán cambios drásticos en el mercado de cargas útiles pequeñas, permitiendo lanzamientos periódicos, versatilidad, un servicio receptivo y una reducción significativa del tiempo de espera.

3. MIURA 5: CARACTERÍSTICAS Y TECNOLOGÍAS

MIURA 5 es un lanzador orbital que consta de tres etapas, todas ellas de propulsión líquida, que pesan alrededor de 15.000 kg en el momento del despegue. MIURA 5 podrá inyectar en una órbita terrestre por debajo de 400 km alrededor de 150 kg de carga útil y tendrá una primera etapa reutilizable.

Comparado con su predecesor MIURA 1, el cohete orbital MIURA 5 tiene una altura total de unos 20 metros y un diámetro de 1,4 metros, magnitudes que casi duplican las dimensiones del MIURA 1 que tiene una longitud de 13 metros y un diámetro de 0,7 metros. Este lanzador orbital se fabricará con materiales ligeros y resistentes como la fibra de carbono y diferentes aleaciones de aluminio, utilizando las mismas técnicas de fabricación utilizadas en MIURA 1.

MIURA 1 y MIURA 5 han sido concebidos con la siguiente filosofía: desarrollar lanzadores fiables, a la vez que sencillos y económicos en su funcionamiento. Por lo tanto, tanto MIURA 1 como MIURA 5 han sido diseñados para minimizar los costes y el tiempo de fabricación, montaje y funcionamiento. De este modo, se estima que el precio total de lanzamiento, incluidas las operaciones de integración, lanzamiento y recuperación, se situará en torno a los 6 millones de euros (euros en 2018).



Figura 2. Trayectoria de la línea base MIURA 5 del campo de pruebas "El Arenosillo"

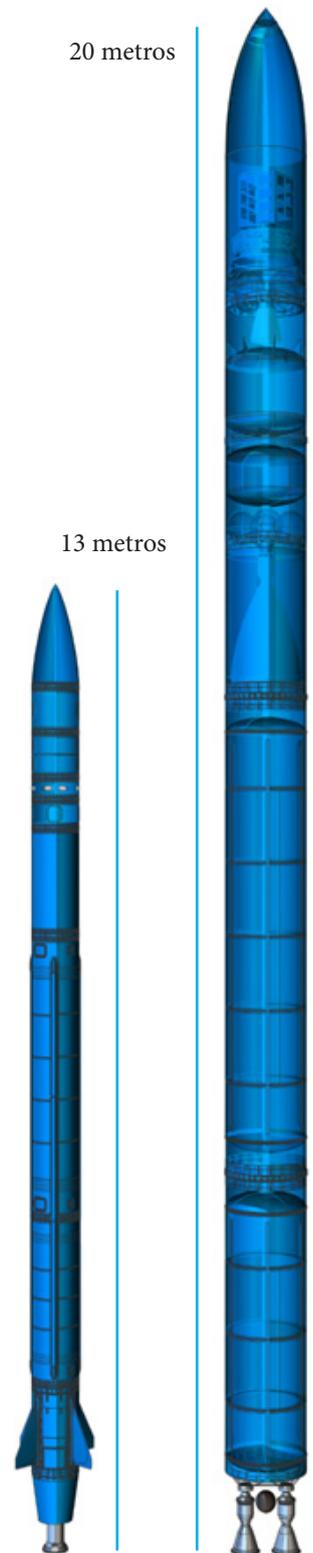


Figura 3. MIURA 1 Y MIURA 5

3.1 Propulsión

Desde 2014, PLD Space ha estado desarrollando desde cero un motor de cohete de combustible líquido (oxígeno

líquido y keroseno) que propulsará MIURA 1. Hasta la fecha, PLD Space ha llevado a cabo más de 40 pruebas de la primera versión del motor; un modelo calorimétrico que ha servido a PLD Space para entender el comportamiento y las capacidades de su motor de cohete líquido

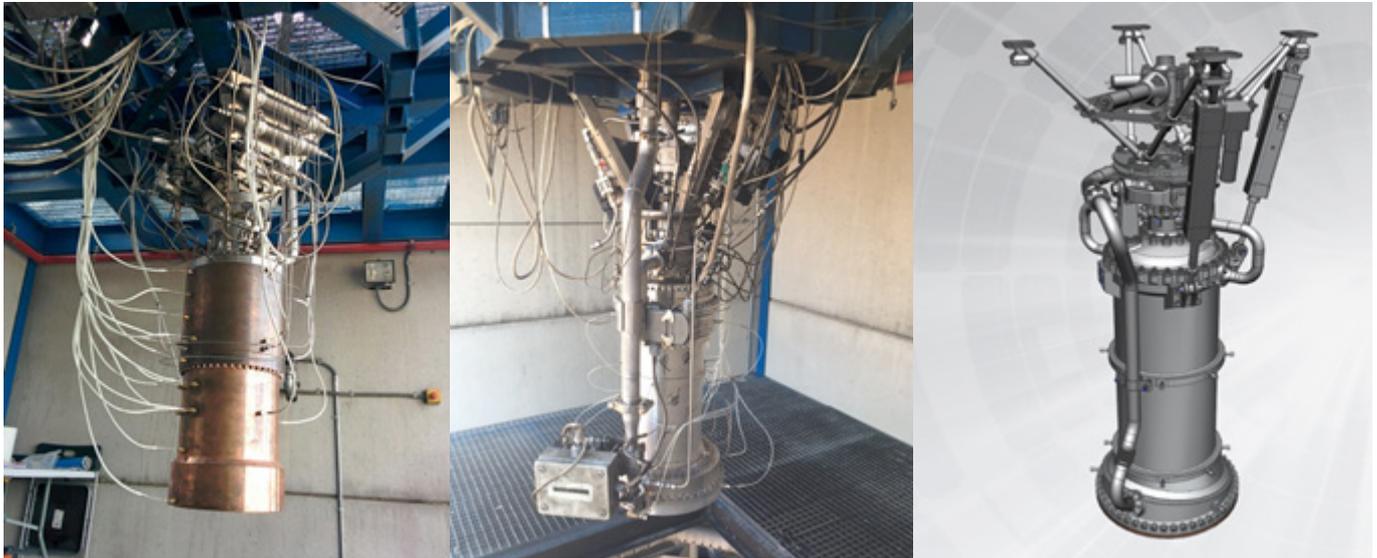


Figura 4. Desarrollo del motor MIURA 1; modelo calorimétrico (izquierda), modelo de motor con refrigeración regenerativa (centro), versión de vuelo con capacidad de cardán (derecha).

Después de haber validado este primer modelo, PLD Space se encuentra en la fase de calificación de la versión que volará a bordo de MIURA 1 en el tercer trimestre de 2019; un motor con refrigeración regenerativa que permite realizar pruebas de mayor duración.

El motor de MIURA 1 alimentado por presión, que debe ser calificado para una misión de 120 segundos, proporcionará 30 kN de empuje y dispondrá de control vectorial en dos ejes. Este motor pretende ser el punto de partida para el desarrollo del sistema de propulsión MIURA 5, que empleará turbobombas.

Sin cambiar significativamente la geometría de la cámara de combustión y la configuración del suministro de combustible, PLD Space quiere escalar el motor MIURA 1 para obtener los motores que se utilizarán en la primera etapa de MIURA 5: dos motores de combustible líquido refrigerados regenerativamente y alimentados por turbobomba que proporcionan juntos 240 kN de empuje a nivel del mar.

En cuanto a la segunda etapa, se utilizará una versión mejorada del motor MIURA 1 adaptándolo a las condiciones de vacío. Por último, MIURA 5 tendrá una tercera etapa propulsada por un motor reducido similar a MIURA 1 pero más pequeño, que proporcionará un empuje de 6 kN.

PLD Space ha concebido los desarrollos de todos sus motores utilizando como combustible oxígeno líquido y

keroseno, propulsores que no requieren operaciones complicadas de manejo y que son fáciles y económicos de obtener. De esta manera, no sólo se simplifican los desarrollos de las diferentes versiones de los motores, sino que al mismo tiempo se optimizan las instalaciones de pruebas de motores.

Es importante mencionar que en Europa nunca se han utilizado motores propulsados por oxígeno líquido y keroseno, por lo que PLD Space se convertirá en la primera empresa europea en desarrollar y operar este tipo de motores para cohetes.

Además, el uso de propulsores líquidos contra sólidos permite que estos motores sean probados repetidamente, además de poder ser reencendidos (en caso de que sea necesaria una maniobra de frenado propulsivo) y finalmente reutilizados. Además, PLD Space llevará a cabo ensayos de la etapa propulsiva a nivel completo, con todos los subsistemas principales del cohete totalmente integrados. El motor se enciende, mientras que el vehículo lanzador se mantiene sujeto a la plataforma de lanzamiento, sin carga útil, durante unos segundos para probar el arranque del motor mientras se miden los gradientes de presión, temperatura y flujo del vehículo completo. PLD Space está construyendo este banco de pruebas vertical en su instalación de pruebas en el aeropuerto de Teruel.

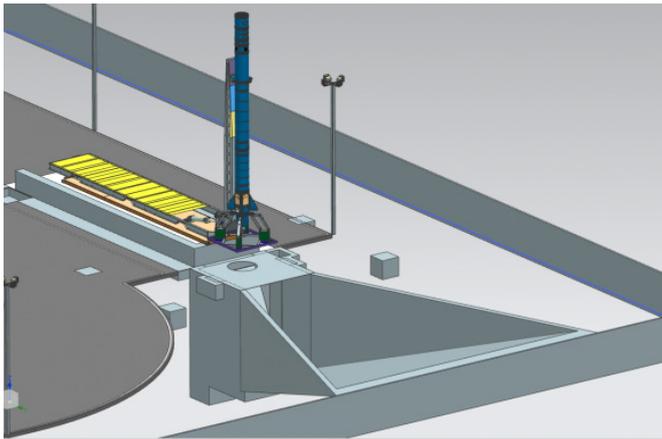


Figura 5. Banco de pruebas vertical MIURA 1

3.2. Aviónica

La aviónica que se utiliza actualmente en los lanzadores convencionales es muy fiable, pero muy pesada y cara si se compara con las necesidades de los microlanzadores. En este contexto, una cuestión crítica en el desarrollo de un microlanzador es desarrollar un sistema de aviónica ligero a un coste asequible. De este modo, las principales características deseables para una arquitectura de aviónica de microlanzadores tendrán las siguientes características:

- Escalable, por lo que puede ser fácilmente ampliado y totalmente reutilizable como sistema de aviónica de diferentes versiones del microlanzador.
- Bajo coste, permitiendo la explotación comercial del micro lanzador.
- Modular, compuesto por un número de bloques de construcción que pueden ser seleccionados e instanciados dependiendo de la misión y las características del cohete.
- Abierto, basado en interfaces abiertas derivadas del trabajo de la iniciativa de normalización (por ejemplo, SA-VOIR, CCSDS, TSN,).

PLD Space ha identificado una serie de posibles herramientas y soluciones que ayudarán a reducir el riesgo de desarrollo de la aviónica y a minimizar los costes recurrentes de los sistemas de aviónica MIURA 1 y MIURA 5:

- Uso de elementos comerciales: El uso de elementos comerciales disponibles en el mercado (COTS) puede reducir drásticamente el coste y los plazos de adquisición e integración de los elementos de aviónica. El obstáculo puede asociarse principalmente a las necesidades adicionales de pruebas/calificación.

- Aviónica de bajo peso, utilizando una arquitectura y elementos que pueden reducir la masa de aviónica entre el 1 y el 3% de la masa muerta del cohete.

- Aviónica Modular Integrada, pasando de arquitecturas federadas distribuidas a arquitecturas integradas que permiten reducir el coste con procesadores, cableado, E/S, integración. Además, se limitará el uso de arquitecturas integradas mediante el uso de COTS, la flexibilidad, las necesidades operativas (por ejemplo, sistemas de recuperación) y la fiabilidad.

- Hardware común en diferentes Etapas, reduciendo los costes recurrentes de elementos como Unidades Remotas de Datos y Comando, Unidades de Proceso o sistemas de Adquisición de Datos.

- Arquitectura modular, con el fin de reducir el número total de equipos con el uso de módulos estándar (cuando sea posible) en una arquitectura basada en rack.

- Pasar a utilizar componentes "libres de ITAR" y sin restricciones a la exportación, evitando la carga de trabajo y los costes administrativos y los conflictos con las políticas internacionales de control de las exportaciones (en especial las políticas de control de las exportaciones de EE. UU.).

- Algoritmos integrados de gestión de la salud en tiempo real, que mejoran la fiabilidad del sistema y la capacidad de respuesta del personal de tierra durante las operaciones.

- Simplificación de procesos, tanto para los procesos de diseño y fabricación, como para los procedimientos de operaciones de lanzamiento, incluyendo la producción de software embarcado con auto-codificación y desarrollo de software basado en modelos, y la simplificación de los procedimientos de misionización.

- Diseño para pruebas, cambiando de un enfoque de diseño-construcción-prueba a un enfoque de prueba-como si volaras, acorta el cronograma de desarrollo.

- Proceso de ensamblaje, integración y verificación/prueba (AIV/AIT) basado en elementos y procedimientos estándar industriales, dejando los actuales y costosos procesos estándar AIV/AIT de la industria espacial. Hoy en día, las industrias aeronáutica y automovilística se basan en procesos y procedimientos maduros, sencillos y de bajo coste (por ejemplo, basados en tecnologías Plug-and-play, Apoyo Logístico Integrado (ILS) y elementos del mercado de masas (por ejemplo, COTS)).

- Habilitar la reutilización, preparando una arquitectura aviónica que facilite la recuperación y reutilización de etapas o motores, lo que puede llevar a una notable reducción de costes.

PLD Space ha concebido desde el principio el desarrollo del sistema de aviónica de MIURA 5 como parte del desarrollo de MIURA 1; características como el control del vector de empuje y su sistema de control de reacción (con propulsores de gas frío de nitrógeno) a bordo de MIURA 1 permitirán a PLD Space probar y validar rápidamente estas tecnologías que posteriormente se exportarán a MIURA 5. Además, PLD Space contará con un sistema de telemetría en banda S a bordo de MIURA 1, así como un transpondedor en banda C y un Sistema de Terminación de Vuelo, tecnologías que no suelen estar a bordo de un cohete de sondeo típico, pero que son muy beneficiosas para PLD Space a la hora de sentar las bases del desarrollo de la aviónica para microlanzadores.

3.3. Recuperación

Actualmente, la mayoría de los cohetes lanzadores son de un solo uso. Esto significa que cada vez que se pone en órbita un satélite hay que fabricar un nuevo cohete.

Con el objetivo de reducir costes y hacer más accesible el acceso al espacio, dos empresas norteamericanas han optado por seguir el camino de la reutilización, desarrollando dos cohetes que pueden recuperarse y volver a volar. PLD Space quiere convertirse en la primera empresa europea en desarrollar un cohete reutilizable. Como resultado de este enfoque fundacional, PLD Space obtuvo un contrato con la ESA para desarrollar una estrategia de recuperación para la primera etapa de MIURA 5.

PLD Space ha trabajado con expertos de la ESA para estudiar los métodos de recuperación vanguardistas aplicables, así como para seleccionar, desarrollar y, en última instancia, probar el método de recuperación en una maqueta de la primera fase de MIURA 5.

Para recuperar MIURA 5, PLD Space ha concebido un descenso de la primera Etapa que consta de tres fases: una de caída libre, otra durante la cual frena con unos dispositivos de frenado desplegados y la última en la que se despliegan una serie de paracaídas que permiten aterrizar suavemente la primera etapa de MIURA 5 sobre las aguas del océano.

Durante el segundo trimestre de 2019, PLD Space realizará una prueba de caída con un helicóptero CH-47 Chinook cerca del campo de pruebas "El Arenosillo" en el sur de España, con el fin de representar la última fase de descenso de la primera etapa de ARIÓN 2; se dejará caer una maqueta, para posteriormente realizar toda la secuencia del sistema de paracaídas que permitirá el aterrizaje seguro de la maqueta en las aguas del Océano Atlántico. Después de esto, se realizarán todas las operaciones de recuperación con el fin de adquirir experiencia en la recuperación de propulsores de cohetes.

Actualmente, PLD Space está definiendo en detalle todo el sistema de recuperación de su primer cohete MIURA 1 que, al igual que el resto de los subsistemas, servirá para validar todas las tecnologías y operaciones críticas de recuperación que posteriormente serán exportadas a MIURA 5.

PLD Space obtendrá una valiosa experiencia en el uso de paracaídas en MIURA 1, así como un amplio conocimiento de las diferentes operaciones llevadas a cabo (y de las respectivas dificultades a resolver) durante la recuperación y rehabilitación de MIURA 1. Todo ello, junto con las conclusiones obtenidas del proyecto de recuperación de la Agencia Espacial Europea, servirá para que PLD Space desarrolle un sistema robusto y fiable que permita a PLD recuperar la primera etapa de MIURA 5.

De esta forma, PLD Space se convertirá en un referente en sistemas de recuperación de cohetes de sondeo y primeras etapas de pequeños lanzadores, a la vez que sienta las bases de esta tecnología de recuperación en Europa.

3.4 Instalaciones de ensayo de propulsión

Con el fin de pasar rápidamente del desarrollo de motores MIURA 1 al desarrollo de motores MIURA 5, PLD Space ya está mejorando sus instalaciones de pruebas de propulsión en el Aeropuerto de Teruel.

PLD Space tendrá que probar muchos más motores una vez que MIURA 1 se comercialice, mientras que al mismo tiempo desarrollará el lanzador orbital MIURA 5.

De ahí la necesidad de contar con instalaciones de ensayo diversificadas bajo el mismo complejo de ensayo. Como se ve en la figura 7, PLD Space contará con diferentes bancos de pruebas, que permitirán probar diferentes motores y configuraciones de cohetes.

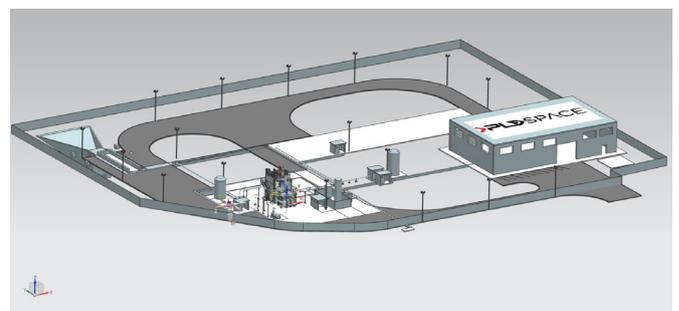


Figura 7. Trazado de la actualización a realizar en las Instalaciones de Ensayos de Propulsión Espacial de PLD Space en el aeropuerto de Teruel.

4. SITIOS DE LANZAMIENTO - ALTERNATIVAS VIABLES

Los programas de desarrollo de pequeños satélites y microlanzadores en Europa dependen de la disponibilidad de nuevos lugares de lanzamiento y/o puertos espaciales. Esta necesidad se deriva de los nuevos requisitos que los microlanzadores plantean especialmente preocupantes:

- Reducción de costes en las operaciones de lanzamiento
- Simplificar la logística utilizando puertos espaciales dentro o cerca del continente europeo.
- Acortar los procedimientos de lanzamiento manteniendo la seguridad.

A continuación, se enumeran algunos de los posibles sitios de lanzamiento que están siendo considerados recientemente por la comunidad de microlanzadores.

4.1 España (Banco de Pruebas INTA/CEDEA, “El Arenosillo”)

El Arenosillo es un centro internacional de lanzamiento de cohetes instituido en 1966 en el sur de España por un acuerdo con la NASA. Desde aquí se han lanzado más de 500 cohetes de sondeo, incluidos varios prototipos de cohetes desarrollados en el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), como el INTA 100, el INTA 250 y el INTA 300. Recientemente (2015), la Universidad de DELFT, ha lanzado STRATOS-II desde esta base de lanzamiento, un cohete híbrido basado en propulsión, que alcanzó un apogeo de 21 km.

El sitio de lanzamiento de INTA/CEDEA, El Arenosillo, está equipado con un sistema de telemetría terrestre muy sofisticado, así como sistemas de localización y salvaguarda utilizados en varios programas militares; pruebas de calificación de misiles.

INTA/CEDEA, El Arenosillo es actualmente la base de lanzamiento del cohete de sondeo MIURA 1 y también se tiene en cuenta como posible lugar de lanzamiento de MIURA 5.

“El Arenosillo” cumple con la mayoría de los requisitos para lanzar MIURA 5, aunque cuenta con un corredor azimutal limitado. El corredor de lanzamiento se encuentra básicamente entre Canarias y el Sáhara Occidental. Esto repercute en el rendimiento general, especialmente cuando se trata de alcanzar una órbita polar o sincrónica al sol.

MIURA 5 considera una órbita base de 400 km, con una inclinación de 116 grados para ser alcanzada por este sitio

de lanzamiento. La órbita Sincrónica-Sol también está disponible para lanzamiento en pasillo, pero realizando, con la segunda Etapa, una maniobra (dog-leg). Esto penaliza obviamente las prestaciones de alrededor del 6% pero permite alcanzar una inclinación de órbita final de 97,8 grados.

4.2 Portugal: Puerto espacial de las Azores

El Gobierno de Portugal, y en particular de su Región Autónoma de las Azores, ha mostrado especial interés en la creación de un pequeño puerto espacial atlántico abierto por satélite en las Azores, en el contexto del Centro Internacional de Investigación de las Azores (Centro AIR).

Desde 2016 se han promovido diversas reuniones y talleres en los que el ministerio competente ha intentado consolidar un plan con varios agentes, locales, europeos y globales.

Se encargaron dos estudios de viabilidad para la Evaluación de la viabilidad de un Puerto Espacial Abierto de Pequeños Satélites en las Azores: uno a través de la ESA y otro a la Universidad de Texas en El Paso (UTEP).

Aunque las islas no han sido seleccionadas, la atención se ha centrado en la isla de Terceira, que ya cuenta con una pista de aterrizaje de 4.000 metros, pero está limitada por su uso militar actual, y en Santa María, donde la ESA ya cuenta con una antena de seguimiento de satélites y lanzadores de 5,5 metros y una infraestructura de apoyo. El Gobierno ha mostrado interés en elaborar un plan de negocio en el que la mayoría de las inversiones serán realizadas por instituciones e industrias privadas.

4.3 Centro Espacial Esrange

Esta base de lanzamiento existe en Suecia desde principios de los años sesenta, siendo creada por ESRO, la Organización Europea de Investigación Espacial, precursora de la ESA. Varios programas de cohetes de sondeo son operados desde la base de lanzamiento (junto con el programa de globos estratosféricos) siendo los más relevantes:

- TEXUS
- MAXUS
- REXUS

Todos estos programas ofrecen condiciones de microgravedad que van de 6 a 12 minutos para una masa de carga útil en el rango de 100-400 kg. Las altitudes del apogeo varían de 250 a 700 km.

Este sitio de lanzamiento está totalmente equipado con estación de telemetría, sistemas de localización y seguridad.

Esrange se encuentra, como destaca el reciente oficial de la ESA en Suecia, en una de las zonas habitadas más extensas de Europa continental. Además, actualmente está ejecutando un programa para ampliar la base de lanzamiento

La gran latitud de su ubicación permite, en teoría, alcanzar órbitas de inclinación polar de forma muy eficiente debido a la reducción de la velocidad de rotación de la Tierra.

Sin embargo, es importante destacar que no hay ningún pasillo de lanzamiento disponible desde Kiruna para un microlanzador con el fin de alcanzar la órbita (polar) sin sobrevolar Noruega o Finlandia.

4.4 Noruega: Centro Espacial Andøya

El Centro Espacial Andøya es un sitio de lanzamiento de cohetes ubicado en el norte de Noruega. Se ha propuesto Andøya como puerto espacial para el lanzamiento de lanzaderas orbitales de Nanosatélites (NLV). En enero de 2013, la compañía Nammo y la gama de cohetes Andøya Rocket Range anunciaron que estaban “desarrollando un sistema de cohetes llamado North Star que utilizará un motor híbrido estandarizado, agrupado en diferentes números y disposiciones, para construir dos tipos de cohetes de sondeo y un lanzador orbital” que sería capaz de entregar un nanosatélite de 10 kg (22 lb) en órbita polar.

En la actualidad, el Centro Espacial de Andøya es una opción importante que está siendo fomentada especialmente por el programa de lanzadores North Star que la NAMMO lleva a cabo activamente y que se ha desarrollado en el marco de la inversión interna de Nammo, la financiación nacional de Noruega y el programa FLPP de la ESA.

Desde el punto de vista geopolítico, el Centro Espacial Andøya presenta una gran criticidad representada por la proximidad del espacio aéreo ruso. Esta situación ya causó, en 1995, a un gran accidente conocido como “El accidente noruego”.

4.5 CSG

El Centro Espacial Guayanés (CSG) es un puerto espacial francés y el puerto espacial europeo, situado al noroeste de Kourou, en la Guayana Francesa. En funcionamiento desde 1968, es particularmente adecuado como emplazamiento para un puerto espacial:

- Está cerca del ecuador, lo que permite alcanzar básicamente todas las inclinaciones de la órbita definiendo el azimut de lanzamiento adecuado.

- La posición geográfica ofrece un azimut de lanzamiento (corredor de vuelo) que oscila entre 90 y -11 grados.

CSG ha sido la base de lanzamiento desde donde se han operado todos los lanzadores construidos en Europa desde Ariane-1 hasta el más reciente VEGA. Además, el lanzador Soyuz también funciona desde Kourou desde 2011.

Kourou no solo ofrece una excelente situación geográfica, sino también, gracias a todas las infraestructuras existentes, todo tipo de servicios necesarios para el funcionamiento del lanzador: estaciones de telemetría, localización de radares, sistemas de salvaguarda y todos los demás servicios más relacionados con la cualificación del lanzador para la integración de vuelo y carga útil.

4.6 Reino Unido - Sitio de lanzamiento

La institución británica ha proporcionado muy poca información sobre el programa nacional para un puerto espacial para microlanzadores con base en el Reino Unido.

5. CONCLUSIONES

Con este artículo, el microlanzador MIURA 5 ha sido descrito siguiendo siempre el proceso de validación de MIURA 1, así como de todas sus tecnologías críticas.

El lector ha visto que muchas de las tecnologías a bordo de MIURA 5 (propulsión, aviónica y recuperación) ya estarán probadas y validadas con el cohete de sondeo MIURA 1. De esta forma, PLD Space mitigará el riesgo en el desarrollo de su microlanzador orbital.

El lector puede haber notado el desarrollo económico que PLD Space está llevando a cabo, tratando de maximizar el uso de la misma tecnología en la fabricación de su familia de cohetes, a la vez que da importancia a los elementos COTS que reducen el costo total del desarrollo.

Además, el enfoque de reutilización será determinante para reducir aún más el coste de las operaciones de MIURA 5, proporcionando un servicio de lanzamiento asequible a los satélites pequeños.

El derecho fundamental a la investigación científica en la Constitución Española de 1978

M^a ÁNGELA BERNARDO-ÁLVAREZ

Licenciada con Grado en Biotecnología por la Universidad de León, Máster en Industria Farmacéutica y Biotecnológica por la Universitat Pompeu Fabra y Experta en Gabinetes de Comunicación por la Universidad Complutense de Madrid. Estudiante de doctorado a tiempo parcial en el Programa de Doctorado en Derechos Humanos, Poderes Públicos, Unión Europea: Derecho Público y Privado de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU).

Correo electrónico: maberalv@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia es definida por la Real Academia Española en su primera acepción como el “conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales”¹. Si bien es cierto que la actividad científica no surgió en la Edad Moderna, la Ilustración impulsó cambios profundos en la metodología seguida por los investigadores, que adoptaron la observación y la experimentación como método para validar y refutar sus hipótesis.

La investigación científica también influyó de manera decisiva en el pensamiento ilustrado y en la configuración

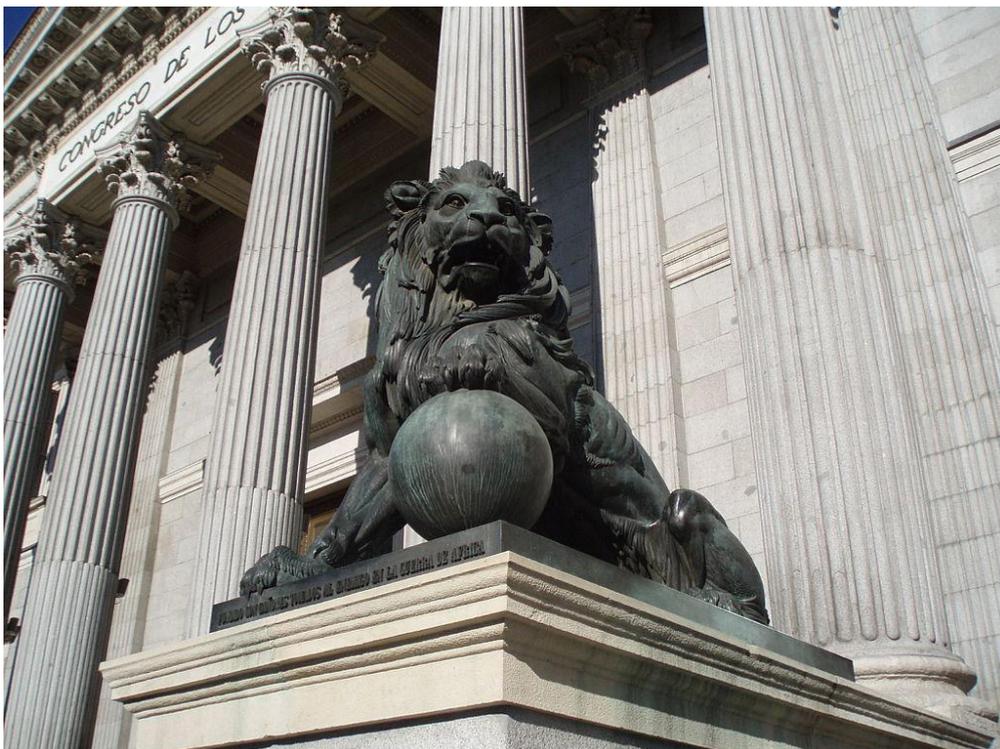
de los derechos fundamentales. Según Peces Barba, “de ahí la mentalidad de exactitud que impregnará al iusnaturalismo racionalista, y consiguientemente la impronta que esa exactitud –racionalismo matemático– producirá en las primeras formulaciones de los derechos en los siglos XVII y XVIII”². El jurista también destaca el impacto de las ciencias de la naturaleza, que contribuyeron a la equiparación “entre la naturaleza física y la naturaleza humana como fundamentación de los derechos, que sustituya ante la ruptura de la unidad religiosa a la fundamentación teísta”³.

Esa concepción del individualismo fomentó la reivindicación de la autonomía personal y de la libertad. Frente al dogmatismo y las injerencias del poder —político, eco-

¹ Diccionario de la Real Academia Española. Disponible en: <http://dle.rae.es/?w=ciencia> (Fecha de última consulta: 31-03-2018).

² Peces Barba, Gregorio. Tránsito a la modernidad y derechos fundamentales. En: Peces-Barba Martínez, Gregorio; Fernández García, Eusebio (dirs.). Historia de los derechos fundamentales. Ansuátegui Roig, Francisco Javier; Rodríguez Uribe, José Manuel (coords.) Editorial Dykinson, 2003, p.22.

³ Ibid., p.23.



Fuente de la imagen: Juan J. Martínez (Wikimedia)

nómico o religioso, por ejemplo—, se proclama la libertad, especialmente la libertad de pensamiento y de expresión, fundamentales en “el libre desarrollo de la actividad científica, el auge de las ciencias y el progreso de la sociedad”⁴. Será precisamente el Derecho el encargado de “otorgar la protección jurídica que precisa el nuevo individuo, racional y libre para explorar y dominar a la naturaleza, mediante los instrumentos jurídicos que garantizan su libertad, esto es, los derechos fundamentales”⁵.

Hoy en día, la ciencia propicia la generación de conocimientos, su difusión y transferencia, tareas que contribuyen al progreso social y económico⁶, aunque el desarrollo de estas actividades cuenta también con importantes implicaciones jurídicas y éticas⁷. El Derecho español incluye diversas menciones a la ciencia y a la investigación científica y técnica en la Constitución Española (CE) de 1978, la norma fundamental del ordenamiento jurídico que cumple su cuadragésimo aniversario este año.

Si bien existen tres alusiones a la ciencia y a la investigación científica y técnica en la Carta Magna, en el presente artículo nos referiremos solo a la primera, el establecimiento de la libertad de investigación científica como derecho fundamental en el artículo 20.1 b) CE. No abordaremos las otras dos menciones por cuestiones de espacio: la que realiza el artículo 44.2, que consagra el principio rector de la política social y económica por el que “los poderes públicos promoverán la ciencia y la investigación científica y técnica en beneficio del interés general”; y la de los artículos 148.17, que reconoce la competencia autonómica en materia de “fomento de la investigación” y 149.15, que establece que el Estado tiene la competencia exclusiva en relación al “fomento y coordinación general de la investigación científica y técnica”.

2. EL DERECHO FUNDAMENTAL

A LA PRODUCCIÓN Y CREACIÓN

CIENTÍFICA Y TÉCNICA EN LA

CONSTITUCIÓN ESPAÑOLA DE 1978.

2.1. Objeto, contenido y ámbito de protección.

El artículo 20 de la Constitución Española se encuadra en la Sección Primera del Capítulo II del Título I, dedicada a los derechos fundamentales y a las libertades públicas. Estos derechos, según el Tribunal Constitucional, son los comprendidos entre el artículo 15 y el artículo 29 de la Norma Fundamental⁸, que les otorga una protección especial, junto al principio de igualdad (artículo 14) y a la objeción de conciencia (artículo 30). En efecto, se considera que los derechos fundamentales presentan unas garantías constitucionales máximas. Esto implica, por un lado, que estos derechos vinculan a todos los poderes públicos, han de ser

desarrollados mediante una ley orgánica que respete su contenido esencial y que debe estar sometida al control de constitucionalidad, una tarea exclusiva del Tribunal Constitucional. Por otro, supone que los ciudadanos cuentan con la posibilidad de recabar la tutela de estos derechos ante los Tribunales ordinarios, a través de un procedimiento basado en los principios de preferencia y sumariedad, o ante el Tribunal Constitucional mediante el recurso de amparo. Estos derechos además gozan de garantías institucionales como el Defensor del Pueblo y el Ministerio Fiscal.

El derecho a la producción y creación científica y técnica está regulado en el artículo 20 de la Constitución de 1978, en virtud del cual:

1. Se reconocen y protegen los derechos:

a) *A expresar y difundir libremente los pensamientos, ideas y opiniones mediante la palabra, el escrito o cualquier otro medio de reproducción.*

b) *A la producción y creación literaria, artística, científica y técnica.*

c) *A la libertad de cátedra.*

⁴ Ahumada Canabes, Marcela Alejandra. La libertad de investigación científica. Fundamentos filosóficos y configuración constitucional. Tesis doctoral dirigida por María del Carmen Barranco Avilés, Universidad Carlos III de Madrid, 2006, p.25.

⁵ Ahumada Canabes, Marcela Alejandra. Op.cit., p.26.

⁶ Así lo recuerda el preámbulo de la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. BOE, núm. 131, de 2 de junio de 2011.

⁷ Como afirma el artículo 2 del Convenio de Oviedo, “el interés y el bienestar del ser humano deberán prevalecer sobre el interés exclusivo de la sociedad o de la ciencia”. Instrumento de ratificación del Convenio para la protección de los derechos humanos y la dignidad del ser humano con respecto a las aplicaciones de la Biología y la Medicina (Convenio relativo a los derechos humanos y la biomedicina), hecho en Oviedo el 4 de abril de 1997. BOE, núm. 251, de 20 de octubre de 1999.

⁸ Por ejemplo, el Fundamento Jurídico 4 de la Sentencia del Tribunal Constitucional 18/1981, de 8 de junio, señala: “Entre los valores que incorpora la Constitución hay que destacar muy singularmente, como fundamento del orden político y de la paz social (art. 10), la libertad de la persona, los derechos inviolables que le son inherentes, el libre desarrollo de la personalidad, y el respeto a la Ley y a los derechos de los demás. Por ello, dada su trascendencia, la Norma Fundamental otorga una protección especial a los denominados derechos fundamentales y libertades públicas (arts. 15 al 29), cuyo desarrollo está reservado a la Ley Orgánica y cuya tutela específica se realiza ante los Tribunales ordinarios, junto con la relativa al principio de igualdad del art. 14 y a la objeción de conciencia del art. 30, por un procedimiento basado en los principios de preferencia y sumariedad y, en su caso, a través del recurso de amparo ante este Tribunal (art. 53.2 de la propia Constitución)”.

d) *A comunicar o recibir libremente información veraz por cualquier medio de difusión. La ley regulará el derecho a la cláusula de conciencia y al secreto profesional en el ejercicio de estas libertades.*

2. *El ejercicio de estos derechos no puede restringirse mediante ningún tipo de censura previa.*

3. *La ley regulará la organización y el control parlamentario de los medios de comunicación social dependientes del Estado o de cualquier ente público y garantizará el acceso a dichos medios de los grupos sociales y políticos significativos, respetando el pluralismo de la sociedad y de las diversas lenguas de España.*

4. *Estas libertades tienen su límite en el respeto a los derechos reconocidos en este Título, en los preceptos de las leyes que lo desarrollen y, especialmente, en el derecho al honor, a la intimidad, a la propia imagen y a la protección de la juventud y de la infancia.*

5. *Sólo podrá acordarse el secuestro de publicaciones, grabaciones y otros medios de información en virtud de resolución judicial.*

La Carta Magna, por lo tanto, reconoce en el artículo 20.1 b) el derecho a la producción y creación científica y técnica. Inicialmente, tal y como señala Urías, “se pretendió constitucionalizar los derechos de autor y sobre la propiedad intelectual”, como aún defienden algunos autores⁹, aunque a su juicio, el citado artículo “no protege el substrato cultural de la sociedad, sino la innovación creativa, esencialmente individual”. En particular, en relación a la libertad de creación y producción, “cabría diferenciar incluso dos derechos distintos: la libertad literaria y artística y la libertad científica y técnica”¹⁰. Esa opinión es compartida por buena parte de la doctrina que, no obstante, califica a este derecho como un “espacio iusfundamental complejo”¹¹.

En palabras de Chueca Rodríguez¹², “la creación y producción científica no sólo incluye un derecho a la realización de una actividad de resultado, sino también a una acción distinta pero evidentemente vinculada a ella, la necesariamente previa de investigación científica, sin la que aquella no es posible ni imaginable”. Según Gómez Sánchez, “el apartado b) del artículo 20.1 no alude expresamente a la investigación científica”, sino que contempla la protección de la producción y creación científica y técnica. En efecto, de acuerdo con la jurista, “la investigación sería el proceso previo y necesario tanto para la creación como para la producción científica”, de forma que “la investigación es el trabajo; la creación el resultado y la producción la aplicación práctica y la transferencia de conocimientos”¹³. Además, Arruego Rodríguez puntualiza que “aunque la investigación como actividad no garantiza en sí misma un resultado de creación o de producción sí constituiría condición previa indispensable para que aquellas fueran posibles”¹⁴.

El Tribunal Constitucional también ha tenido ocasión de abordar el artículo 20.1 b) CE dedicado al derecho a la producción y creación científica y técnica. Inicialmente, en una sentencia de 1985, el Alto Tribunal afirmó que “el derecho a la producción y creación literaria, artística, científica y técnica no es sino una concreción del derecho a expresar y difundir libremente pensamientos, ideas y opiniones”¹⁵. El fallo contó con el voto particular del magistrado Francisco Rubio Llorente, que sostuvo que dicha libertad no podía ser descrita como una concreción del derecho a expresar y difundir libremente el pensamiento, sino que en realidad se trataba de “un derecho autónomo”. En la misma línea original, un auto del Tribunal Constitucional de ese mismo año se refirió a la producción y creación literaria, artística, científica y técnica como “los variados ámbitos en que se manifiesta la libertad de pensamiento y de expresión”¹⁶.

Más adelante, el Tribunal Constitucional señaló que la libertad científica “disfruta en nuestra Constitución de una protección acrecida respecto de la que opera para las libertades de expresión e información”. La misma sentencia recogió, en relación a la investigación científica de carácter histórico, que “es imposible alcanzar plena certidumbre” sobre la “verdad objetiva”. “Esa incertidumbre consustancial al

⁹ García Sainz, por ejemplo, sostiene que el artículo 20.1 b) de la Constitución protege el derecho moral de autor, mientras que el derecho patrimonial se garantiza a través del artículo 33 CE, que establece el derecho a la propiedad privada. En: García Sainz, Rosa María. La posible modificación del artículo 20.1 b) CE: Una propuesta a la crisis del derecho de autor. Derecom 2013; Nº 14:1-13.

¹⁰ Urías, Joaquín. El derecho a la producción y creación literaria, artística, científica y técnica. En: Casas Baamonde, María Emilia y Rodríguez-Piñero y Bravo-Ferrer, Miguel (Dir.) Comentarios a la Constitución española: XXX aniversario. Ed. Fundación Wolters Kluwer 2008, pp.503-510.

¹¹ Chueca Rodríguez, Ricardo. La investigación científica como espacio iusfundamental de normación. En: Chueca Rodríguez, Ricardo (Dir.) La investigación científica como derecho fundamental. Editorial Comares, Granada, 2013, pp.11-34.

¹² Chueca Rodríguez, Ricardo. El derecho fundamental a la investigación científica. Revista electrónica del Departamento de Derecho de la Universidad de La Rioja (REDUR) 2008; 6:5-15, p.8.

¹³ Gómez Sánchez, Yolanda. La libertad de creación y producción científica y técnica: especial referencia a la Ley de Investigación Biomédica. Revista de Derecho Político de la UNED 2009; 75-76:489-514, p.490.

¹⁴ Arruego Rodríguez, Gonzalo. Vida, integridad personal y nuevos escenarios de la biomedicina. Editorial Comares, Granada, 2011, p.100.

¹⁵ Fundamento Jurídico 5 de la Sentencia del Tribunal Constitucional 153/1985, de 7 de noviembre.

¹⁶ Fundamento Jurídico 2 del Auto del Tribunal Constitucional 130/1985, de 27 de febrero.

debate histórico representa lo que éste tiene de más valioso, respetable y digno de protección por el papel esencial que desempeña en la formación de una conciencia histórica adecuada a la dignidad de los ciudadanos de una sociedad libre y democrática”¹⁷. Pero la evolución del Alto Tribunal sobre su posicionamiento en relación a la producción y creación científica y técnica no se detuvo ahí.

En apenas un cuarto de siglo, el Tribunal Constitucional pasó de considerar la libertad de investigación científica como una “concreción” del derecho a la libertad de expresión y de pensamiento a acercarse a las razones esgrimidas por Rubio Llorente en su voto particular de 1985. En una sentencia de 2010, el órgano afirmó que la inclusión del derecho a la producción y creación científica y técnica “en la Constitución le otorga la consideración de derecho autónomo, con un ámbito propio de protección”. En esta sentencia el Tribunal dijo, en referencia a la creación literaria y artística, que “tiene una proyección externa derivada de la voluntad de su autor, quien crea para comunicarse. [...] De ahí que su ámbito de protección no se limite exclusivamente a la obra literaria aisladamente considerada, sino también a su difusión”¹⁸.

Resulta además de interés destacar que el Tribunal Constitucional sostiene que el artículo 20 de la Constitución “garantiza el mantenimiento de una comunicación pública libre” y que, en particular, “los derechos garantizados por el artículo 20.1 CE no son sólo expresión de una libertad individual básica sino que se configuran también como elementos conformadores de nuestro sistema político democrático”¹⁹. Un sistema político, por otro lado, en el que España se configura como un Estado social y democrático de Derecho, que propugna como valores superiores de su ordenamiento jurídico la libertad, la justicia, la igualdad y el pluralismo político, tal y como reconoce el artículo 1.1 del Título Preliminar de la Constitución, a los que sin duda contribuye el derecho a la producción y creación científica y técnica²⁰.

2.2. Titularidad del derecho fundamental.

El derecho a la producción y creación científica y técnica está formulado de manera impersonal en la Constitución, como sucede con el resto de libertades protegidas por el artículo 20 CE. En ese sentido, podemos afirmar que la titularidad de este derecho pertenece a todos los individuos²¹, con independencia de su nacionalidad, como también sostiene Arruego Rodríguez²², y no únicamente a los investigadores. Aunque se entiende que el derecho protege una actividad intelectual caracterizada por el método científico, los beneficiarios son el conjunto de la ciudadanía, como también afirma Ruiz Lapeña²³. Esta tesis se apoya en la redacción del artículo 27.1 de la Declaración Universal de Derechos Humanos, en virtud del cual:

Toda persona tiene derecho a tomar parte libremente en la vida

cultural de la comunidad, a gozar de las artes y a participar en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten.

No obstante, la Declaración Universal de Derechos Humanos, aprobada por la Asamblea General de Naciones Unidas en 1948, no tiene carácter vinculante. Sí lo presentan los pactos internacionales suscritos en 1966 en aquellos Estados que los hayan ratificado. Ese es precisamente el caso de España, donde también podemos interpretar los derechos fundamentales bajo el prisma de los derechos humanos y, en particular, a la luz del Pacto de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, cuyo artículo 15 señala que:

1. *Los Estados Partes en el presente Pacto reconocen el derecho de toda persona a:*

a) *Participar en la vida cultural;*

b) *Gozar de los beneficios del progreso científico y de sus aplicaciones;*

c) *Beneficiarse de la protección de los intereses morales y materiales que le correspondan por razón de las producciones científicas, literarias o artísticas de que sea autora.*

2. *Entre las medidas que los Estados Partes en el presente Pacto deberán adoptar para asegurar el pleno ejercicio de este derecho, figurarán las necesarias para la conservación, el desarrollo y la difusión de la ciencia y de la cultura.*

¹⁷ Fundamento Jurídico 5 de la Sentencia del Tribunal 43/2004, de 23 de marzo.

¹⁸ Fundamento Jurídico 3 de la Sentencia del Tribunal Constitucional 34/2010, de 19 de julio.

¹⁹ Fundamentos Jurídicos 3 y 4 de la Sentencia del Tribunal Constitucional 235/2007, de 7 de noviembre.

²⁰ A ese respecto, el Tribunal Constitucional señala, por ejemplo, en el Fundamento Jurídico 3 de la Sentencia 12/1982, de 31 de marzo, en relación a las libertades consagradas en el artículo 20.1 CE, que su protección “significa el reconocimiento y la garantía de una institución política fundamental, que es la opinión pública libre, indisolublemente ligada con el pluralismo político, que es un valor fundamental y un requisito del funcionamiento del Estado democrático”.

²¹ Recuerda Embid Tello que “cualquiera tiene derecho a perseguir el conocimiento” y que la libertad de investigación científica se relaciona con la autorrealización individual, un apunte hecho originalmente por el Tribunal Constitucional de Alemania, lo que a su vez implica una “estrecha conexión [...] con el valor superior de la dignidad de la persona y del libre desarrollo de la personalidad”. En: Embid Tello, Antonio Eduardo. La libertad de investigación científica. Una interpretación integrada de sus dimensiones subjetiva y objetiva. Editorial Tirant lo Blanch, Valencia, 2017, p.89.

²² Arruego Rodríguez Gonzalo. Op.cit., p.103.

²³ Ruiz Lapeña, Rosa. Aspectos objetivos e institucionales de la investigación en el Estado social. En: Chueca, Ricardo (Dir.) Op.cit., p.105.

3. *Los Estados Partes en el presente Pacto se comprometen a respetar la indispensable libertad para la investigación científica y para la actividad creadora.*

4. *Los Estados Partes en el presente Pacto reconocen los beneficios que derivan del fomento y desarrollo de la cooperación y de las relaciones internacionales en cuestiones científicas y culturales.*

2.3. Límites del derecho a la producción y creación científica y técnica.

El ejercicio de los derechos fundamentales y las libertades públicas no es ilimitado, como ha recordado en numerosas ocasiones el Tribunal Constitucional²⁴. Tampoco en el caso de la producción y creación científica y técnica, ni en la actividad previa y vinculada a estas acciones, la investigación. En ese sentido, el Convenio de Oviedo establece que “el interés y el bienestar del ser humano deberán prevalecer sobre el interés exclusivo de la sociedad o de la ciencia”. En otras palabras, la investigación científica y técnica cuenta con límites²⁵. Las garantías principales, como apunta por ejemplo la Ley de Investigación Biomédica²⁶, tienen como objetivo proteger la dignidad y la integridad del ser humano, respetando sus derechos y libertades fundamentales y la no discriminación. Además, el libre ejercicio de la investigación también puede encontrar sus límites en el llamado principio de precaución, con el fin de evitar riesgos que puedan afectar a la salud o al medioambiente.

La Constitución Española no recoge un catálogo exhaustivo de límites para cada uno de los derechos fundamentales y las libertades públicas. Sin embargo, la norma fundamental establece que entre los límites de los derechos protegidos en el artículo 20 están el respeto al resto de derechos reconocidos en el Título I, en los preceptos de las leyes que los desarrollen y, en particular, en el derecho al honor, a la intimidad, a la propia imagen y a la protección de la juventud y de la infancia. Cualquier otra restricción sobre un derecho fundamental deberá “establecerse por ley, respetar el contenido esencial del derecho que se limita y, ser proporcionales, necesarios e idóneos, es decir, observar el principio de proporcionalidad”²⁷.

3. EL DERECHO A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN LA UNIÓN EUROPEA.

España no fue el primer país en garantizar este derecho fundamental. Alemania lo consagró inicialmente en la Constitución de Frankfurt de 1848, que nunca llegó a entrar en vigor, pero que marcó de forma decisiva los posteriores textos constitucionales²⁸. Aquel enunciado —“la ciencia y su enseñanza son libres” — fue incluido

también en la Constitución del Estado de Prusia de 1850 y ampliado en la Constitución de Weimar de 1919 —“el arte, la ciencia y su enseñanza son libres” —.

De forma posterior, otros países de nuestro entorno incluyeron en su ordenamiento constitucional el derecho fundamental a la libertad de investigación científica, generalmente bien como forma de la libertad de expresión y pensamiento que se garantiza junto a la libertad de cátedra o la libertad artística, bien vinculada a la libertad de enseñanza²⁹. Entre los Estados que lo reconocen se encuentran Alemania, Hungría, República Checa, Finlandia, Italia, Polonia, Austria, Estonia, Lituania, Grecia, Bulgaria, Malta, Eslovaquia, Eslovenia y Portugal. Sin embargo, existen casos donde este derecho no está incluido de forma expresa en la Constitución, como sucede en Francia, donde “el Consejo Constitucional entiende ese derecho protegido en relación al artículo 10 de la Declaración de derechos del hombre y del ciudadano de 1789 y el artículo 10 del CEDH [Convenio Europeo de Derechos Humanos]”³⁰.

²⁴ Por ejemplo, en el Fundamento Jurídico 7 de la Sentencia del Tribunal Constitucional 11/1981, de 8 de abril, se afirma que “ningún derecho, ni aun los de naturaleza o carácter constitucional, pueden considerarse como ilimitados”. Una idea en la que también incide, por ejemplo, el Fundamento Jurídico 5 de la Sentencia del Tribunal Constitucional 2/1982, de 29 de enero, que recoge que “todo derecho tiene sus límites que [...] en relación a los derechos fundamentales, establece la Constitución por sí misma en algunas ocasiones, mientras en otras el límite deriva de una manera mediata o indirecta de tal norma, en cuanto ha de justificarse por la necesidad de proteger o preservar no sólo otros derechos constitucionales, sino también otros bienes constitucionalmente protegidos”.

²⁵ “Si bien el titular de la libertad goza de cierta autonomía garantizada por el Derecho, ello no significa que se ampare cualquier conducta comprendida en ella. La libertad de investigación científica está sujeta a límites si en su ejercicio se afectan otros derechos, bienes jurídicos o intereses constitucionalmente protegidos”. Ahumada Canabes, Marcela Alejandra. *Op.cit.*, p.355.

²⁶ Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación biomédica. BOE, núm. 159, de 4 de julio de 2007.

²⁷ Ahumada Canabes, Marcela Alejandra. *Op.cit.*, pp.376-377.

²⁸ Esteve Pardo, José. En el ocaso del paradigma Galileo. El nuevo y desatendido entorno de la libertad de investigación científica. En: Silveira Gorski, Héctor (Ed.) *El derecho ante la Biotecnología. Estudios sobre la nueva legislación española en Biomedicina*. Universitat de Lleida, Icaria Editorial, 2008, p.147.

²⁹ Arruego Rodríguez, Gonzalo. El derecho fundamental a la investigación científica en la Constitución Española de 1978. En: Chueca, Ricardo (Dir.) *La investigación científica como derecho fundamental*. Editorial Comares, Granada, 2012, pp.44-45.

³⁰ Elvira, Ascensión. El derecho a la investigación científica en el marco de la Unión Europea. En: Chueca, Ricardo (Dir.) *La investigación científica como derecho fundamental*. Editorial Comares, Granada, 2012, p.70.

Además de la inclusión del derecho a la libertad de investigación científica, la Carta de Derechos Fundamentales de la Unión Europea reconoce en su artículo 13 que “las artes y la investigación científica son libres”. Una mención llamativa, en opinión de Escajedo San Epifanio³¹, ya que la pretensión de la Carta era “reafirmar derechos ‘especialmente reconocidos’ en las tradiciones y obligaciones comunes de los Estados miembro”. No aparece en catálogos de derechos más antiguos, como el Convenio Europeo de Derechos Humanos de 1950, pero su reconocimiento en sus diferentes formas en distintos textos constitucionales, entre ellos España, remarca el interés para proteger esta libertad.

4. REFLEXIONES SOBRE EL DERECHO FUNDAMENTAL A LA INVESTIGACIÓN A LA LUZ DE LOS AVANCES CIENTÍFICOS Y TÉCNICOS

Cuarenta años después de la entrada en vigor de la Constitución Española y, por ende, del establecimiento del derecho a la producción y creación científica y técnica, la mayor parte de la doctrina jurídica interpreta este reconocimiento como la protección de una investigación científica libre. Sin embargo, al contrario que otros derechos fundamentales, este no ha gozado en las últimas décadas del mismo interés y desarrollo legislativo, jurisprudencial e incluso doctrinal.

Además, como apunta Esteve Pardo³², la actividad científica se enmarca hoy en un contexto notablemente diferente al marco en el que se desarrolló en el pasado. La investigación es, a día de hoy, fuente de progreso social y económico, pero su desarrollo también puede afectar al disfrute de otros derechos fundamentales y libertades públicas. Por otro lado, su promoción pública y privada puede acarrear otras consecuencias que afectan a la libertad de ciencia, como por ejemplo la limitación de su ejercicio por intereses de los distintos poderes políticos, económicos o de otra índole.

La necesidad de fomentar el acceso de los ciudadanos al conocimiento con el fin de garantizar su participación en las decisiones públicas y de favorecer la cultura científica es otro de los puntos cruciales para la investigación en la actualidad. Desde la constitucionalización de este derecho fundamental hasta hoy, la comunidad científica y también el legislador³³ han reconocido la importancia de promover que la ciudadanía sea partícipe de la actividad y del progreso científico. Por ello, y recordando lo dispuesto en el Código Civil³⁴, es fundamental reflexionar acerca de la posibilidad de incluir la difusión de la ciencia dentro del

espacio del derecho fundamental complejo que ya protege la producción y creación científica y técnica.

Se trata, en efecto, de un debate que ya está teniendo lugar en el plano internacional. Desde 2013, fecha en la que tuvo lugar un seminario para clarificar el contenido normativo del derecho a gozar del desarrollo científico y de sus aplicaciones impulsado por Naciones Unidas, el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales trabaja en diferentes borradores para la elaboración de un futuro Comentario General sobre el llamado derecho a la ciencia. Este derecho contemplaría “contenidos de derecho de participación, derecho de acceso (que implica libertades) y derecho con importantes claves de cooperación internacional”³⁵. Una clarificación normativa del Pacto de Derechos Económicos, Sociales y Culturales que también permitiría reconocer los derechos y las libertades que vinculan a los Estados firmantes de dicho tratado en materia de investigación científica y técnica.

³¹ Escajedo San Epifanio, Leire. Identidad genética y libertad de ciencia. Anuario de la Facultad de Derecho de la Universidad Autónoma de Madrid, 2013, 17:39-74, pp.45-46.

³² Esteve Pardo, José. El desconcierto del Leviatán. Política y Derecho ante las incertidumbres de la ciencia. Editorial Marcial Pons, Madrid, 2009.

³³ La Ley de la Ciencia de 2011 reconoce, entre sus objetivos generales, la necesidad de “impulsar la cultura científica, tecnológica e innovadora a través de la educación, la formación y la divulgación en todos los sectores y en el conjunto de la sociedad” y “promover la participación activa de los ciudadanos en materia de investigación, desarrollo e innovación, y el reconocimiento social de la ciencia a través de la formación científica de la sociedad y de la divulgación científica y tecnológica, así como el reconocimiento de la actividad innovadora y empresarial”. Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. BOE, núm. 131, de 2 de junio de 2011.

³⁴ El artículo 3.1 del Código Civil establece que “las normas se interpretarán según el sentido propio de sus palabras, en relación con el contexto, los antecedentes históricos y legislativos, y la realidad social del tiempo en que han de ser aplicadas, atendiendo fundamentalmente al espíritu y finalidad de aquellas”. Real Decreto de 24 de julio de 1889 por el que se publica el Código Civil. BOE, núm. 206, de 25 de julio de 1889.

³⁵ Mancisidor, Mikel. El derecho humano a la ciencia. Un viejo derecho con un gran futuro. Anuario de Derechos Humanos 2017, 13:211-221.

Aplicaciones de la Biotecnología en la Agricultura

M^a DOLORES RODRÍGUEZ MARTÍN

Catedrática de Fisiología Vegetal, Profesora de Biotecnología Vegetal.
Facultad de Biología, Universidad de Salamanca

INTRODUCCIÓN

Las plantas siempre han tenido una gran importancia para el hombre y, por ello, han sido objeto de especial interés a lo largo de la historia. Hay que tener en cuenta que el comienzo de los cultivos agrícolas fue responsable de los primeros asentamientos humanos, y con ellos, grandes poblaciones nómadas se hicieron sedentarias (hace unos 10.000 años). Las plantas han sido utilizadas desde siempre como alimento y como fuente de fibras, fármacos, energía (combustible), tejidos y papel, como material de construcción y como decoración. Además, influyen en el clima, protegen el suelo y regeneran la atmósfera, y a su vez son influidas por todos estos factores. Por tanto, las plantas tienen grandes aplicaciones alimenticias, farmacéuticas, etc., e importantes repercusiones ecológicas, y por ello, constituyen un campo de estudio muy interesante dentro de la Biología.

Actualmente están surgiendo otra serie de aplicaciones, como la utilización de cultivos de tejidos vegetales para la producción de compuestos raros o caros como fármacos, aminoácidos o alcaloides, y la aplicación de nuevas técnicas de transformación genética o Ingeniería Genética Vegetal para obtener plantas de cultivo con características más deseables desde el punto de vista agrícola o comercial, con el fin de aumentar la productividad y el rendimiento de las cosechas.

En la actualidad, es evidente la necesidad de mantener y aumentar la producción agrícola para garantizar un suministro de alimentos suficiente para una población creciente. Durante los últimos 50 años ha habido un gran aumento en la producción agrícola de plantas destinadas a la alimentación, ya que se han sumado los éxitos alcanzados por la mejora clásica de las especies cultivadas, con la utilización de una tecnología y maquinaria más moderna en la Agricultura. Además, la llamada “revolución verde”, que tuvo lugar en los años 60, consiguió multiplicar la producción agrícola en amplias zonas del planeta mediante una combinación de fertilización de los suelos con abonos de composición controlada, y el control químico de enfermedades y plagas con pesticidas. Sin embargo, este aumento no se ha producido por igual en todos los países, ya que la producción agrícola depende de las condiciones climáticas y de la adición de fertilizantes, herbicidas y pesticidas, lo que supone un gran coste económico que sólo pueden

permitirse los países más desarrollados, mientras que otros no son capaces de cubrir ni siquiera sus propias necesidades.

Por eso, en la actualidad cada vez existe mayor interés en la aplicación de técnicas de Ingeniería Genética en plantas, con el fin de conseguir nuevas variedades capaces de crecer en condiciones desfavorables y sin la adición de fertilizantes o pesticidas, que son caros y contaminan el medio ambiente, o que contengan más fibra, mayor cantidad de productos medicinales, mejorar la calidad alimenticia de las cosechas, el sabor, el tiempo de almacenamiento, etc. Algunos de estos objetivos ya son una realidad y las aplicaciones de este campo de estudio tienen un futuro prácticamente infinito.

TRANSFORMACIÓN GENÉTICA DE PLANTAS

Durante cientos de años, las plantas cultivadas por el hombre se han ido seleccionando para utilizar las variedades con mayor rendimiento y más ventajas adaptativas. Aún hoy, gran parte de la mejora vegetal se basa en seleccionar grandes poblaciones para encontrar variaciones útiles.

También se han aplicado otro tipo de técnicas, como los injertos o la obtención de híbridos interespecíficos, para seleccionar variedades con características más deseables.

Pero estas técnicas son largas, dependen de la compatibilidad genética entre las especies y carecen de precisión en la modificación de genes específicos.

Actualmente existen otras posibilidades para producir mejoras específicas y dirigidas mediante técnicas de **transformación genética**, que permiten introducir en plantas superiores ciertos genes clonados, tanto de origen procarionota como eucariota.

En los años 80, el Dr. Marc Van Montagu (Univ. Gante, Bélgica) observó que la bacteria del suelo *Agrobacterium tumefaciens* transfiere de forma natural parte de su material genético a las plantas (figura 1), y aprovechó ese sistema de transferencia genética para obtener la primera planta transgénica, una planta de tabaco que contenía y expresaba un gen exógeno que le confería resistencia a un antibiótico.

Desde que se descubrió la transformación genética de plantas por el sistema *Agrobacterium*, este método para mo-

dificar genéticamente a las plantas ha revolucionado las investigaciones en los vegetales, tanto en los estudios bioquímicos y moleculares básicos como por sus aplicaciones agrícolas, alimenticias e industriales.

Los grupos más avanzados de biología molecular y algunas grandes empresas se dieron cuenta del enorme interés de estos procedimientos para la mejora genética de plantas. Con estas técnicas se podrían resolver de forma rápida y directa algunos problemas de las especies de cultivo, que no contienen algunos de los genes de interés para el agricultor o el consumidor, ya que permiten introducir genes extraños en las células vegetales, con lo que se pueden obtener plantas de cultivo con características distintas y más deseables o con cualidades especiales.

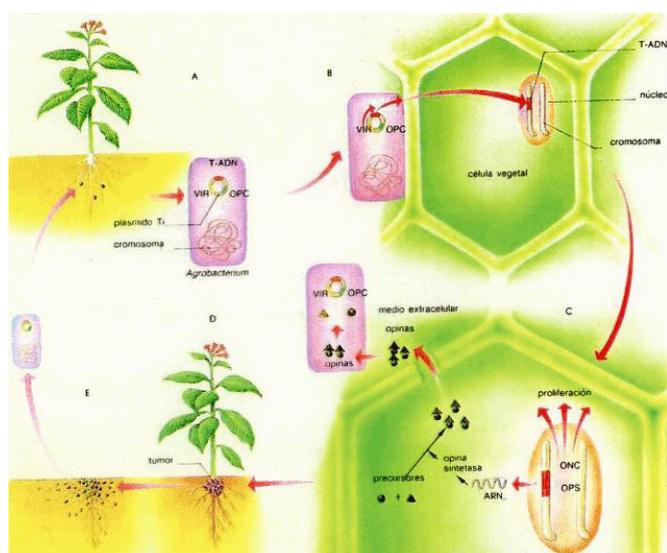


Figura 1. *Agrobacterium tumefaciens*, bacteria del suelo que produce en plantas la enfermedad de agallas en corona ("crown gall")

Desde el punto de vista biotecnológico, el objetivo de estos métodos es conseguir plantas transgénicas, es decir, plantas que contienen uno o varios genes exógenos, que se integren de forma estable en su genoma, que al expresarse confieran características fenotípicas especiales, y que se transmitan o hereden a sus descendientes.

Para conseguir plantas transgénicas con características nuevas y más deseadas, se plantean varios problemas básicos:

1) Identificar y aislar los genes de interés. Este problema tiene su solución en las técnicas de clonación molecular, que permiten aislar e identificar genes determinados y producirlos en cantidades prácticamente ilimitadas (figura 2).

2) Encontrar los vectores adecuados para introducir estos genes en las plantas que se quieren transformar y que se expresen en ellas. Esto ha sido solucionado, en parte, por la naturaleza, ya que existen vectores naturales capaces de introducir parte de su genoma en las células de plantas superiores, como son el plásmido Ti de *Agrobacterium tumefaciens*

(figura 1) y algunos virus vegetales. Hoy en día existen tres técnicas que permiten obtener plantas transgénicas: transformación de protoplastos, *biolística* (o bombardeo de *microproyectiles* con DNA) y transformación mediante *Agrobacterium*. Este último (que detallaremos más adelante) es el sistema es más fiable, ya que la transformación es más estable y sólo se introduce una copia del transgén.

3) Que el gen transferido se integre de forma estable en el genoma de la célula vegetal. Este proceso se produce esencialmente al azar y los mecanismos de la integración son desconocidos, lo que impide, por el momento, controlar y optimizar esta fase del proceso de transformación.

4) Regeneración de la planta a partir de la célula o células transformadas. Esto se realiza mediante cultivos *in vitro* de células o tejidos. La obtención de plantas transgénicas es posible gracias a una característica propia de los vegetales: la totipotencia, según la cual cualquier célula de un vegetal tiene el potencial de regenerar una planta completa. Las células vegetales se pueden cultivar en un medio artificial que aporte los nutrientes necesarios para las divisiones celulares y la proliferación vegetativa, aunque estas condiciones de cultivo varían en las distintas especies. De este modo, las células inicialmente transformadas regenerarán, mediante propagación vegetativa, una planta completa donde todas las células contendrán el transgén (figura 2). Precisamente este paso es el factor limitante en la obtención de plantas transgénicas de determinadas especies, ya que aún no se han encontrado las condiciones de cultivo adecuadas para todas ellas.

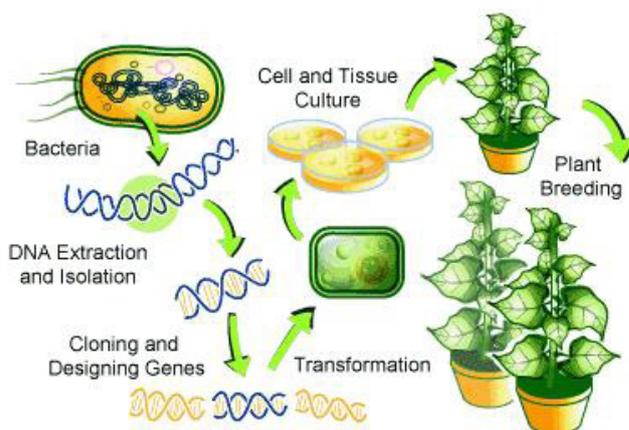


Figura 2. Proceso de mejora vegetal mediante identificación de genes de interés, transformación de células vegetales, selección y regeneración de plantas con las características deseadas.

EL SISTEMA AGROBACTERIUM

Los miembros del género *Agrobacterium* son bacterias que viven en el suelo y son patógenos de un amplio rango de especies vegetales.

Agrobacterium tumefaciens produce la enfermedad de "agallas en corona" (crown gall), que son crecimientos tumorales

formados por células vegetales que proliferan de forma desorganizada. La bacteria infecta a la planta a través de pequeñas heridas presentes, atraída por sustancias que excretan las células vegetales dañadas y produce una proliferación celular que conduce a la formación del tumor. Las células vegetales infectadas por la bacteria sintetizan una serie de derivados raros de aminoácidos llamados **opinas**, que sólo se producen en las células tumorales, nunca en las células vegetales sanas, y son utilizadas por la bacteria para obtener energía. La formación del tumor tiene lugar por la transferencia a los núcleos de las células infectadas de un fragmento de DNA llamado **T-DNA** o *transfer-DNA*, que se encuentra en un plásmido de *Agrobacterium*, llamado **plásmido Ti** (*tumor-inducing*), y que es el que se transfiere e integra en el DNA nuclear de las células vegetales produciendo la transformación genética (figura 1). Por tanto, *Agrobacterium* es un agente oncogénico que transforma genéticamente a las células vegetales y hace que los tumores resultantes sinteticen compuestos especiales necesarios para el crecimiento de la bacteria, en un proceso que implica la transferencia de información genética desde la bacteria a la planta y su integración en el genoma vegetal, siendo éste el único caso conocido de un intercambio de material genético entre distintos reinos.

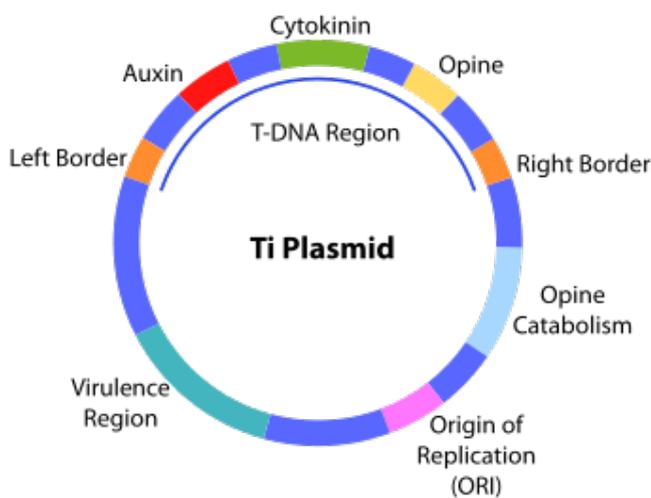


Figura 3. Diagrama del plásmido Ti donde se observan los genes *vir* y el T-DNA, que contiene los extremos RB y LB (left y right borders), los genes para la síntesis de auxinas y citoquininas (hormonas vegetales responsables de la proliferación del tumor) y los de la síntesis de opinas.

El estudio del plásmido Ti permitió observar la presencia de genes de virulencia (*vir*), responsables de la infección, y de genes inductores de tumores (síntesis de auxinas y citoquininas), que se encuentran en el T-DNA y que están flanqueados por unas secuencias de nucleótidos características en sus extremos, llamadas RB (right border) y LB (left border) (figura 3).

Mediante manipulación genética se consiguió obtener cepas de *Agrobacterium* sin genes tumorales, pero manteniendo las secuencias RB y LB, necesarias para la transferencia e in-

tegración del T-DNA. De esta forma, cualquier gen insertado en el T-DNA dentro de estas secuencias, será transferido a las células de la planta e integrado en su genoma (Figura 4).

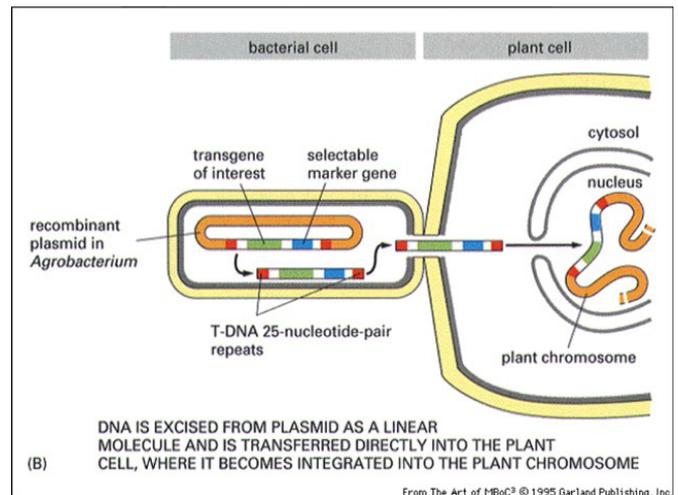


Figura 4. Transferencia e integración del gen de interés en el genoma vegetal a través del sistema *Agrobacterium*

Una vez introducido el transgén en *Agrobacterium*, hay que co-cultivar la bacteria con fragmentos de tejidos vegetales para que se produzca la transformación de las células de la planta y la integración del transgén en el genoma vegetal (figura 5). Por último, a partir de las células tumorales transformadas se puede regenerar la planta completa en condiciones experimentales, mediante cultivos de tejidos con la adición de nutrientes y hormonas que difieren para cada especie.

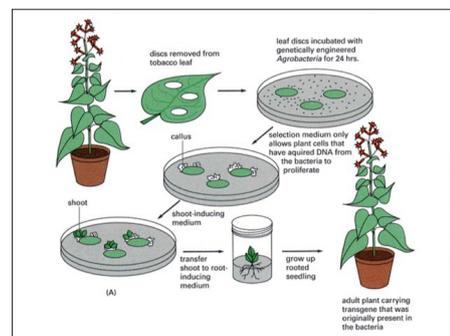


Figura 5. Proceso de transformación, selección y regeneración de plantas transgénicas

APLICACIONES DE LAS PLANTAS

TRANSGÉNICAS

Las plantas transgénicas tienen en potencia múltiples aplicaciones y su utilidad es indudable en campos como la agricultura y la industria farmacéutica entre otros. De hecho, ya hay muchas de ellas implantadas en cultivos agrícolas.

Las principales aplicaciones de la modificación genética de plantas son:

- Aumentar la productividad de los cultivos mediante resistencia a plagas, enfermedades, herbicidas, sequías, suelos de elevada salinidad, etc.

- Incrementar la calidad del producto mediante la mejora de su aspecto, sabor o contenido nutricional, o retrasando la maduración de los frutos para conseguir dilatar el tiempo de almacenamiento.

- Regeneración de suelos contaminados por metales pesados con plantas transgénicas tolerantes a estos elementos.

- Producción de medicamentos, como anticuerpos monoclonales, vacunas y otras proteínas terapéuticas.

- Otras aplicaciones industriales, como producción de plásticos, detergentes, cosméticos, perfumes, fibras, bio-combustibles...

A continuación, veremos algunas de las más importantes, centrándonos, en este resumen, en las aplicaciones agrícolas.

APLICACIONES AGRÍCOLAS

1. Resistencia a herbicidas

El uso de los herbicidas se ha vuelto indispensable en la agricultura moderna, para evitar el desarrollo de las malas hierbas y así aumentar el rendimiento de las cosechas. El problema de los herbicidas es que no son selectivos, afectan por igual a las malas hierbas y a las plantas cultivadas y esto limita su uso. La obtención de plantas transgénicas resistentes a herbicidas simplifica el control de las malas hierbas en los cultivos sin perjudicar a las plantas cultivadas.

La resistencia a herbicidas se basa en la transferencia a las plantas de cultivo de genes de resistencia presentes en bacterias y algunas especies vegetales, una vez que se han identificado los genes que determinan la resistencia a un tipo de herbicida (figura 6). Los principales herbicidas usados en agricultura afectan a la síntesis de aminoácidos esenciales o a la fotosíntesis, como glifosato, sulfonilureas o atrazina. Se han encontrado algunas bacterias, levaduras o plantas resistentes a alguno de estos herbicidas porque presentan una sobreproducción de la enzima diana del herbicida o una mutación en la proteína receptora. Estos genes se han aislado y se han introducido en plantas de cultivo como tabaco, tomate, colza, maíz, algodón y soja. Así se ha conseguido que plantas transgénicas que son resistentes o más tolerantes al glifosato y a otros herbicidas.

2. Resistencia a plagas de insectos

Las plagas de insectos causan enormes daños en los cultivos agrícolas y los agricultores usan una gran variedad de productos químicos como pesticidas para eliminarlos,

pero el uso indiscriminado de estos productos es peligroso porque contaminan el suelo y las aguas, matan también a los insectos beneficiosos como los polinizadores, y suelen ser venenosos para otros animales e incluso para el hombre. Por eso existe un gran interés en conseguir variedades de cultivo que sean resistentes a las plagas más frecuentes sin necesidad de aplicar pesticidas peligrosos.

Las plantas en su evolución han desarrollado una serie de mecanismos, tanto físicos como químicos, para defenderse del ataque de los insectos. Uno de ellos es la síntesis de inhibidores de proteasas en hojas y semillas, que reducen la calidad alimenticia de la zona atacada y bloquean la digestión en el insecto, provocándole la muerte. Se han aislado los genes que codifican estas proteínas y se han conseguido plantas transgénicas de distintas especies de cultivo, como patata, tabaco o guisante, que sobreexpresan estas proteínas y en las cuales se consigue evitar el ataque de algunos insectos como mariposas, orugas y gusanos (Figura 6).

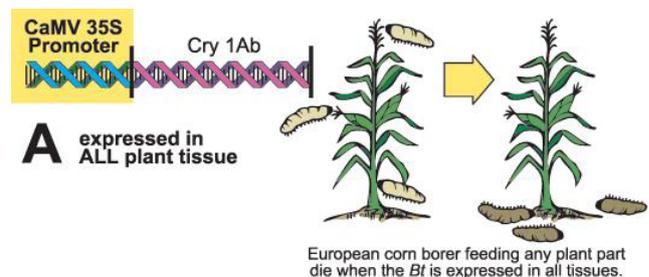


Figura 6. Maíz transgénico que expresa la proteína Bt y es resistente a gusanos.

Uno de los casos más estudiados ha sido el de una proteína tóxica para los insectos, la proteína Bt, sintetizada por *Bacillus thuringiensis*, que es letal para distintos tipos de insectos, como mariposas, moscas, mosquitos, y escarabajos, ya que inhibe el transporte de iones en el intestino produciendo la muerte del insecto.

Se han aislado varios genes para estas proteínas Bt y se han utilizado para transformar distintas especies de cultivo, que expresan esta proteína y que son mucho más resistentes al ataque de distintos insectos. Ya están en el mercado plantas transgénicas de patata, maíz, algodón y tabaco que expresan la proteína Bt y son resistentes a insectos. Estas variedades transgénicas aportan una serie de ventajas muy importantes para el agricultor, los consumidores y el medio ambiente, ya que se reduce el consumo de insecticidas contaminantes y tóxicos, se disminuye el empleo de envases difícilmente degradables, y se respetan las poblaciones de insectos beneficiosos.

3. Resistencia a condiciones adversas del medio.

La transformación genética plantea la posibilidad de conseguir plantas resistentes a ciertas condiciones adversas

del medio como pueden ser temperaturas extremas, sequía, alta salinidad en el suelo, presencia de metales pesados, etc., mediante la expresión de las proteínas específicas que mejoren las respuestas al estrés.

Por ejemplo, en cultivos de tabaco se ha conseguido aumentar la tolerancia al frío aumentando el número de dobles enlaces de los ácidos grasos que forman las membranas lipídicas.

Se está estudiando la resistencia a la congelación, mediante la expresión del gen para la proteína AFP (anti-freezing protein), que se ha encontrado en algunos peces que viven en océanos polares y disminuye el punto de congelación del agua, evitando los daños de la congelación. Se están experimentando plantas transgénicas de tabaco, patata, nabo y *Arabidopsis* que expresan el gen AFP y son más resistentes a temperaturas bajas.

También se han obtenido plantas tolerantes a la presencia de sales en el suelo aumentando en sus células la síntesis de compuestos osmóticamente activos, como manitol, betaína o prolina.

Otro aspecto interesante es la resistencia a metales pesados procedentes del abuso de fertilizantes o de contaminaciones industriales. Se ha experimentado con plantas transgénicas que sobreexpresan fitoquelatinas y metalotioneínas, que son proteínas que quelan estos metales formando productos no tóxicos. Estas plantas transgénicas son capaces de crecer en terrenos contaminados, aunque el crecimiento sea menor, y además eliminan los metales de los suelos, por lo que se pueden emplear en procesos de biorremediación o recuperación de suelos contaminados e improductivos.

4. Mejorar el valor nutricional.

Las plantas contienen la mayoría de los aminoácidos esenciales, sin embargo, las proteínas vegetales son pobres en algunos aminoácidos esenciales, especialmente isoleucina, lisina, metionina, treonina y triptófano. Por eso, las dietas vegetarianas pueden producir importantes deficiencias en uno o más de estos aminoácidos esenciales. Esto adquiere especial importancia en muchos países que basan su alimentación en la ingestión de proteínas de origen vegetal, como arroz, maíz o patatas.

Por tanto, uno de los principales objetivos de la mejora vegetal es mejorar la composición de aminoácidos de las proteínas presentes en las plantas cultivadas, de forma que se aproximen más a nuestras necesidades nutricionales, mediante la modificación de los genes de las principales proteínas de reserva vegetales o bien introduciendo genes sintéticos que

codifiquen proteínas con una composición de aminoácidos más deseada.

Por transformación genética, se ha conseguido aumentar el contenido de metionina en algunas proteínas de reserva de soja, judía y otras legumbres, y patatas transgénicas con mayor contenido en aminoácidos esenciales, lo cual aumenta su calidad nutricional.

También se han desarrollado otras plantas transgénicas con propiedades nutritivas mejoradas, entre las que podemos destacar:

“Arroz dorado” (golden rice) enriquecido en provitamina A:

El arroz supone el 80% del aporte calórico en la dieta en países sudasiáticos. La semilla de arroz no sintetiza β -carotenos (precursor de vitamina A) y la carencia de vitamina A (retinol) genera serofthalmia, ceguera, enfermedades respiratorias y es una causa importante de mortandad infantil. La deficiencia en vitamina A afecta a 250 millones de personas en el mundo. Así, el arroz dorado, que sintetiza β -caroteno, por lo que presenta un color anaranjado (Figura 7), supone un gran avance para la alimentación en países cuya principal ingesta se basa en este grano, y ya está empezando a sembrarse en Filipinas, Vietnam, India, Bangladesh, Indonesia o China.



Figura 7. Arroz dorado (izda.) y arroz convencional (dcha.)

Yuca enriquecida en aminoácidos esenciales:

La yuca es el alimento básico de 600 millones de personas en países tropicales subdesarrollados (Sudamérica, África). Tiene un bajo contenido en vitaminas y proteínas (1-5% peso seco), en particular aminoácidos esenciales (Lys, Leu, Met y Cys) necesarios para el normal desarrollo de niños y adultos. Las variedades de yuca enriquecidas en estos aminoácidos representan una mejora importante en la dieta de estas poblaciones con pocos recursos y escasa variedad en su alimentación.

Golden orange o naranja dorada (Made in Spain):

Esta naranja desarrollada por el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias y la empresa Biópolis (Valencia) presenta menor tiempo de floración y mayor contenido en β -caroteno, lo que hace que al alto contenido en vitamina C que contiene esta fruta, se suma un mayor contenido de pro-Vitamina A, escasa en otros alimentos.

Maíz fortificado:

Este maíz con mayor contenido en Vitaminas A, C y B12 (β -caroteno, ascorbato, folato) ha sido desarrollado por investigadores de la Universidad de Lleida (figura 8).

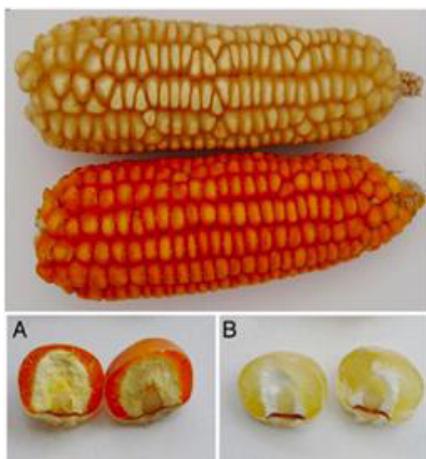


Figura 8. Maíz convencional y maíz fortificado (abajo e izquierda)

Tomate azul (Purple tomato):

Este tomate desarrollado en el John Innes Centre (Norwich, U.K.) (figura 9), tiene mayor contenido en flavonoides, que previenen la arterioesclerosis, y antocianinas, que actúan como antioxidantes.



Figura 9. Tomate azul

Trigo sin gluten:

La intolerancia al gluten (celiaquía) afecta al 7% de la población. Las proteínas responsables de esta intolerancia son

las gliadinas, que son abundantes en trigo, cebada y centeno. En el Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC) en Córdoba, han desarrollado una variedad de trigo que no contiene gluten, contiene más proteínas ricas en lisina y la calidad de la harina es igual a la del trigo convencional, con características muy similares en el amasado y horneado del pan (figura 10). Esto representa un gran avance para los enfermos celíacos, que podrán consumir este pan y otros productos elaborados con esta harina sin peligro para su salud.

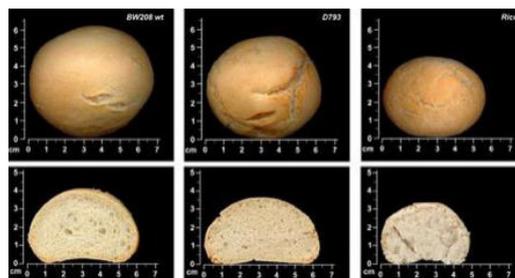


Figura 10. Pan de trigo convencional (izda.), trigo sin gluten (centro) y pan de arroz (derecha).

EPÍLOGO

Hoy día, la tecnología de plantas transgénicas está ya muy madura, las barreras tecnológicas están prácticamente superadas, existen unas normativas claras y específicas para la producción en plantas transgénicas, y poco a poco se van superando las trabas legislativas.

Los cultivos transgénicos tienen ventajas inmediatas que ya se están observando en muchos países, como son: Extender ciertos cultivos a zonas pobres o improductivas; Disminuir el gasto en productos químicos y, por tanto, abaratar los costes; Evitar el abuso de abonos, pesticidas, herbicidas, con lo que se disminuye la contaminación que producen las prácticas agrícolas; y Producir alimentos con características especiales y más deseables.

Los principales objetivos de estos cultivos son conseguir una Agricultura menos agresiva con el medio ambiente y una producción a gran escala menos contaminante, siendo así complementarios de la agricultura ecológica, con la ventaja de su mayor producción y menor coste.

Finalmente, hay que señalar que los cultivos transgénicos llevan ya más de 20 años en los campos y en los mercados sin que se haya detectado ni un solo problema ni para la salud humana o animal ni para el medio ambiente. La población mundial está aumentando y la agricultura convencional es muy contaminante. Si queremos tener alimentos para todos y no perder la productividad actual, hay que integrar nuevos métodos y técnicas. La Biotecnología Vegetal es una tecnología que se ha mostrado eficaz para resolver algunos de estos problemas. ¿Podemos permitirnos prescindir de ella?

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

Madrid, 22 de noviembre de 2018



De izquierda a derecha, José Ángel Martínez Escribano, Patricia Fernández de Lis, Marisol Soengas, Lluís Montoliu, José Luis Todolí Torró, Javier García Martínez

Palabras del Presidente en el acto de entrega de placas de la AEC

Un año más nos reunimos para entregar las Placas de Honor de la Asociación Española de Científicos. Hace más de 20 años –la de hoy es la 21ª edición–, los entonces miembros de la AEC instituyeron este galardón para poner de manifiesto el esfuerzo y el talento dedicado en España a la generación de conocimiento, a la difusión del mismo y a su aplicación en beneficio de la sociedad. No son ideas atractivas que yo haya utilizado para este discurso, sino algunos de los fines que se recogen en los estatutos de la AEC. Como ya he dicho y escrito en alguna otra ocasión, me sorprende muy agradablemente que en los estatutos de una asociación fundada en 1971 se recoja la transferencia,

la colaboración público-privada, la divulgación, la ética, la componente humanística de la ciencia, etc., como actividades esenciales para la justa valoración de la ciencia y de los científicos por la Sociedad.

Y cada año también quedo sorprendido por ver cómo en este acto se articula perfectamente lo que se ha venido a llamar el “ecosistema” de la investigación, el desarrollo y la innovación (I + D + i). Este año, como en los anteriores, distinguimos a unos pocos investigadores de entre los muchos que lo merecerían por su empeño en conocer cómo es y cómo funciona la naturaleza, y por enfocarla la curiosidad que les mueve, que nos mueve a los que dedicados a esta tarea, en cuestiones científicamente relevantes. En menor o mayor medida, los galardonados también se han implicado en que los resultados de su trabajo lleguen a la Sociedad a

la que pertenecemos y que nos financia, a través de la divulgación y la transferencia del conocimiento. El esfuerzo de transferencia fructifica con la creación de empresas de base tecnológica, a las que también hemos galardonado a lo largo de estas 21 ediciones; de nuevo, a unas pocas entre las muchas que lo merecerían. Más recientemente, pero espero que se consolide, estamos reconociendo la labor de la divulgación, llamémosle profesionalizada, aliada indispensable para complementar los esfuerzos personales de, afortunadamente, cada vez más investigadores. Mediante la divulgación y la transferencia, el conocimiento, que es la materia prima imprescindible, retorna a la Sociedad, contribuyendo a mejorar la valoración de la ciencia y favoreciendo su apoyo en lo que sería un círculo virtuoso. Y no olvidemos la que es para mí la actividad posiblemente más esencial para el futuro de la ciencia en España: la generación de interés por la ciencia y de vocaciones científicas, así como la promoción del talento en este país donde gustan más los listillos que los inteligentes. También con nuestras placas queremos reconocer la labor en dicho sentido.



Enrique J. de la Rosa

A continuación pasaremos a la entrega de las placas y, finalmente, al discurso de clausura por parte de la doctora Raquel Yotti, directora del Instituto de Salud Carlos III, quien ha tenido la amabilidad de asistir. El ISCIII es un organismo clave para la articulación de la I + D + i en el campo de la biomedicina y la salud, tan importante para el bienestar de la Sociedad. Tras la cena, cuando pase el grato recuerdo de este acto, que seguro tendréis la mayoría de vosotros, os propongo el que meditéis sobre por qué este encaje que os he anticipado, que creo os quedara claro a nivel de este pequeño "ecosistema", cuesta tanto implementarlo a nivel global de la I + D + i española. Os animo a todos a pensar en ello, a buscar soluciones pero, sobre todo, a disfrutar de la velada.

ENRIQUE J. DE LA ROSA
Presidente de la AEC

Placa de Honor de la AEC-2018 concedida a Marisol Soengas

Autoridades académicas, miembros de esta Asociación, galardonados, colegas, amigos, señoras y señores.

Me resulta especialmente emotivo presentar a la doctora Marisol Soengas en este acto de entrega de las placas de honor de la Asociación Española de Científicos 2018 en el que se reconoce su labor científica.

Marisol nació en Agolada, una aldea pontevedresa cerca de Lalín. En ese entorno se interesó por la Biología y acabó obteniendo su licenciatura y especialización en Biología Molecular en la Universidad Autónoma de Madrid, con brillantes calificaciones. Incluso antes de finalizar su Licenciatura decidió unirse al laboratorio de Margarita Salas en el Centro de Biología Molecular Severo Ochoa.

A ese mismo laboratorio me incorporé también como Científico Titular a mi regreso de USA y al repasar las fechas me quedo realmente perplejo de cómo pasa el tiempo. Hace ahora unos 28 años de aquella coincidencia y fue realmente una suerte que pudiera encargarme de la codirección de la Tesis Doctoral de Marisol. Se trataba de un gran reto para ambos ya que el proyecto consistía en llevar a cabo un estudio estructural y funcional de la proteína p5 de unión a DNA de cadena sencilla que participa en la replicación del DNA del fago $\phi 29$. Era un proyecto muy novedoso en el laboratorio que implicaba el uso de abordajes moleculares, biofísicos y de microscopía electrónica. Desde el primer momento pude percibir su inteligencia y responsabilidad, su enorme dedicación, su capacidad de trabajo y sobre todo, sus ganas de aprender. Más aún, le veía ya ese motor necesario para emprender una carrera científica y unas pequeñas, pero robustas, alas que sólo con un poco de maduración y una pista de despegue adecuada le permitirían iniciar el vuelo en solitario.

Ese momento llegó tras defender su Tesis Doctoral con brillantez. En 1997, se trasladó al laboratorio de Scott Lowe en Cold Spring Harbor Laboratory, en Long Island. Ese período constituyó su primer contacto con los mecanismos de supresión tumoral y la implicación de la apoptosis, llevando a cabo la primera demostración del papel de factores apoptóticos en la supresión del desarrollo de melanoma y como mediadores de la quimiorresistencia. No puedo dejar de recordar con enorme agrado las muy agradables estancias en su casa cuando yo asistía a los congresos de Cold Spring Harbor Laboratory, entonces ya en compañía de José Antonio Esteban, a quien conocí en los años felices de la tesis.

Al final de su etapa postdoctoral desarrolló su interés por acercarse a los pacientes con melanoma y combinar en su investigación el estudio de biopsias con modelos celulares



De izquierda a derecha, Crisanto Gutiérrez, Marisol Soengas, Enrique J. de la Rosa

y animales. La oportunidad para hacerlo se la ofrecieron en USA, donde obtuvo una posición de Assistant Professor en el Department of Dermatology de la Universidad de Michigan en Ann Arbor, uno de los mejores centros multidisciplinares para el estudio y tratamiento del melanoma. Allí estableció un floreciente grupo de investigación que definió nuevos mecanismos en la progresión tumoral y su tratamiento.

En 2008, el sistema de ciencia español tuvo la suerte de poder reclutarla como Jefe del Grupo de Melanoma del CNIO. Desde esa fecha el trabajo de Marisol ha estado enfocado a identificar mecanismos implicados en la iniciación y progresión del melanoma para poder trasladarlos a los tratamientos clínicos. Ello está siendo posible gracias al desarrollo de diversos modelos animales que permiten el estudio de la progresión tumoral mediante técnicas no invasivas así como la identificación de nuevos biomarcadores tumorales y posibles dianas terapéuticas relacionadas con factores endolisosomales específicamente enriquecidos en melanoma.

Esta gran actividad multidisciplinar de su laboratorio se ve enriquecida con una enorme cantidad de contactos a nivel nacional e internacional, habiéndose convertido en un referente mundial en melanoma. Pero además ha podido

poner en práctica su capacidad emprendedora también a nivel empresarial, siendo cofundadora de Bioncotech Therapeutics, una spin-off directamente implicada en la transferencia de conocimiento “from the bench to the bedside”, con especial énfasis en terapias basadas en RNAs de doble cadena y nanopartículas.

Marisol ha recibido ya una larga lista de galardones y premios, desde algunos en el ámbito de su terruño gallego, como el Josefa Wonenburger de la Xunta de Galicia, el de la Feira do Cocido de Lalín o más recientemente el de Executivas de Galicia, hasta otros a nivel internacional como el Life Science Biomedical Scholar Award de la Universidad de Michigan, el de la Leukemia and Lymphoma Society of America, la American Dermatology Foundation, y la Elsa V. Pardee Foundation, o el Diana Ashby Young Investigator Award de la Society for Melanoma Research.

Para finalizar me gustaría hacer una reflexión general. Además de su indiscutible valía científica, creo que es justo afirmar que Marisol es fruto también del gran esfuerzo colectivo que desde hace unas décadas permitió sacar a nuestro país del ostracismo y tercermundismo científicos. Unos logros que desgraciadamente han sido masacrados

administrativa y financieramente desde hace unos años por el enorme absoluto a la ciencia, a su valor social y a su relevancia para el modelo productivo del país. Todo ello excusándose en la crisis, que si bien se ha producido, no ha sido óbice para que los países de nuestro entorno hayan aumentado en ese mismo período más del 30% su inversión en ciencia. Y ya era mucho más alta que la nuestra. Es necesario que la tendencia actual cambie radicalmente para favorecer el surgimiento de nuevas Marisol y para que los muchos españoles que trabajan fuera se sientan atraídos por un entorno científico competitivo.

Marisol, tampoco puedo dejar de recordar otros muchos momentos más personales, en bodas, reuniones familiares acompañadas de excelente comida, cenas, etc. Es para mí un verdadero placer poder hacer esta tarde aquí tu presentación para esta placa de la Asociación Española de Científicos 2018 y gracias por los años de amistad compartidos.

CRISANTO GUTIÉRREZ
Profesor de Investigación del CSIC

Respuesta del galardonado

Muchísimas gracias Crisanto por esta presentación tan cariñosa.

Por supuesto, gracias a Enrique de la Rosa y al comité y al general a los miembros de AEC detrás de mi nominación para esta placa. Todos los reconocimientos son importantes, pero cuando vienen por parte de tus compañeros de profesión son todavía más ilusionantes.

Antes de volver a Crisanto, me gustaría felicitar a los demás premiados con las Placas de Honor.

A Luis Montoliu lo conozco personalmente por su trabajo magnífico en albinismo, por sus resultados con CRISPR/Cas, y por ser un abanderado en la investigación en animales.

Con José Luis Todolí no había coincidido, pero he visto su CV y su contribución al campo de la espectroscopía es impactante.

A Materia sí los conozco, porque han cubierto en varias ocasiones trabajo de mi grupo en el melanoma, y en general del CNIO. Son un ejemplo de periodismo científico riguroso que necesitamos en este país. De hecho, hoy tenéis un artículo en el País sobre los mitos y riesgos de la pseudociencia, de los que mucha gente no es consciente...; así que gracias por vuestro trabajo.

A Algenex y Celera, los voy a invitar al CNIO porque quiero conocer sobre su trabajo de formación de nuevas generaciones y en sistemas de expresión en baculovirus.



Marisol Soengas

Y ya volviendo a Crisanto, no sabéis la ilusión que me ha hecho que sea él el que me haya presentado, porque me da pie a enfatizar el concepto y el valor del mentor y de la mentorización.

Voy a hablar de tres personas que han sido esenciales en mi carrera: Margarita Salas, Crisanto y Scott Lowe.

A Margarita Salas la conocéis todos, no necesita presentación, porque es una de las grandes referentes en bioquímica molecular en este país. A Margarita le han concedido casi todos los premios, pero uno reciente que me consta le ha hecho mucha ilusión es Nature's 2017 mentoring awards.

De Nature nos preguntaron qué nos había impactado más. Y todos los que participamos respondimos casi unánimemente que "el orgullo de ser Margarito", la marca Margarito..., esto supone haber creado escuela. Por otra parte, el rigor: cuantificar y repetir. Es importante, porque en estos momentos de prisa y competitividad, es importante dar un paso atrás, revisar los datos y asegurarse de que son sólidos. Y ya el tercer punto, es el saber delegar. Encontrar seniors en los que confiar para que supervisen a otros.

Y así llegué yo a las manos de Crisanto.

Crisanto ya os ha comentado mis comienzos primero en Coruña y luego en la Autónoma. Yo había llegado en 4º, con muy buen expediente, pregunté cuál era el mejor grupo. Me dijeron que el de Margarita, y allá me fui. Supongo que la convencí, y me aceptó. Primero trabajé con Luis Blanco mientras acababa la carrera, y allí salieron mis primeros papers en la proteína estrella del fago que era la polimerasa.

El grupo de la polimerasa estaba muy saturado, así que me pasaron a otra proteína. Fijaos, se trataba de un virus que infecta bacterias, y además me habían pasado a una "proteína accesoria" que no era esencial *in vitro*. Fui a hablar con Crisanto, y no solo me tranquilizó, si no que me entusiasmó. Me dijo que esta proteína había que estudiarla desde un punto de vista radicalmente diferente con técnicas biofísicas. Iba a ser un reto, pero también una oportunidad.... Bueno y retos a mí... Me pareció fantástico.

También me dijo algo que ya se lo he dicho muchas veces, marcó mi carrera. Me dijo "hoy estos experimentos te los propongo yo, pero mañana los tienes que proponer tú". Esto me hizo pensar, ser independiente, y ser proactiva. Eso es un ejemplo de mentorización que intento inculcar en mis estudiantes y postdocs.

De Crisanto aprendí muchas más cosas. Me impulsó a ir a salir fuera, (inusual en aquel entonces). Holanda para mejorar una técnica de fluorescencia, y ahí sí que ya perdí el miedo a nuevos experimentos, porque al final era yo la que más trabajaba y cerraba el laboratorio.

Otra de las lecciones de Crisanto, la aprendí cuando estábamos preparando una charla para un congreso (que, por cierto, practiqué conmigo no sé cuántas veces). Las charlas tenían que responder a tres preguntas: Por qué, para qué y después qué. Esto supone ya tomar control del proyecto, y ser tú el líder.

Después de Crisanto vino CSHL a través de Manuel Serrano, que también conoceréis. Le pregunté a Manuel cuál era el mejor laboratorio, y me dijo que el de Scott Lowe. Y me fui a hablar con él... bueno, pues hoy Scott es Howard Hughes (con más de 30 postdocs), pero en aquel momento estaba empezando, y yo acabé siendo su segunda postdoc. Con Scott empecé en el mundo del cáncer, p53, apoptosis y acabamos en el melanoma como ejemplo de reto, porque era un tumor agresivo y en aquel momento sin tratamiento eficaz en metástasis.

De Scott aprendí también muchas cosas, sobre todo a pensar en el "big picture". Recuerdo que un día le conté una serie de experimentos que estaba haciendo que eran "fáciles"... y me miró y me dijo... eso lo pueden hacer muchos grupos. "tell me more"... "if you ask boring questions, you

will get boring answers". Y yo creo que, en parte, lo que distingue a un científico de otro es en las preguntas que te planteas, y en las metas... a dónde quieres llegar.

Luego ya vino Michigan donde monté mi primer grupo en una de las clínicas de melanoma más grandes del Midwest, y luego el CNIO. Volví al CNIO no por ser España, si no por la calidad, era y es uno de los centros de investigación en cáncer a nivel internacional.

En el CNIO intentamos abarcar el melanoma desde una perspectiva muy amplia: desde aspectos más básicos, hasta el desarrollo de fármacos.

Estamos interesados en biomarcadores de diagnóstico (que permitan diferenciar lunares de melanoma),

hemos generado unos modelos animales que son únicos, porque nos permiten seguir el desarrollo del melanoma desde las fases más iniciales. Estos animales "iluminan" cuando los melanomas son agresivos y marcan sitios de metástasis antes de que lleguen las células tumorales.

También hemos encontrado múltiples factores que median esta metástasis porque actúan no solo en las células cancerosas si no también en el entorno, en la vasculatura y en el sistema inmune.

Finalmente, hemos desarrollado compuestos anticancerígenos, que dieron lugar a una patente, luego a una compañía spin off, que ahora tiene ya un derivado en ensayo clínico en pacientes. Que los resultados del laboratorio se puedan trasladar al paciente es realmente una satisfacción.

Estos experimentos ya no los hago yo, de hecho, los responsables de estos éxitos son los miembros de mi grupo, que están hoy aquí conmigo, y los que dedico esta Placa, porque es un Honor y un Orgullo no ser su jefa, pero espero que su mentora.

Y ya para terminar, en este concepto de formación, yo estoy muy implicada también en aspectos de mentorización y liderazgo para mujeres científicas. Tenemos una oficina de Woman in Science en el CNIO, y yo soy la coordinadora también de un grupo de trabajo ASEICA-Mujer, (dentro de la Asociación Española de Investigación sobre el Cáncer).

Hemos invitado a Muchas mujeres profesionales, y hay muchos aspectos en los que tenemos que trabajar para reducir desigualdades, pero un consejo común, es "elegir bien a la pareja". Tu pareja te puede frenar, limitar, o te puede apoyar, y de hecho impulsarte hacia delante. En mi caso, yo tengo la suerte de tener un compañero de vida, José Antonio que es científico (por cierto, el año que viene lo podíais considerar para estas placas porque tiene un trabajo buenísimo en aprendizaje y memoria). José Antonio aparte de corregir

todos mis grants y papers, es mi lado zen, el que me tranquiliza y me devuelve a la realidad... a él le dedico también este reconocimiento.

De nuevo enhorabuena a los premiados, y gracias a la AEC por esta Placa. Un honor.

MARISOL SOENGAS

Placa de Honor de la AEC-2018 concedida a José Luis Todolí Torró

Sr. Presidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), autoridades académicas, miembros del Consejo Rector de la AEC, socios, simpatizantes, compañeros y amigos. Para mí es una gran satisfacción poder participar en este entrañable acto de entrega de las placas de honor de la AEC 2018, y ese honor es todavía mayor cuando me corresponde presentar a José Luis Todolí Torró, catedrático de Química Analítica del Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología de la Universidad de Alicante.

José Luis Todolí Torró nació en Cocentaina (Alicante), el 31 de agosto de 1967, sus padres José Luís y Rosalía fueron

ambos maestros, siendo el primogénito de tres hermanos. Tuvo una feliz infancia y adolescencia en el seno de un ambiente familiar culto, positivo, constructivo, basado en la educación y cultura del esfuerzo, siempre rodeado de afecto y cariño. Cursó sus estudios de primaria en el colegio de Muro de Alcoy, donde su padre ejerció como director del centro durante más de 25 años y su madre fue una entrañable profesora de infantil y primaria muy reconocida por su calidad docente y humana. Realizó sus estudios de bachillerato y COU en el Instituto "Pare Arques" de Cocentaina.

A continuación cursó la licenciatura en Ciencias Químicas, ingresando como estudiante en la Universidad de Alicante en 1985, y obtuvo el grado de doctor en 1994 por esta Universidad con la máxima calificación. En 1997 realizó una estancia postdoctoral de larga duración en el Laboratoire des Sciences Analytiques (Universidad Claude-Bernad, Lyon, Francia) bajo la supervisión del Profesor Mermet. Tras ocupar una plaza de Profesor Titular Interino en 1999, en Junio del 2000 tomó posesión de una plaza de profesor titular de universidad. Finalmente, en abril de 2012 obtuvo una plaza de Catedrático de Universidad, puesto que ocupa hasta la actualidad.

Tuve la suerte de conocer al profesor Todolí gracias a su hermana Cristina, abogada, amiga, compañera y alma ma-



De izquierda a derecha, Manuel Miguel Jordán Vidal, José Luis Todolí Torró, Enrique J. de la Rosa

ter del vicerrectorado de Investigación e Innovación de la Universidad Miguel Hernández. Recuerdo que aquel primer encuentro lo viví muy intensamente, pues José Luis no es solo un magnífico científico es, sobre todo, una excelente persona.

Permitidme que desglose brevemente su dilatado curriculum. El profesor Todolí es autor de un total de 102 artículos en revistas internacionales, el 90% de ellas situadas en el primer cuartil, 2 libros y 33 capítulos de libro. Sus publicaciones han recibido más de 3100 citas dando lugar a un índice h de 32 (Google Citations).

Actualmente forma parte del Advisory Board de las revistas *Spectrochimica Acta*, Part B (Elsevier) y *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* (RSC).

En cuanto a la participación en congresos ha contribuido con más de 250 comunicaciones. Entre ellas cabe destacar 33 ponencias invitadas en congresos tanto de habla inglesa como francesa, celebrados en países tales como los Estados Unidos, Canadá, Brasil, Francia, Alemania u Holanda, entre otros.

Ha sido investigador e IP de 57 proyectos de I+D financiados en convocatorias públicas. Asimismo, ha participado en un total de 53 contratos de especial relevancia con empresas nacionales e internacionales y/o administraciones. Ha dirigido y codirigido 10 Tesis Doctorales.

Los proyectos de investigación han girado en torno a dos grandes técnicas analíticas: por una parte, la espectrometría de masas con fuente de ionización de plasma y, por otro, la cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC). El profesor Todolí se ha preocupado siempre de la transferencia del conocimiento científico a la sociedad. Fruto de la investigación en campos como la alimentación, análisis de aguas y determinación de metales, ha obtenido tres patentes.

Actualmente dirige el Grupo de Investigación de Análisis Químico Aplicado de la Universidad de Alicante. Las líneas de investigación actuales corresponden a: desarrollo de instrumentación científica, análisis de y control de líquidos derivados del petróleo y biocombustibles; análisis de alimentos y aguas residuales; desinfección de alimentos; análisis de muestras clínicas y análisis de insectos. Gran parte de las investigaciones de carácter básico se ha llevado a cabo con la participación y subvención directa por parte de empresas privadas tanto de carácter nacional como multinacionales. Asimismo, los resultados y los dispositivos resultantes de las investigaciones realizadas han sido utilizados e implementados por centros y grupos de investigación internacionales.

Ha sido evaluador de proyectos de I+D del Instituto de la Pequeña y Mediana Empresa Valenciana (IMPIVA, actual IVACE), de la AVAP y de organismos internacionales como FWO (Flandes, Bélgica), QNRF (Catar) o Mítacs (Canadá).

Quisiera concluir trasladando mi más sincera enhorabuena a José Luis y a sus seres queridos por este premio tan merecido, en especial a su esposa Inma, a sus hermanas Cristina y Ana, a sus hijos José, Mar y Raúl, a sus cuñados Isaac y Mario, que hoy nos acompañan, a su Grupo, Departamento y Universidad, y a sus muchos amigos, colaboradores científicos de ámbito nacional e internacional y colegas de profesión.

Y, por supuesto mis felicitaciones a todos los galardonados esta noche en esta gala de la Ciencia de la AEC.

Para finalizar, quiero compartir un emotivo poema, atribuido a la madre Teresa de Calcuta, dedicado a los maestros, y que esta noche quiero dedicar, con tu permiso, José Luis y de tus hermanas, a tus padres, pues estoy convencido que están hoy junto a nosotros viviendo intensamente este momento ya que, en definitiva han sido cómplices gracias a su esfuerzo, apoyo, dedicación y, seguro que muchos desvelos, de que tu carrera científica haya alcanzado las más altas cotas de excelencia investigadora que hoy aquí reconocemos.

Enseñarás a volar,
pero no volarán tu vuelo.
Enseñarás a soñar,
pero no soñarán tu sueño.
Enseñarás a vivir,
pero no vivirán tu vida.

Sin embargo...
en cada vuelo,
en cada vida,
en cada sueño,
perdurará siempre la huella
del camino enseñado.

Amigo, catedrático, has encontrado tu propio camino y, estoy convencido de que seguirás volando muy alto.

Muchas gracias por su atención.

MANUEL MIGUEL JORDÁN VIDAL
Vicerrector de Investigación e Innovación. Universidad Miguel Hernández de Elche

Respuesta del galardonado

Señor Presidente, Señores Vocales de la AEC, señoras y señores. En primer lugar, me gustaría agradecer sinceramente a Manu la extraordinaria descripción que ha efectuado acerca de mi trayectoria investigadora, así como sus amables y afectuosas palabras. Ciertamente actos como el que nos ocupa suponen un ejercicio de síntesis que ayuda a recapitular y reflexionar sobre los aciertos que se han producido a lo largo de años dedicados a la investigación sin olvidar, por



José Luis Todolí Torró

supuesto, los errores que me han ayudado a madurar en este ámbito. Asimismo, querría agradecer a la AEC la concesión de este premio que recibo con gran alegría. Desearía, además, felicitar al resto de galardonados por sus logros y su papel pionero en los diversos campos en torno a los que han girado sus investigaciones.

A lo largo de las más de dos décadas dedicadas a la investigación, docencia y, en menor medida, gestión, he recibido el apoyo de un grupo de personas que, especialmente en los últimos diez años, han hecho posible que los proyectos que se han planteado se hayan efectuado con éxito. Un investigador no puede materializar sus ideas sin la participación de un equipo que, en mi caso particular, ha estado formado por doctorandos y compañeros del departamento. Es por ello que quisiera aprovechar este momento para agradecerles a todos ellos, a los profesores Soledad Prats, Salvador Maestre, Raquel Sánchez y Ana Beltrán por sus constantes muestras de apoyo. A todos los doctorandos e investigadores que han confiado en el grupo de investigación de Análisis Químico Aplicado y han invertido su tiempo trabajando duro en nuestros laboratorios. A ellos debemos una parte importante de los éxitos alcanzados. Obviamente, debo reconocer que la

carrera científica resulta más satisfactoria en un entorno tan propicio como la Universidad de Alicante, la cual nos aporta las instalaciones e infraestructuras necesarias, aspecto que agradezco enormemente.

La Química Analítica, campo objeto de las investigaciones en las que he participado, es una Ciencia que transforma un problema social en uno científico para, posteriormente, retornar a la sociedad un entregable en forma de solución al problema. En esta disciplina confluyen ciencias tales como la física, la química y las matemáticas, conducentes a desarrollos fundamentales, así como disciplinas beneficiarias de dichos desarrollos tales como la medicina, ciencias de los alimentos, energía o medio ambiente. Me encuentro, por tanto, en un ecosistema óptimo para la investigación y la innovación.

Nos encontramos en un país en el que se producen entre el 3 y 4% de los documentos científicos de calidad a nivel mundial, mientras que la inversión es únicamente del 1%. Es, por tanto, un país de talento, un país en el que una baja inversión en investigación nos sitúa en un honroso décimo puesto en la clasificación mundial de países productores de ciencia. Disponemos, por tanto, de los medios humanos necesarios para convertirnos en una potencia investigadora global. Debemos, por tanto, exigir a nuestros dirigentes una optimización en la gestión de los fondos públicos para evitar que se pierda la inversión que se efectúa en la formación de nuevos investigadores cuando, una vez preparados, estos deben migrar a otros países en busca de condiciones laborales dignas.

Sin embargo, no hay que olvidar que, como científicos, tenemos la responsabilidad de resolver los verdaderos retos de la sociedad, por lo que debemos efectuar estudios transferibles a la misma. En este sentido, la colaboración con entidades privadas es de suma importancia. No obstante, existen enormes dificultades para que se logre un entendimiento claro entre el mundo académico y el empresarial. A pesar la conciencia creciente que se está adquiriendo desde las universidades y centros públicos de investigación, es de imperiosa necesidad trasladar las mismas inquietudes al mundo industrial, ya que su participación en el proceso de investigación científica es absolutamente necesaria. Debemos, por tanto, seguir tendiendo puentes entre el ámbito académico y el empresarial para que se comprenda que la investigación no es un gasto, sino una inversión.

Para superar los duros años de crisis financiera que hemos vivido, en el grupo de investigación de Análisis Químico Aplicado de la Universidad de Alicante, nos hemos visto obligados a adaptar la forma de plantear y desarrollar nuestras investigaciones, acercándonos al mundo empresarial sin renunciar al carácter fundamental que deben tener nuestros estudios. He basado mis investigaciones en estas premisas. Como consecuencia de ello, los proyectos de investigación han evolucionado desde aspectos que claramente han posibilitado la creación de una base teórica relacionada con la demanda

de nuevas metodologías de análisis hacia la adaptación de dichas bases teóricas a las problemáticas reales planteadas por sectores tan variados como los combustibles fósiles y biocombustibles, análisis clínico, alimentario y medioambiental. El enfoque de mis investigaciones desde estos puntos de vista ha permitido lograr una actividad científica con financiación exclusivamente privada durante los últimos ocho años sin merma alguna en la producción científica. Esta posibilidad se ha brindado gracias a la flexibilidad y versatilidad que permite nuestra labor como investigadores.

Para finalizar, querría indicar que este no ha sido un camino fácil y ha estado plagado de momentos difíciles, inciertos, momentos que no se hubiesen podido superar sin el constante apoyo de mi familia y colegas. Asimismo, quería tener un recuerdo para mis padres José Luis y Rosalía que me ayudaron, sin descanso, a superar los primeros años, los más duros, de mi carrera investigadora.

Placa de Honor de la AEC-2018 concedida a Lluís Montoliu

Estimadas autoridades, colegas, amigas y amigos, es un honor estar compartiendo con ustedes el acto de entrega de las Placas de Honor de la Asociación Española de Científicos,

a invitación del presidente de la AEC, el doctor Enrique de la Rosa. Es un placer añadido que la invitación haya sido para presentar y entregar este premio al doctor Lluís Montoliu con quien también me une una larga relación.

Lluís Montoliu es uno de los investigadores más conocidos y reconocidos del país por sus múltiples actividades, y tomaría la velada entera hablarles de todas ellas. Las pueden encontrar en su página en Internet, siempre actualizada y llena de información interesante para todos los públicos y, especialmente, para sus colegas (<http://www.cnb.csic.es/~montoliu/>). Resumirles que Lluís es investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en el Centro Nacional de Biotecnología en Madrid (<http://www.cnb.csic.es>) desde el año 1997 y jefe de grupo en el Centro de Investigación Biomédica en Red en Enfermedades Raras (CIBERER; <http://www.ciberer.es>) del Instituto de Salud Carlos III. Lluís tiene una brillante trayectoria profesional, reconocida con numerosos galardones, el más reciente, entregado hace unos días, en ocasión del décimo aniversario del Servicio de Información y Noticias Científicas (SINC), que ha reconocido la colaboración de Lluís con los medios de comunicación (<https://www.agenciasinc.es/>).

Me voy a centrar hoy en hablarles de su pasión por la divulgación científica y sus logros.



De izquierda a derecha, Enrique J. de la Rosa, Lluís Montoliu, Isabel Varela Nieto

Es domingo, café, periódico y, como sin querer, las manos buscan el móvil y trastean un poco para ver si Lluís, desde algún remoto rincón del mundo o desde la tranquilidad de su casa, ha mandado algo a la lista “transgénicos” que creó y mantiene. Se la recomiendo. Para que valoren su impacto en la comunidad comparto una anécdota. Hablando con colegas en el reciente congreso anual de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (www.sebbm.es) en Santander, es decir charlando con científicos del área de Lluís, la mayoría reconocimos que estamos “enganchados” a sus noticias dominicales y a sus comentarios sobre CRISPR. Lluís es un escritor cercano, preparado, que disfruta escribiendo y transmite emoción. Hemos seguido los altibajos técnicos de CRISPR, los grandes logros, las disputas por las patentes, los trabajos irreproducibles, y atisbado el futuro que se deriva de las muchas aplicaciones de esta poderosa técnica.

Pero no sólo esto, Lluís ha contribuido a que descubramos, valoremos y apoyemos las aspiraciones de un gran investigador, el Prof. Francis Mojica. Un científico español con opciones a recibir el Premio Nobel por su descubrimiento inspirado del sistema bacteriano de defensa CRISPR (https://elpais.com/elpais/2016/01/22/ciencia/1453479692_403180.html), y que ha tenido en Lluís un aliado infatigable. Cabe aquí desear suerte a Francis y confiar en que nuestras autoridades e instituciones lo apoyen con el mismo ímpetu y pongan los medios precisos.

Lluís ha tenido también un papel central en “Transparencia Animal”, una iniciativa imprescindible para combatir los prejuicios que la experimentación animal despierta en algunos sectores de la ciudadanía (<http://www.cnb.csic.es/index.php/es/cultura-cientifica/noticias/item/1521-presentacion-informe-transparencia-animal-2018>). Sectores que manejan en general información sin contrastar, la nueva desinformación de las redes, y que desconocen en gran medida las cifras, las normas que regulan nuestro trabajo y su enorme utilidad. No es sencillo dar un paso al frente y abordar un tema que es espinoso e impopular, y Lluís aceptó este reto. He sido testigo de cómo presenta de forma objetiva la información a un público general, como entabla la discusión con toda pausa y educación: convenciendo. Información que conoce perfectamente porque ha contribuido a que se recoja y sea pública para la ciudadanía, comprendiendo y haciendo comprender que solo desde la transparencia informativa desharemos los mitos.

Por último, quisiera compartir hoy con ustedes, la dedicación y el trabajo de Lluís con los afectados de una enfermedad rara, el albinismo. Co-fundador impulsor de la asociación de ayuda a personas con albinismo (ALBA; <http://www.albinismo.es>). Lluís, entre otras cosas, ha editado dos libros bellísimos dando visibilidad a ese colectivo, inspirándoles y dándoles esperanza en la investigación, como herramienta indispensable para mejorar ahora el diagnóstico genético y, en un futuro, potencialmente desarrollar nuevas terapias.

Muchas gracias Lluís por tu generosidad, por tu trabajo y por tu servicio a la comunidad. Enhorabuena.

ISABEL VARELA NIETO

Profesor de Investigación del CSIC

Respuesta del galardonado

Estimados miembros del consejo rector de la Asociación Española de Científicos, estimado Presidente, Enrique de la Rosa, estimada Isabel Varela-Nieto, estimados colegas y amigos todos. Muchas gracias por haber pensado en mí para esta distinción, que me enorgullece recibir y os agradezco sinceramente sobremanera. Muchas gracias Isabel por tus amables y cálidas palabras. ¡No hay como tener buenos amigos en ciencia para que hablen bien de ti! Y enhorabuena al resto de investigadores, colegas, empresas e instituciones premiadas. Un verdadero honor compartir con todos vosotros estas distinciones que ha tenido a bien otorgarnos la Asociación Española de Científicos en 2018.

Hace unos pocos días, en una situación similar, confesaba abiertamente que investigar es un privilegio. Y añadía:



Lluís Montoliu

y poder contarle un lujo. Así es como lo siento yo. Siempre he creído ser inmensamente afortunado por poder trabajar en algo que siempre había querido hacer, desde que tengo uso de razón. Y ahora me siento doblemente afortunado de poder no solo investigar sino de divulgar sobre lo que investigo. En estos tiempos que corren en los que las vocaciones parecen desdeñarse yo las reivindico como motivación adicional para dedicarse a esta bendita profesión. Así como el papel de todos los mentores, profesores y personas que acaban moldeando lo que somos y hacemos.

Resaltáis en vuestra distinción mi trabajo en el campo de la regulación de la expresión génica. Quien primero me hablo de genética, debía tener yo 14 años, fue Don Saturnino Valle, un estupendo profesor de ciencias naturales en el Colegio Salesiano San Juan Bosco de Barcelona. Yo ya sabía que quería dedicar mi vida al estudio de la naturaleza, pero andaba todavía despistado en cuanto a qué aspecto de la misma debía centrar mi atención. Don Saturnino me hizo descubrir la genética y el flechazo inicial fue ya irreversible. Ya en la facultad de Biología de la Universidad de Barcelona descubrí que podía asistir a las clases de diversos profesores de una misma materia (aunque solo estuviera apuntado y me examinara con uno de ellos). Así fue como intenté aprovechar al máximo mi paso universitario y disfruté de las enseñanzas de grandes genetistas como Lluís Serra, Antoni Prevosti, Elvira Juan, Silvia Atrián y Roser González. Tras ser tentado durante el último año de carrera por la Bioquímica, seguí los consejos de Roser y crucé la Avenida Diagonal para llamar a la puerta del laboratorio de Pere Puigdomènech, físico de formación, con una tesis en biofísica y biología molecular, y máximo exponente a mediados de los años 80 en Barcelona de la genética molecular. Efectivamente, quizás a algunos os sorprenda descubrir que mis inicios fueron en genética de plantas, en maíz, descubriendo en el CID del CSIC nuevos genes con patrones de expresión característicos para así poder usar sus promotores en construcciones para la generación de algunas de las primeras plantas transgénicas de tabaco de nuestro país.

Al finalizar mi tesis descubrí la cromatina, la interacción entre el ADN y las proteínas, y quise aprender más. Pere me puso en contacto con un investigador alemán, amigo suyo de su etapa postdoctoral en Berlín, que estaba liderando un laboratorio del prestigioso y enorme centro alemán de investigación del cáncer (DKFZ). Günther Schütz me recibió en Heidelberg con los brazos abiertos para una estancia predoctoral en el extranjero, durante el verano de 1989, en una Alemania todavía dividida, y me invitó a unirme a su laboratorio cuando terminara la tesis. Me pareció un sueño. Y más todavía cuando me financió asistir a un inolvidable curso práctico de transgénesis animal y gastronomía, en Siena, en la fantástica Toscana, impartido en italiano, en el que durante varias semanas aprendí todas las técnicas básicas de manejo y modificación de embriones de ratón de la mano de la gran Laura Pozzi, de la Università La Sapienza, en Roma,

una de las pioneras de la transgénesis animal en Europa. Mi aterrizaje definitivo en Heidelberg ocurrió a principios de 1991, tras defender la tesis en diciembre de 1990. Y no fui solo, sino acompañado de Montserrat, mi amada Silveria, que siempre ha estado a mi lado, apoyándome y ayudándome a lo largo de toda mi carrera científica, sacrificando su futuro laboral y a quien agradezco infinitamente su generosidad, su amor y su compañía. En Alemania nacieron nuestros hijos Mercè y Jordi, que hoy ya han completado su formación universitaria y se encuentran trabajando y viviendo sus vidas de forma independiente ¿Qué más se puede pedir hoy en día como padres?

Resaltáis en vuestra distinción el contacto con los pacientes. Yo llevo trabajando en enfermedades raras, incluso desde antes de saber que investigaba sobre ellas. Cuando solo usaba los genes de la pigmentación como modelo experimental y hasta que un investigador británico, Glen Jeffery, de la UCL, me pidió unos ratones transgénicos que había hecho en Heidelberg, corrigiendo su albinismo y restaurando la pigmentación. Glen me comentó, de pasada, “supongo que sabes que estos ratones albinos son ciegos”, algo que ignoraba completamente y que me hizo descubrir la condición genética a la que he dedicado mis esfuerzos investigadores desde hace más de 25 años, en especial desde mi incorporación al CIBERER del ISCIII y particularmente desde que un día de enero de 2005 me llegara un mensaje desde Alicante, de Carlos Català, un padre de un niño con albinismo, pidiéndome que fuera a contarle, a ellos y a otras familias, que era eso del albinismo. De aquella primera charla surgieron otras y finalmente creamos ALBA, la asociación de ayuda a personas con albinismo, de la que formo parte y con quienes sigo colaborando.

Resaltáis también mi compromiso en los temas de transparencia en experimentación animal. Yo viví muy de cerca la controversia de las plantas transgénicas que atenazó a Europa en los años 90, y todavía colea. Junto con otros colegas, decidimos que había que tomar las riendas de la siguiente polémica que arreciaba, sobre experimentación animal y, ante todo, para explicarle a los ciudadanos lo que hacíamos, por qué, dónde, cómo y cuándo, así como lo difícil que era investigar con animales, y lo estrictamente regulado que era todo el proceso. Teníamos que superar tiempos anteriores de silencio, de no atender a los medios de comunicación, en los que habíamos perdido la batalla de la comunicación, de la opinión pública, netamente ganada por los contrarios a los OMG. Decidimos no inventar de nuevo la rueda y nos fijamos en el acuerdo por la transparencia británico, que había sido presentado en 2014. Con el apoyo de la COSCE lanzamos en España un acuerdo equivalente en 2016, al que hoy, me alegra decir, ya están adheridas nada menos que 129 instituciones, universidades, centros de investigación y sociedades españolas. Desde aquí mando un recuerdo para Juan Lerma y Javier Guillén, con quienes lanzamos este acuerdo, hoy continuado por el buen hacer de Margarita del Val.

Quiero finalizar mi intervención agradeciendo a todas las personas que han pasado por mi laboratorio en el CNB, al que llegué a finales de 1996, aterrizando desde Júpiter, sin maletas ni padrinos, pero con muchas ideas y ganas de trabajar. Me alegra tener hoy con nosotros a Patricia Giraldo y a Estela Giménez, mis dos primeras doctorandas, hoy estupendas profesoras de la UPM. También a Julia Fernández y Soledad Montalbán, veterinarias a quienes conocí a mi llegada al CNB y quienes me ayudaron a generar nuestros primeros ratones transgénicos y luego me han acompañado en mis aventuras tecnológicas de criopreservación e histología. A Marta Cantero, técnico superior de laboratorio que completó su formación y ya se quedó con nosotros, convirtiéndose en la persona que se conoce el nombre de todos nuestros ratones, quien los peina cada día, siendo una pieza fundamental en nuestro grupo, también en la logística y organización general del laboratorio. Y a Almudena Fernández, investigadora postdoctoral del CIBERER, cordobesa militante y también una persona esencial para nuestro grupo, que me ha permitido lanzarme a muchos proyectos y me ayuda enormemente a dirigir al resto de estudiantes predoctorales, de grado y postgrado que pasan por nuestro laboratorio. A todos ellos y a todo el laboratorio, muchas gracias.

He dejado para terminar la mención que hacéis a mis actividades de divulgación. Yo sigo pensando que la función principal de un investigador tiene que ser investigar. Pero, los que investigamos desde centros públicos, creo que tenemos una responsabilidad adicional para contar a la sociedad, en palabras llanas, tanto lo que hacemos como otros aspectos relacionados con nuestro tema de investigación. Por difícil que pueda parecer, si no somos capaces de contarle a la gente de la calle lo que estamos haciendo quizás deberíamos preguntarnos si deberíamos hacerlo.

Muchas gracias de nuevo a la Asociación Española de Científicos por esta placa de honor, y a todos vosotros por vuestra amistad.

Placa de Honor de la AEC-2018 concedida a CELERA

Es un placer presentar a Celera y hacerle entrega de la Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos.

Como se relata en sus memorias anuales, en Celera se aceleran personas no proyectos.

Es una iniciativa que identifica a personas que destacan no solo por su talento en su trayectoria profesional, sino también por su curiosidad, ganas de aprender y emprender. En definitiva, personas dispuestas a devolver a la sociedad parte de los que ésta les ha aportado para su formación.

Estos fueron los objetivos iniciales con los que nació Celera hace algo más de cuatro años y, en su corta trayectoria, los está cumpliendo a la perfección.

Aunque luego explicaré algunos pocos detalles de la actividad de Celera, quiero dedicar una palabras a su fundador y alma: el profesor Javier García Martínez, orgulloso riojano, que trabaja en la Universidad de Alicante y que, creo, que es la persona más activa que conozco. Es necesario referirnos a Javier y su trayectoria, pues su 'modo de vida es la filosofía sobre la que se sustenta Celera'. Conociendo a Javier se conoce a Celera.

De hecho, debe haber varios clones de Javier porque me parece imposible que desarrolle tantas actividades de manera simultánea y, a veces aparentemente en lugares distantes, no solo de España, sino también del planeta. Y esto sin desatender sus clases en la universidad, tarea que, por otro lado, le apasiona.

Aparte de su trabajo como profesor en la Universidad de Alicante, Javier es miembro del Consejo de Tecnologías Emergentes del Foro Económico Mundial, académico de la Academia Joven Global, Fellow de la Royal Society of Chemistry y vicepresidente de la IUPAC, la Unión Internacional de Química Pura y aplicada.

Como podéis imaginar, con esta intensa actividad, la maleta de Javier lleva más kilómetros que los famosos 'baúles de la Piquer' (bueno para mí, doña Concha Piquer).

Javier es catedrático de Química Inorgánica y Director del Laboratorio de Nanotecnología Molecular de la Universidad de Alicante donde investiga en la fabricación de nanomateriales para aplicaciones energéticas. Es inventor de más de una veintena de patentes, muchas de ellas en explotación comercial. Como buen científico, es, también, autor de numerosas publicaciones científicas y de libros especializados.

Javier es también un emprendedor. Es el fundador de la empresa de base tecnológica Rive Technology, que comercializa la tecnología que desarrolló durante su estancia postdoctoral Fulbright en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Ya sabemos lo difícil que es hacer que una empresa de base tecnológica tenga éxito. Sin duda alguna, Rive Technology lo tiene. Ha conseguido inversiones importantes en los últimos años, lo que le ha permitido sobrepasar con éxito todas las travesías del desierto que una EBT tiene que cubrir. Actualmente su empresa emplea a más de cuarenta personas. Desde 2012, los catalizadores que comercializa Rive Technology se utilizan ya en varias refinerías de EEUU aumentando sensiblemente la producción de combustibles y la eficiencia energética del proceso.

Pero también quiero destacar su labor en tareas educativas y divulgativas con libros, artículos y ponencias que



De izquierda a derecha, Enrique J. de la Rosa, Javier García Martínez, Bernardo Herradón

reflexionan sobre la enseñanza de las ciencias y como estas impactan en la sociedad.

Javier ha destacado desde muy joven como científico y pensador, de ahí posiblemente surgió su apuesta por Celera. Ha recibido numerosos galardones, muchos de ellos concedidos a jóvenes investigadores.

Entre los premios, podemos mencionar la medalla Europa en 2005, que se entrega anualmente al mejor químico europeo menor de 35 años. En 2006 recibió el European Young Chemist Award. En 2007, la revista Technology Review de Instituto Tecnológico de Massachusset (MIT) lo seleccionó como uno de los jóvenes investigadores más innovadores de su generación. En 2016 recibió el Emerging Researcher Award de la American Chemical Society, la sociedad científica más numerosa del mundo, siendo el primer español en recibirlo.

En junio de 2014, le fue otorgado el Premio Rey Jaime I en su categoría de Nuevas Tecnologías. Una parte importante de la dotación económica del premio lo dedicó a fundar Celera, que creo que es la actividad de la que Javier se siente más orgulloso.

Desde el momento de la fundación de Celera, Javier contó con el patrocinio y apoyo inestimable de la Fundación Rafael del Pino, cuya sede es también la de Celera.

Como ya he mencionado, Celera desarrolla un programa de identificación y apoyo del talento en España. Ya va por la cuarta edición y en total se han seleccionado a 41 jóvenes con el patrocinio continuo de la Fundación Rafael del Pino y, en los últimos años, con la colaboración de numerosas empresas e instituciones españolas.

Los jóvenes ‘acelerados’ tienen entre 20 y 35 años. Realizan su formación en el programa Celera durante tres años durante los cuales recibirán formación y asesoramiento en dos programas, uno centrado en el desarrollo personal y otro dirigido, especialmente, al emprendimiento. Para ello, los jóvenes son tutelados por diversos mentores en diferentes áreas, que tienen como objetivo sacar el máximo provecho del talento en aspectos relacionados con la inteligencia emocional, liderazgo de equipos y planes de negocio, entre otros.

Los seleccionados en el programa realizan numerosas actividades complementarias, como, por ejemplo, reuniones con destacadas personalidades nacionales e internacionales del mundo de la ciencia, la tecnología o la empresa. Entre

estas actividades podemos destacar la asistencia a cursos de emprendimiento organizados en el MIT, reuniones con científicos galardonados con el Premio Nobel o asistencia a reuniones científicas de muy alto nivel.

También los jóvenes de Celera participan en actividades diversas, como la organización de eventos internacionales. Recientemente han organizado el maratón de programadores (hackaton, en el lenguaje de los informáticos) SpaceAppsChallenge de la NASA, en la que han participado más de 25.000 personas de todo el mundo.

También realizan actividades de divulgación científica durante la Semana de la Ciencia, organizan concurso de videos en los que jóvenes científicos explican brevemente y de manera accesible su investigación. Los jóvenes ‘acelerados’ también han sido ponentes en conferencias de divulgación, que se pueden visualizar en internet. Sobre esta última actividad, solo un ‘pero’ y es que debéis decirle a la persona encargada de la grabación que lo haga en formato horizontal, pues hay algunos videos verticales, que no son cómodos de seguir. Pero, en fin, no estamos valorando la candidatura a un Premio Goya.

Por supuesto, un proyecto de este calibre no puede llevarse a cabo sin la colaboración de numerosas personas y entidades. Quiero volver a destacar especialmente a la Fundación Rafael del Pino, que, junto a Javier, está en Celera desde su fundación. También hay que mencionar que, desde este año 2018, la Fundación Banco Sabadell patrocina el proyecto. Y también quiero reconocer el trabajo que día a día realizan Viviana Ramírez, responsable de comunicación de Celera, y Francisco Martínez, director de Celera.

Como científico, quiero agradecer la impagable labor que Celera hace por apoyar la carrera de los jóvenes españoles y es un honor entregarte la Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos.

BERNARDO HERRADÓN

Respuesta del galardonado

El lunes, de regreso de cuatro días en los que he estado trabajando con otros colegas en la organización del Año Internacional de la Tabla Periódica, un compañero de trabajo me preguntó: “¿Para qué haces todas esas cosas?” Luego insistió: “Tú céntrate en lo que te interesa, tus proyectos, tus artículos y tu laboratorio y déjate de perder el tiempo trabajando para otros que nadie te lo va a agradecer”.

Normalmente no presto mucha atención a estas cosas, pero creo mi compañero, al que conozco hace muchos años, me lo decía convencido de me lo hacía por mi bien.



Javier García Martínez

¿Por qué hago tantas cosas y no me centro más en lo que me interesa? No se me ocurre un mejor momento que ahora para responder a esta pregunta, no sólo por mí y sino sobre todo por los jóvenes que nos escuchan.

Los demás no son una distracción que nos apartan de nuestra carrera hacia el éxito. Nuestros amigos, nuestra familia y la gente que nos necesitan son importantes y por lo tanto debemos dedicarles tiempo y cariño y no posponerlos como si fueran un marrón que nos aleja de nuestros objetivos porque añaden problemas a nuestra larga lista de cosas importantes que hacer.

Poner a los demás en el centro de nuestra preocupación y de nuestras actividades comienza por estar disponible. Por escuchar al que necesita hablar. Por estar presente cuando alguien nos cuenta algo que es para él o para ella es significativo.

Hoy parece que para ser importante hay que estar ocupado y atender con prisa y sin sonrisa.

Recuerdo perfectamente la llamada de Enrique para anunciarme que nos habían concedido este premio. Me dijo, “Javier durante las deliberaciones tu nombre salió para uno de los pre-

mios a científicos que concede la asociación. Pero preferimos concederle el premio a Celera porque no es nada común que un científico cree un programa para ayudar a que otros logren sus objetivos” (bueno algo más o menos así).

Aquí y ahora quiero hacer público lo que te respondí por teléfono Enrique. Fue algo así: “Me hace muchísima más ilusión que me reconozcáis lo que hago por otros, porque necesitamos un cambio en valores más que cualquier otra cosa. Un cambio que ponga al otro en el centro de nuestras preocupaciones y nuestra actividad”.

En la carrera por publicar, conseguir proyectos, reconocimiento, los científicos nos hemos olvidado de las razones que nos llevaron a elegir esta carrera y a trabajar para solucionar los grandes problemas a los que nos enfrentamos.

100 nuevos estudios sobre cómo va a aumentar la temperatura del planeta en 2050 no va a convencer a más personas de la importancia del cambio climático. Ni siquiera si somos capaces de conocer con toda precisión la temperatura en esa fecha. No nos faltan datos lo que nos faltan son historias. A las personas no se les convence con informes sino con relatos ilusionantes y compartidos en el que todo el mundo, no sólo los científicos, puedan ser protagonistas.

La ciencia debe recobrar el humanismo que la caracterizó en sus comienzos. Los grandes científicos que tanto nos inspiran como Marie Curie, Primo Levi o Linus Pauling son admirables y nos sentimos identificados con ellos sobre todo por lo humano que fueron, por su compromiso con los más débiles, los heridos en la primera guerra mundial, los compañeros de campo de concentración o en mil campañas para acabar con las armas nucleares.

Y en este sentido todas las personas que hacéis posible desde 1971 (ahí es nada) la Asociación Española de Científicos y que lleváis entregando estos premios desde hace 20 años, sois un ejemplo encomiable del compromiso y el trabajo por los demás. Por reconocer a los mejores de entre nosotros y de apoyar aquellas iniciativas que están ayudando a construir un país mejor, más justo e informado.

Desde Celera os estamos muy agradecidos por este reconocimiento que es un estímulo para seguir trabajando. Celera es sobre todo un experimento. Yo lo suelo explicar de esta forma porque cada día aprendemos a hacerlo mejor. Mi amigo Diego lo cuenta mejor. Él dice que en Celera hacemos que surgen esas casualidades que nos cambian la vida. Ese encuentro con una persona clave para avanzar nuestra carrera. Ese congreso en el que aprendimos algo fundamental. Esa carta de recomendación que nos abrió las puertas de una universidad en EEUU.

Algo más o menos así les conté a Vicente Montes (director de la Fundación Rafael del Pino, FRdP), Ricardo Forcano (del BBVA) y Paloma Cabelo el día que en un pequeño restaurante

en Chueca les dije que quería crear un programa para apoyar el talento en nuestro país. Está claro que me tienen mucho cariño, porque a pesar de lo mal que se lo expliqué me animaron a seguir adelante. Ellos han sido claves en la creación de Celera y de hecho la FRdP es co-fundadora del programa y co-patrocinadora junto a la Fundación Banco Sabadell. No podría imaginar mejores compañeros de viaje. Gracias Sonia, Miquel y Vicente por creer en este proyecto y por todo el cariño, tiempo y recursos que ponéis en él.

Pero si a alguien tengo que agradecer hoy, de hecho este premio es más de ellos que de nadie, es a Viviana Ramírez y a Francisco Martínez. Ellos son los que cada día sacan adelante Celera. Ellos se encargan de todo y todo lo hacen bien. Para mí es un privilegio trabajar con ellos y así ayudar a que otros alcancen sus sueños.

¿Por qué hago tantas cosas y no me centro más en lo que me interesa? Porque hay muchas cosas que me interesan y los demás me interesan mucho. Este reconocimiento que nos concede hoy la Asociación Española de Científicos es la mejor respuesta a la pregunta estrecha y egoísta con la que empecé la semana. Que mejor forma de acabarla que con todos vosotros celebrando la generosidad y el trabajo que hacemos por los demás.

Muchas gracias en nombre de Celera.

JAVIER GARCÍA MARTÍNEZ
Presidente de CELERA

Placa de Honor de la AEC-2018 concedida a MATERIA

Es indiscutible que actualmente vivimos en una sociedad que está inmersa en los avances de la ciencia y la tecnología. Desarrollos que se han visto exponencialmente acelerados en los últimos dos siglos, desde que en la época de la Revolución Industrial se profesionaliza la ciencia y el científico pasa de ser aquel hombre normalmente de buena posición, con recursos económicos personales, y trabajando en solitario para saciar esa curiosidad que le provocaba el funcionamiento del mundo, a un trabajador profesionalizado, el asalariado de una empresa llamada ciencia, y que a día de hoy se mueve en el marco de la llamada Big Science, heredera de una concepción surgida con posterioridad a las dos grandes guerras.

Así, se integran en nuestra vida cotidiana utensilios o invenciones, derivados de la investigación básica, que nos impactan directamente y nos cambian como sociedad: internet y teléfonos móviles, terapias génicas y envejecimiento, automatizaciones y desarrollos de inteligencia artificial, vacunación y antibióticos, entre otros. Pero, así como estos progresos mejoran nuestra calidad de vida también, para-



De izquierda a derecha, Carmen Fernández Alonso, Enrique J. de la Rosa, Patricia Fernández de Lis

dómicamente, pueden dejarnos en desventaja si no nos adaptamos al ritmo frenético en que se producen.

Por suerte, cada vez se comprende más la necesidad de acercar la ciencia y la tecnología al público general, para explicar sus mecanismos de funcionamiento, su potencial y, también, sus limitaciones. En definitiva, acercarnos al conocimiento básico de estas disciplinas para que nos desenvolvamos en el mundo científico-tecnológico del S. XXI con mejor criterio. Y si queremos que esto cale verdaderamente entre los ciudadanos habría que poner el punto de mira en los grandes medios de comunicación (radio, televisión y prensa) que son los más difundidos entre la población general.

Además, internet -una invención nacida de la Red de la Agencia para Proyectos de Investigación Avanzada del ministerio de defensa de los Estados Unidos- ha cambiado también nuestro modo de comunicarnos, globalizando el acceso a la información y proporcionando nuevos formatos, que la ciencia y su comunicación no pueden dejar de aprovechar en todo el potencial que ofrecen. Es en este contexto donde podemos situar el nacimiento de MATERIA, a quien la Asociación Española de Científicos galardona en esta ceremonia por su probada labor en la divulgación y difusión de la ciencia desde su lanzamiento online en julio de 2012,

como una web especializada en noticias de ciencia, medio ambiente, salud y tecnología.

MATERIA cuenta con una redacción experimentada y multipremiada, compuesta por seis periodistas que proceden de medios como El País, El Mundo, ABC o la Agencia EFE, y está dedicada en exclusiva a elaborar información científica de alta calidad, contextualizada, rigurosa e independiente. Nace impulsada por los fundadores de la sección de ciencias del diario Público, que fue la más extensa de la prensa europea y premiada con media docena de galardones, entre los que destaca el premio Prisma Especial del Jurado de los Museos Científicos Coruñeses en 2010, uno de los reconocimientos a la divulgación científica más prestigioso de España.

Además, los contenidos de MATERIA vienen avalados por un consejo editorial formado por algunos de los más prestigiosos profesionales de la ciencia, la tecnología, el medio ambiente y la salud, entre los que destacan Miguel Delibes de Castro, José María Bermúdez de Castro, o Mario Bunge.

Recoge la Placa de Honor 2018 otorgada a MATERIA por su papel destacado en la divulgación y difusión de la ciencia

y la cultura científica su directora Patricia Fernández de Lis, redactora jefe de Ciencia y Tecnología de El País, desde 2014 en que MATERIA y este periódico se asocian.

Me gustaría finalizar con unas palabras de la propia Patricia, recogidas de un artículo publicado en junio de 2012 con motivo del lanzamiento de Materia, que resumen su espíritu y la importancia de su existencia en el contexto de la comunicación de la ciencia:

“MATERIA nace con el objetivo de ayudar a los medios de comunicación en español a superar esas dificultades, hablando de ciencia y tecnología con calidad y rigor, independencia y solvencia, pasión y entusiasmo. En época de tijeras, sacrificios y recortes, la democracia necesita más y mejor ciencia, y se merece más y mejor información para contarla”.

CARMEN FERNÁNDEZ ALONSO

Respuesta del galardonado

Decía el maestro Miguel Ángel Bastenier que la bondad no vende periódicos. Y es posible que la norma funcione en general. Los casos de corrupción, los crímenes escabrosos o la trifulca política suelen encontrarse entre las noticias más vistas. Pero desde hace ya unos cuantos años, en Materia hemos disfrutado contradiciendo todos los días aquel principio. Nuestro equipo ha denunciado problemas medioambientales o injusticias en el acceso a tratamientos médicos, pero la parte cotidiana de nuestro trabajo consiste en contar los últimos logros científicos. En definitiva, dar buenas noticias. Y con esas buenas noticias hemos conseguido atraer a tanto público como el que se congrega alrededor de las penurias. Creo además que por el camino hemos ayudado a mejorar un poquito nuestra sociedad.

En uno de los artículos que publicamos la semana pasada, el director de Cotec, Jorge Barrero, comentaba que el discurso público y la cultura popular están muy centrados en las distopías. Dedicando tan solo unos segundos es posible que encontremos decenas de películas o novelas situadas en un futuro apocalíptico, pero lo tendremos mucho más complicado para encontrar autores que hayan imaginado un porvenir mejor que nuestro presente. Y sin embargo, pese a todos los peros que le podamos poner al mundo en que vivimos, es difícil decir que estamos peor que hace bien poco, cuando las vacunas o los antibióticos no existían o viajar a buscarse la vida a otro continente significaba despedirse de la familia prácticamente para siempre.

Para mejorar el mundo, es imprescindible criticar sus defectos, pero también es necesario tener cierta confianza en el futuro y discutir hacia qué utopía queremos dirigirnos. En la definición de esa utopía es fundamental el papel de los científicos que, con su trabajo para comprender el mundo,



Patricia Fernández de Lis

han transformado nuestra concepción de lo posible. Y es fundamental también que, para que se les escuche, como quiere lograr la Asociación Española de Científicos, se valore con justicia la aportación de la ciencia y los científicos a la sociedad.

No quiero que por lo que he dicho hasta ahora se entienda que cualquier noticia que suene a ciencia o tenga como fuente a un científico sea una buena noticia que hay que difundir sin cuestionarla. También para elegir las buenas noticias de verdad es necesario ejercitar el sentido crítico y el oficio periodístico, porque no faltan individuos dispuestos a ofrecer soluciones mágicas para todo tipo de problemas.

Para detectar las buenas noticias que deben llegar al público y desechar las que no lo merecen, seguiremos contando con los científicos de este país, el apoyo esencial sobre el que hemos construido Materia durante los últimos seis años. Tenemos mucho trabajo que hacer juntos en un mundo en el que la difusión de bulos y medias verdades se ha intensificado gracias a las nuevas formas de comunicación. La posibilidad de informarse más allá de los medios profesionales ha podido ofrecer una mayor sensación de control a los lectores, pero también nos ha dejado a merced de nuestra ansia por creer, la de todos, incluso de las personas más brillantes.

La semana pasada, precisamente una de estas personas brillantes le contaba una historia a nuestro compañero Manuel Ansede. La crisis de las boñigas de caballo de 1894. Este relato arranca con un vaticinio del diario londinense *The Times* en 1894: “Dentro de 50 años, todas las calles de Londres estarán enterradas bajo tres metros de boñigas”. Se supone que a finales del siglo XIX, la cantidad de excrementos de caballo generada en unas ciudades en rápido crecimiento se percibía como una amenaza para la propia civilización. Pero entonces, llegó el inventor estadounidense Henry Ford, con sus vehículos a motor que sustituían a los caballos, y las predicciones catastróficas sobre el tsunami de boñigas nunca se cumplieron. Esta persona a la que me refiero y muchos otros gurús de la innovación cuentan esta historia como un ejemplo sorprendente de la incapacidad de la humanidad para prever cómo los incentivos económicos pueden producir soluciones tecnológicas a un problema. Sin embargo, según pudo comprobar Manuel, que como buen periodista siempre cuestiona las historias que encajan demasiado bien, aquella gran crisis de las boñigas nunca existió.

La ciencia es un método para que humanos normales, con sus propias creencias y sus propios sesgos, puedan elevarse sobre ellos para comprender mejor la realidad y así tener una vida más interesante y feliz. Creo que a nuestra manera, los periodistas compartimos los mismos objetivos. Agradezco este reconocimiento de una asociación y un gremio con la que espero que podamos seguir colaborando durante muchos años para seguir dando las buenas noticias que nuestra sociedad necesita.

Placa de Honor de la AEC-2018 concedida a ALGENEX

Estimados colegas y amigos. Quiero empezar agradeciendo a la Asociación de Científicos y a su Presidente el pedirme que presente a Algenex, una de las empresas galardonadas hoy. Algenex es una empresa relativamente joven. Surgió hace algo más de diez años, a partir de un grupo de investigación del departamento de Biotecnología del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria liderado por José Ángel Martínez Escribano. En esta breve intervención me gustaría destacar algunos aspectos de esta empresa y de sus iniciadores, José Ángel Martínez Escribano y su esposa, colega investigadora y co-fundadora Covadonga Alonso.

El primer aspecto es que Algenex es producto de una idea innovadora. De una idea que, dirigida a la finalidad principal de generar vacunas, permite producir proteínas en insectos utilizando virus como herramientas; que nace de la doble condición del doctor Escribano de Veterinario y Virólogo, y que se apoya de forma fundamental en esos dos pilares personales. Por un lado su formación como veterinario y su cercanía al campo de la salud animal y las vacunas. Por otro, su investigación sobre un viejo amigo común de nuestras respectivas tesis doctorales, el

Virus de la Peste Porcina Africana, un virus de gran tamaño que sin duda le encaminó a entender y utilizar uno de los grandes virus de insecto, los baculovirus. Quizá sin esa conjunción de experiencias aderezada de grandes dosis de ilusión, la andadura de la empresa no hubiera siquiera comenzado.

La tecnología de Algenex permite la producción eficiente y a un coste asumible de proteínas recombinantes. Convierte los insectos en pequeñas biofactorías que producen esas moléculas tan complejas y plegadas de un modo tan preciso que son las proteínas. Hoy en día, las proteínas derivadas de patógenos representan una herramienta fundamental para producir vacunas y métodos de diagnóstico, aunque producirlas normalmente requiere biorreactores complejos que están fuera del alcance de muchas empresas. Así, la aportación de Algenex cubre un importante problema en la elaboración de dichas vacunas y métodos de diagnóstico.

Quiero resaltar que la idea motriz de la empresa ha sido generada en el contexto de un Organismo Público de Investigación. En las últimas décadas, los que nos dedicamos a la investigación hemos oído hablar repetidamente de la transferencia del conocimiento, y hay que constatar que a pesar de algunos avances –y honrosas excepciones– estamos todavía en mantillas en cuanto a facilitar la transmisión del conocimiento desde la investigación pública al tejido empresarial. En este sentido, Algenex es una interesante singularidad. Ha sobrevivido después de crecer desde cero en el laboratorio, y en el proceso ha sufrido, estoy seguro, todas o casi todas las dificultades burocráticas y políticas previsibles, e incluso puede que algunas no previsibles. Pero ese no es el tema de hoy.

La última característica de Algenex que quiero destacar es su compromiso con la innovación continuada. Cuando digo que esta realidad empresarial es producto de una idea, podría parecer que esa idea es fija, estática. Nada más lejos de la realidad. Después de optimizar el sistema de expresión de baculovirus y perfeccionar un sistema de producción de proteínas en larvas, la empresa –y la imaginación y la tenacidad de su fundador– no se detuvieron ahí. El paso más reciente a la utilización de crisálidas ha abierto nuevas posibilidades, haciendo esta tecnología más escalable y más robusta.

Por último, una pequeña mirada al futuro. Si la tecnología de Algenex ha evolucionado de utilizar larva a crisálida, a la vez que la empresa también se transformaba de una micro empresa a una mini empresa, podemos preguntarnos que nos queda después. Pues esperemos que, como en las crisálidas, se esté gestando una nueva fase, llena de potencialidad creadora y fecundadora, que de lugar, no sólo a una creciente Algenex ya adulta sino también a una progenie de empresas que, por gemación –o quizá por emulación– sigan los pasos de la aplicación de la ciencia y el uso del conocimiento.

RAFAEL BLASCO LOZANO

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria



De izquierda a derecha, Enrique J. de la Rosa, José Ángel Martínez Escribano, Rafael Blasco Lozano

Respuesta del galardonado

En primer lugar quiero agradecer a la AEC, y en particular a Enrique de la Rosa, este premio que significa mucho para ALGENEX por el reconocimiento de la labor científica de la empresa y sus valores éticos. También quiero agradecer la cariñosa y generosa presentación que Rafael Blasco ha hecho sobre nuestra compañía.

No quiero centrar mi breve discurso en hablar solamente sobre Algenex, la empresa que fundé junto con la Dra. Covadonga Alonso años atrás. Hoy quiero empezar hablando sobre dos palabras que significan mucho para mí y para todos los científicos emprendedores en general. La primera es "escepticismo". Si yo les digo que doblando 42 veces un folio conseguiré que el papel tenga un grosor equivalente a la distancia de la tierra a la luna, seguramente ustedes se mostrarán escépticos. Hagan el ejercicio en casa con un lápiz y papel duplicando valores desde 1milímetro. Es difícil creer en que de algo tan pequeño pueda surgir algo tan grande. Esta reacción de escepticismo que han tenido la mayoría de los lectores de este discurso es la que misma que se genera normalmente en un inversor cuando un científico emprendedor trata de venderle su idea. Cuanto más disruptivo sea el proyecto, mayor escepticismo generará. El

escepticismo es pues la primera barrera que hay que romper para que alguien apueste por desarrollar una empresa tecnológica, siempre pensando que de algo embrionario inicialmente podría surgir algo grande. Además, en nuestro entorno geográfico se tienen dificultades añadidas dado que los europeos somos menos soñadores que los americanos y carecemos de esa ingenuidad que les permite pensar que todo es posible. Nosotros mismos, los científicos, somos especialmente escépticos, o si no, que alguien pregunte al científico medio español si piensa que su ciencia permitirá algún día generar riqueza económica o mejorar la vida de las personas de alguna manera. Casi nunca trabajamos en el laboratorio con esta perspectiva. Recuerdo perfectamente cuando en los inicios de ALGENEX visité a un fondo de inversión en Madrid y les expliqué que podíamos producir vacunas de última generación en insectos a modo de biofactorías, en lugar de utilizar complejos biorreactores. Una de las personas presentes me miró con asombro, cuchicheo algo a su jefe y tuve la sensación de que ambos tenían la impresión de que les estaba contando un juego de magia. Lo importante de esta historia, es que al final conseguí que invirtieran en la empresa.

El escepticismo es en gran medida el causante de que no haya tradición inversora o emprendedora en España. Aunar ciencia y negocio en un objetivo común no es tarea fácil, pe-

ro hay que creer firmemente en ello para tomar los riesgos que implica. Entre científicos e inversores o empresarios hay mucho escepticismo y muchos prejuicios. En general, se considera que el científico está inhabilitado para dirigir o desarrollar una empresa. Yo personalmente creo que los científicos tenemos la visión, la capacidad de ejecución y la inventiva suficiente para hacerlo, siendo estos valores muy importantes para generar empresas disruptivas. En cualquier caso, todos estamos de acuerdo en que la ciencia es crucial para el futuro económico de las naciones modernas y los científicos son los que desarrollan la ciencia y por tanto son los actores imprescindibles en la nueva economía. Los políticos de nuestro país que son también bastante escépticos con lo que la ciencia aporta, han de habilitar los instrumentos necesarios para facilitar la conexión entre ciencia y economía. Me gusta explicar a los estudiantes de la universidad que los científicos tienen que perseguir un conocimiento que merezca la pena ser investigado y que este debe ser convenientemente justificado, puesto que la ciencia es una inversión, pagada en gran medida con nuestros impuestos. Estoy seguro de que si los científicos supiéramos explicar y justificar mejor nuestra ciencia, los inversores la entenderían mejor e invertirían más fácilmente en empresas de base tecnológica. Romperíamos parte de su escepticismo innato a creer que la ciencia se puede convertir en economía y se producirían más casos de éxito, que a la postre son los que mueven a aquellos que tienen la capacidad de crear nuevas empresas.

Hablemos ahora un poco de la segunda palabra, “resiliencia”. Decía un famoso periodista americano que “aquel que inventó la primera rueda era un idiota y que el que inventó las otras tres, era un genio”. En realidad no es sólo una ocurrencia graciosa, sino que representa una realidad para las empresas tecnológicas. Los científicos emprendedores con frecuencia tienen que inventar no solo la primera, sino también las tres ruedas que faltan para hacer que su descubrimiento llegue a la sociedad. De alguna manera hay que tener una segunda vocación que añadir a la primera de investigar y es la de aplicar y desarrollar, teniendo una visión realista de negocio. Finalizar un producto tecnológico hasta llevarlo a mercado es un proceso largo, lleno de obstáculos y que requiere mucha ciencia, pero a la vez mucha capacidad de soportar el maratón que supone el desarrollo comercial de esa ciencia. Se necesita ser muy resiliente para acometer esta tarea.

Nuestras universidades deberían ser buenas escuelas de resiliencia para preparar a los estudiantes a que afronten un mundo real lleno de dificultades, para que nuestros jóvenes vean estas más como retos personales y emociones al alcanzar los objetivos soñados y perseguidos. En un reciente viaje a China coincidí con un holandés. Cuando le pregunté por qué había dejado de ver aparatos de la marca Philips en las tiendas de electrónica, me explicó que la empresa está situada junto a una universidad que se ha especializado

en equipos electrónicos médicos y que por tanto, Philips desarrollaba ahora mayoritariamente estos equipamientos. Interesante ver como una universidad llega a tener esta influencia sobre una empresa tan grande como esta. Francamente, no veo que nuestras universidades o centros de investigación en España influyan de igual manera en nuestras empresas. En mis clases de Máster o seminarios en la universidad, me sigue sorprendiendo el comprobar que los alumnos no reciben formación sólida en emprendimiento. Es desolador preguntar en una clase de alumnos de último año del grado o de Máster, quien se ha planteado fundar algún día su propia empresa. Quizás se necesite una asignatura de cómo ser resiliente y arriesgado profesionalmente. Yo siempre he tenido el sentimiento personal de que los retos profesionales te hacen más feliz que los salarios recurrentes de un puesto fijo de funcionario.

Las vacunas son una de las innovaciones médicas de todos los tiempos que más vidas han salvado, a pesar de que su uso no está todo lo extendido que debería. Sin embargo, producir estas vacunas es un proceso altamente complejo, en el que impactan múltiples factores. Conseguir un lote usable de vacuna puede costar hasta 3 años de trabajo y pequeños cambios en el proceso, a veces de manera accidental, pueden



José Ángel Martínez Escribano

ocasionar desabastecimiento del mercado. Por eso, la simplicidad y robustez de los sistemas productivos son factores muy importantes. ALGENEX ha desarrollado tecnologías que reducen costes y simplifican enormemente los procesos de producción de vacunas de nueva generación. Nuestra tecnología estrella usa biocápsulas naturales (pupas de un insecto) capaces de producir más de 100 dosis vacunales mediante un proceso no estéril y fácilmente implementable y escalable. Es por tanto una tecnología ideal para países en vías de desarrollo en los que es extremadamente complejo y caro instalar factorías basadas en complejos biorreactores. Las vacunas biotecnológicas que se obtienen en nuestras biocápsulas están incluso hoy en día fuera del alcance tecnológico de muchas empresas farmacéuticas de tamaño medio en países desarrollados. Facilitar el acceso al mercado biotecnológico a estas empresas para competir con las grandes corporaciones, contribuye de alguna manera a democratizar la tecnología, disminuyendo el elitismo tecnológico.

ALGENEX ha cerrado recientemente una importante ronda de inversión con fondos internacionales y posee contratos con compañías farmacéuticas importantes para desarrollar y producir vacunas animales, la primera de las cuales estará en el mercado a finales del año próximo. De los inicios con tecnología “tupperware” en la que nuestras biofactorías naturales se producían en simples cajas de plástico, a la actual, en la que los procesos están escalados, robotizados y validados, hemos experimentado una gran evolución. Se han tenido que desarrollar los procesos biológicos, la ingeniería del sistema y el modelo de negocio. En estas tres facetas puedo decir que los fundadores y empleados hemos aprendido mucho, y a pesar de los momentos difíciles en los que pagar las nóminas era la principal preocupación, ahora vemos como hemos conseguido llegar a ser una empresa con un posicionamiento internacional y en fase de crecimiento.

Quiero destacar que esta empresa se ha construido no solo con el esfuerzo de sus fundadores, sino también con el esfuerzo de todos sus empleados, los cuales tienen un grado de compromiso excepcional. Quiero agradecer en esta oportunidad su dedicación y su talento innovador. El factor humano es importantísimo en nuestra empresa. Nos queda mucho por andar empresarialmente hablando y quizás algún día podamos realizar el sueño de ver como nuestra tecnología ayuda a mejorar la salud de personas y animales en países en desarrollo, contribuyendo de alguna manera a mejorar la vida de las personas más desfavorecidas económicamente. Ilusión no nos falta. Este reconocimiento nos hace sentir que el esfuerzo realizado estos años ha merecido la pena y es un importante incentivo para todos nosotros saber que una sociedad científica de alto prestigio como esta lo valora. Muchas gracias de nuevo en nombre de los fundadores y empleados de ALGENEX por el reconocimiento de la AEC.

JOSÉ ÁNGEL M. ESCRIBANO

Socio Fundador y Director Científico ALGENEX

Discurso de clausura del acto de entrega de placas de la AEC

Señoras y señores, en primer lugar quiero expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a la Asociación Española de Científicos por brindarme la oportunidad de clausurar el acto de entrega de Placas de Honor en su vigésimo primer aniversario. Recibo esta encomienda con humildad, consciente de que no se trata de un reconocimiento personal sino que va dirigido al Instituto de Salud Carlos III, la emblemática institución que tengo el privilegio de representar. Ante una audiencia que reúne a eminentes científicos, a grandes maestros y mentores, y a otros profesionales que comparten su compromiso social basado en el avance del conocimiento, solo puedo expresar mi admiración como investigadora clínica y, más importante, mi infinita gratitud como ciudadana.

Entre los valores que caracterizan y distinguen a los científicos, frecuentemente se destaca la curiosidad; una cualidad ligada a la propia condición humana que conlleva la necesidad individual de entender el mundo y se asocia a la búsqueda incansable de la verdad. Sin embargo, en el día de hoy, más allá de la emoción de descubrir y el deseo personal de encontrar respuestas, me gustaría destacar la generosidad como valor fundamental de cada científico particular y de la comunidad científica en su conjunto. A diferencia de la curiosidad, que surge del encuentro entre el individuo y el mundo que le rodea, la generosidad nace del encuentro entre personas y del compromiso social que este encuentro genera. La orientación a compartir el conocimiento, es también uno de los elementos que aproximan a la Ciencia y a la Medicina, disciplinas que han caminado juntas desde la antigüedad, creciendo sobre los cimientos de los saberes humanísticos.

La generosidad permite entender la forma en la que muchos de los científicos presentes en la sala han entregado y siguen entregando lo más valioso que poseen: su tiempo. Y cuando digo tiempo, quiero decir la vida. Esta Placa de Honor que hoy han recibido es un reconocimiento a esta vida compartida, y me gustaría de algún modo extenderlo a sus familias, que con el mismo espíritu de generosidad conviven con una actividad científica cuyo horario es difícil de tasar. La generosidad es también la cualidad imprescindible que, en cada maestro, en cada mentor, impulsa a transmitir el conocimiento, inspirar, acompañar, corregir, y, de este modo, también contagiar generosidad a otros científicos cerrando un círculo virtuoso.

Permítanme también ampliar el concepto y aplicarlo a las organizaciones y a las empresas que, como las premiadas esta noche con una Placa de Honor, dedican su esfuerzo colectivo a lograr avances sociales a través del conocimiento científico. La actividad empresarial tiene

como fundamento el beneficio económico, pero, como hemos visto esta noche, esto no es incompatible con la incorporación de una perspectiva que suponga un firme compromiso con el progreso social. Quiero destacar que la divulgación científica es una actividad hermanada con la que realizan los grandes maestros; ambas actividades están unidas por la vocación de compartir y por el esfuerzo para lograr que la persona que escucha pueda comprender mejor el mundo. Cuando los que escuchan, o los que leen, son millones, la generosidad se multiplica.

Reflexionar sobre esta entrega individual y colectiva de la comunidad científica permite también comprender cómo la ciencia española ha continuado avanzando en un contexto de grandes restricciones presupuestarias y enormes dificultades administrativas, que aún pesan como una losa sobre los investigadores. En los últimos años los científicos no se han rendido, han perseverado, con la generosidad intacta, pero con signos de agotamiento moral. Llega el momento de que la sociedad responda como corresponde y, a través de sus instituciones, devuelva a los investigadores no solo la capacidad financiera para invertir en conocimiento, sino también un marco regulatorio que fomente el proceso creativo y dignifique la figura del investigador. Es momento de equilibrar, es momento de retornar, y el compromiso de la sociedad debe estar a la

altura de la generosidad mantenida, contra viento y marea, de sus investigadores.

Cada una de estas Placas de Honor supone un reconocimiento a la excelencia de un científico o de una empresa concreta, pero también son una extraordinaria oportunidad para visibilizar y compartir con la sociedad la generosidad de la comunidad científica, y la necesidad de corresponder a su entrega para multiplicar los éxitos.

Como ciudadana, les reitero mi profunda gratitud a todos y cada uno de ustedes. Como representante de una institución de la Administración General del Estado que tiene entre sus misiones el fomento y financiación de la investigación, mi obligación será continuar reclamando mayor inversión en ciencia, porque estoy firmemente convencida de que esto redundará en beneficio para la sociedad en su conjunto.

Muchísimas gracias.

RAQUEL YOTTI ÁLVAREZ

Directora del Instituto de Salud Carlos III



Raquel Yotti Álvarez



Enrique J. de la Rosa, y Raquel Yotti Álvarez



Personalidades en el acto de entrega de las Placas de Honor 2018

■ Manuel Jordán, catedrático de Ciencias Ambientales de la Universidad Miguel Hernández de Elche y miembro de la Asociación Española de Científicos ha publicado en la revista de divulgación *Sapiens* el artículo “Vitrificación de palmeras: de residuo a material de construcción”, que ha merecido la portada del número.

Este trabajo, que cuenta ya con el reconocimiento científico de un reciente artículo inicial publicado en la revista *Material Letters*, se centra en la palmera, icono característico de Elche, con el fin de obtener nuevos materiales. La palmera contiene cantidades elevadas de potasio que, por su carácter fundente, facilita la fusión de los vidrios originales que dan lugar a materiales vitrocerámicos, implicando un ahorro energético y, por tanto económico, al permitir fabricar este tipo de materiales a menores temperaturas. Este proceso, para el que son aptos también otros residuos de biomasa, imita a la naturaleza por un proceso que se ha denominado el grupo de investigación de la UMH dirigido por el Profesor Manuel Jordán como “petrogénesis inducida”. La técnica consiste en calentar la mezcla de residuos, después de haber realizado un diseño composicional adecuado, a elevadas temperaturas (1.000-1.200°C), aunque inferiores a las de los vidrios tradicionales o convencionales, llegándose después de su fusión y un tratamiento térmico posterior su transformación en un material vitrocerámico. De esta manera no sólo se obtiene un nuevo material, sino que además se ayuda a mejorar el Medio Ambiente, lográndose la reutilización de

residuos una vez inertes, como es en este caso la biomasa procedente del palmeral de Elche y los residuos o lodos que provienen de la depuración de aguas residuales.

Por el momento, este proyecto de I+D+i se encuentra en la fase de laboratorio, y puede requerir entre 5 y 10 años para llegar a su aplicación industrial y comercial. Aunque los primeros resultados indican que funciona adecuadamente, quedan, sin embargo, muchas variables técnicas que resolver para poder adaptar este proceso a la industria. Igualmente, hay que considerar en estas investigaciones las posibles emisiones a la atmósfera, ya que el objetivo no es únicamente fabricar un nuevo material, sino que se debe controlar que no se produzcan compuestos contaminantes que afecten a la salud y al Medio Ambiente. Para ello, se están aplicando técnicas físico-químicas de caracterización de los gases emitidos tanto en su composición como en su evaluación cuantitativa para que el uso de estos residuos de biomasa no afecte a la calidad atmosférica.

■ Lluís Montoliu, investigador científico del CSIC y del CIBER de Enfermedades Raras (CIBERER-ISCI) en el Centro Nacional de Biotecnología en Madrid. Recibió la Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos en su pasada edición. En línea con su compromiso con la divulgación científica y su trabajo pionero en el uso, introducción y difusión de la tecnología de edición genética con las herramientas CRISPR en España, ha publicado el libro “Editando genes: recorta, pega y colorea.”

Este libro de divulgación científica recoge el conocimiento actual sobre el origen, desarrollo y aplicación de las herramientas CRISPR de edición genética, usando un lenguaje asequible para todos los públicos, además de una extensa y completa bibliografía, desarrollando todos los aspectos y utilidades descritos o propuestos para la edición genética. El prólogo lo ha escrito Francisco Juan Martínez Mojica, microbiólogo de la Universidad de Alicante, descubridor de los sistemas CRISPR en arqueas hace más de 25 años de este sistema inmunitario de defensa en procariotas, finalmente convertido en una herramienta de edición de cualquier gen, de cualquier genoma, de cualquier organismo. Este libro recoge en varios capítulos el origen bacteriano de los componentes CRISPR-Cas9 y los diversos descubrimientos ocurridos que terminaron en la revolución tecnológica actual.

El libro entra a detallar las aplicaciones en biología, biotecnología y biomedicina, como el uso de la edición genética con CRISPR para la modificación de genomas de bacterias, hongos, plantas y animales, con objeto de obtener organismos mejor adaptados al entorno o con características especiales y útiles para la producción, el bienestar animal o el consumo humano. Se refieren aplicaciones específicas en el campo de los xenotrasplantes (órganos de cerdos para



humanos, más seguros y sin riesgo de infecciones virales), en el control de las enfermedades infecciosas, transmitidas por insectos, o en diagnóstico genético. En el apartado de biomedicina se explica el uso de CRISPR en la generación de nuevos modelos celulares y animales de enfermedades congénitas, junto con el desarrollo de terapias génicas avanzadas para el futuro tratamiento de patologías que hoy son incurables. El libro no olvida los apartados legales y éticos, recomendando el uso responsable de la edición genética y se resalta que, en general, la técnica de edición genética con CRISPR todavía no está lista, no es lo suficientemente segura, para su uso rutinario en clínica, no siendo prudente todavía su aplicación en personas.



Escuelab fue galardonada con una Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos en 2017 por su destacada labor en el ámbito de la educación científica no formal, así como con niños en situación de vulnerabilidad.

Escuelab es un proyecto social iniciado en 2013 que persigue democratizar el acceso a una educación científica práctica e interactiva, fomentar las vocaciones investigadoras y desarrollar herramientas de futuro entre los escolares españoles. Esto se logra a través de varias actividades, entre ellas la organización de campamentos científicos. En ellos, niños y niñas de entre 6 y 14 años conviven formándose en valores y desarrollando de la mano de la ciencia herramientas de futuro, tales como la cultura del esfuerzo, el pensamiento crítico, la creatividad, la gestión la frustración y del error como parte del aprendizaje, el trabajo en equipo y la proactividad, así como reforzando su autoestima, la

asunción de responsabilidad y las habilidades emprendedora y comunicativa.

En los talleres se trabajan las siguientes áreas del conocimiento:

- El método científico: los niños aprenden y aplican los pasos del método científico, así como los conceptos de diseño experimental e inclusión de controles.

- Maravillas de la biología: Los alumnos experimentan con el mundo microscópico, aprendiendo sobre microorganismos o ADN, trabajando al mismo tiempo su autoestima.

- Química sorprendente: Los niños exploran propiedades como el color o el carácter ácido o básico de las sustancias, así como la relación entre ambos aspectos, desarrollando a la vez su creatividad.

- ¡Física en todas partes!: Los alumnos experimentan con distintas facetas de la energía, creando sus propios circuitos eléctricos o construyendo máquinas que funcionen con energías renovables, al mismo tiempo que aprenden a trabajar en equipo.

- Pequeños ingenieros: Los niños se convierten en ingenieros, aprendiendo sobre las fuerzas, la gravedad, o la velocidad, mientras aprenden a controlar su frustración ante las dificultades y desarrollan sus habilidades al construir con sus propias manos.

La Asociación Española de Científicos quiere apoyar más intensamente la tarea de Escuelab, para lo que ha dotado una beca para un niño o una niña en riesgo de exclusión. Con la beca, el niño o la niña podrá disfrutar de una plaza gratuita en un campamento urbano de una semana. El beneficiado de la beca será seleccionado por una de las entidades colaboradoras que trabajan con menores en vulnerabilidad.





SENER tiene una historia pionera en Espacio, un sector en el que es un claro referente mundial, con cerca de 300 equipos suministrados en los últimos 52 años.

Liderando la innovación en Espacio

Creamos soluciones innovadoras en ingeniería espacial. Jupiter Icy Moons Explorer, JUICE, es una misión de exploración de Júpiter y sus lunas heladas, la más importante de la Agencia Espacial Europea.

SENER desarrolla para este satélite la antena de media ganancia y el mástil (*boom*) del magnetómetro, que permitirán respectivamente las comunicaciones con la Tierra y el despliegue de los instrumentos científicos.



La manera de ver el futuro