

## EDITORIAL

ENFERMEDADES RARAS Y SUS TERAPIAS:  
LOS MEDICAMENTOS HUÉRFANOS

Las enfermedades raras son aquellas que individualmente afectan a menos de cinco pacientes cada 10.000 habitantes en Europa. Son enfermedades crónicas, invalidantes y el 80% son hereditarias.

Como grupo de enfermedades minoritarias en cuanto a su prevalencia individual, no pueden ser estudiadas a fondo en la carrera de Medicina, o desempeñar un lugar prioritario en las políticas de Sanidad, y mucho menos ser de interés para la industria farmacéutica. Por tanto, se podría decir que son enfermedades “huérfanas”. Por eso los medicamentos que se buscan para aliviar las mismas, han recibido la denominación de medicamentos “huérfanos”.

Si bien es cierto que cada enfermedad rara afecta a una minoría de pacientes, en conjunto hay muchas enfermedades raras, entre 5.000 y 7.000. Y si sumamos el número de afectados por las mismas, nos encontramos con que representan en total el 6-8% de la población mundial: 500 millones de habitantes en este planeta, y tres millones sólo en España. Las cifras son alarmantes, todavía más si pensamos que no existe investigación activa más que en el 10% de ellas, y remedios con algún efecto terapéutico sólo en el 0,4% del total de las mismas.

Si la industria farmacéutica tuviera interés en la investigación y desarrollo de medicamentos donde el retorno económico que va a obtener de éstos, no es tan rentable como para enfermedades más comunes, sería un paso de gigante, para incentivar la investigación y la puesta en el mercado de terapias donde ahora no hay casi nada. A partir del siglo XXI, cuando en las sociedades civilizadas se toma conciencia del problema que representan estas patologías, los gobiernos han intentado incentivar a la industria farmacéutica para que se interese por la investigación en medicamentos huérfanos. Estos incentivos van desde que una empresa farmacéutica que desarrolle un medicamento huérfano tenga la exclusividad de mercado durante 10

años, a exención en las tasas, incluso el “propio mérito de responsabilidad social” que representa ayudar a un colectivo que no tiene otro tipo de esperanza.

Los tipos de terapias que se pueden buscar para estas enfermedades son amplios. Por un lado, está el desarrollo de nuevas tecnologías: terapias génicas, uso de células madre, desarrollo de nuevos fármacos (anticuerpos monoclonales, proteínas recombinantes). Estas técnicas son costosas en su desarrollo y tardan en llegar al paciente, desde el momento que se ponen en práctica en el laboratorio, una media de 10-15 años si demuestran ser exitosas. Sin embargo, los pacientes están ahí..., se mueren, y muchos no pueden esperar este tiempo. Con ello, hay que seguir investigando en estas terapias que pueden representar la solución final en un futuro.

Otro problema que surge de medicamentos huérfanos derivados del uso de estas tecnologías es su elevado coste. Sólo podrán ser usados por un grupo reducido de pacientes, porque los costes de estos fármacos son difícilmente soportables por el Sistema Nacional de Salud (SNS), pues pueden representar más de 300.000 euros por paciente y año (eculizumab, para la hemoglobulinuria paroxística nocturna). Y estamos hablando de tratamientos de terapia de sustitución con proteínas recombinantes o con anticuerpos monoclonales que salvan la vida de los pacientes. Está claro que los pacientes no pueden asumir estos costes, y el SNS no puede soportar estas cargas presupuestarias, porque con tres o cuatro personas con una enfermedad de este tipo, se va una gran parte del presupuesto en Farmacia de las comunidades autónomas. En este punto hay que hacer un llamamiento a la solidaridad de las farmacéuticas, pedirles que revisen los costes de producción, y esperar que estén dispuestas a ganar menos de lo habitual, para ofrecer estos productos a un precio más real y cercano a la realidad y sostenibilidad de nuestro SNS.

Otra solución mucho más asequible y que supone una optimización de recursos es el *reposicionamiento* (“repurposing” en inglés), o segundo uso para medicamentos ya autorizados para otras enfermedades, y que cayeron en desu-

so superados por los nuevos desarrollos, pero que pueden tener una segunda indicación en enfermedades raras si se demuestra su eficacia. Estos medicamentos cumplen con una función esencial: se pueden usar casi de inmediato, pues dado que están comercializados ya cuentan con estudios previos de seguridad (aparte de la experiencia clínica de uso). Es decir, desde que se demuestra que pueden ser útiles para una enfermedad rara, hasta que se pueden empezar a utilizar en el paciente, el tiempo de espera puede ser mínimo: de uno a dos años para su designación huérfana, y 3 años más para su comercialización farmacéutica. Además, conviene saber que el Real Decreto 1015/2009, de 19 de junio, por el que se regula la disponibilidad de medicamentos en situaciones especiales, contempla el uso compasivo de medicamentos en investigación, es decir, la utilización de un medicamento antes de su autorización en España en pacientes que padecen una enfermedad crónica o gravemente debilitante o que se considera pone en peligro su vida y que no pueden ser tratados satisfactoriamente con un medicamento autorizado.

El gran problema que existe con estos productos de “re-posicionamiento” es que son generalmente medicamentos genéricos, que perdieron su patente, y son muy baratos. Y para la autorización de esa segunda indicación se necesita un ensayo clínico, con el fin de comprobar eficacia y seguridad del fármaco en una indicación distinta de la autorizada, lo que supone un coste económico muy elevado (dependiendo del número total de pacientes y del coste del fármaco).

Nuestra experiencia en este campo ha sido un poco desalentadora. Como investigadores públicos, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), no hemos podido invertir más que un poco de dinero derivado de proyectos públicos haciendo pruebas *in vitro* de fármacos con potencial uso terapéutico. Hemos usado la estrategia de colaboración con los médicos que realizan el seguimiento de estos pacientes, y la colaboración con las asociaciones de pacientes, y gracias a ello se han desarrollado ensayos piloto con pequeños grupos. Esto sería la investigación traslacional total, con médicos y pacientes. Esta estrategia conjunta nos ha llevado a la obtención de dos designaciones de medicamentos huérfanos, propiedad del CSIC, para los que no se puede comercializar con esa segunda indicación por falta de dinero para financiar el desarrollo clínico para su registro. ¿Y si la industria farmacéutica pudiera colaborar en realizar el desarrollo del ensayo clínico, aunque los beneficios fueran menores de lo que habitualmente está acostumbrada? ¿Cómo podríamos llamar a este tipo de investigación: investigación traslacional-terapéutica, que incluyera clínica, pacientes, investigadores e industria farmacéutica? La traslación total de la investigación por y para los pacientes en enfermedades raras. El interés podría ser o en realizar el desarrollo del ensayo, o en colaborar económicamente a

cambio de un cierto beneficio de los resultados. Y la satisfacción de haber invertido en una causa social que es de justicia y equidad. Y sería factible si pensamos que seguro que la inversión a realizar, sería comparativamente pequeña en relación con las grandes cantidades de dinero que manejan las empresas farmacéuticas.

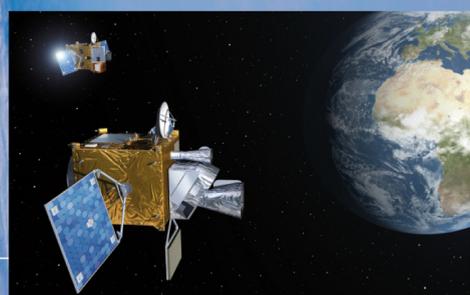
Hasta la fecha, nos hemos quedado con las ganas de poder participar en un ensayo clínico multicéntrico, en una enfermedad rara, para conseguir el desarrollo comercial de alguno de los dos productos de designación huérfana (por la EMA y la FDA) con los que hemos trabajado en el laboratorio.

Nuestra experiencia nos demuestra que sin embargo, las farmacéuticas sí ven con buenos ojos el reposicionamiento de productos más costosos. Nos consta que han apoyado este tipo de investigaciones y ensayos clínicos con productos que no habían obtenido aún la designación de huérfanos, medicamentos caros que estaban perdiendo su papel en oncología por sus pobres resultados, y pretenden reposicionarlos en el campo de las enfermedades raras como estrategia de mercado. El coste de dichos medicamentos asciende a miles de euros por paciente, mientras dicen que “no les salen las cuentas con medicamentos genéricos”. Lo que no les salen son las ganancias. Con el dinero que invierten las farmacéuticas con productos de alto coste (y alto impacto presupuestario para el SNS) que van perdiendo terreno en el campo del cáncer, se podría haber pagado el desarrollo de uno de nuestros medicamentos huérfanos, asequibles para los pacientes y sin apenas efectos secundarios.

Lo ideal sería que tanto los científicos, como los médicos, como los farmacéuticos estableciéramos una red de responsabilidad social, donde las ganancias no se midan sólo monetariamente, sino que pueda ser tangible a través de una sociedad con una mejor calidad de vida. Y donde la medalla de un ensayo clínico sea la satisfacción incommensurable de ver personas más sanas y más felices.

Una petición final sería que también puedan publicarse ensayos clínicos con resultados negativos. Es un trabajo, que ha costado tiempo y dinero. Y los resultados son valiosos porque nos muestran por dónde no debemos ir en un futuro.

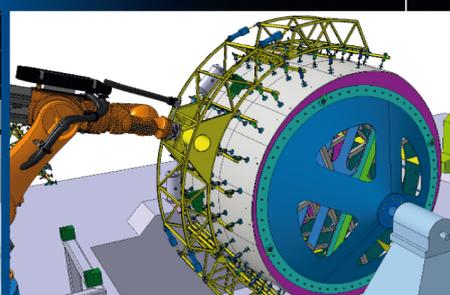
En una sociedad de consumo, éxito y excelencia, no somos minuciosos a la hora de ver y analizar los resultados. Publicamos efectos positivos a corto plazo, pero ¿alguien nos cuenta, cuántos pacientes pudieron continuar con ese tratamiento por los buenos resultados? ¿Alguien nos habla de cómo acabaron estos pacientes a largo plazo? Pues desgraciadamente no, porque no es publicable.



Espacio y astronomía



Defensa



Aeronáutica y vehículos

# Liderando la innovación en Aeroespacial

**Creamos soluciones innovadoras de ingeniería Aeroespacial.** A través de la diferenciación tecnológica, desarrollamos a escala mundial

proyectos espaciales, de astronomía, defensa y aeronáuticos. Con la fortaleza de un Grupo líder, en SENER seguimos mirando al futuro.



La manera de ver el futuro

**Director:** Alfredo Tiemblo Ramos

**Editor:** Enrique Ruiz-Ayúcar

**Consejo Editorial:** Sebastián Medina Martín, Ismael Buño Borde, Pedro José Sánchez Soto



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

**Vicepresidente Primero:** Alfredo Tiemblo Ramos

**Vicepresidente Segundo:** Alfonso Navas Sánchez

**Vicepresidente Tercero:** María del Carmen Risueño Almeida

**Secretario General:** Enrique Ruiz-Ayúcar

**Vocales:** Marcial García Rojo, José María Gómez de Salazar,  
Luis Guasch Pereira, Manuel Jordán Vidal, Sebastián Medina Martín,  
Enrique de la Rosa Cano, Jaime Sánchez-Montero,  
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](http://www.aecientificos.es)

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

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

## INDICE

¿Qué son las Enfermedades Raras? LUISA MARÍA BOTELLA	5	PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN	
		• Vicente Rives Arnau	
Marte: el futuro comenzó ayer ANTONIO MARTÍN-CARRILLO DOMÍNGUEZ	11	• Ricardo Flores Pedauyé	
		• María Ángeles Villegas Broncano	
Hacia un mundo cuántico ÁNGEL S. SANZ	18	• Payload	
		• Dadelos	
		• Teams	29
El emprendimiento en el sistema educativo español CARMEN MARÍA MUÑOZ-HERRERA Y FRANCISCO PARDO FABREGAT	25	LIBRO	
		Teófilo Sanfeliu Montolio. Más allá de la geología	47

# ¿Qué son las Enfermedades Raras?

LUISA MARÍA BOTELLA

Centro de Investigaciones Biológicas. CSIC. Madrid

## INTRODUCCIÓN

Son enfermedades poco frecuentes en la población. No es que los pacientes sean raros, sino que la rareza viene definida por la escasez de personas que padecen cada una de estas patologías.

En Europa se ha definido a una patología como rara cuando afecta a menos de cinco personas cada 10.000 habitantes (equivale a menos de uno cada 2.000). En EEUU se define como rara aquella que afecta a menos de 200.000 personas dentro del territorio de los Estados Unidos de América.

El número de afectados por enfermedades raras varía desde las menos raras (1:2000-5.000), más raras (1:36.000-50.000), muchas extremadamente raras (que las padecen sólo una de cada 100.000 personas), incluso otras ultra-raras (dos o tres afectados en España) y muy pocas personas en la Unión Europea.



“He conocido enfermedades tan raras que podré decirse que es en el paciente donde se expresa por primera vez”

Maimónides: médico y teólogo judío de la cultura de Al-Andalus (1135-1204)

Existen entre 5.000 y 7.000 enfermedades raras en total. Por tanto en conjunto podemos decir que no es tan raro tener una enfermedad rara. Hay unos 30 millones de personas afectados por una u otra enfermedad rara en los 25 países europeos, lo que representa del 6% al 8% de la población mundial.

No es tan raro tener una enfermedad rara, en España somos unos tres millones de personas afectadas.

## CARACTERÍSTICAS COMUNES A LAS

## ENFERMEDADES RARAS O POCO

## FRECUENTES (ER O EPF)

El pronóstico vital está en juego en el 50% de los casos. A las Enfermedades Raras se les puede atribuir el 35% de las muertes de niños y niñas menores de un año y el 10% de mortalidad infantil entre uno y cinco años. El 30% de los pacientes fallece antes de los cinco años. El 50% fallece antes de los 30 años. No existe cura para la mayoría de las ER. El 80% son de origen genético.

	Enfermedades raras o minoritarias (prevalencia <5/10.000)	Enfermedades comunes o convencionales (prevalencia >5/10.000)
Voz pacientes	Motor cambio / imprescindible	Complementaria
Invisibilidad social	Alta y frecuente	Menos frecuente
Nº Condiciones	Hasta 7000	~ 30.000
Desconocimiento	Alto / Muy alto	Variable
Gravedad / Cronicidad	Siempre	Variable
Complejidad / Incerteza	Siempre alta	Variable
Guías / Protocolos	Ausentes o limitados	Frecuentes
Disponibilidad tratamientos	Ninguno o limitado (64)	> 10.000
Tamaño mercado	Pequeño (24.000 pacientes / ES) (250.000 / UE)	Grande
Interés sector industrial	Bajo retorno económico	Alto retorno
Ensayo clínico	Difícil ↓ nº pacientes	Fácil ↑ nº pacientes
Uso compasivo	Necesario ↑↑↑	Variable ↑↑↑

## Características comunes a las enfermedades raras (ERs) o poco frecuentes (EPFs)

## La Realidad, dificultades comunes a todas Enfermedades

Como cada enfermedad rara individualmente representa a una minoría de pacientes, no son una prioridad para las políticas de Salud Pública. Sólo en los últimos años se están empezando a tener en cuenta, gracias a la visibilidad y difusión de este tipo de patologías por parte de las asociaciones de pacientes y familiares.

Se realiza poca o ninguna investigación. La industria farmacéutica no invierte dinero en investigación de trata-

mientos cuyas ventas futuras no llegarán a cubrir el dinero necesario para desarrollar la investigación.

Desde diferentes gobiernos y asociaciones de pacientes han planteado ayudas económicas en forma de incentivos, para animar a la empresa farmacéutica a desarrollar medicinas destinadas a enfermedades raras “huérfanas” del interés económico de otras enfermedades. Por ello para enfermedades raras, los medicamentos desarrollados se han denominado, “medicamentos huérfanos”.

### ¿Quién sufre la enfermedad?

En primer lugar, quien la padece en su propio cuerpo. Sin embargo, no es el único afectado. En realidad toda la familia está afectada, aunque los demás miembros no tengan la enfermedad. La influencia de la enfermedad es tan grande, que toda la familia se considera afectada psicológicamente, emocionalmente y a veces con cargas de dependencia del afectado que recaen sobre uno de los miembros de la familia, a menudo la madre.

Todas las personas que nos quieren, nuestros amigos y nuestros compañeros, nuestro entorno social. Todos sufrimos las consecuencias.

### ¿Cómo se siente una persona con una enfermedad así?

A continuación reproducimos la voz de algunos afectados:

- Los médicos no conocen mi enfermedad... Eres tú realmente quien va informando a los médicos...
- Te sientes como un bicho raro.
- Sientes miedo porque piensas: “si ellos, que son los médicos, no la conocen, ¿cómo me van a ayudar a mí y a mi familia?”
- No hay nada para solucionarlo, no hay tratamiento. Te dicen “tienes esto, pero no hay nada que podamos hacer”.
- Los demás no entienden mi problema: a veces me miran otros niños por la calle, y se ríen de mí. Sufro mucho por esto.
- Hay que recordar continuamente a los profesores que hay determinadas cosas que los niños no pueden hacer.
- No puedo ir al cine ni a otros espectáculos, porque donde yo vivo no hay salas adaptadas para sillas de ruedas.
- Así es mi enfermedad, algo tan desconocido y extraño, pero que forma parte de mi vida, de mí mismo.

### Clasificación de las Enfermedades Raras

Hay que puntualizar que es muy difícil hacer esta clasificación, cuando hay tantas patologías, y con el problema añadido de que la mayoría son multisistémicas. Se pueden hacer clasificaciones atendiendo a distintos criterios: clasificaciones por herencia, por sistema o aparato fisiológico afectado, por causalidad de la patología, por prevalencia, etc.

Atendiendo a la frecuencia de pacientes en la población podemos distinguir:

- 1. Enfermedades raras, más frecuentes aquéllas con prevalencia entre de uno a cinco pacientes cada 10.000 habitantes: Neurofibromatosis, HHT.
- 2. Enfermedades raras no tan frecuentes, aquéllas con una prevalencia entre uno y 20.000, y entre uno y 100.000: VHL.
- 3. Enfermedades ultrarraras, aquéllas con prevalencia menor de uno cada 100.000 habitantes: Wolfram.

### Clasificación atendiendo al tipo de Herencia

- 1. Enfermedades Raras Hereditarias (casi un 80%).
- 2. Enfermedades Raras no hereditarias: suelen ser las autoinmunes, adquiridas durante la vida después del nacimiento (no se puede excluir una predisposición por herencia multigénica en interacción con el ambiente).
- 3. Entre las hereditarias, están según el tipo de transmisión: herencia dependiente del genoma (ADN) nuclear, o del ADN mitocondrial.

También las enfermedades hereditarias pueden aparecer de novo en un individuo por mutación durante el desarrollo embrionario, sin que la mutación que da lugar a la enfermedad haya sido heredada de ninguno de los progenitores.

### Agrupación de las Enfermedades Raras: grupos recomendados por EURORDIS

Se clasifican en 21 grupos atendiendo al órgano o aparato fundamentalmente, afectado:

- 1. Enfermedades de los huesos (Osteogénesis imperfecta).
- 2. Cánceres raros (Von Hippel Lindau, Paragangliomas, Feocromocitomas).
- 3. Enfermedades cardíacas: Síndrome de Holt-Oram.
- 4. Enfermedades de tejido conectivo y muscular (Síndrome de Ehler-Danlos).

- 5. Anomalías craneofaciales y de oído, nariz y garganta (Otorrinolaringología).
- 6. Enfermedades Endocrinas (Acondrodisplasia), Diabetes raras (Wolfram).
- 7. Retinopatías y otras afectaciones oculares raras: retinopatía de Leber, Amaurosis, Wolfram.
- 8. Enfermedades Gastrointestinales: síndrome de Hirschschprung).
- 9. Enfermedades ginecológicas y obstétricas : endometriosis,
- 10. Enfermedades hematológicas (Hemofilia, coagulopatías, síndrome urémico hemolítico).
- 11. Enfermedades hepáticas: Enfermedad de Caroli (dilatación quística congénita del árbol biliar intrahepática).
- 12. Enfermedades metabólicas: Gaucher, Leucodistrofia.
- 13. Enfermedades autoinmunes y del sistema inmunitario: Behçet, Sjögren, mastocitosis.
- 14. Malformaciones, anomalías del desarrollo y discapacidad intelectual: Angelman, autismos.
- 15. Enfermedades vasculares multisistémicas: Rendu-Osler, o HHT, síndrome Sturge-Weber.
- 16. Enfermedades neurológicas: Epilepsias raras, Dravet, Wolfram, Narcolepsia.
- 17. Enfermedades Neuromusculares: Distrofias musculares, ELA.
- 18. Enfermedades Pulmonares: Fibrosis quística.
- 19. Enfermedades Renales: Síndrome urémico hemolítico.
- 20. Enfermedades de la piel (piel de mariposa, ictiosis, Epidermolisis bullosa).
- 21. Enfermedades del tracto genitourinario (Extrofia vesical).

### Organización de las familias de afectados en asociaciones. FEDER

Organización de las familias de afectados en asociaciones. FEDER

La mejor ayuda ante problemas grandes es asociarse, es un fenómeno adaptativo, propio de la sociedad humana.

FEDER (la Federación Española de Enfermedades Raras) nació en 1999 con seis asociaciones y hoy en día FEDER agrupa a más de 350 entidades (asociaciones, fundaciones y federaciones) siendo referente asociativo a nivel nacional de las enfermedades raras. Es el fenómeno social del empoderamiento de los pacientes ante su enfermedad, un problema que la sociedad y la Medicina normal no contempla, o no conoce lo suficiente.

FEDER representa a todas las enfermedades raras codificadas o sin codificar (código médico IE) y a las personas que están en espera de diagnóstico. Y FEDER apoya al diagnóstico de las enfermedades raras, a través de su Fundación FEDER.



Logos de FEDER, a la derecha el nuevo logo del 2016 que coexiste con el antiguo

### ¿Por qué investigar en Enfermedades Raras?

Porque es la única esperanza que les queda a las enfermedades raras.

Sólo un 10% de las ERs tienen algún tipo de investigación activa. De ellas tan sólo un 4% tienen algún tratamiento específico. La Federación Española de Enfermedades Raras (FEDER), a través de su Fundación, tiene como principal objetivo impulsar la investigación de las patologías minoritarias.

Sin investigación no hay futuro y por esta razón se necesita apoyar y fortalecer la investigación de nuestras entidades asociadas a través del impulso y desarrollo de becas.

### ¿Cómo se consigue el dinero?

Difusión en radio, prensa, televisión. Campañas SMS solidario. *Crowdfunding*, mecenazgo científico a base de pequeñas contribuciones solidarias *on line*. Conciertos solidarios.

Lotería, comercio solidario. Donativos públicos (empresas, bancos, responsabilidad social) y donaciones privadas.

### Nuestra Investigación en HHT

Desde el año 2002, emprendimos la tarea de empezar desde cero la investigación en el síndrome de Síndrome de Rendu-Osler-Weber (en honor a sus descubridores), también llamado Telangiectasia Hemorrágica Hereditaria, por sus síntomas clínicos, (HHT). Sabíamos que tenía que haber personas afectadas, pero no había nadie en España, ni médicos, ni investigadores, ni asociación de pacientes. Todo lo empezamos partiendo de "cero" (*from the scratch*, como dirían los norteamericanos).

La HHT, es una enfermedad vascular, que se hereda con carácter dominante. Es decir, los pacientes son heterocigotos, tienen un gen normal y el otro mutado. Además, en una pareja en la que uno de los dos padres está afectado, un 50% de la descendencia tiene probabilidad de heredarla. Los genes que aparecen mutados en el 90% de los casos son dos receptores de la membrana de la célula endotelial: *Endoglin* (cromosoma 9) y la quinasa (*ALK1*) (cromosoma 12). Ambos forman el complejo receptor específico de la señalización de TGF-beta (factor de crecimiento transformante) en la célula endotelial, que tapiza la capa más interna de la vasculatura.

Es una enfermedad vascular autosómica dominante. La prevalencia estimada a nivel mundial es de un afectado cada 5.000 – 8.000, habitantes, pero más cerca de 5.000 que de 8.000. Se diagnostica clínicamente por los llamados criterios de Curaçao: epistaxis (sangrados nasales, espontáneos y recurrentes, que aumentan con la edad), telangiectasias (manchitas mucocutáneas en piel y mucosas), malformaciones arteriovenosas en órganos internos que se deben a una comunicación directa arteria-vena (en pulmón, hígado, cerebro, médula) y herencia dominante. Cuando una persona presenta tres de los cuatro criterios, podemos afirmar que es un paciente de HHT. Los criterios de epistaxis y telangiectasias, son evidentes desde los 25-30 años. La herencia familiar también. Lo que no resulta evidente, si no se hace una revisión médica exhaustiva que incluya análisis de imagen por RMN o TAC es la presencia de las malformaciones vasculares internas. Por eso es tan importante el hacer un diagnóstico genético precoz, para pasar a la revisión clínica y descartar la presencia de estas malformaciones. Y si las hubiera, “arreglarlas” por embolización (oclusión del punto de conexión al que se accede por un catéter con un dispositivo oclusivo en la punta).

### Investigación traslacional en HHT:



Empezamos a finales del 2002 en el CIB, juntamente con dos médicos de medicina interna y un otorrino del hospital de Sierralla, hospital comarcal de Torrelavega, conectado con el Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, Santander.

En el 2003, se declara a Sierrallana hospital de referencia español para HHT por parte de la Fundación Internacional de HHT.



En el 2005 se registra formalmente la asociación HHT de pacientes y aparece la unidad de HHT España.



Ya teníamos las “tres patas” para sostener la “banqueta” de esta unidad: Pacientes, Médicos e Investigación. Han sido desde el 2002, hasta la actualidad 2016, casi 14 años, de trabajo fructífero, en el que se ha hecho diagnóstico genético, se han buscado las bases moleculares de la enfermedad y en los últimos años, nos hemos dedicado a la búsqueda de fármacos, que existiendo ya en la industria, concebidos para otros usos, pudieran ser efectivos en el tratamiento de los sangrados, nasal y digestivo de HHT.

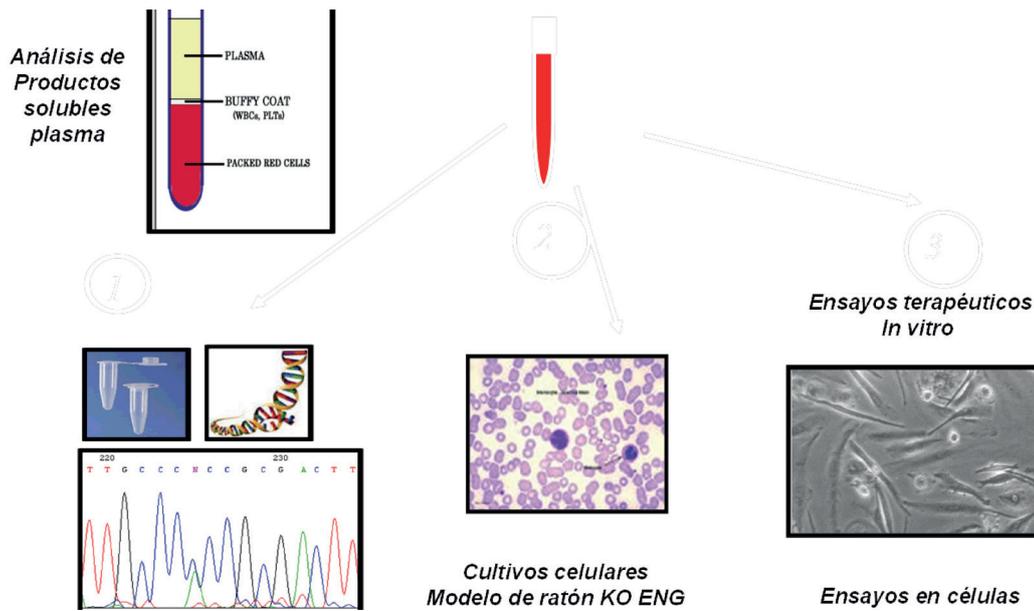
Fruto de este trabajo, han sido no sólo las tesis y publicaciones, sino lo que es más importante tener dos medicamentos, que se usaban para la osteoporosis, considerados por la EMA (Agencia Europea del Medicamento), como medicamentos huérfanos para paliar las hemorragias derivadas de HHT.

Trabajamos por y para los pacientes, con una enorme vocación, empezando por los médicos y terminando por los investigadores. Ellos son nuestros mejores logros y resultados.



Imagen de la unidad de HHT España

**Imagen de la unidad de HHT, que se asienta sobre los pilares de la asociación (los pacientes, HHT-España), el hospital de Sierrallana/Valdecilla (clínicos) y la investigación (CIB., CSIC).**



¿Qué hacemos partiendo de un tubo de sangre del paciente?

### Estrategias Terapéuticas para disminuir sangrados en HHT

Estrategias Terapéuticas para disminuir sangrados en HHT

Seguimos tres tipos de vías de experimentación para encontrar medicamentos que puedan controlar las epistaxis o los sangrados gastrointestinales:

1. Reforzar el proceso de coagulación, intentando disminuir las hemorragias por estabilización del coágulo de

fibrina con antifibrinolíticos: Acido Tranexámico (Amchafibrín en España).

2. Estimular la expresión de los genes mutados en heterocigosis, para compensar la haploinsuficiencia de ENG y ALK1 en HHT. (SERMs moduladores específicos de los receptores estrogénicos: Raloxifeno (Evista), Bazedoxifeno (Conbriza)).

3. Antiangiogénesis: disminución de la vasculatura anormal y excesiva de las mucosas que provoca el sangrado hemorrágico (propranolol, timolol, en investigación el dobesilato/etamsilato, etc).

### Resumiendo Fármacos Actuales Epistaxis/sangrados gástricos HHT



Estrategias Terapéuticas y Fármacos utilizados en HHT dentro de cada estrategia



# Marte: el futuro comenzó ayer

ANTONIO MARTÍN-CARRILLO DOMÍNGUEZ  
 Council of European Aerospace Societies (CEAS)  
 martin.carrillo@gmx.com

## INTRODUCCIÓN

### 1.-El hombre en Marte

Vivimos en una enorme nave espacial llamada Tierra, que navega por la inmensidad del espacio, obedeciendo leyes físicas y matemáticas muy precisas, con unas magníficas vistas al Universo que nos rodea. Esta idea de nuestro mundo, ya la tenía el escritor norteamericano Henry George en 1879.

La Estación Espacial Internacional (ISS) es el primer asentamiento humano extraterrestre que permanece habitado de forma ininterrumpida, desde el día 2 de noviembre de 2000. Tras la conquista de la Luna en los años setenta, el siguiente paso en la exploración espacial tripulada estaba marcado por el proyecto norteamericano *Constelación*. Se trataba de un programa de la NASA para crear una nueva generación de naves espaciales, que permitirían volver a la Luna, establecer allí una base permanente y preparar

un futuro viaje tripulado a Marte. Incluía entre otros, la fabricación de los cohetes lanzadores *Ares V*, con capacidad para poner en órbita cargas de hasta 180 Tn, el desarrollo de motores de propulsión nuclear (NTR), la producción de una nueva cápsula espacial denominada *Orión*<sup>5</sup> y de un módulo de acceso a la superficie lunar, así como la puesta a punto de una instalación (ISRU) para producir en la superficie de Marte oxígeno, agua y otros recursos necesarios para la visita del hombre<sup>2</sup>.

*"En algún sitio, algo increíble está esperando ser descubierto"*  
 (Carl Sagan)

Pero en el año 2010, se canceló el proyecto y todos estos desarrollos quedaron en el aire. Afortunadamente varios programas internacionales siguen en marcha<sup>9</sup> y, aunque con mucho menor presupuesto, los avances científicos y tecnológicos no se han detenido. En todo caso, la ilusión de los hombres por viajar a Marte sigue latente.

Con enfoque generalista y tratando de mantener el rigor técnico imprescindible, en este trabajo se presentan algunas opiniones del ámbito científico sobre el fondo de la cuestión y varias propuestas concretas de la NASA sobre las alternativas del viaje tripulado a Marte.

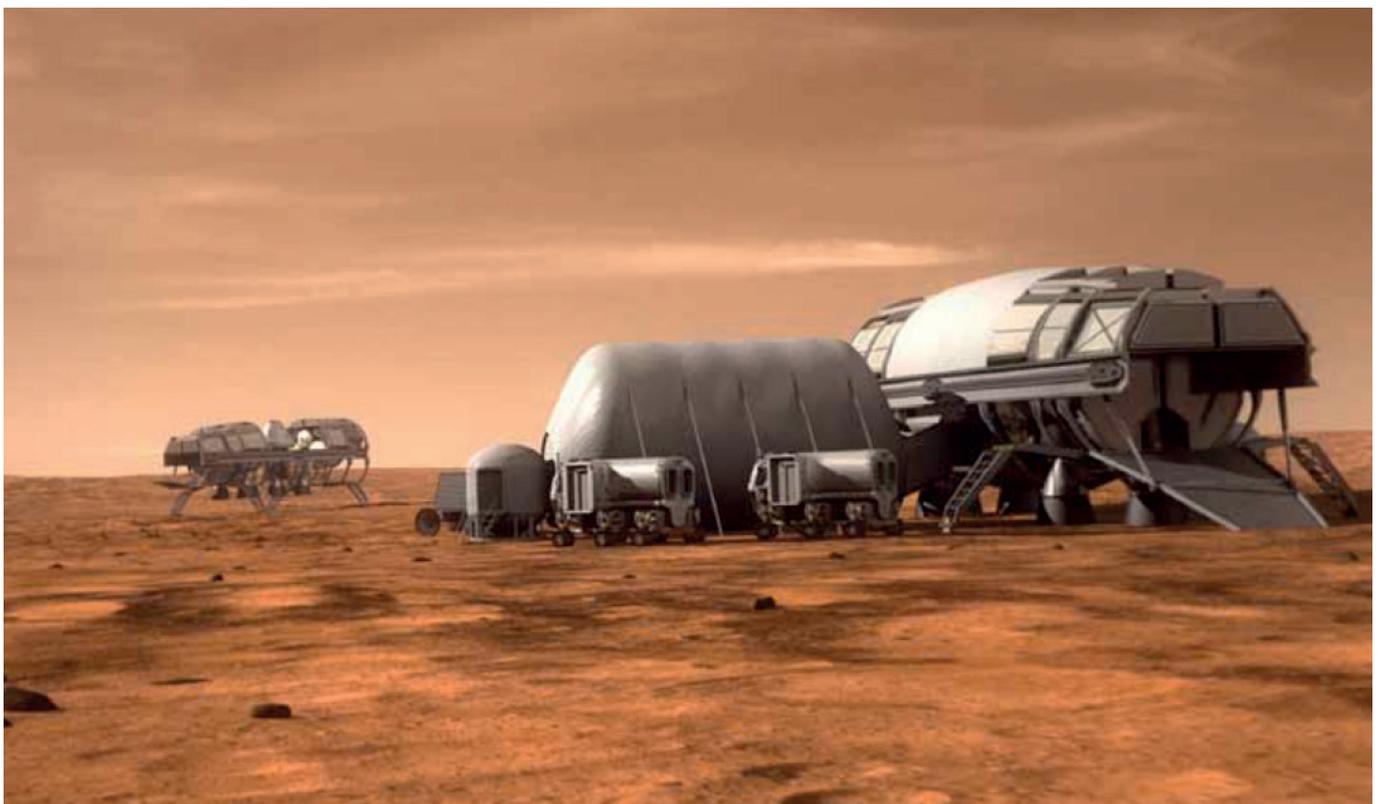


Ilustración de la llegada del hombre a Marte. NASA

## 2.-¿Para qué ir a Marte?

*“Aquel día, después de haber recorrido más de 35 km por los parajes cercanos a los Montes de Tauro, en la frontera entre el Mar Serenitatis y el Mar Tranquillitatis, unas veces caminando y otras en su vehículo Rover Todoterreno, el comandante Eugenio Cernan, llegó a la nave que le esperaba para regresar a la Tierra”.*

Es un relato sobre el último hombre que pisó la superficie de la Luna. Sólo 12 seres humanos lo han hecho. Y desde ese día, 7 de diciembre de 1972, ningún otro hombre ha vuelto a hacerlo.

### Cinco pasos en la historia del Hombre

- 1.Hace 4.000.000 años ... Los homínidos bajan de los árboles y caminan erguidos.
- 2.Hace 1.000.000 años ... El hombre, se desplaza desde África al resto del mundo.
- 3.Hace 3.000 años ..... Construye barcos y navega.
- 4.Hace 100 años ..... Viaja en avión.
- 5.Hace 50 años ..... Explora el espacio.

En los aproximadamente 3.000 millones de años de historia de la vida en la Tierra, la primera vez que un ser vivo abandonaba el planeta ocurrió durante el período de la carrera espacial, entre 1957 y 1972.

Los homínidos tardaron más de cuatro millones de años en bajar de los árboles para comenzar a caminar erguidos, exponiéndose a nuevos peligros. Nadie sabe por qué lo hicieron, pero ese cambio les llevó a convertirse en humanos. Los primeros hombres tardaron un millón de años en explorar nuevos continentes, desplazándose desde África al resto del mundo, llegando hasta los límites de las zonas habitables. Hace sólo unos 3.000 años que los hombres construyeron los primeros barcos para adentrarse en las peligrosas aguas de los océanos, en busca de lo desconocido.

El 17 de diciembre de 1903, unos fabricantes de bicicletas, los hermanos Wright, inventaron una máquina más pesada que el aire, que logró volar ese día durante 59 segundos con un hombre a bordo. Era el primer avión.

Hoy volar es algo corriente, que ha convertido a la Tierra en un territorio globalizado. Pero el hombre sigue explorando sus límites. Escala montañas, se adentra en desiertos, en grutas peligrosas o en las profundidades abisales del océano. Pero ¿por qué lo hace? Aparentemente no existe una razón lógica.

La exploración y la aventura seguramente forman parte de la naturaleza humana. Desde luego no es algo que atraiga

a todo el mundo, pero siempre ha existido y existirá gente con necesidad de descubrir sus propios límites. Esta actitud que al explorador puede costarle la vida, pudiera significar, llegado el caso, la única forma de supervivencia de la especie, que siempre aprovecha la experiencia obtenida a partir de los fracasos o del éxito de los pioneros.

*“Todos nosotros somos hijos del Universo.*

*No hijos de la Tierra o hijos de Marte, ni siquiera hijos de este Sistema Solar.*

*Somos hijos del fuego y de enormes explosiones de Supernovas.*

*Y si acaso tenemos algún interés por Marte, es sólo porque nos hacemos preguntas sobre nuestro pasado y al descubrirlo, nos preocupamos terriblemente sobre nuestro posible futuro” (Ray Bradbury, 1973)*



**Figura 1. La atmosfera de Marte tomada desde una órbita baja. NASA**

Entonces, ¿por qué viajar a Marte? ¿para qué quiere el hombre llegar a Marte?

Por ahora no es para conseguir recursos, ni depende de ello ninguna necesidad humana. Se trata de la misma razón por la que el hombre sintió el deseo de llegar a la Luna. El tipo de impulso que llevó a Cristóbal Colón en 1492 a embarcarse hacia un mundo desconocido. Tal vez sea porque el hombre es un ser vivo y la vida tiene tendencia a ocupar todo el territorio, llegando hasta los lugares más agresivos e inhóspitos.

Esto explicaría por qué no nos conformamos con enviar sondas automáticas y robots inteligentes que se mueven por la superficie marciana buscando rastros de vida, como el *Curiosity*, cuya estación meteorológica ha sido fabricada en España, o los pequeños gemelos *Opportunity* y *Spirit*. Porque sólo con robots no es suficiente. El hombre necesita estar allí.

“Nos hemos dado cuenta de que vivimos en un planeta insignificante, que orbita en torno a una estrella del montón, perdida en una galaxia remota, de algún rincón olvidado de un universo en donde hay muchas más galaxias que personas”

(Carl Sagan)



Figura 2. Una puesta de Sol azul en Marte desde el Rover Curiosity (2015). Foto NASA JPL



Figura 3. Paraje "la Roca del Chapitel" Cráter Espiritu de San Luis. Marte. Foto NASA JPL

Este viaje tan largo plantea problemas tecnológicos complejos. También los retos referentes al factor humano son muy relevantes: el riesgo de los efectos de la radiación cósmica, los efectos negativos de las estancias prolongadas en ausencia de gravedad, problemas psicológicos y sociales debidos a la convivencia en espacios reducidos y a la imposibilidad de abortar la misión o adelantar el regreso en caso de emergencia.

### 3.-¿Cuánto tiempo se tarda en viajar a Marte?

El viaje del hombre a Marte podría durar como mínimo entre 400 a 900 días, incluyendo la ida, la estancia en la superficie del planeta y la vuelta. Aunque los preparativos de tal viaje incluirían el despliegue previo de una infraestructura en Marte, que se haría con varios años de antelación a la salida de los hombres.

Para hacernos una idea de la magnitud de la misión a Marte, se puede comparar con el viaje a la Luna<sup>1</sup>. La duración de la misión fue entonces de diez días, frente a más de un año y medio, ahora. Téngase en cuenta que la Luna está a una distancia de unos 400.000 km, frente a varios cientos de millones de kilómetros del viaje a Marte. Esta distancia depende de la trayectoria elegida y de posición relativa entre ambos planetas, que oscila entre 55 y 401 millones de kilómetros, dependiendo de si ambos planetas están uno a cada lado del sol, lo que se denomina en *Conjunción*; o dejando el Sol al mismo lado, lo que se conoce como en *Oposición*.

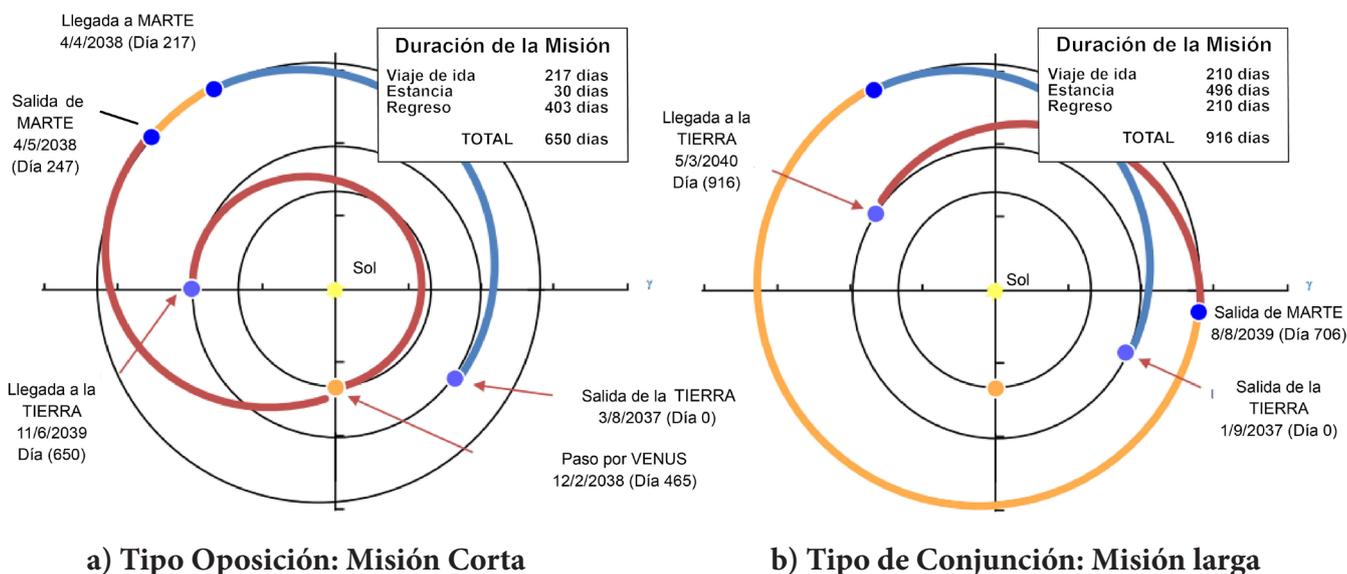


Figura 4. Tipos de Misión a Marte. NASA

La NASA ha considerado dos tipos de viaje a Marte (Figura.4), según la propuesta DRA V5.0<sup>8</sup>. Un primer tipo de viaje denominado *Exploración en Conjunción*, que necesitaría menos energía, aunque requiere una larga estancia en la superficie de Marte (entre 500 y 650 días) y un segundo tipo de misiones, denominadas *Exploración en Oposición*, con un tiempo total de viaje menor, pero con un regreso complicado y costoso, pasando cerca de Venus, con estancia corta en la superficie de Marte de entre 30 y 90 días. Por ahora, la NASA se inclina por la *Exploración en Conjunción*, aunque cada tipo de Misión tiene sus ventajas e inconvenientes.

Como es sabido, la trayectoria del viaje por el espacio no se hace en línea recta, sino describiendo curvas de transferencia llamadas de *Hohmann*. De este modo, las naves orbitan alrededor del sol, en lugar de emplear energía luchando contra su atracción gravitacional.

Además, como la Tierra y Marte se mueven girando a velocidades distintas alrededor del Sol, hay que calcular dónde va a estar el planeta Marte cuando llegue la nave, que es un lugar muy diferente del que tenía cuando la nave salió de la Tierra. En todo caso, el lanzamiento de una nave espacial o su regreso a la Tierra, no puede realizarse en cualquier momento. Debe hacerse cuando la posición relativa de Marte y la Tierra lo permitan. Y esto ocurre sólo cada 26 meses (períodos sinódicos). Además, debido a la excentricidad de la órbita marciana, la mínima energía requerida varía también en ciclos de aproximadamente 16 años.

### Tiempos de viaje a Marte

- Mariner 4. La primera nave espacial en acercarse a Marte en 1964, tardó: 228 días
- Mariner 6, en 1969: 155 días
- Mariner 7 en 1969: 128 días
- Mariner 9. La primera nave espacial en orbitar Marte en 1971, tardó: 168 días
- Marte 2. La primera nave en llegar a la superficie de Marte en 1971, tardó: 192 días
- Viking 1. La primera nave en aterrizar suavemente en Marte, en 1975: 304 días
- Viking 2, en 1975: 333 días
- Mars Global Surveyor en 1996: 308 días
- Mars Pathfinder en 1996: 212 días
- Mars Odyssey en 2001: 200 días
- Mars Express Orbiter en 2003: 201 días
- Mars Reconnaissance Orbiter 2005: 210 días
- Mars Science Laboratory (Curiosity) en 2011: 254 días

Por otra parte, para poder realizar el viaje, la nave deberá alcanzar una velocidad enorme, del orden de 40.300 km/hora ó 11,2 km/s que es la velocidad de escape de la Tierra. Esto

es, aproximadamente treinta veces la velocidad de una bala a la velocidad del sonido. En todo caso, estas velocidades ya se alcanzaron con los cohetes Saturno V del proyecto Apolo para viajar a la Luna (Fig.ura 5).

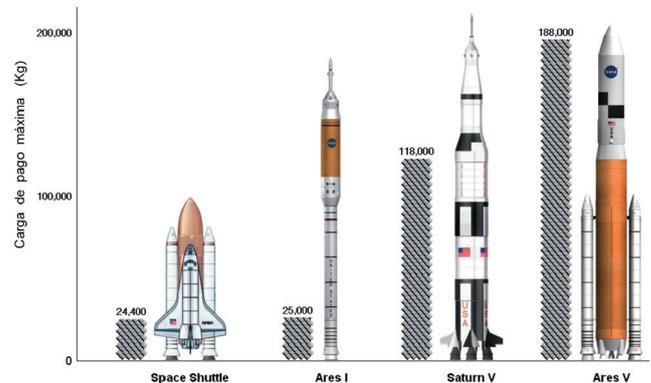


Figura 5. Lanzadores y sus cargas de pago. NASA

### 4.-¿En qué naves iremos a Marte?

Del mismo modo que los descubridores del siglo XV necesitaron varias embarcaciones para realizar sus travesías, la misión a Marte requiere también más de una nave. Recordemos, por ejemplo, que Magallanes partió con cinco naves: *Trinidad*, *San Antonio*, *Concepción*, *Victoria* y *Santiago*; Vasco de Gama con cuatro: *San Gabriel*, *San Rafael*, *Bérrio* y *San Miguel*; y Cristóbal Colón, con tres: *Santa María*, *Pinta* y *Niña*.

El viaje a Marte que ha diseñado la NASA<sup>8</sup>, requiere también tres grandes naves diferentes (Figura. 6). La nave tripulada *Copérnico*, con su cápsula auxiliar *Orión* (Figura 7). Y las naves de carga *Kepler* y *Asimov*. Estas dos últimas, deberán partir de la Tierra, con varios años de antelación esperando en Marte la llegada de los hombres.



Figura 6. Las naves del viaje a Marte según NASA DRA 5.0



Figura 7. Cápsula Orión, en su primer vuelo (12-5-2015). Lockheed Martin.

Además para llevar al espacio a todas estas naves, se necesitan al menos 7 cohetes lanzadores Ares V y un lanzador Ares I (Figura.5). Que no realizarán el viaje a Marte, pues se desintegrarán una vez alcanzada la órbita terrestre.

5.-Viaje tripulado a Marte

A diferencia de los primeros navegantes que partían sin apenas saber nada sobre su destino, actualmente la geografía marciana es bien conocida (Figura 8).

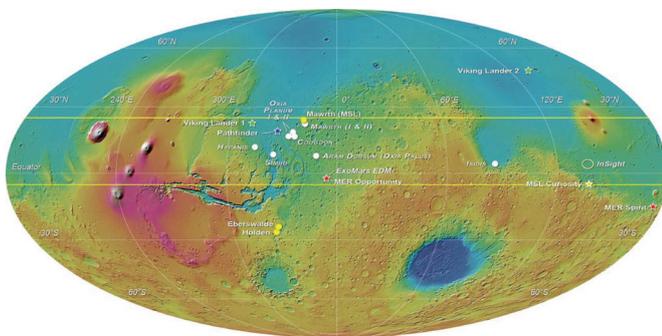


Figura 8 –Topografía de Marte. Ilustración de ESA-Roscosmos

La misión tripulada a Marte, seguramente tendrá un diseño parecido al propuesto por NASA, que se describe a continuación.

Un equipo de 4 a 6 astronautas partirán de la Tierra en una cápsula *Orión*, impulsada por un cohete lanzador Ares I, que los pondrá en órbita para acoplarse a una enorme nave interplanetaria *Copérnico*, que los estaría esperando con víveres y oxígeno para más de un año (Figura.9).

Esta nave se construiría en órbita terrestre (LEO), a partir de los elementos lanzados con tres grandes cohetes Ares V. Podría tener un módulo para generar su propia gravedad

artificial que produciría aproximadamente 1/6 g durante los viajes de ida y vuelta a Marte.



Figura 9. Nave interplanetaria Copérnico. NASA.

Al menos dos años antes de la salida de los astronautas, dos grandes naves de carga, no tripuladas, estarían esperando en Marte. La nave de transporte *Kepler*, que habría dejado su carga sobre la superficie del planeta, y *Asimov* que estaría esperando en órbita marciana.

Los astronautas, al llegar a las inmediaciones de Marte tras su largo viaje, abandonarán la nave en la pequeña cápsula *Orión*, para acoplarse al Módulo de Descenso y Hábitat de *Asimov*, que estaría esperando 33 meses atrás, en la órbita marciana y que los llevará a aterrizar suavemente sobre la superficie de Marte. Deberán aterrizar con gran precisión, justo en el mismo lugar donde está la *Plataforma de Descenso Horizontal (HCL)* (Figura.10) que transportó *Kepler*. Allí desplegarán una pequeña central de energía nuclear, que les proporcione la electricidad necesaria e instalarán diferentes estructuras inflables para aumentar su espacio habitable.

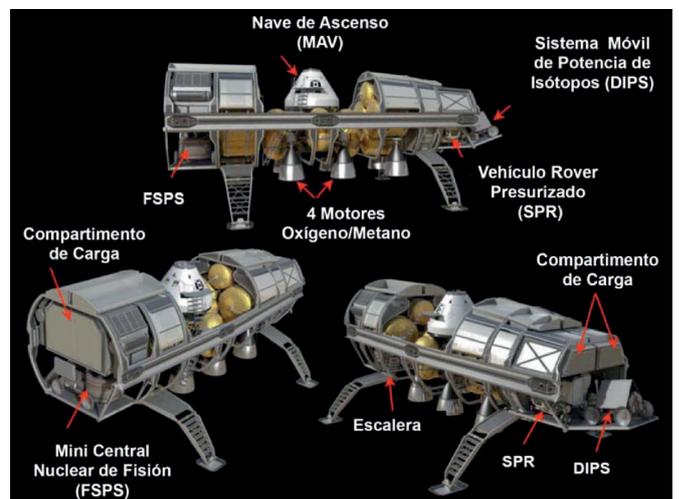


Figura 10. Plataforma de Descenso Horizontal (HCL) de Kepler. NASA

La estancia de estos astronautas en Marte podría ser larga, de unos 500 días, hasta que la posición de Marte permitiera su regreso a la Tierra.

La exposición de los astronautas a la radiación deberá minimizarse, aunque podrán desplazarse en vehículos presurizados y realizar excursiones por la superficie (Figura.11). Hay que tener en cuenta que tres días de exposición a las radiaciones en Marte, equivalen a un año en la Tierra<sup>4</sup>



Figura 11. Actividades Extra Vehiculares (EVA). Fotograma de "Misión a Marte". Disney

Una vez transcurridos los días previstos en Marte, para poder regresar a la Tierra, los astronautas deberán dirigirse a la *Plataforma* (HCL) que transportó *Kepler* y que llevará años sobre la superficie Marciana. Se subirán a la *Nave de Ascenso* (MAV) en la que despegarán, iniciando el viaje de vuelta.

En la órbita Marciana, se volverán a acoplar a la nave interplanetaria *Copérnico*, que los traerá de vuelta a la Tierra. Una vez alcanzada la órbita terrestre, se desprenderá la cápsula *Orión*, realizando la reentrada con los astronautas y aterrizando en el mar con varios paracaídas (Figura.12).

De momento, no parece previsible que el hombre vaya a viajar a Marte<sup>3</sup> antes del año 2037 y con tanto tiempo por delante, es previsible que los avances tecnológicos permitan nuevos diseños de la misión, y por ejemplo, que se pueda volver a aterrizar suavemente con una aeronave.

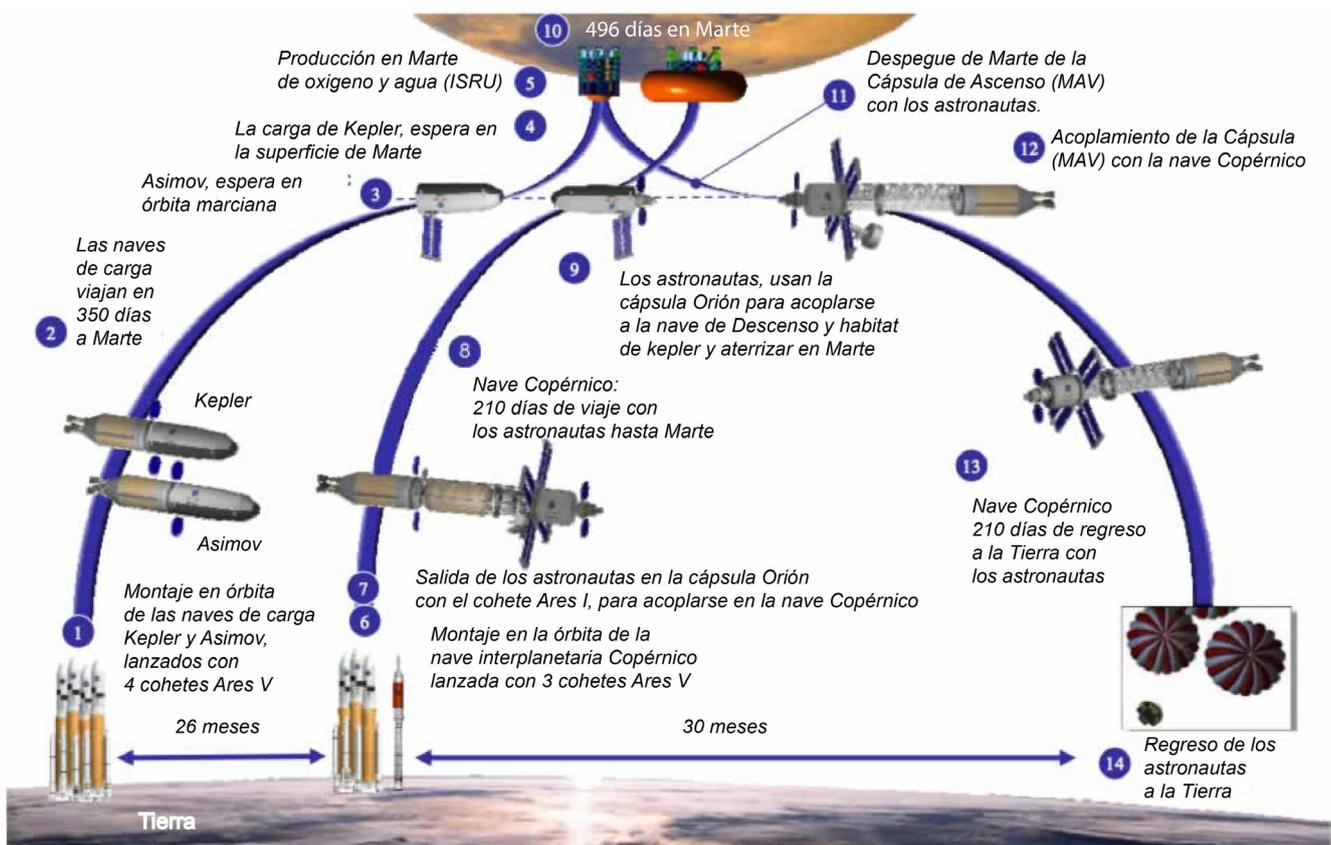


Figura 12. Misión a Marte. DRA 5.0 NASA.

## 6.- Conclusiones

El hombre está en condiciones de poder construir las naves espaciales que le permitan emprender el viaje al Planeta Rojo. Aunque a día de hoy no existe un presupuesto económico, ni una fecha, probablemente esta aventura se pueda realizar en las próximas décadas. Parece evidente que el hombre no se conformará con enviar robots inteligentes y sondas automáticas y por eso viajará a Marte y a otros cuerpos celestes.

Tras la cancelación del Proyecto *Constelación* de la NASA, científicos e ingenieros de diferentes organismos y países, entre ellos la Agencia Europea del Espacio (ESA), siguen

trabajando en distintos proyectos que harán posible el viaje del hombre a Marte.

El viaje tripulado a Marte, será muy probablemente un proyecto internacional. De momento, sigue siendo un objetivo a largo plazo de la NASA, que ha descartado, por ahora, el regreso a la Luna para establecer allí una base permanente. Entre sus próximos planes están: la visita del hombre a un asteroide y la instalación un observatorio espacial en el punto de equilibrio gravitatorio L2 de Lagrange. (Figura. 13).

El hombre es aventurero e intenta llegar siempre hasta los lugares más recónditos. Seguramente por eso, siente el impulso de viajar también fuera de nuestro planeta. Como decía el científico espacial Konstantín Tsiolkovski, *“La Tierra es la cuna de la humanidad, pero no se puede vivir siempre en la cuna”*.

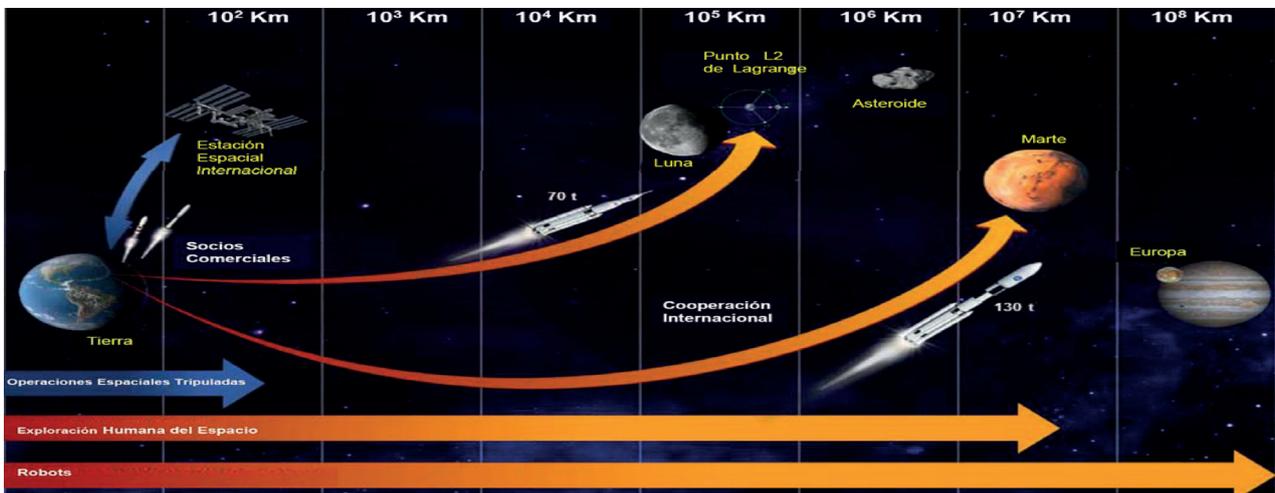


Figura 13. El futuro de la exploración espacial. NASA.

## Referencias:

- Brent G. Drake. (2007). *“From the Moon to Mars”*. LEAG Workshop. NASA.
- Brent G. Drake. (2009) *“Human Exploration of Mars. Design Reference 5.0”*. NASA.
- George Washington University. Workshop Summary (2014). *“Affording Human Exploration of Mars”*.
- Hoffman, Stephen (2001) *“The Mars Surface Reference Mission”*. NASA.
- Lockheed Martin Systems Company (2015) *“Orion Multi-Purpose Crew Vehicle”*. Houston, Texas. USA.
- Mark G. Benton et al (2015) *“Concept for Human Exploration using MPCV, Deep Space Vehicle, Artificial Gravity Module and Mini-Magnetosphere Radiation Shield”*. AIAA. USA.
- NASA (1998). *“Adendum to the Human Exploration of Mars. Reference Mission Version 3.0”*. Mars Exploration Study Team. Johnson Space Center. Houston, Texas. USA.
- NASA (2009). *“Human Exploration of Mars”*. Design Reference Architecture Version 5.0” Johnson Space Center. Houston, Texas. USA.
- Price, Hoppy; Hawkins, Alisa et all. (2009). *“Austere Human Missions to Mars”* AIAA Space Conference. Pasadena California. USA.

### Nomenclatura de NASA

AC: Aerocapture	LEO: Low Earth Orbit (407 Km)
AGM: Artificial Gravity Module	MAV: Mars Ascent Vehicle
AIAA: American Institute of Aeronautics and Astronautics	MLV: Mars Lander Vehicle
CTV: Crew Transfer Vehicle	MOLA: Mars Orbiter Laser Altimeter
DIPS: Dynamic Isotope Power System	MPCV: Multi-Purpose Crew Vehicle
DM: Docking Module	MTV: Mars Transfer Vehicle
DRA: Design Reference Architecture	NASA: National Aeronautics and Space Administration
DSV: Deep Space Vehicle	NERVA: Nuclear Engine for Rocket Vehicle Applications
EDL: Entry Descent and Landing	NTR: Nuclear Thermal Rocket
EPM: Electric Propulsion Module	SEP: Solar Electric Propulsion
EVA: Extra Vehicular Activity	SLS: Space Launch System
HCL: Horizontal Cargo Lander	SPR: Small Pressurized Rover
ISRU: In Situ Resource Utilization	TEI: Trans Earth Injection
ISS: International Space Station	TMI: Trans Mars Injection
JPL: Jet Propulsion Laboratory	

# Hacia un mundo cuántico

ÁNGEL S. SANZ

Departamento de Óptica, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid

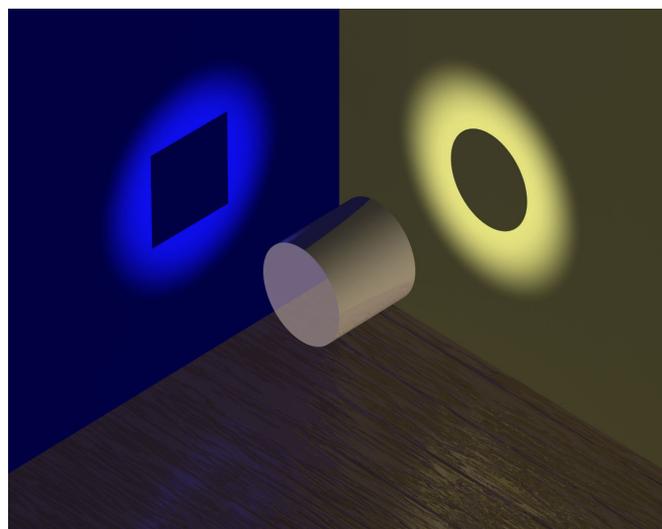
Lector, imagina por unos instantes que apartas la mirada de estas palabras, te diriges hacia la puerta de la habitación en que te hayas y, al traspasar el umbral de la misma, observas con estupor que estás poniendo pie en el patio de una casa de campo neozelandesa.<sup>1</sup> Apenas unos metros separan tu habitación de un punto opuesto sobre el Globo. El concepto de distancia física entre ambos puntos (¡unos veinte mil kilómetros!) ha quedado totalmente diluido. ¿Pensas que esto no es más que una simple “chifladura” por parte de quien suscribe estas líneas?

En nuestro día a día no experimentamos (ni tan siquiera se nos plantean) vivencias como la anterior, igual que los gatos o están vivos o están muertos, pero no ambas cosas a la vez. Sin embargo, esto no es ficción. Es el día a día de la Física Cuántica, entendiendo por ésta la parte de la Física cuyo objetivo es explicar el comportamiento que exhiben los sistemas físicos cuando se tiene en cuenta la sensibilidad que éstos manifiestan ante perturbaciones de carácter no local ejercidas sobre el estado o campo que llevan asociados.<sup>2</sup> En este sentido, lo cuántico queda totalmente fuera del alcance de la física de los objetos ordinarios, la *Física Clásica*, profundamente arraigada en una intuición forjada directamente sobre nuestras percepciones sensoriales (si se quiere, una intuición “de andar por casa”), lo que nos genera una fuerte sensación de extrañeza y desasosiego.

A pesar de ello, los resultados de un experimento realizado recientemente en la Universidad de Delft<sup>3</sup> (Holanda), del cual se hizo eco inmediatamente la prensa generalista,<sup>4</sup> vienen a constatar que cuánticamente el concepto de espacio físico efectivamente se diluye. El concepto fundamental en el que se basa este experimento, y por extensión las incipientes *tecnologías cuánticas*,<sup>5</sup> es el entrelazamiento cuántico, un proceso (aunque tal vez habría que llamarlo “recurso”) mediante el cual el estado o campo asociado a dos o más sistemas, que en algún momento pasado han estado en contacto, puede emplearse para procesar, transmitir, cifrar, copiar, etc., información (cuántica), así como para comprender la naturaleza intrínseca de multitud de procesos complejos, desde la configuración molecular y la bioquímica celular a la percepción que tenemos del mundo de lo cotidiano.

Tal vez en estos últimos años hayamos oído hablar mucho sobre el entrelazamiento cuántico<sup>6</sup> y las bondades de las tecnologías cuánticas, que no sólo han venido a quedarse,

sino a revolucionar nuestro modo de vida (con permiso de la robótica y la inteligencia artificial, las telecomunicaciones o las redes). Sin embargo, la Física Cuántica es aún una gran desconocida, rodeada de un cierto halo de misticismo. El objetivo de lo que sigue es mostrar que la Física Cuántica es algo cercano, invitando a una reflexión sobre el mayor logro científico del ser humano, que nos ha permitido incluso adentrarnos en la comprensión de nuestra propia existencia material. Con tal fin, se presenta una breve aunque intensa descripción de su alcance e impacto social, así como una serie de pinceladas sobre la fascinante historia que hay tras su descubrimiento y posterior desarrollo,<sup>7</sup> concluyendo con la importancia del experimento de Delft.<sup>8</sup>



**Figura 1.** Las paradojas que nos plantea la Física Cuántica provienen de que esta teoría no permite, por construcción (y por que, en definitiva, así es cómo funciona el mundo de lo cuántico), especificar al mismo tiempo aspectos complementarios de un mismo sistema físico. La teoría suministra una descripción muy precisa de uno u otro aspecto, pero es incapaz de revelarnos información simultánea de ambos. Es lo que se denomina complementariedad o principio de complementariedad.

## FÍSICA CUÁNTICA EN LA SOCIEDAD

### ACTUAL

Desde hace unos años, no es difícil darse de bruces con alguna noticia relacionada con la Física Cuántica en la página principal de la edición digital de cualquier diario generalista. Por ejemplo, hace unos meses El País informaba<sup>9</sup> sobre el procesador cuántico que acaba de crear IBM y la plataforma que esta compañía ha habilitado para probarlo. Apenas veinte días después, tanto este diario, como ABC,<sup>10</sup> relataban el un

exitoso experimento de entrelazamiento que involucra cuatro fotones,<sup>11</sup> un hito en la carrera hacia la creación de computadores cuánticos eficientes. No obstante, más llamativo es aún, si cabe, el titular que aparecía en *The Washington Post* a principios de 2014 a propósito de los famosos documentos filtrados por Edward Snowden. El documento en cuestión procede de la NSA, la Agencia de Seguridad Nacional de los Estados Unidos, encargada de todo aquello relacionado con información de interés estratégico para este país y, en particular, asesora en materia de criptología. De acuerdo con este documento, parte de los gastos dentro de una partida presupuestaria de 79.7 millones de dólares americanos (unos 70 millones de euros) estaban destinados a la construcción de un computador cuántico con aplicaciones criptográficas.<sup>12</sup> Es decir, cerca de setenta años después del Proyecto Manhattan, la Física Cuántica vuelve a atraer la atención de militares y servicios de inteligencia, al igual que lo hace con grandes compañías, como IBM o Google.<sup>13</sup> Curiosamente, aquí, El País se hacía eco de esa misma noticia en sus secciones de Internacional<sup>14</sup> y de Economía,<sup>15</sup> pero no de Ciencia, otorgando con ello a la Física Cuántica un valor más allá del meramente científico.

¿Por qué tanto interés en la Física Cuántica? Aunque la pregunta pueda sorprender, no es casual. Aparte de su interés intrínseco a nivel fundamental, se espera que en los próximos años el avance de las tecnologías basadas en la Física Cuántica genere un impacto social y económico mucho mayor que el procedente de la industria microelectrónica, que impregna cualquier ámbito de nuestras vidas a día de hoy (y que precisamente se ha nutrido en gran medida de los conocimientos generados por la Física Cuántica). De hecho, se estima que el peso económico de las aplicaciones de la Física Cuántica en países altamente industrializados, como Estados Unidos, es del orden del 30% del PIB,<sup>16</sup> razón por la que en países que no lo están se ve como una urgencia la inversión en esta área de la Física.<sup>17</sup>

Para comprender el porqué de este impacto, resulta interesante echar la mirada hacia atrás, hacia el último tercio del siglo XIX y principios del XX, a la sociedad en la que surgió la Física Cuántica. Esta sociedad fue beneficiaria de una industria química en plena expansión, por un lado, y las incipientes tecnologías basadas en la electricidad y el magnetismo, por otro. En este caldo de cultivo es donde surgieron nuevos fenómenos, como los rayos X o la radioactividad, por ejemplo, y con ellos, no sólo nuevas aplicaciones, sino una nueva teoría que ha llegado a permear prácticamente todas las áreas de la Física e influido notablemente en otras disciplinas, como la Química, la Geología, la Biología, la Ciencia de Materiales, la Medicina, la Farmacología o las comunicaciones.

Tras el advenimiento de la Teoría Cuántica, se producen un desarrollo y una diversificación formidables de esta teoría. La posibilidad de explicar la estructura de los átomos ha permitido comprender cómo se forman moléculas, metales o minerales, o por qué éstos aparecen en fase gaseosa, líquida o sólida

en la Naturaleza. Se ha conseguido aportar una explicación rigurosa a la tabla periódica, suministrando al mismo tiempo un criterio sistemático de búsqueda de nuevos elementos (el anuncio de los cuatro últimos se realizó precisamente a finales del año pasado<sup>18</sup>). No sólo podemos estudiar las propiedades de diferentes materiales o sistemas moleculares altamente complejos mediante las reglas de la Física Cuántica, sino que además estamos en la senda de poder diseñar nuevos materiales o fármacos antes incluso de sintetizarlos en el laboratorio. Es lo que se denomina *diseño cuántico*.

Técnicas como la difracción de rayos X o la microscopía electrónica son hoy rutinarias y han supuesto un apoyo crucial para la Cristalografía moderna, como herramienta para comprender la estructura de minerales, rocas, aleaciones, etc., e igualmente en Biología. Precisamente, dentro de este campo, el descubrimiento de la estructura del ADN a mediados de la década de 1950 abrió las puertas de la moderna Biología Molecular y la Genómica. Asimismo, empleamos el término *biología cuántica*<sup>19,20</sup> para referirnos a la aplicación de la Física Cuántica en la comprensión del mundo a nivel biológico, como el almacenamiento de energía durante la fotosíntesis, el funcionamiento de la brújula aviar o el propio proceso de visión.

Sin Física Cuántica no podría explicarse el efecto fotoeléctrico en el que se basan, por ejemplo, los sensores que permiten la apertura y cierre automáticos de puertas en supermercados, ni tampoco la producción de rayos X, la radiactividad o la tomografía axial computerizada (los famosos TACs), fundamentales como técnicas de diagnóstico en Medicina. Tampoco dispondríamos de la radiación láser, que permite por igual leer CDs y DVDs y operar de cataratas, o de los LEDs, los *smartphones*, y las *tablets*.

Aunque no se pretende presentar un análisis pormenorizado de los logros de la Física Cuántica, los anteriores ejemplos bastan para mostrar que la lista es ciertamente larga. De hecho, en la misma habría que incluir el que hoy día sea posible tener una buena idea incluso sobre los procesos físico-químicos de los que depende la propia existencia de cualquier ser vivo, desde el microorganismo más sencillo a nosotros mismos.

## EL AMANECER DE UNA NUEVA

## TEORÍA

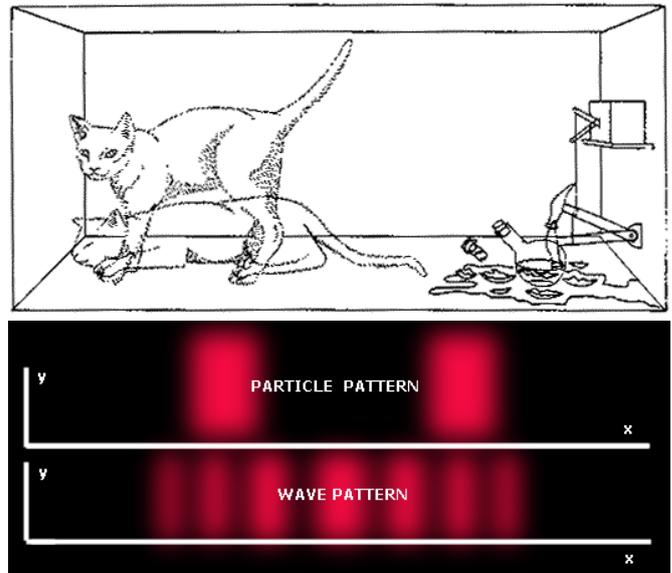
Viendo el impacto que ha tenido, tiene y tendrá la Física Cuántica, es difícil no hacerse preguntas como cómo y por qué surgió la Teoría Cuántica, cuál fue el punto de inflexión que determinó su aparición o por qué hoy los físicos hablamos de *segunda revolución cuántica*.<sup>21</sup> Para responderlas es fundamental conocer una serie de puntos clave de la (primera) revolución cuántica, que se fue gestando desde principios del siglo XX y cristaliza durante la década que

va de 1925 a 1935 en la formulación físico-matemática más eficaz y precisa de que disponemos: la Mecánica Cuántica.

El siglo XIX alimentó la idea de que poco quedaba por descubrir en Física. Sin embargo, pronto se vio que esa misma Física era incapaz de dar una respuesta satisfactoria a una serie de fenómenos y problemas que habían ido apareciendo con el correr de los años. Así, en 1900, al intentar explicar la emisión de radiación de un cuerpo negro en equilibrio termodinámico (problema planteado a mediados del siglo XIX), Planck se da cuenta de que necesita asumir como hipótesis que la energía no se absorbe o transfiere en cantidades arbitrarias, sino en “paquetes” idénticos de un determinado valor. Esto implica romper conceptualmente con la Física Clásica, en la que no existe justificación alguna para introducir tal restricción. Acaba de nacer el *quanto* de radiación  $y$ , con ello, una nueva manera de entender los fenómenos físicos. La hipótesis de Planck quedó confirmada por Einstein, quien en 1905 se sirvió de la misma para explicar el efecto fotoeléctrico (descubierto a finales del siglo XIX) y, de paso, postular que la luz se comporta como un flujo de tales paquetes de energía, hecho verificado experimentalmente por Compton en 1923.

El cuanto de Planck y Einstein fue incorporado por Bohr en su famoso modelo atómico, en 1913. Este modelo daba buena cuenta del espectro del átomo de hidrógeno, pero estaba basado en una serie de hipótesis sin justificación lógica aparente. Para comprender este modelo habría de pasar aún cerca de una década, cuando de Broglie, basándose en la idea de Einstein, introduce el segundo concepto rompedor en la Física del momento: si la luz puede comportarse como un chorro de corpúsculos, tal vez partículas materiales, como los electrones, puedan manifestar un comportamiento como el de la luz, es decir, de tipo onda. Acaba de nacer la Teoría Cuántica, cuya formalización matemática es la Mecánica Cuántica, desarrollada independientemente por Heisenberg (1925), como una mecánica matricial, y por Schrödinger (1926), como una mecánica ondulatoria. Conforme a ésta los sistemas físicos ya no se entienden como entidades puntuales aisladas, influenciadas por campos externos, sino en términos de distribuciones extensas.

El período fundacional de la Teoría Cuántica concluye con la “imposición” de la visión o interpretación pragmática de Bohr sobre la misma, la denominada *Interpretación Ortodoxa o de Copenhague*, tras la 5ª Conferencia Solvay (1927), donde no sólo se intenta dar forma al marco teórico para el estudio de los sistemas cuánticos (aquellos descritos por la Mecánica Cuántica), sino sobre cómo han de entenderse e interpretarse estos. Conforme a dicha interpretación, los sistemas físicos cuánticos no adquieren un estado definido hasta que se realiza una medida, pues la teoría sólo suministra una descripción probabilista de los mismos. Tras realizar la medida, se pierde toda información adicional sobre el sistema.



**Figura 2. Imagen superior:** En la paradoja del *gato de Schrödinger* un gato es encerrado en una caja junto con una fuente radiación. Si la fuente emite radiación, un contador Geiger la registra y deja caer un martillo sobre un recipiente que contiene cianuro, que al liberarse causa el fallecimiento del gato. A pesar de que nuestra experiencia nos indica que el gato o está vivo o está muerto, la Física Cuántica nos dice que durante un cierto tiempo estará vivo y muerto al mismo tiempo, ya que su estado se encuentra íntimamente ligado al de la sustancia radiactiva, cuyo proceso de emisión sigue las reglas del juego cuántico. Esta paradoja no sólo pone de manifiesto la extrañeza del mundo cuántico, sino también la del entrelazamiento cuántico y la subjetividad del proceso de medida (si no hay medida, el gato está vivo y muerto). **Imagen inferior:** Aparte de ser un paradigma de la complementariedad cuántica (ver Fig. 1), el experimento de la doble rendija también pone de relieve el hecho de que la evolución de un sistema cuántico viene influida por la posibilidad de poder pasar a través de dos rendijas simultáneamente. Igual que el gato de Schrödinger, vivo y muerto al mismo tiempo, en la doble rendija la partícula “pasaría” (o, para ser más correctos, se comporta “como si pasase”) por ambas rendijas también simultáneamente. Esto da lugar a una distribución de detecciones sobre una pantalla situada más allá de las rendijas que presenta un patrón de franjas de interferencia análogo al que generan las ondas producidas por dos piedras arrojadas simultáneamente sobre el agua de un estanque. Basta con “echar un vistazo” sobre las rendijas para que la partícula deje de comportarse de forma ondulatoria y lo haga como una partícula, es decir, pasando por una u otra, pero no ambas.

A pesar de ello, una serie de físicos, encabezados por el propio Einstein, continuó indagando sobre el problema de la interpretación de la Mecánica Cuántica y, en particular, sobre si ésta podía considerarse una teoría completa, es decir, si es posible especificar con mayor detalle el estado físico del sistema, reduciendo su aparentemente inherente carácter aleatorio, y evitando así la arbitrariedad del proceso de medida (“Dios no juega a los dados”). Para paliar tal efecto, se asumiría la existencia de unas variables o parámetros no observables experimentalmente, denominados *variables ocultas*, que ex-

plicasen las observaciones atendiendo al principio de causa y efecto. “Einstein, deja de decirle a Dios lo que debe hacer”, fue la respuesta de Bohr a la insistente actitud de Einstein. Formalmente, el planteamiento de Bohr quedó materializado en un teorema sobre la imposibilidad de teorías de variables ocultas enunciado por von Neumann (1932).

Se han propuesto diversos experimentos mentales (*Gedankenexperimente*) para poner de relieve lo “escandaloso” que resulta la subjetividad que introduce el proceso de medida en la Teoría Cuántica. El que ilustra este hecho de una forma más descarnada es la famosa paradoja del gato encerrado en una caja,<sup>22</sup> propuesto por Schrödinger en 1935 para mostrar la imposibilidad de especificar de forma totalmente inequívoca el estado de un sistema físico (por ejemplo, si el gato está vivo o muerto) a menos que se realice una medida del mismo, contraviniendo las leyes de la lógica a la que estamos acostumbrados. Cada vez que se ha realizado en el laboratorio (no con gatos exactamente, pero sí con partículas cuánticas), el resultado ha sido rotundo, confirmando la extrañeza de la teoría.<sup>10,11</sup>

También en 1935, en una publicación conjunta, Einstein, Podolsky y Rosen criticaron duramente la teoría.<sup>23</sup> Apelando al principio de incertidumbre de Heisenberg, mostraron que éste puede ser violado a menos que se admitan correlaciones que contravienen la relatividad especial, lo que implica la existencia de una “acción fantasmagórica a distancia”. Estas correlaciones son lo que ese mismo año Schrödinger bautizaba como *entrelazamiento cuántico* (*Quantenverschränkung*),<sup>24,25</sup> un concepto ya incipiente en la paradoja del gato en la caja. El razonamiento físico expuesto por Einstein, Podolsky y Rosen en la paradoja planteada, hoy día conocida como *paradoja EPR*, era erróneo, como demostró Bohr. Sin embargo, introdujeron una noción clara y precisa del concepto de “elemento de realidad” en la Física Cuántica, lo que ha convertido a esta publicación en una pieza clave en la comprensión de la naturaleza y estudio del entrelazamiento cuántico, y a la paradoja EPR en uno de los pilares fundamentales de la llamada *segunda revolución cuántica*.

## LA SEGUNDA REVOLUCIÓN CUÁNTICA

Hacia finales de los años cuarenta del siglo XX, Wheeler plantea la posibilidad de realizar experimentos de coincidencia para verificar la teoría de formación de pares partícula-antipartícula de Dirac. Unos años más tarde, en 1950, Wu y Shankov<sup>26</sup> llevan a cabo exitosamente el experimento que confirma la correlación entre tales pares y, por tanto, su producción. En 1957 Bohm y Aharonov señalan este experimento como la primera constatación empírica de la paradoja EPR, mientras que autores como Peres y Singer o Yoshihuku esgrimieron argumentos en contra.<sup>27</sup> Curiosamente, ninguno de los autores teóricos o experimentales involucrados en la

problemática menciona la paradoja EPR, tal vez porque entre los años cuarenta y cincuenta, un cuarto de siglo tras la formulación de la Mecánica Cuántica, el interés general comenzaba a desplazarse hacia otro tipo de cuestiones de naturaleza más práctica relacionadas con el desarrollo y aplicaciones de la teoría en diversos ámbitos, como la energía nuclear, las colisiones a altas energías, la difracción de rayos X, electrones y neutrones, la electrónica o la óptica cuántica.

Sea como fuere, el panorama sobre la cuestión del entrelazamiento cuántico y el problema de la medida va a comenzar a cambiar lentamente de la mano de Bohm a través de dos ideas relativamente simples, pero bastante influyentes. Por un lado, en 1951 Bohm propone una variante del experimento mental EPR en la que en vez de emplear la incertidumbre posición-momento, apelaba al espín semi-entero de dos fermiones idénticos entrelazados (dos electrones o dos muones, por ejemplo).<sup>28</sup> Conforme a esta versión del experimento, denominada EPRB, el resultado de cualquier operación realizada sobre el espín de una ellas (por ejemplo, alinearlo en una cierta dirección del campo magnético) determina instantáneamente el resultado de la medida que se obtendrá del espín de la otra sin que por ello se haya transmitido ningún tipo de información entre ambas (y, por tanto, sin violación de la relatividad especial). Por otro lado, en 1952 plantea un contraejemplo a las conclusiones del teorema de von Neumann reformulando las ecuaciones básicas de la Mecánica Cuántica,<sup>29</sup> el cual muestra que sí es posible entender la teoría en términos de un conjunto de variables ocultas, aunque éstas no son de tipo local, como proponía Einstein, sino *no locales*.

Tras una dura crítica, el modelo de variables ocultas de Bohm quedó relegado al olvido, hasta que fue rescatado a comienzos de los años sesenta por Bell. Basándose en el trabajo original de Bohm de 1952, Bell consigue formular un criterio para determinar qué modelos de variables ocultas son compatibles con la Mecánica Cuántica,<sup>30,31</sup> y que hoy día se conoce en cualquiera de sus variantes como desigualdades de Bell. El resultado más interesante que se desprende de estas desigualdades es que la Mecánica Cuántica es inherentemente no local, es decir, una teoría en la que la acción sobre un determinado objeto no se remite únicamente a interacciones que puedan proceder de su inmediata vecindad, sino de regiones espacialmente muy lejanas. Bell constató que la “acción fantasmagórica a distancia” de Einstein no es una patología de la teoría, sino una propiedad intrínseca. Ésta actúa como si no existiese separación física entre dos partículas entrelazadas, con independencia de la distancia a la que se encuentren.

A pesar de las críticas del momento sobre el “poco interés” en la cuestión sobre las variables ocultas,<sup>31</sup> lo cierto es que el resultado de Bell sacudió los cimientos de la Teoría Cuántica al suministrar una forma precisa de poner a prueba a la propia teoría. El concepto de localidad en el que tanto habían insistido Einstein y otros quedaba excluido del ámbito cuántico y, por tanto, cualquier modelo o teoría alternati-



Figura 3. El entrelazamiento cuántico, la “fantasmagórica acción a distancia” de Einstein, es la base de las modernas tecnologías cuánticas. Imagen superior: Un par de fotones entrelazados se produce al hacer pasar un haz láser por un cristal no lineal, que origina pares de fotones correlacionados a partir de la absorción de los fotones del láser y su posterior reemisión. Los fotones más altamente correlacionados o entrelazados son indistinguibles (zonas de intersección verdes en la figura). Imagen inferior: Experimentalmente se ha conseguido observar la robustez del entrelazamiento cuántico en condiciones ambientales normales (sin mantener confinado al par de fotones entrelazados en fibras ópticas) en distancias de 143 km, como mostró el experimento realizado por Zeilinger entre las islas de La Palma y Tenerife en 2007.

vos que intentasen explicar (“completar”) la teoría mediante modelos de variables ocultas locales. Vuelve a reverdecir el interés por los fundamentos cuánticos, desarrollando teoría (como las desigualdades CHSH, de Clauser, Horne, Shimony y Holt) y diseñando experimentos con objeto de verificar sin ambages ni ambigüedad el resultado de Bell, es decir, que la Teoría Cuántica es inherentemente no local y que no existe modelo alguno de variables ocultas locales que constituya una verdadera alternativa. Ha comenzado la segunda revolución cuántica.

Tras el resultado de Bell comienzan a implementarse diferentes métodos de testeo de las desigualdades, los cuales reciben críticas bien por cómo se producen los pares de partículas correlacionadas, bien por cómo son detectadas éstas. Sin embargo, en 1982 Aspect es capaz de reproducir fielmente el experimento EPRB,<sup>32</sup> tal y como éste fue concebido, empleando para ello polarizadores de dos canales y una técnica para determinar cuatro tasas de coincidencia al mismo tiempo. El experimento suministró el mayor valor de violación de las desigualdades de Bell observado hasta el momento, mostrando un acuerdo excelente con la Teoría Cuántica y,

por tanto, descartando cualquier posibilidad de teorías de variables ocultas locales alternativas. En el experimento, los polarizadores estaban separados por una distancia de 13 metros. Experimentos posteriores se realizaron con separaciones cada vez mayores, desde los 10 kilómetros (entre dos picos de los Alpes) del experimento de correlaciones de Gisin en 1998,<sup>33</sup> hasta los más de 140 kilómetros entre las islas de La Palma y Tenerife de los recientes experimentos de Zeilinger sobre diversos aspectos relacionados con la transmisión de información cuántica.<sup>34,35,36</sup>

A pesar del impresionante acuerdo entre teoría y experimento, que no hacía sino validar la extrañeza del fenómeno de entrelazamiento cuántico con cada nueva implementación en el laboratorio de la paradoja EPRB, también hubo voces críticas que, al igual que Einstein, se mostraron reticentes a aceptar las conclusiones que se desprendían de los experimentos. Quedaba poco margen para “loopholes”, es decir, vías de escape que pudiesen permitir aún una explicación local del entrelazamiento cuántico y, por tanto, de la propia Teoría Cuántica, aunque todavía quedaban defensores de éstas. El motivo para pensar de este modo no es otro que el

hecho de que en todos los experimentos realizados siempre es necesaria algún tipo de consideración adicional (eficiencia de los detectores, simultaneidad en las detecciones, etc.), en virtud de la cual se llega finalmente a la contradicción con la localidad.

Sin entrar en consideraciones de tipo técnico, el experimento que Hansen realizó en la Universidad de Delft el año pasado<sup>3</sup> constituye un hito en este sentido,<sup>37</sup> ya que da una respuesta definitiva sobre un único montaje experimental tanto al problema de la eficiencia en la detección, como al hecho de que pueda existir comunicación entre las dos partículas entrelazadas. En particular, lo que se entrelaza en el experimento es el espín electrónico asociado a un defecto puntual del diamante (centro vacante-nitrógeno), presente en cada uno de los chips de diamante que se encuentran situados en extremos opuestos del campus de la Universidad de Delft, a unos 1,3 kilómetros de distancia. Si no existe ninguna posibilidad de comunicación entre el estado de espín de ambos defectos cristalinos, ni errores en el diseño del experimento, lo que nos muestra éste es que, en la práctica, es como si no mediase distancia entre ambos chips o, igualmente, que ésta es irrelevante. Siempre que ambos estén acoplados (entrelazados), forman una única unidad o entidad independientemente de la distancia a la que se encuentren y, por tanto, el resultado de cualquier medida que se realice sobre uno de ellos condiciona instantáneamente el resultado que se obtendrá del otro.

No sabemos si en algún momento podremos traspasar los límites de la Física Cuántica y encontrar una explicación más “de andar por casa” al desafío que nos plantea el entrelazamiento cuántico, pero las importantes consecuencias que se desprenden de esta propiedad están comenzando.

### EN UN MUNDO CUÁNTICO

Las desigualdades de Bell no sólo causaron un auténtico terremoto a nivel fundamental, sino que situaron al entrelazamiento cuántico en el epicentro de los desarrollos cuánticos modernos, es decir, de las tecnologías cuánticas, que pretenden desarrollar y poner a nuestro servicio la ciencia de la información cuántica. Al igual que sucede con los sistemas de información usuales (“clásicos”), aquella incluye áreas como la computación, teoría de la complejidad, desarrollo de códigos, criptografía, teleportación, comunicación, corrección de errores, etc. (todas ellas seguidas del adjetivo “cuántica”, por supuesto). Desconocemos aún si en algún momento podremos traspasar los límites de la Física Cuántica y encontrar una explicación más “de andar por casa” al desafío que nos plantea el entrelazamiento cuántico, pero las importantes consecuencias a efectos de impacto social y tecnológico que se desprenden de esta propiedad, como las que acaban de citarse, están comenzando a ser una realidad. Lo cuántico no pertenece ya únicamente al ámbito académico, sino que estamos comenzando ya a experimentar las consecuencias de vivir en un mundo cuántico.

### REFERENCIAS

- 1 Asumiendo, obviamente, que las antípodas corresponden a algún lugar sobre las islas Norte o Sur del país austral, o de las islas menores vecinas, pues el resto de la superficie de la Península Ibérica caería sobre aguas del Mar de Tasmania o del Océano Pacífico.
- 2 Generalmente, suele relacionarse Física Cuántica con sistemas pequeños (átomos o moléculas, por ejemplo). Actualmente, ésta es sólo una visión desfasada, ligada al origen de la propia Teoría Cuántica, que inicialmente centró su atención en tales sistemas. Hoy día, al emplearse, por ejemplo, para describir condensados de Bose-Einstein (grandes nubes de entre diez mil y cien mil átomos) o la configuración molecular de grandes estructuras poliméricas, como el ADN, obviamente la idea de sistema pequeño carece de sentido.
- 3 Loophole-free Bell inequality violation using electron spins separated by 1.3 kilometers, B. Hensen, et al., *Nature* 526, 682-686 (2015).
- 4 Mala suerte, Einstein: la “acción fantasmagórica” es real, J. Markoff, *El País*, 5 de noviembre de 2015, [http://elpais.com/elpais/2015/10/30/ciencia/1446226816\\_743709.html](http://elpais.com/elpais/2015/10/30/ciencia/1446226816_743709.html).
- 5 Tecnologías cuánticas, J. J. García Ripoll, *Acta Científica y Tecnológica* 25, 4-7 (2015).
- 6 *The Age of Entanglement*, L. Gilder (Alfred A. Knopf, New York, 2008).  
Entanglement: The Greatest Mystery in Physics, Amir D. Aczel (Plume, New York, 2003); en castellano: Entrelazamiento: El mayor misterio de la física (Drakontos - Crítica, Barcelona, 2008).  
La realidad cuántica, A. Cassinello y J. L. Sánchez Gómez (Drakontos - Crítica, Barcelona, 2012).
- 7 Algunas lecturas recomendables en este sentido son:  
*Quantum Theory and Measurement*, J. A. Wheeler, W. H. Zurek, eds. (Princeton University Press, 1983);  
*The Stuff that Things are Made of*, S. Hawking (Pergamon, 2015);  
*Historia de la Física Cuántica: El período fundacional (1860-1926)*, J. M. Sánchez Ron (Crítica, 2001);  
*El mundo después de la revolución: La física de la segunda mitad del siglo XX*, J. M. Sánchez Ron (Pasado y Presente, 2014).
- 8 Mientras se concluía este artículo, se dio la noticia de la generación del primer disco duro atómico, también diseñado en la Universidad de Delft: “El primer disco duro atómico,” M. A. Criado, *El País*, 18 de julio de 2016, [http://elpais.com/elpais/2016/07/18/ciencia/1468832299\\_206929.html](http://elpais.com/elpais/2016/07/18/ciencia/1468832299_206929.html); “Toda la literatura de la Historia en un disco duro del tamaño de un sello,” M. Barajas, *El Mundo*, 18 de julio de 2016, <http://www.elmundo.es/ciencia/2016/07/18/578c9c2be2704ec56b8b45ac.html>.
- 9 IBM crea un procesador cuántico y tú puedes probarlo, M. A. Criado, *El País*, 6 de mayo de 2016, [http://tecnologia.elpais.com/tecnologia/2016/05/05/actualidad/1462438952\\_059450.html](http://tecnologia.elpais.com/tecnologia/2016/05/05/actualidad/1462438952_059450.html).

- 10 El gato de Schrödinger está vivo y muerto y en dos "ataúdes" al mismo tiempo, G. López Sánchez, ABC, 25 de mayo de 2016 (reedición actualizada, 27 de mayo de 2016), [http://www.abc.es/ciencia/abci-gato-schrodinger-esta-vivo-y-muerto-y-ataudes-mismo-tiempo-201605262151\\_noticia.html](http://www.abc.es/ciencia/abci-gato-schrodinger-esta-vivo-y-muerto-y-ataudes-mismo-tiempo-201605262151_noticia.html)
- 11 Un gato vivo y muerto en dos sitios al mismo tiempo, D. Mediavilla, El País, 26 de mayo de 2016 (reedición actualizada, 30 de mayo de 2016), [http://elpais.com/elpais/2016/05/25/ciencia/1464195525\\_734270.html](http://elpais.com/elpais/2016/05/25/ciencia/1464195525_734270.html)
- 12 NSA seeks to build quantum computer that could crack most types of encryption, S. Rich, B. Gellman, The Washington Post, 2 de enero de 2014, [https://www.washingtonpost.com/world/national-security/nsa-seeks-to-build-quantum-computer-that-could-crack-most-types-of-encryption/2014/01/02/8fff297e-7195-11e3-8def-a33011492df2\\_story.html](https://www.washingtonpost.com/world/national-security/nsa-seeks-to-build-quantum-computer-that-could-crack-most-types-of-encryption/2014/01/02/8fff297e-7195-11e3-8def-a33011492df2_story.html).  
Classifying NSA quantum computing efforts, enlace directo en The Washington Post al documento revelado por Snowden: <http://apps.washingtonpost.com/g/page/world/classifying-nsa-quantum-computing-efforts/692/>.  
A description of the Penetrating Hard Targets project, enlace directo en The Washington Post a detalles sobre el proyecto: <http://apps.washingtonpost.com/g/page/world/a-description-of-the-penetrating-hard-targets-project/691/#document/p1/a138758>.
- 13 Google bate el récord de computación cuántica gracias a una idea española, N. Domínguez, El País, 13 de junio de 2016, [http://elpais.com/elpais/2016/06/10/ciencia/1465574384\\_081059.html](http://elpais.com/elpais/2016/06/10/ciencia/1465574384_081059.html)
- 14 La NSA trabaja en un ordenador cuántico que pueda descifrar cualquier contraseña, EFE, El País, 3 de enero de 2014, [http://internacional.elpais.com/internacional/2014/01/03/actualidad/1388731863\\_127848.html](http://internacional.elpais.com/internacional/2014/01/03/actualidad/1388731863_127848.html)
- 15 NSA trabaja en ordenador cuántico que puede descifrar cualquier contraseña, EFE Economía, El País, 3 de enero de 2014, [http://economia.elpais.com/economia/2014/01/03/agencias/1388711571\\_935327.html](http://economia.elpais.com/economia/2014/01/03/agencias/1388711571_935327.html)
- 16 100 Years of quantum mysteries, M. Tengmark, J. A. Wheeler, *Sci. Am.* 284(2), 72-79 (2001).
- 17 Editorial. Mecánica cuántica: Un reto inaplazable para nuestro país, H. Vinck-Posada, R. R. Rey-González, K. M. Fonseca-Romero, *Tecno Lógicas* 26, 7-10 (2011). Enlace: <http://www.redalyc.org/html/3442/344234325001/>.
- 18 La tabla periódica se completa con cuatro nuevos elementos, Europa Press, El Mundo, 4 de enero de 2016, <http://www.elmundo.es/ciencia/2016/01/04/568aa34b-22601de5518b4607.html>.  
Enlace a la nota de prensa en la página oficial de la IUPAC: <http://iupac.org/discovery-and-assignment-of-elements-with-atomic-numbers-113-115-117-and-118/> (Discovery and assignment of elements with atomic numbers 113, 115, 117 and 118, 30 de diciembre de 2015).
- 19 Quantum biology, N. Lambert et al., *Nature Phys.* 9, 10-18 (2013).
- 20 Quantum physics meets biology, M. Arndt, Th. Juffmann, V. Vedral, *HFSP Journal* 3, 386-400 (2009).
- 21 The second quantum revolution, J. P. Dowling, G. J. Milburn, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 361, 1655-1674 (2003).
- 22 Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik, E. Schrödinger, *Naturwissenschaften* 23, 807-812, 823-828, 844-849 (1935). The present situation in quantum mechanics, trad. J. D. Trimmer, *Proc. Am. Phil. Soc.* 124, 323-328 (1980); artículo reimpresso en *Quantum Theory and Measurement*, J. A. Wheeler, W. H. Zurek, eds. (Princeton University Press, Princeton, 1983), pp. 152-167.
- 23 Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?, A. Einstein, B. Podolsky, N. Rosen, *Phys. Rev.* 47, 777-780 (1935).
- 24 Discussion of probability relations between separated systems, E. Schrödinger, *Math. Proc. Cambridge Phil. Soc.* 31, 555-563 (1935).
- 25 Probability relations between separated systems, E. Schrödinger, *Math. Proc. Cambridge Phil. Soc.* 32, 446-452 (1932).
- 26 The angular correlation of scattered annihilation radiation, C. S. Wu and I. Shaknov, *Phys. Rev.* 77, 136 (1950).
- 27 Una interesante y detallada perspectiva histórica sobre los experimentos de entrelazamiento empleando medidas de polarización de fotones correlacionados puede encontrarse en: The origin of quantum entanglement experiments based on polarization measurements, F. J. Duarte, *Eur. Phys. J. H* 37, 311-318 (2012).
- 28 Quantum Theory, D. Bohm (Prentice Hall, New York, 1951; versión reeditada por Dover, New York, 198x), pp.
- 29 A suggested interpretation of the quantum theory in terms of "hidden" variables, D. Bohm, *Phys. Rev.* 85, 166-179, 180-193 (1952).
- 30 On the Einstein Podolsky Rosen Paradox, J. S. Bell, *Physics* 1, 195-290 (1964).
- 31 On the problem of hidden variables in quantum mechanics, J. S. Bell, *Rev. Mod. Phys.* 38, 447-452 (1966).
- 32 Experimental realization of Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm Gedankenexperiment: A new violation of Bell's inequalities, A. Aspect, Ph. Grangier, G. Roger, *Phys. Rev. Lett.* 49, 91-94 (1982).
- 33 Experimental demonstration of quantum-correlations over more than 10 kilometers, W. Tittel, et al., *Phys. Rev. A* 57, 3229-3232 (1998).
- 34 Entanglement-based quantum communication over 144 km, R. Ursin, et al., *Nature Phys.* 3, 481-486 (2007).
- 35 Feasibility of 300 km quantum key distribution with entangled states, Th. Scheidl, et al., *New J. Phys.* 11, 085002 (2009).
- 36 Quantum teleportation over 143 kilometres using active feed-forward, X.-S. Ma, et al., *Nature* 489, 269-273 (2012).
- 37 Aunque con fotones, resultados de un experimento análogo (libre de "loopholes") fueron publicados unos meses después por una colaboración internacional: Strong loophole-free test of local realism, L. K. Shalm, et al., *Phys. Rev. Lett.* 115, 250402 (2015).

# El emprendimiento en el sistema educativo español

CARMEN MARÍA MUÑOZ-HERRERA, FRANCISCO PARDO FABREGAT  
 Departamento de Ciencias de la Educación. Universidad CEU Cardenal  
 Herrera. Campus Castellón. Ciudad del Transporte II. Calle Grecia, 31.  
 12006. Castellón. España

## INTRODUCCIÓN

En un mundo globalizado en el que cada vez más la competitividad se plantea como la garantía del éxito para el crecimiento económico, la Unión Europea ha identificado un déficit empresarial respecto a EEUU, al que pretende dar solución a través de la educación desarrollando y fomentando el espíritu emprendedor y el sentido de la iniciativa en las escuelas para promover la cultura empresarial desde los sistemas educativos.

A partir de esta idea, nos proponemos realizar el estado de la cuestión acerca del emprendimiento en el sistema educativo español, y por tanto cómo diseña y orienta los elementos curriculares para la promoción del desarrollo de estas habilidades a lo largo de las diferentes leyes educativas.

En este sentido, una vez planteado el objeto de estudio, cabe preguntarse acerca del porqué de la inclusión del Emprendimiento en Educación. Y es que a comienzos del siglo XXI la educación en el espíritu emprendedor ha sido definida como el motor para una cultura empresarial más dinámica, por parte del Consejo Europeo de Lisboa (2000). De tal forma que tanto la Carta Europea de las pequeñas empresas, como el Consejo de Ministros de Educación de la UE, de febrero de 2001, señalan entre sus objetivos, el refuerzo de los vínculos entre instituciones educativas y empresas, así como el desarrollo del espíritu de empresa en la educación y en la formación [1].

En este sentido, observamos cómo la proyección de futuro aparece recogida en “La Estrategia Europa 2020”, adoptada en 2010, que pretende que la Unión Europea salga fortalecida de la crisis y se convierta en una economía inteligente, sostenible e integradora, que disfrute de altos niveles de empleo, de productividad y de cohesión social. En este contexto, la necesidad de mejorar las capacidades de emprendimiento e innovación de los ciudadanos se subraya en tres de las iniciativas emblemáticas: 1ª) «Unión por la innovación», 2ª) «Juventud en movimiento» y 3ª) «Una agenda de nuevas cualificaciones y empleos».

La Estrategia Europa 2020 se propone fortalecer la vinculación entre educación, empresa, investigación e innovación; colocar la creatividad, la innovación y el espíritu emprendedor en el centro del currículo, y adoptar los programas de movilidad para profesionales como forma de promover el espíritu emprendedor.

Desde 2012, Educación y Formación 2020, el marco estratégico de la cooperación europea, pretende contribuir a la consecución de los objetivos de la Estrategia Europa 2020, por lo que ha actualizado sus prioridades de trabajo (ciclo 2012-2014). La enseñanza del emprendimiento aparece explícitamente referenciada entre las áreas estratégicas de esta nueva etapa. Además, desde 2013 la Comisión Europea da orientaciones dirigidas a promover mejoras en la calidad y la prevalencia de la educación para el emprendimiento en toda la UE.

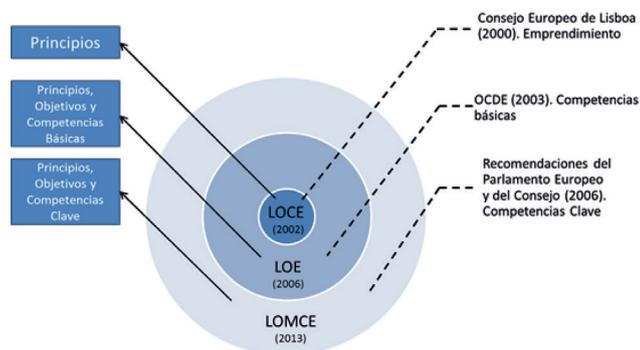
Esta propuesta se sustenta sobre tres ejes: educación para el emprendimiento, formación de aptitudes emprendedoras y de la iniciativa emprendedora. A la vez el Consejo Europeo de Lisboa adoptó un importante objetivo estratégico: antes del 2010 la Unión Europea tenía que convertirse en la economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica del mundo, capaz de crecer económicamente de manera sostenible con más y mejores empleos, y con mayor cohesión social. Desde ese momento, el emprendimiento queda vinculado a la educación y la formación mediante los siguientes objetivos:

- Educar el espíritu empresarial desde una edad temprana.
- Favorecer la adquisición en todo el alumnado de un conocimiento general sobre la actividad y el espíritu empresarial.
- Crear módulos específicos sobre temas empresariales que sean un elemento fundamental en los programas educativos de las enseñanzas secundaria y superior.
- Sensibilizar al alumnado hacia las salidas profesionales como empresario y promover en él las competencias necesarias para la creación de empresas.
- Conocer el carácter y el alcance de las medidas y programas existentes.
- Crear un marco estratégico para el impulso del tejido empresarial en la UE, con el fin de impulsar políticas y estrategias nacionales y regionales [2].

## EL EMPRENDIMIENTO EN LA EDUCACIÓN INFANTIL Y PRIMARIA EN ESPAÑA

La revisión del emprendimiento en el sistema educativo español se llevará a cabo de forma cronológica a través de las normas legislativas más destacadas (Ley Orgánica de Calidad de la Educación – Ley Orgánica de Educación – Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa).

A continuación mostramos un gráfico que sintetiza la cronología del emprendimiento en el Sistema Educativo Español a partir de las leyes que la recogen, así como la influencia de la UE en su inclusión (Fig.1).



**Figura 1. Síntesis del emprendimiento en el Sistema Educativo Español. Ley Orgánica de Calidad de la Educación (2002)**

Una vez que conocemos la iniciativa y las directrices que propone la UE para promover el emprendimiento dentro del ámbito de la Educación; en España observamos que esta medida aparece regulada por diferentes normas a partir de la Ley Orgánica 10/2002, de 23 de diciembre, de Calidad de la Educación (LOCE). La citada ley recoge el fruto del trabajo de colaboración entre el Ministerio de Economía y el de Educación, Cultura y Deporte, a través de la cual se introduce el espíritu emprendedor en el diseño curricular de los diferentes niveles educativos de forma secuencial. Tal como aparece recogido, la ley indica:

“En una sociedad que tiende a la universalización, una actitud abierta, la capacidad para tomar iniciativas y la creatividad son valores fundamentales para el desarrollo profesional y personal de los individuos y para el progreso y crecimiento de la sociedad en su conjunto. El espíritu emprendedor es necesario para hacer frente a la evolución de las demandas de empleo en el futuro”.

El espíritu emprendedor también se recoge como uno de los principios de calidad del sistema educativo:

La capacidad de los alumnos para confiar en sus propias aptitudes y conocimientos, desarrollando los valores y principios básicos de creatividad, iniciativa personal y espíritu emprendedor” (artículo 1.i de la Ley). [3]

En la LOCE aparece por primera vez el emprendimiento en el Sistema Educativo Español dejando atrás la presencia única de este concepto en el ámbito empresarial y económico. En este sentido, vemos que el fruto del trabajo de colaboración entre los dos ministerios, podría fomentar el interés por el espíritu emprendedor orientado hacia la vertiente empresarial, así como hacia la Investigación, el Desarrollo y la

Innovación (I+D+i). La promoción y desarrollo de habilidades y capacidades como la creatividad, la iniciativa personal, el emprendimiento, la actitud metodológica investigadora, la indagación y el aprendizaje por descubrimiento, podría ser la semilla para que las futuras generaciones logran un espíritu innovador comprometido con la investigación.

#### ■ Ley Orgánica de Educación (2006)

A continuación, la siguiente norma que regula el concepto en cuestión es la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo de Educación (LOE). En esta ocasión el Espíritu Emprendedor se configura como un aspecto recogido tanto en principios y objetivos, así como en “las nuevas competencias”.

Por un lado, encontramos determinados artículos de la Ley Orgánica 2/2006 de Educación, en los que se recoge la enseñanza del espíritu emprendedor.

En la exposición de motivos de la LOE se incluye como uno de los objetivos:

[...] En tercer lugar, se ha marcado el objetivo de abrir estos sistemas al mundo exterior, lo que exige reforzar los lazos de la vida laboral, con la investigación y con la sociedad en general, desarrollar el espíritu emprendedor, [...].

El espíritu emprendedor se recoge en los principios y en los fines del sistema educativo como una competencia básica que los alumnos habrán de alcanzar.

#### Artículo 1. Principios.

f) La orientación educativa y profesional de los estudiantes, como medio necesario para el logro de una formación personalizada, que propicie una educación integral en conocimientos, destrezas y valores.

#### Artículo 2. Fines.

1. El sistema educativo español se orientará a la consecución de los siguientes fines:

f) El desarrollo de la capacidad de los alumnos para regular su propio aprendizaje, confiar en sus aptitudes y conocimientos, así como para desarrollar la creatividad, la iniciativa personal y el espíritu emprendedor.

Asimismo, se introduce en todos los niveles educativos en función del proceso de maduración de los alumnos y se evalúa la adquisición de esta competencia al finalizar cada ciclo.

#### CAPÍTULO II. Educación primaria.

Art. 16.- Principios Generales.- apdo. 2. La finalidad de la educación primaria es proporcionar a todos los niños y niñas

una educación que permita afianzar su desarrollo personal y su propio bienestar, adquirir habilidades culturales básicas relativas a la expresión y comprensión oral, a la lectura, a la escritura y al cálculo, y desarrollar las habilidades sociales, los hábitos de trabajo y estudio, el sentido artístico, la creatividad y la afectividad.

Art. 17.- Objetivos de la educación primaria. La educación primaria contribuirá a desarrollar en los niños y niñas las capacidades que les permitan: b).- Desarrollar hábitos de trabajo individual y de equipo, de esfuerzo y responsabilidad en el estudio, así como actitudes de confianza en sí mismo, sentido crítico, iniciativa personal, curiosidad, interés y creatividad en el aprendizaje [4].

Sin embargo, al hablar del espíritu emprendedor, vemos que la LOE materializa el compromiso adoptado con la UE de incluirlo en el currículo mediante la promoción de la "Autonomía e Iniciativa Personal".

Por primera vez hablamos en la legislación educativa española de las competencias. "Uno de los documentos germinales del proceso de diseño de las estas es el Informe Definición y Selección de Competencias (DeSeCo), elaborado por la OCDE (2003), que define competencia como la capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz" [5]. En línea con esta orientación, en el sistema educativo español, se implantan y recogen ocho competencias básicas, que encontramos en el anexo I del Real Decreto 1513/2006. La competencia "Autonomía e Iniciativa Personal" describe todas aquellas habilidades, destrezas y capacidades que el alumnado debe desarrollar durante la etapa de Educación Primaria en relación al emprendimiento. En este sentido, vemos la oportunidad de mostrar lo que se recoge en la citada norma.

En primer lugar, la competencia se refiere al desarrollo de valores y actitudes como "...la responsabilidad, la perseverancia, (...) la creatividad, la autocrítica, el control emocional, la capacidad de elegir, de calcular riesgos y de afrontar los problemas, así como la capacidad de demorar la necesidad de satisfacción inmediata, de aprender de los errores y de asumir riesgos". Continúa señalando que para ello se debe fomentar la capacidad "...de elegir con criterio propio, de imaginar proyectos, y de llevar adelante las acciones necesarias para desarrollar las opciones y planes personales –en el marco de proyectos individuales o colectivos– responsabilizándose de ellos, tanto en el ámbito personal, como social y laboral". Durante toda la competencia se van desarrollando todas y cada una de las ideas que subrayan los aspectos implícitos e implícitos en la pretensión de la misma, pero quizás es la conclusión de la misma la que mejor recoge lo que pretende. En este sentido, haciendo uso de las palabras recogidas en el anexo I del Real

Decreto 1513/2006, "En síntesis, la autonomía y la iniciativa personal suponen ser capaz de imaginar, emprender, desarrollar y evaluar acciones o proyectos individuales o colectivos con creatividad, confianza, responsabilidad y sentido crítico" [6].

■ Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (2013)

En 2013, la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa toma el testigo para desarrollar las directrices marcadas hacia la promoción del emprendimiento en el marco educativo. En este sentido, el concepto cumbre del trabajo que abordamos lo encontramos en el apartado de los principios y objetivos, y por otro lado aparece más extensamente desarrollado en la Orden ECD 65/2015 como competencia "Sentido de la Iniciativa y Espíritu Emprendedor".

En el preámbulo de la LOMCE se indica que entre los principales objetivos que persigue la reforma está estimular el espíritu emprendedor de los estudiantes.

Entre los objetivos de la educación primaria en la LOMCE se encuentra el de desarrollar hábitos de trabajo individual y de equipo, de esfuerzo y de responsabilidad en el estudio, así como actitudes de confianza en sí mismo, sentido crítico, iniciativa personal, curiosidad, interés y creatividad en el aprendizaje, y espíritu emprendedor [7].

Podemos ver que en esta ley se transforman las competencias básicas pasando a ser llamadas "competencias clave" las cuales muestran un fiel reflejo de las recomendaciones del Parlamento Europeo y del Consejo de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente. En el mencionado documento aparece la competencia "Sentido de la Iniciativa y Espíritu de la Empresa" que se podría relacionar con la que hemos nombrado anteriormente, teniendo en cuenta la diferencia conceptual entre "empresa" (UE) y "emprendedor" (Orden ECD/65/2015).

Comencemos por considerar lo que plantea la UE a través de su recomendación del 2006:

"Por sentido de la iniciativa y espíritu de empresa se entiende la habilidad de la persona para transformar las ideas en actos. Está relacionado con la creatividad, la innovación y la asunción de riesgos, así como con la habilidad para planificar y gestionar proyectos con el fin de alcanzar objetivos."

Dicha competencia "está relacionada con una gestión proactiva de los proyectos (entrañan capacidades como la planificación, la organización, la gestión, el liderazgo y la delegación, el análisis, la comunicación, la celebración de sesiones informativas, la evaluación y el registro), así como con una representación y negociación efectivas y con la habilidad para trabajar tanto individualmente como de manera colaborativa dentro de un equipo. Es esencial la capacidad de determinar los puntos

fuertes y débiles de uno mismo y de evaluar y asumir riesgos cuando esté justificado.

La actitud empresarial se caracteriza por la iniciativa, la proactividad, la independencia y la innovación tanto en la vida privada y social como en la profesional. También está relacionada con la motivación y la determinación a la hora de cumplir los objetivos, ya sean objetivos personales o metas fijadas en común con otros, incluido en el ámbito laboral.”[8].

En el plano educativo español, y continuando con el estudio del concepto a partir de lo que recogen las distintas normas, vemos por una parte que el emprendimiento aparece en la Orden ECD/65/2015, norma que pertenece subsidiariamente a la LOMCE. A continuación, recogemos las cuestiones clave que envuelven la descripción de la competencia en materia de emprendimiento.

Para ello, no podemos obviar el hecho de que estamos ante una secuencia lógica de aplicación de las recomendaciones europeas y, por lo tanto la gran similitud a la hora de describir la competencia y el emprendimiento en el sistema educativo. Cabe destacar que según esta Orden, la competencia vinculada al emprendimiento debe orientarse a la consecución de las siguientes habilidades y destrezas:

“La capacidad creadora y de innovación: creatividad e imaginación; autoconocimiento y autoestima; autonomía e independencia; interés y esfuerzo; espíritu emprendedor; iniciativa e innovación.

– La capacidad proactiva para gestionar proyectos: capacidad de análisis; planificación, organización, gestión y toma de decisiones; resolución de problemas; habilidad para trabajar tanto individualmente como de manera colaborativa dentro de un equipo; sentido de la responsabilidad; evaluación y auto-evaluación.

– La capacidad de asunción y gestión de riesgos y manejo de la incertidumbre: comprensión y asunción de riesgos; capacidad para gestionar el riesgo y manejar la incertidumbre.

– Las cualidades de liderazgo y trabajo individual y en equipo: capacidad de liderazgo y delegación; capacidad para trabajar individualmente y en equipo; capacidad de representación y negociación.

– Sentido crítico y de la responsabilidad: sentido y pensamiento crítico; sentido de la responsabilidad.”[9].

## REFLEXIONES FINALES

Iniciamos nuestro trabajo dejando atrás el concepto emprendimiento desde el punto de vista puramente económico y empresarial para comprenderlo en el sistema educativo

dentro de todo un enclave didáctico. Hemos visto que a lo largo de las diferentes leyes que ha habido en España a partir de la LOCE, el emprendimiento ha ido adquiriendo mayor representatividad en el diseño curricular de las etapas de la Educación Básica. Esto muestra un compromiso estatal para con el resto de la Comunidad Europea en relación con la apertura de nuevos cauces de formación de nuestros jóvenes, introduciendo por tanto la promoción de habilidades y capacidades como la creatividad, el pensamiento crítico, el sentido de la iniciativa, la autonomía, entre otras.

La aparición del emprendimiento en el Sistema Educativo propone un planteamiento de promoción del conocimiento (p.e. Ciencia y Tecnología) para el alumnado que, desde el comienzo de su escolarización, está orientado a desarrollar su potencial de aprendizaje en términos de competencia. En este sentido, hemos reflejado que tanto la opción empresarial y profesional, como la investigadora son dos vertientes a las que se llega gracias al sentido de la iniciativa y el espíritu emprendedor.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Dirección General de Política de la Pequeña y Mediana Empresa. 2003. El espíritu emprendedor. Motor de futuro. Guía del profesor. Madrid. Recuperado el 29 de octubre de 2015; de <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/el-espiritu-emprendedor-motor-de-futuro-guia-del-profesor/ensenanza/13394>
- [2] Centro Nacional de Innovación e Investigación Educativa. La Educación y la Formación Para el Emprendimiento en los Sistemas Educativos Europeos. Boletín de Educación. 2014;(5): 1-8. Recuperado el 30 de octubre de 2015, de [http://educalab.es/documents/10180/62610/CNIEBoletin5\\_Abril2014/a470e5af-3766-49f6-98ff-25a017860353](http://educalab.es/documents/10180/62610/CNIEBoletin5_Abril2014/a470e5af-3766-49f6-98ff-25a017860353)
- [3] Ley Orgánica de Calidad de la Educación. Ley 10/2002, de 23 de diciembre. Boletín Oficial del Estado, nº 307, (24-12-2002).
- [4] Ley Orgánica de Educación. Ley 2/2006, de 3 de mayo. Boletín Oficial del Estado, nº 106, (4-5-2006).
- [5] Gobierno Vasco. Departamento de Educación, Universidades e Investigación. Viceconsejería de Educación. Dirección de Innovación Educativa. Las Competencias Básicas en el Sistema Educativo de la C.A.P.V. Recuperado el 3 de diciembre de 2015, de: [http://www.hezkuntza.ejgv.euskadi.eus/contenidos/informacion/dig\\_publicaciones\\_innovacion/es\\_curricul/adjuntos/14\\_curriculum\\_competencias\\_300/300002c\\_Pub\\_BN\\_Competiciones\\_Basicas\\_c.pdf](http://www.hezkuntza.ejgv.euskadi.eus/contenidos/informacion/dig_publicaciones_innovacion/es_curricul/adjuntos/14_curriculum_competencias_300/300002c_Pub_BN_Competiciones_Basicas_c.pdf).
- [6] Real Decreto por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la Educación primaria. RD 1513/2006, de 7 de diciembre. Boletín Oficial del Estado, Nº 293, (8-12-2006).
- [7] Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa. Ley 8/2013, de 9 de diciembre. Boletín Oficial del Estado, Nº 295 (10-12-2013).
- [8] RECOMENDACIÓN DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente (2006/962/CE). Diario Oficial de la Unión Europea, Nº 962 (30-12-2006).
- [9] Orden por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. Orden ECD/65/2015, de 21 de enero. Boletín Oficial del Estado, Nº 25 (29-01-2015).

# PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

Madrid, 26 de noviembre de 2015



De izquierda a derecha, Ricardo Flores Pedauyé, Vicente Rives Arnau, María Angeles Villegas Broncano, Jesús María Rincón, Esther García del Castillo López, Raúl Torres, Raúl Ved , Javier Tomás Valls

## Placa de Honor de la AEC-2015 concedida a Vicente Rives Arnau

Buenas noches a todos: autoridades académicas, Presidente de nuestra Asociación Española de Científicos, miembros de su Junta de Gobierno, socios, distinguidos colegas, compañeros, amigos, galardonados , señoras y señores. Participar en este Acto supone para mí un gran honor y una honda satisfacción; y más aún presentarles al Profesor Doctor Don Vicente Rafael Rives Arnau, Catedrático de Química Inorgánica en la Universidad de Salamanca, galardonado con Placa de Honor en esta edición por nuestra Asociación. Se le concede esta distinción por su destacada labor y aportaciones en el campo de la Química Inorgánica, así como reconocimiento de sus méritos internacionales como científico español a lo largo de su carrera investigadora, con aportaciones relevantes en el campo de la Química

del Estado Sólido, especialmente referidas a los sistemas laminares, y su implicación en la docencia y la divulgación de la Química.

Conoc  al Profesor Rives, Vicente, en el año 1979, cuando yo cursaba el segundo Curso de la Licenciatura en Ciencias Químicas en la universidad de Sevilla. Posteriormente, ya en quinto Curso, fue mi profesor en una asignatura optativa Química del Estado Sólido y Catálisis en el curso 1981-82. Y les digo que es un profesor excelente que me hizo interesarme por la Química del Estado Sólido. Pasados ya los años, coincidí con Vicente varias veces en diversos Congresos y en visitas suyas a Sevilla o en alguna mía a Salamanca y fuimos miembros de un Tribunal de Concurso-Oposición para una plaza de Científico Titular del CSIC para el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid.

Les voy a destacar a continuación, con brevedad, el historial del galardonado. El Profesor Rives Arnau, natural de



**Vicente Rives Arnau y Pedro José Sánchez Soto**

Castellón, realizó sus estudios de Licenciatura en Ciencias Químicas en la Universidad de Sevilla, superándolos con Premio Extraordinario en 1974, misma calificación que obtuvo en su Tesis Doctoral, defendida en 1978. Tras un año de estancia postdoctoral en el Reino Unido, desarrolló sus labores docentes en las universidades de Sevilla y Córdoba, hasta su temprana incorporación como Profesor Agregado Numerario, a la Universidad de Salamanca en el año 1981, accediendo al Cuerpo de Catedráticos en dicha universidad en el año 1983. Ha impartido docencia en las Licenciaturas de Farmacia y Ciencias Químicas en la Universidad de Sevilla y de Ciencias Químicas en la Universidad de Córdoba. En la Universidad de Salamanca ha impartido docencia en las Licenciaturas de Farmacia, Química y Física, Ingeniería Química e Industrial y actualmente en el Grado y en el Máster de Química. También ha participado en diversos programas de Doctorado en las Universidades de Córdoba, Salamanca y de Castilla-La Mancha, así como un inter-universitario que implicaba a 14 universidades españolas.

Su participación en cursos de Postgrado también ha sido muy amplia, tanto en diversas universidades, como en el

organizado conjuntamente por el CSIC y la Universidad de Extremadura en Jarandilla de la Vera, en donde lleva participando casi 20 años. Asimismo, ha desarrollado una limitada actividad de gestión académica, como Director de un Colegio Mayor durante unos 15 meses y algunos años como Director del Departamento de Química Inorgánica de la Universidad de Salamanca.

En cuanto a publicaciones, es autor o coautor de 475 artículos científicos y casi otras tantas comunicaciones a congresos científicos. Y ha participado en unos 80 proyectos de investigación, nacionales e internacionales, en la mitad de ellos como investigador principal. Sus publicaciones han sido citadas más de 6000 veces, excluidas autocitas y es autor de varios capítulos de libros y editor en algunos de ellos. También ha impartido conferencias en diversos centros de investigación y universidades españolas, así como en las Universidades Pierre et Marie Curie y Orleans en Francia, Universidad de Palermo en Italia, Ankara y Tetuán. Ha dirigido 16 Tesis Doctorales y 32 Tesis de Licenciatura y diversos proyectos Fin de Carrera, Fin de Grado y Fin de Máster.

Quiero destacarles que uno de sus artículos, publicado en el año 1999, sigue siendo el artículo de Química más citado de la Universidad de Salamanca, con 540 citas a fecha del pasado día 21 de noviembre, siendo su índice "h" de 43. En los últimos años su labor ha estado también dirigida a tareas de evaluación científica como revisor (referee) con más de 1200 artículos en su haber, evaluador para ANECA, ANEP y otras agencias regionales e internacionales en solicitudes de becas, proyectos de investigación y evaluación de centros de investigación. Desde hace unos 12 años participa muy activamente como Editor de revistas científicas internacionales, actualmente de Applied Clay Science. Entre sus Premios y distinciones destaca el Premio Ayuntamiento de Sevilla (1974), los Premios extraordinarios de Licenciatura y Doctorado ya citados, el Premio Fundación Cañada Blanch de Química para Licenciados (1974), el Premio "María de Maeztu" de la Universidad de Salamanca a la Excelencia Científica en 2008 y su nombramiento como Académico Correspondiente de la Real Academia Sevillana de Ciencias en 2011. Y ahora esta Placa de Honor.

Me falta decirles que está casado con una sevillana, es padre de dos hijos y ya felizmente abuelo. Vicente, recibe mi enhorabuena y admiración por tu meritoria trayectoria. Que sigas cosechando éxitos y laureles en tu carrera docente e investigadora y continuemos disfrutando muchos años de tu amistad.

PEDRO JOSÉ SÁNCHEZ SOTO

*Investigador Científico del CSIC, Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (ICMS), centro mixto CSIC-US*

## Respuesta del galardonado

Autoridades académicas y de asociaciones científicas, miembros de la Junta de Gobierno de la Asociación Española de Científicos, compañeros y amigos, es para mí un gran honor encontrarme hoy aquí para el fin al que hemos sido convocados.

Quiero agradecer a la Asociación Española de Científicos esta distinción y quiero personalizar este agradecimiento en los miembros de su Junta de Gobierno, en especial su Presidente, Profesor Jesús María Rincón, y el Vocal, Doctor Pedro Sánchez Soto, que ha expuesto unas palabras sobre mi persona más salidas de su corazón que de su razón.

Quiero en primer lugar dedicar esta distinción a mi familia, merecedores de ella en mucha mayor medida que yo, pues fue a ellos a quienes escatimé un tiempo que les correspondía para dedicarme a las tareas que, formalmente, aquí está siendo reconocidas.

Son muchas las personas a las que debo agradecer también el que haya llegado y hoy me encuentre aquí. Ya dijo Bernardo de Chartres que “somos como enanos a hombros de gigantes. Podemos ver más y más lejos que ellos, no por la agudeza de nuestra vista ni por la altura de nuestro cuerpo, sino porque estamos izados sobre su gran altura”.

En este sentido, son muchos los hombros de enormes gigantes sobre los que yo me he levantado. En primer lugar, todos mis profesores en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Sevilla; a todos ellos quiero agradecer lo que me enseñaron en sus respectivas disciplinas, pero hay tres a los que quiero agradecer, además, la forma en que me lo enseñaron, así como su capacidad para ayudarme a comprender cómo enfrentarme a los retos que este trabajo exige.

Me estoy refiriendo al Profesor Antonio Aldaz Riera, recientemente fallecido, al Profesor José María Trillo de Leyva y al Profesor Guillermo Munuera Contreras; bajo la dirección de este último realicé mis primeros trabajos de investigación, tesis de licenciatura y tesis doctoral, y tuve también el honor de ser presentado por él con motivo de mi ingreso como Miembro Correspondiente de la Real Academia Sevillana de Ciencias.

Todas las personas con las que en este tiempo he mantenido relaciones de colaboración, no sólo en la Universidad de Salamanca, sino también en muchas otras, tanto nacionales como extranjeras, pero muy especialmente María de los Ángeles Ulibarri y Pilar Malet, catedráticas de las Universidades de Córdoba y Sevilla, respectivamente.

En la de Salamanca quiero mencionar a las personas que a mi llegada hace ya más de 30 años allí me acogieron



**Vicente Rives Arnau**

no sólo en su despacho y en su laboratorio, sino también en su casa, haciéndome sentir próximo y familiar, tanto en la universidad como en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, institución a la que siempre me he sentido muy próximo.

A todas las personas con las que desarrollé la mayor parte de mi actividad como director de investigación y que, muchas de ellas, han pasado a ser hoy en día los hombros desde los que todos los días me animo a seguir en este trabajo. No puedo nombrarlas a todas, pues requeriría mucho tiempo. Pero no puedo olvidar aquellos primeros años en los que, careciendo de muchas de las facilidades experimentales e instrumentales que hoy consideramos imprescindibles, las suplíamos con imaginación, esfuerzo y dedicación.

Pero la universidad no es sólo investigación; nuestra obligación es dedicar una parte importante de nuestro tiempo y esfuerzo a los alumnos, en las tareas de docencia. No en la gestión: la gestión no es un fin de la universidad (léanse si no el Artículo 1 de la vigente Ley Orgánica de Universidades), sino un medio, una herramienta, como hoy en día gusta decir a muchos, necesario, eso sí, para que la universidad alcance

sus fines de docencia, investigación y estudio; al igual que las aulas, los libros, los laboratorios y los encerados, pero poco más.

Es por tanto absurdo que se exija la gestión como un mérito más para alcanzar posiciones estables en la universidad. Aun así, todos hemos dedicado algún tiempo, algunos más y otros menos, a la gestión, pero no debe ser nuestro objetivo en esta profesión.

Otra cosa bien distinta es la gestión de la investigación, en donde son necesarias personas con experiencia, capacidad y una visión amplia y no cicatera, en ningún sentido, para marcar algunas pautas, especialmente en lo que se refiere a la gestión de los siempre escasos fondos y, muy particularmente, para intentar marcar unas vías, por supuesto anchas, por las que debe discurrir la investigación.

Ambas tareas, docencia e investigación, no pueden separarse, no existe una línea que las delimite. La docencia, bien entendida, bien llevada y bien planteada, debe encaminar al alumno no sólo al conocimiento de una serie de conceptos, sino a la intriga, a la duda, al desconcierto en algunas ocasiones, para despertar en él el interés, las ganas de aportar, las ganas de saber, las ganas de completar lo que ya hay. Sólo de esa manera el alumno sentirá a la Ciencia como algo vivo, que puede y debe crecer, como algo propio a lo que vale la pena acercarse para investigar, para aportar.

Y eso sólo se consigue si somos capaces, de alguna manera, de contar al alumno qué es la investigación, qué hacemos en la investigación, cómo la hacemos, para qué sirve, si es que sirve para algo, nuestra investigación. Y poniendo a su alcance, o guiándolo hacia donde existen, los medios para que pueda conocer, ampliar y completar su formación científica. Es evidente que no podemos investigar en todo lo que explicamos, pero sí debemos explicar sobre todo aquello en lo que investigamos.

No quiero terminar sin exponer otros puntos que considero importantes: Al menos para mi generación, la universidad (o el Consejo) fueron una elección, en unos momentos en los que el mercado laboral era amplio y frondoso; no había problema para encontrar un trabajo digno, relacionado con los estudios que habíamos seguido y, en muchas ocasiones, mejor pagado que el de la universidad. Por eso, nuestra elección fue en gran medida la consecuencia de una vocación, que nos permite dedicarnos a hacer el trabajo que nos gusta y trabajando cómo nos gusta. No siempre un camino de rosas, no siempre con los medios que consideramos imprescindibles, no siempre con las colaboraciones que podríamos desear, pero sí en muchas ocasiones. Por tanto, pero sin conformismo, si no nos gustaba, ocasión tuvimos para dejarla y lanzarnos a la búsqueda de otras oportunidades, que las había.

Hagamos nuestro trabajo, que es el que nosotros hemos elegido, de la mejor forma posible, y, sobre todo, contémoslo, para que se sepa, para que la sociedad, que es la que nos paga, sepa en qué nos gastamos su dinero. Y no nos preocupemos demasiado por la aplicación inmediata de aquello en lo que trabajamos; si no parece útil hoy, quizá lo sea mañana. Y si no lo es nunca, nuestro trabajo también servirá para marcar el camino por el que no se debe proseguir.

Es papel de las sociedades científicas no sólo amparar y acoger a los científicos, dándoles en la medida de sus posibilidades los medios y el entorno para que desarrollen su labor, sino también las encargadas de esa labor de divulgación a la sociedad civil de qué es lo que se hace. Lamentablemente, en demasiadas ocasiones ese conocimiento queda restringido a un pequeño grupo de autoelegidos, que se comportan, que nos comportamos, como fieles seguidores de aquel Hermes Trismegisto de quien dicen que creó la Alquimia. Cuando nuestras revistas de divulgación aparezcan en los quioscos al lado de y tengan tanto éxito como El Mundo Deportivo o Marca, uno de nuestros objetivos estará cumplido.

Muchas gracias.

VICENTE RIVES

### Placa de Honor de la AEC-2015 concedida a Ricardo Flores Pedauyé

Señor Presidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), distinguidos colegas y amigos, tengo el honor y el muy grato placer de presentar a Ricardo Flores Pedauyé, Profesor de Investigación del CSIC en el Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas, Centro mixto del CSIC y de la Universidad Politécnica de Valencia.

Voy a intentar ofrecer diversos rasgos del amplio perfil de Ricardo Flores que, a mi juicio, avalan la concesión de una placa de honor de la AEC.

Su mejor aval es su trayectoria científica. Su origen se sitúa en la década de los años 60 y concretamente en Valencia. La primera etapa se inicia como estudiante de ingeniería en la joven Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Ricardo no es un estudiante al uso y ya, a mitad de la carrera, se da cuenta de que los conocimientos que se imparten en aquella época en la Escuela no acaban de llenar su inquietud de adquirir unos sólidos cimientos donde asentar un proyecto que llene su futuro. Así, antes de finalizar los estudios de la ingeniería en 1969, amplía su horizonte y se matricula en la Sección de Químicas de la Facultad de Ciencias, obteniendo la licenciatura en 1971. Con estas dos carreras se funden, por un lado, el mundo de las plantas y, por otro, las aproximaciones experimentales con fundamentos químicos.



De izquierda a derecha, Juan Carbonell Gisbert, Ricardo Flores Pedauyé, Jesús María Rincón

Estamos dibujando un primer rasgo de su perfil: una perspectiva bioquímica hacia el mundo de las plantas, que va a ser decisiva en su futura trayectoria.

La siguiente etapa va a ser la de iniciar un trabajo de tesis doctoral. El mejor ambiente para trabajar en Bioquímica Vegetal no residía en la Valencia de aquella época. Sencillamente no había grupos de investigación en esta  rea. Afortunadamente se abrió un nuevo horizonte con la creación de una nueva sección de Biología en la Facultad de Ciencias, cuyo patrimonio estaba constituido únicamente por alumnos (no había una plantilla de profesores estables, no había edificio propio, no había laboratorios...). Había que enseñar Bioquímica y esto fue encomendado a D. Eduardo Primo Yúfera, catedrático de Bioquímica y Química Agrícola de la Escuela de Agrónomos. "Don Eduardo", que a la vez era director del Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos del CSIC (IATA), aprovech  el momento para promover la creación de un grupo de Bioquímica Agrícola dentro del citado Instituto. La enseñanza de la Bioquímica de Biológicas quedó a cargo de un par de recientes doctores y de jóvenes doctorandos del que formaba parte Ricardo Flores. Visto con perspectiva, fue una suerte integrarse en un grupo entusiasta que motivaba a los alumnos por encima de lo que ofrecía el entorno. Su actividad docente no se limitaba a participar en la enseñanza de la Bioquímica, sino

que organizó y desarroll  el programa de la enseñanza de la asignatura de Biofísica, sobrepasando la habitual práctica de relatar el texto de un manual. Conocer los fundamentos de las metodologías experimentales fue el objetivo. Tenemos pues un nuevo rasgo en el perfil de Ricardo Flores, la docencia universitaria. Su capacidad de motivar a los estudiantes debido a sus fundamentadas y precisas explicaciones es algo que ha quedado en la memoria de un buen número de aquellos alumnos que me han hablado de él como un excelente profesor.

Como había señalado, junto con la docencia se inicia el trabajo de investigación para su tesis doctoral. Se centra en el conocimiento de las partículas nucleoproteicas asociadas a la enfermedad llamada "tristeza de los cítricos". Lo desarrolla en el laboratorio de Microbiología del IATA y le lleva a obtener el grado de doctor en 1975. Se produce el primer contacto con patógenos vegetales que contienen RNA ( cido ribonucleico). Patógenos vegetales y RNA van a ser pilares clave de su trayectoria científica. De forma coherente, a lo largo de 1976-77, y siguiendo en la línea de agentes causantes de enfermedades de los cítricos, realiza una estancia post-doctoral en el Departamento de Patología de la Universidad de California en Riverside. Sigue trabajando con patógenos que contienen RNA pero pasa, de uno de los virus de RNA de mayor tamaño, el virus de la tristeza, a trabajar con los

RNA patógenos de menor tamaño que se conocen, los viroides (una simple cadena de RNA de tamaño muy pequeño sin cubierta proteica). Concretamente se dedica al estudio del viroide que ocasiona la enfermedad conocida como “exocortis de los cítricos”. Podemos concluir que RNA, como palabra clave amplia, y virus y viroides como términos específicos constituyen los tres pilares de su actividad investigadora.

A su regreso de California inicia una corta etapa de transición, que va desde 1977 a 1979. Ocupa una plaza de profesor agregado interino de Bioquímica y aparecen sus primeras publicaciones, destacando la descripción de un método para cuantificar la concentración de proteínas, que es su segundo artículo por número de citas recibidas. También publica otros dos artículos que inician la larga lista de publicaciones (más de 150) que recoge la Web of Science que, excepto tres, contienen alguno de los términos citados: RNA-virus-viroides.

Como todos sabemos, lo más importante no es el número de artículos sino las citas recibidas que, en su caso, se acercan a las 4500 con un promedio de 121 citas por año. Dentro del área de trabajo de la virología o patología de plantas, es un índice excelente. Su artículo más citado es una revisión publicada en el *Annual Review of Phytopathology* titulada “viroides e interacciones viroide-planta” al que siguen, además del ya citado sobre proteínas, un artículo en *EMBO J* (*Revista de la Organización Europea de Biología Molecular*) sobre una clase de RNAs llamados ribozimas de cabeza de martillo. Las ribozimas son RNAs que tienen propiedades catalíticas, al igual que las clásicas enzimas, consideradas hasta ese momento como las únicas moléculas de naturaleza biológica con este tipo de propiedades. Este último hecho añade un nuevo rasgo al perfil de Ricardo Flores y es que ha sabido situarse y mantenerse en una de las fronteras actuales de la investigación, el último peldaño de la escala biológica, con contribuciones originales de relieve.

Para ir finalizando tengo que decir que es una persona con un prestigio que rebasa su área de trabajo, lo que le ha llevado a recibir numerosas invitaciones (más de cien) para dar seminarios y conferencias en el ámbito internacional (UE, EEUU, Sudamérica y Australia) y a organizar congresos y presidir sesiones en congresos internacionales. Creo que no es necesario abrumar con organizaciones y cifras. Tan sólo quiero destacar que es miembro honorario de la Academia de Ciencias de Hungría.

Ha sido financiado por proyectos de carácter autonómico, nacional, europeo y de la National Science Foundation de los EEUU enmarcados en las disciplinas de Virología de Plantas, Biología Molecular y Celular de Plantas y Biotecnología.

Un rasgo que para mí es fundamental es que se ha hecho a sí mismo. Ricardo no ha seguido el sendero de un

gran maestro por encima de él. Se ha movido siempre con exquisito rigor y entusiasmo, sabiendo aprovechar y administrar al máximo los momentos de escasos recursos y sabiendo establecer las adecuadas colaboraciones. Ha creado un grupo pionero de investigación en España y ha producido una estela de conocimientos y de personas formadas que ya vuelan por sí mismas y cuya trayectoria amplifica su inestimable labor. Ha sido director de 18 tesis doctorales y en su laboratorio han trabajado 14 postdoctorales, además de varios profesores visitantes.

Su perfil se amplía a una inagotable curiosidad sobre la ciencia y la labor de los científicos en sus diversas ramas. Su inquietud por saber y conocer tiene un amplio horizonte donde caben también la historia, la literatura, las artes ... en fin, todo lo que constituye el mundo de la cultura. Y ya que hablamos de cultura, voy a finalizar con unas palabras que nuestro único Premio Nobel español en Ciencia, Santiago Ramón y Cajal, pronunció durante el homenaje recibido en 1926 con motivo de la inauguración de su monumento en el Parque del Retiro de Madrid:

“Por tener averiada la rueda de la ciencia, la pomposa carroza de la civilización hispana ha caminado dando tumbos por el camino de la Historia.”

Es un motivo de satisfacción comprobar que hay entidades como la AEC y científicos como Ricardo Flores que trabajan con tesón y acierto para que la rueda de la ciencia española consiga armonizar el movimiento de la carroza. La Asociación puede sentir que juega un gran papel con la entrega de sus placas de honor a personas del relieve de Ricardo Flores.

JUAN CARBONELL GISBERT

*Profesor de Investigación del IBMCP-CSIC*

## Respuesta del galardonado

---

Señor Presidente de la Asociación Española de Científicos, distinguidos colegas y amigos

Antes que nada deseo agradecer a la AEC su Placa de Honor y a Juan Carbonell su cálida presentación. Y a una parte muy importante de mi familia que haya querido acompañarme en este acto.

Juan y yo nos conocimos hace ya muchos años como residentes del Colegio Mayor “Luis Vives” de la Universidad de Valencia, entonces dirigido por Jose María López-Piñero, un profesor de Historia de la Medicina que supo inculcarnos el aprecio por todo lo relacionado con la vida académica (la investigación incluida). Al acabar nuestras carreras, Juan dio el salto a Madrid para hacer la tesis en el Instituto de Enzimología del Consejo Superior de Investigaciones Cien-



Ricardo Flores Pedayú

tíficas (CSIC) bajo la dirección de Alberto Sols, el introductor de la Bioquímica moderna en España, mientras que otros más apocados nos quedamos en las templadas orillas del Mediterráneo. Cuando Juan volvía a Valencia algún fin de semana, ocasionalmente acompañado de Roberto Marco (otro valenciano del laboratorio de Sols que había hecho su posdoctorado con el premio Nobel Arthur Kornberg en los EEUU), nos fue transmitiendo poco a poco la idea aprendida en Madrid de que una vez terminada la tesis doctoral había que salir fuera si queríamos madurar como investigadores. En contra de alguna otra opinión que consideraba "diletante" dedicarse a la Ciencia en un país como el nuestro que aún no tenía resuelta su transición democrática, esta vez sí abandonamos el cascarón y muchos nos fuimos a EEUU (Juan y yo a California, él al norte y yo al sur). Allí nos "quitamos el pelo de la dehesa" y aprendimos enfoques y pautas que nos serían muy útiles a nuestro regreso cuando, con el tiempo, establecimos nuestros propios laboratorios en Valencia y, junto a compañeros de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) encabezados por Vicente Conejero, contribuimos a fundar el Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (IBMCP). El IBMCP es ahora una espléndida realidad (hemos llegado a ser antes de la crisis 230 personas), lo que demuestra una vez más que son las actitudes "diletantes" o

idealistas, y no las realistas, las que cambian, sino el mundo, al menos nuestro entorno más próximo.

Por encima de cualquier otra consideración yo le debo a la Ciencia haber sido mucho más feliz en mi vida. Ignacio Cirac, un insigne físico español que trabaja en Alemania, en su investidura como Doctor Honoris Causa por la UPV este mismo año, dijo: "Es importante que los jóvenes sepan que para vivir bien y ser feliz no hace falta tener mucho dinero o ser banquero. Para vivir bien y ser feliz la investigación es uno de los mejores trabajos que se puede tener; se nos ve en la cara"). Bastantes años antes Confucio dijo algo similar: "Elige un trabajo que te guste y no tendrás que trabajar un solo día de tu vida". Son nuestra familia, nuestros amigos y nuestro trabajo, quienes modelan lo que finalmente somos. Con respecto a éste último, Venancio Rodríguez Sanz, en su necrológica a un amigo, escribió hace poco: "La profesión que uno ejerce es un vehículo muy importante para encontrarse a sí mismo. Es la escultura la que esculpe al artista, y no al revés".

Ya ha comentado Juan Carbonell el tema principal de mi investigación científica, los viroides, por lo que sólo añadiré un par de puntos. Estos agentes, además de inducir enfermedades en plantas de interés económico y de haber facilitado el descubrimiento de un agente similar que causa una importante enfermedad humana (la hepatitis delta), son el peldaño inferior de la escala biológica: es decir, lo más pequeño que en cierto modo puede considerarse "vivo". Los evolucionistas suelen asumir que lo más pequeño es lo más antiguo. Así que el estudio de los viroides nos da pistas de cómo pudo emerger la vida en nuestro Planeta hace más de 3500 millones de años (la pregunta de las preguntas) que corre paralela a la de cómo apareció el Universo hace 13800 millones de años. ¿Qué más puede pedírsele a un tema de investigación?

La investigación, o de modo más general la Ciencia, es la única actividad cultural realmente universal. No podemos entender cualquier manifestación artística, de China por ejemplo, bien sea su literatura, pintura o arquitectura, sin previamente conocer las peculiaridades de su historia y cultura. Sin embargo, cuando tratamos temas científicos, ese transfondo cultural desaparece inmediatamente porque todos los científicos compartimos las mismas pautas en nuestro trabajo. En ocasiones, uno incluso sintoniza mejor con un colega chino que con otro que tiene en su propio centro. Este valor universal y compartido de la ciencia (cualquier avance en una parte del mundo puede en principio aplicarse en poco tiempo, para bien y para mal, a otras partes) es, creo yo, su característica principal. Juan Carbonell ha mencionado la frase de Ramón y Cajal, "Por tener averiada la rueda de la ciencia, la pomposa carroza de la civilización hispana ha transitado dando tumbos por el camino de la Historia", que yo ignoraba y que me parece redonda (Don Santiago, que conocía muy bien su patria, tenía frases lapidarias para casi

todo). Desafortunadamente, como se ha dicho muchas veces, nuestros dirigentes nunca han entendido que los países no invierten en investigación porque son ricos, sino justamente al revés: son ricos, en todos los sentidos, porque priorizan la investigación. Sin pretender halagar los oídos de nadie, creo que la sociedad española actual va por delante de sus dirigentes. Las encuestas que publica periódicamente una acreditada empresa demoscópica sobre qué profesiones valoran más los españoles dan siempre el mismo resultado: los científicos y los médicos de la sanidad pública. Y hace unos pocos días ví por televisión una manifestación en Madrid de afectados por Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA) acompañados por sus familiares y amigos. Resultó conmovedor lo que pedían: más investigación.

Pero es que la Ciencia, además de su valor universal y utilitario, tiene un componente estético: "Lo más importante de una teoría científica es que sea bella" dijo Dirac, un físico teórico británico Premio Nobel. Por su parte, Einstein estaba convencido de la verosimilitud de su teoría (la relatividad general) no sólo por algunos cálculos que había realizado, sino por la belleza y elegancia de la misma. Cuando todos los datos encajan con el modelo que uno tiene en mente, por modesto que éste sea, se experimenta una suerte de éxtasis

o algo muy parecido. Sin contar con que el trayecto hacia ese éxtasis está plagado de toda clase de aventuras. Aquí se hace verdad la frase de Don Quijote: "El camino es más importante que la posada" (incluso si la atribución es apócrifa).

En resumen, la Ciencia nos proporciona una mejor comprensión del mundo que nos rodea, un uso más eficiente de sus recursos, una mejor calidad de vida, y un goce estético a quien la practica o la sigue. Y nos enseña también humildad. El conocimiento científico es siempre provisional: antes o después es superado, corregido, o en el mejor de los casos, refinado. De lo que a su vez deriva una contrapartida: la investigación científica nunca concluirá, siempre habrá trabajo para nuevas generaciones de científicos. Deseo terminar esta breve intervención con una frase que el Premio Nobel Jean Dausset pronunció en su investidura como Doctor Honoris Causa por la UPV el año 2002, frase que creo resume muy bien estas ideas: "Toda ignorancia es una limitación y todo conocimiento una liberación".

Muchas gracias de nuevo a todos y quedo a disposición de la AEC.

RICARDO FLORES PEDAUYÉ

## Placa de Honor de la AEC-2015 concedida a María Ángeles Villegas Broncano



De izquierda a derecha, José María Fernández Navarro, María Ángeles Villegas Broncano, Jesús María Rincón

M<sup>a</sup> Ángeles Villegas se licenció y doctoró en Ciencias Químicas por la Universidad Autónoma de Madrid. Inició su actividad investigadora en el Departamento de Vidrios del Instituto de Cerámica y Vidrio del CSIC en 1984 con su tesis doctoral sobre preparación y estudio de vidrios obtenidos por el procedimiento sol-gel. Con ella abrió en España una nueva línea de investigación en el campo del vidrio, que ha venido cultivando ininterrumpidamente, aunque no con carácter único, hasta el momento actual. De esta línea surgiría una de las contribuciones científicas más importantes de M<sup>a</sup> Ángeles, a la que más tarde me referiré.

Paralelamente fue especializándose en la ciencia del vidrio, tanto en sus aspectos básicos estructurales como en sus propiedades y en sus aplicaciones tecnológicas. Dentro de este campo preparó y estudió nuevos vidrios especiales de silicotitanatos de litio y calcio y aluminio orientados a la consecución de mejores propiedades térmicas, mecánicas y químicas y, más recientemente, intervino en la caracterización estructural y en la determinación de las propiedades de las familias de vidrios de teluritos de niobio y titanio y de teluritos de wolframio y plomo para el desarrollo de dispositivos fotónicos.

La participación de M<sup>a</sup> Ángeles a principios de los años 2000 en un proyecto de investigación FEDER sobre la alteración, restauración y protección de las vidrieras históricas marcó la apertura de una tercera línea de trabajo dentro del conjunto de su actividad investigadora, una línea dedicada al estudio y a la conservación de vidrios históricos, que desde su iniciación se vio afianzada y potenciada doblemente por la experiencia acumulada por María Ángeles en el campo del vidrio y en la técnica sol-gel.

Su investigación sobre los procesos de alteración de las vidrieras medievales y la caracterización de sus diversas patologías, se fue extendiendo al estudio arqueométrico de otros materiales distintos del vidrio (cerámica, metales, morteros, capas pictóricas), con un enfoque dirigido especialmente a la restauración, conservación y protección de bienes culturales del patrimonio histórico artístico.

Fue precisamente dentro de este plan de trabajo donde nació la idea de María Ángeles de servirse de los recursos ofrecidos por la técnica sol gel, y de sus versátiles posibilidades de síntesis, para preparar una serie de sensores químicos de respuesta óptica, basados en el cambio de color de distintos indicadores de pH. Los resultados obtenidos le permitieron desarrollar y patentar sensores de acidez ambiental que han sido instalados con éxito en varios museos para la conservación preventiva y protección de bienes culturales expuestos tanto en espacios exteriores como interiores.

El ambicioso enfoque y la amplitud de los objetivos propuestos en este plan de trabajo dieron lugar a la crea-

ción de un nuevo grupo de investigación coordinado por María Ángeles Villegas, el Grupo CERVITRUM, de carácter multidisciplinar, integrado por arqueólogos y químicos, que en su momento, también contó con ingenieros de telecomunicación. El carácter de esta actividad investigadora determinó la conveniencia de la ubicación de este grupo en el Instituto de Historia del CSIC.

La labor investigadora de María Ángeles Villegas se halla recogida en más de doscientos artículos científicos publicados en revistas y en obras colectivas. Asimismo ha participado como autora o editora de cuatro libros cuya edición ha financiado total o parcialmente con recursos propios obtenidos a partir de proyectos de investigación PIE o de remanentes de contratos de investigación.

La orientación investigadora de María Ángeles Villegas, cada vez más centrada en el ámbito histórico y artístico del vidrio la ha impulsado a realizar una segunda tesis doctoral, que será presentada el año próximo en la Universidad de Granada, sobre la escultura en vidrio y que trata de las posibilidades que ofrece el vidrio como material escultórico, de la evolución histórica de la escultura en vidrio y de los procesos de alteración y conservación de las obras escultóricas de vidrio expuestas bajo diferentes condiciones ambientales.

La personalidad de María Ángeles Villegas se ha caracterizado siempre por su firme vocación investigadora, su laboriosidad, su tenacidad y su gran capacidad de trabajo, como acredita la amplitud y diversidad de la labor realizada a lo largo de los treinta años de su vida profesional.

Es de esperar que esta distinción que le otorga hoy la AEC le sirva de mayor estímulo, si cabe, para continuar su carrera investigadora.

JOSÉ MARÍA FERNÁNDEZ NAVARRO

## Respuesta del galardonado

Apreciados colegas, queridos amigos,

Mis primeras palabras son para agradecer muy sinceramente la distinción que hoy me otorga la Asociación Española de Científicos.

Asimismo, quiero expresar mi admiración y cariño al Profesor José María Fernández Navarro, en especial esta noche por su presentación llena de elogios que, con toda seguridad, no merezco, y que sólo se pueden comprender por los más de 30 años que hemos compartido alrededor de nuestro héroe común: el vidrio; elogios que me ha dedicado



**María Ángeles Villegas Broncano**

y que son producto de la amistad que el vidrio ha ido tejiendo entre nosotros hasta formar una red, esta vez con orden de largo alcance, hasta lo personal.

Desgraciadamente no puedo decir que mi vocación científica se inició de niña o de jovencita. Sólo recuerdo haber hecho algunas mezclas extrañas con alcohol, colonia, polvos de talco y pétalos de rosa para algún tipo de cosmético, pero resultaba que se descomponían al cabo de unos pocos días y tenía que tirarlo todo. Incluso en el curso de COU estaba en la clase de los alumnos que iban a hacer Farmacia. Finalmente me matriculé en Químicas, quizá porque no me resultaba difícil, y termine la carrera sin una inclinación laboral definida, aunque suponía que trabajaría en una industria, en control de calidad o algo similar.

El destino quiso que conociera a mi profesor José María en un curso de doctorado sobre vidrio y poco tiempo después comencé la tesis con él. El resto de la historia ya lo conocéis.

Mi vocación investigadora es más bien poética, y digo esto porque se hizo como el camino, al andar; y se ha ido

retroalimentando a fuerza de investigar tan intensamente o tan despacio como nuestro sistema español de ciencia lo permite.

Lo cierto es que me adentré en el vidrio de la mano de mi profesor José María y ya nunca he soltado su mano, su guía y sabiduría, y no la soltaré. Porque hizo el milagro de convertirme en una vidriera, y eso que nunca estudié ni una sola asignatura de Estado Sólido en la Facultad. Así que la mano de José María debe ser mágica, los que le conocen me darán la razón.

Él me contagió el entusiasmo por el vidrio, por investigar sus misterios y tratar de explicarlos científicamente; y también fue el pionero en España del estudio de los vidrios históricos, tema que también me contagió y que he adoptado muy gustosamente.

Dicen que detrás de un gran hombre siempre hay una mujer. Yo no soy un hombre y detrás de mí no hay nadie. Lo que sí tengo a mi lado es el grupo de investigación CERVITRUM, y en los últimos 12 años no hubiera hecho casi nada sin los miembros de este equipo.

A ellos, los que fueron y los que hoy son CERVITRUM, Manuel García Heras, Fernando Agua Martínez, Juan Félix Conde y Javier Peña Poza, quiero dar todo mi reconocimiento científico y amistad. De CERVITRUM hay que decir que es un grupo de investigación realmente multidisciplinar (porque procedemos de distintas disciplinas), e interdisciplinar (porque investigamos temas frontera entre dos o más áreas del conocimiento), y además, trabajamos rigurosamente coordinados en equipo.

Lástima que nuestros recursos humanos, materiales y económicos sean tan limitados. Porque, en mi opinión, lo difícil no es el hecho de investigar, ni trabajar concienzudamente en las tareas de publicación y difusión de los resultados científicos. Lo realmente complicado es obtener financiación de cualquier procedencia, fundamentalmente por dos motivos:

- 1- Porque hay pocos fondos para los temas relacionados con el Patrimonio Cultural
- 2- Porque en el ámbito de Humanidades nos consideran de "Ciencias Duras" y en el de Ciencias Experimentales nos consideran de "Letras". En fin, inconvenientes de ser interdisciplinares.

Otro asunto que me ha resultado muy complicado es ser a la vez investigadora y madre. Porque siempre me ha faltado tiempo para hacer bien ambas cosas. Creo que le he restado tiempo a mis hijos para la investigación, y en otras ocasiones se lo he quitado a la investigación para ellos. En fin, inconvenientes de la multidisciplinariedad propia de las mujeres.

Pero no voy a hablar más de cosas no positivas. Esta noche es para estar alegres y disfrutar de este acto que organiza la Asociación Española de Científicos.

Reitero mi profundo agradecimiento a esta asociación por su generosidad para con mi modesta aportación a la Ciencia española y, en especial, a su presidente en funciones, mi buen y querido amigo el Profesor Jesús Rincón.

A todos mil gracias por vuestro aprecio, afecto y compañía.

MARÍA ÁNGELES VILLEGAS BRONCANO

### Placa de Honor de la AEC-2015 concedida a Payload

Autoridades académicas, miembros de la Junta de la Asociación Española de Científicos, premiados, familiares y amigos.

Para mí es un honor poder participar en esta entrega de las placas de honor de AEC, y ese placer es mayor si cabe, cuando me toca presentarles a Payload Aerospace.

En primer lugar debo felicitar a la Asociación Española de Científicos no sólo por entregar estos premios, sino también por el acierto que han tenido en premiar a la empresa española que va a liderar el mercado emergente de lanzamiento de pequeñas cargas de pago, y va a ser un actor importante en la apertura del acceso al espacio, y esto no lo digo porque sea una *spin off* de mi Universidad, sino porque como dijo Antonio Machado: "la verdad es lo que es y sigue siendo verdad, aunque se piense del revés".

En segundo lugar, permítanme que les cuente la historia de dos ingenieros que hace aproximadamente cinco años se acercaron al Parque Científico de la Universidad Miguel Hernández y entraron en mi despacho, con un power point y muchas ilusiones, Raul Torres y Raul Verdú o Raul Verdú y Raul Torres, en resumen "los raulés", dos chavales, que sólo querían un millón de euros para desarrollar un cohete propulsado con motores de combustible líquido, con estructuras reutilizables basadas en procesos de industria agroalimentaria y náutica, y electrónica de vuelo de uso comercial e industrial.

En ese momento, como se imaginan, las preguntas se agolpaban en mi mente: ¿Quién ha dejado entrar a éstos? ¿Todo eso por un millón de euros? Un millón contra un papel y con 25 años? ¿Me están tomando el pelo? Cabo Cañaveral... en el Parque Científico.



De izquierda a derecha, Raúl Verdú, Tonia Salinas, Raúl Torres

No hombre Tonia, no, ... ellos me precisaban: con un millón de euros sólo montamos un banco de ensayos para motores; que bancos para probar motores de este tipo, no hay en toda Europa Y diseñamos, montamos y probamos sólo un motor y no te preocupes que cuando lancemos, lo haremos desde una rampa de lanzamiento móvil y en el Arenosillo, en Huelva que allí podemos lanzar el 85% de los días.

Vamos..., para salir corriendo.

Pero, la pasión que transmitían, el brillo en sus ojos, lo claro que lo tenía, el que no admiten un no y son muy pesados cuando quieren algo o simplemente, el destino, hizo que me quedase sentada, y siguieran contándome su sueño y me enamorase de ellos y de su proyecto. Y lo digo como lo siento, primero de ellos, de su calidad humana, de su humildad, de su capacidad de sacrificio, de su tesón, de su fuerza y luego de su proyecto.

Allí empezó una larga travesía de dos años de muchos viajes y muchísimas reuniones en busca de inversores, muchos de los cuales, no les voy a mentir, sí salían corriendo, hasta que en 2012 consiguieron embarcar a la administración pública, contestando y rebatiendo una y otra vez a sus técnicos y a un grupo de 20 "locos".

Desde ese momento sólo quedaba una cosa por hacer: trabajar, trabajar, trabajar, y eso han hecho y en eso siguen: trabajando mañana, tarde y noche.

Eso sí, no sólo consiguieron atraer talento expatriado, que dejando un gran proyecto profesional, y arrastrando familia, se unió a Payload Aerospace desde el primer momento y sin el que no es posible entender lo que la empresa es hoy, Eleazar, cabeza privilegiada donde las haya.

A estas alturas se preguntarán, ¿y lo han conseguido? Pues tengo el placer de decirles que sí. Desde primavera de 2015. Payload Aerospace es la primera empresa española y de Europa con un banco de pruebas para motores de combustible líquido para cohetes, instalado en el aeropuerto de Teruel. Banco en el que se ha completado el desarrollo y las pruebas de su primer motor.

Pero, esto no ha hecho más que comenzar, ahora están desarrollando ARION1, un cohete de 14 metros que permitirá enviar al espacio de una manera sencilla y económica cargas de pago de hasta 100 kg, experimentos científicos o desarrollos tecnológicos, remarco: experimentos científicos o desarrollos tecnológicos y exponerlos a gravedad cero; con seis minutos de experiencia de vuelo espacial, sin distorsiones atmosféricas, ya que la distancia será de 300 km y con un proceso de integración de cargas estandarizado.

Así, que anímense, Señores Científicos que el 2019 está ya aquí, y se van a quedar sin espacio de carga.

Y por último saben que ha empezado a emitirse la séptima entrega de la Guerra de las Galaxias, y me gustaría despedirme con una adaptación de la frase utilizada entre los Jedi para desear suerte, cuando un individuo se dispone a enfrentarse a un desafío inminente, y se desea que el poder de la fuerza esté a su lado para conseguir sus objetivos con mayor eficacia.

"QUE LA FUERZA TE ACOMPAÑE" se convierte para vosotros Payload Aerospace y creo que toda la Asociación Española de Científicos estará de acuerdo conmigo en ¡QUE LA CIENCIA OS ACOMPAÑE! Enhorabuena por el merecido premio y muchas gracias por vuestra atención.

TONIA SALINAS

*Directora Gerente del Parque Científico Empresarial de la UMH*

## Respuesta del galardonado



De izquierda a derecha, Raúl Verdú, Raúl Torres

Desde el año 2011 que arrancamos con PLD Space son múltiples y diversas las felicitaciones que hemos recibido por esta tan arriesgada como apasionante aventura empresarial. El equipo de trabajo de PLD Space hoy se siente infinitamente agradecido por las tantas y tantas muestras de cariño y admiración que nuestra mera existencia despierta en la sociedad española. Y lo hace, además, ante todo tipo de personas al margen de su mayor o menor grado de conocimiento acerca de nuestra actividad. Y es que (y de ello somos conscientes) todo aquello que suena o huele a "espacio" y a "cohete" despierta, siempre, las simpatías y apoyo de mucha gente.

Llegado el mes de enero de 2015, es decir, hace justo un año, el equipo técnico y humano de PLD Space encara la recta final que nos llevaría pocos meses después a la mayor 'prueba de fuego' –nunca mejor dicho– que puede encarar un colectivo de apasionados por el espacio que, deseándolo o no, habiéndolo ni tan siquiera imaginado, está llamado a

hacer historia en nuestro país. Y es que, ese reto al que nos íbamos acercando, en caso de ser superado con éxito, tenía que poner el 'broche de oro' a todo un arduo trabajo de redacción, diseño, adquisición de material, revisión, inventariado, contratación, construcción y un largo etcétera de acciones, que, como sabemos y así esperábamos, no podían a quedar en 'saco roto'.



Autoridades de la Universidad Miguel Hernández y compañeros

Y así fue. Llegado el mes de julio de 2015, todo aquel trabajo previo de cuatro intensos años sale adelante (no sin sudor y lágrimas) y lo hace derribando puertas que incluso nadie pensó que se podrían flanquear algún día. La primera prueba de encendido y puesta en marcha del motor cohete en el Aeropuerto de Teruel fue un éxito personal (para todo el equipo), ingenieril (por la ausencia de referentes en nuestro entorno) y empresarial (porque a nadie antes se le había brindado la oportunidad). Pero lo mejor vino después cuando, allá por el mes de octubre, nos vino un reconocimiento que no esperábamos y que, cada día que pasa y vemos que nuestros sueños se hacen realidad, poco a poco, valoramos con más acierto e incluso cariño.

Por este motivo, al "echar la vista atrás" como decía el poeta, nos dirigimos a los socios de la Asociación Española de Científicos (AEC) para, de un modo sencillo y humilde, darles las gracias por el reconocimiento que significa recibir, de manos de su presidente, la Placa de Honor de 2015.

RAÚL TORRES  
RAÚL VERDÚ  
Co-fundadores de PLD Space

### Placa de Honor de la AEC-2015 concedida a Dadelos



De izquierda a derecha, Juan Carbonell Gisbert, Javier Tomás Valls, Jesús María Rincón López

Señor Presidente de la Asociación Española de Científicos (AEC), distinguidos colegas y amigos, tengo el honor y el muy grato placer de presentar a Dadelos, una mediana empresa radicada en Valencia cuyo trabajo está dirigido a la distribución y producción de materias primas para la alimentación humana, animal y vegetal. Dadelos es el núcleo de un grupo en cuya órbita está Dadelos Agrosolutions, que cubre la producción de materias primas bioestimulantes que nutren y regulan el crecimiento de los cultivos agrícolas, y la empresa Agritecno Fertilizantes, que produce una amplia gama de productos bioestimulantes con funciones muy específicas (enraizantes, mejoradores de aroma y sabor, etc.), que comercializa con marca propia en diferentes países del mundo. Estas compañías agrupan a 56 profesionales entre doctores, licenciados, técnicos y administrativos. Dadelos está representada en este acto por Javier Tomás que es su Presidente. También es Presidente de la Asociación de Científicos y Tecnólogos de Alimentos de la Comunidad Valenciana.

Dadelos es una empresa relativamente joven. Surgió hace 25 años, por iniciativa de Javier Tomás. Las raíces se extienden hasta 1965 cuando inició su trabajo en la empresa Albatros del grupo Farmacéutica Aurelio Gamir. Posteriormente abordó la creación de varias empresas, entre ellas Dadelos.

La pregunta obligada es por qué Dadelos merece una placa de honor de la AEC. Para responder a esta pregunta vamos a revisar en primer lugar los objetivos iniciales planteados por Dadelos en 1990, fecha de creación de la empresa.

El primer objetivo fue distribuir en el mercado nacional, con el apoyo técnico necesario, productos de fabricación extranjera obtenidos con nuevas tecnologías del momento, tales como mucílagos, enzimas, aditivos para el pelado químico del tomate, etc..

El segundo objetivo fue introducir en el mercado productos propios, lo que llevó, tras más de cinco años de investigaciones con una visión a largo plazo, a construir una fábrica de bioestimulantes, generando beneficios desde su primer año de vida.

El tercer objetivo, como denominador común de los dos anteriores, fue colaborar con centros de Investigación, Universidades y Centros Tecnológicos.

En la actualidad Dadelos es una empresa innovadora en el sector de los Bioestimulantes con actividad en 56 países. Tiene proyectos con el CDTI en el programa ISIP junto con empresas de la India, proyectos del IVACE de la Generalidad Valenciana y también varios proyectos financiados por el MINECO. El programa Retos Colaboración financia un proyecto con el IBMCP Centro mixto del CSIC y la Universidad Politécnica de Valencia, cuyo objetivo es generar un chip de uso general en cultivos de cereales, leguminosas y hortíco-

las utilizando los conocimientos obtenidos en *Arabidopsis thaliana*, una planta que se usa como modelo experimental

Resulta evidente que Javier Tomás tuvo claro, siendo un adelantado a su tiempo, que una empresa con fuerte base tecnológica tenía muchas opciones de ser rentable. Visto con perspectiva, podemos concluir que Dadelos nació por la integración del impulso de un espíritu emprendedor (cuando no se hablaba todavía de “este adjetivo”) y de los conocimientos adquiridos por Javier en el entonces incipiente campo de la Tecnología de Alimentos. Su crecimiento se basó en el convencimiento por hacer las cosas bien, con rigor, dimensionando apropiadamente los objetivos y la estrategia para alcanzarlos. En este sentido hay que destacar el modelo con el que opera Dadelos, que no sólo se limita a vender sus productos sino que en cada país tiene uno o varios delegados y una red de técnicos con formación superior que distribuye y asesora sobre los productos y que obtiene los datos relativos a su efectividad sobre la producción. Estos datos se analizan en cada etapa del desarrollo, desde la germinación de las semillas hasta la obtención del producto final; proporcionan información de primera mano para valorar y orientar la investigación y el desarrollo de cada producto. El objetivo es cubrir las necesidades del entorno particular en el que se ha aplicado y también generalizar las diferentes necesidades de los cultivos a escala mundial. Esta forma de trabajar ha hecho del grupo Dadelos un referente internacional en su ámbito.

Dadelos es un reflejo fiel de lo que en 1989 escribió Arthur Kornberg, uno de los padres de la ingeniería genética: “Mientras que la Ciencia es generalmente el piloto de la tecnología y la investigación aplicada, su rol se puede invertir: la búsqueda de una solución práctica puede dar un nuevo giro científico”. Pienso que los gestores o políticos que se preguntan ¿Investigación básica o aplicada? están dando vueltas a un falso binomio.

En resumen, Javier Tomás, utilizando su fino olfato empresarial, ha sido el arquitecto de una empresa solvente, seria, basada en el conocimiento, convencido del valor y rentabilidad del mismo y de que la innovación continuada es la mejor garantía de la supervivencia de una empresa. Dadelos es un ejemplo magnífico que nos enseña que de la crisis económica se sale gracias a las inversiones previas en la formación de buenos profesionales. Ha sabido sobrepasar los recortes en investigación e inversiones que estamos padeciendo, y que actualmente están generando el desmantelamiento de buenos grupos de investigación y menos capacidad para afrontar futuras crisis.

Dadelos, Javier Tomás, enhorabuena por la merecida placa de honor. La integración de los verdaderos espíritus científico y emprendedor, la Ciencia y la Empresa (con mayúsculas), le ofrece un buen ejemplo a la administración-ficción que cree más en la ciencia-ficción que en la Ciencia-Empresa basada en el conocimiento. También enhorabuena a todos los

demás galardonados y a la AEC por su reconocimiento a los investigadores y empresas que marcan un rumbo positivo para nuestro país.

JUAN CARBONELL GISBERT

*Profesor de Investigación del IBMCP-CSIC*

## Respuesta del galardonado

Señor presidente de la Asociación de Científicos de España, querido Juan, señores y señoras, buenas noches.

Nuestro origen tiene sus raíces, en la agricultura de mis abuelos; posteriormente sigue la agricultura y agroindustria de mi padre. Actualmente tenemos explotaciones agrícolas en España, Argentina y México. Yo tuve la suerte de formarme y trabajar, con el doctor Primo Yúfera, catedrático de la UPV y presidente del CSIC, entre otros cargos, al que conocí como fundador y director del Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos de Valencia.

Mi necesidad como agricultor, me obligó a conseguir unas tierras, agrícolamente sostenibles, y obtener de ellas mayores producciones, con una alta calidad y seguridad



Javier Tomás Valls

ambiental. Esto concuerda con el criterio de mis valores humanos, cuyo fin es producir alimentos, para responder al incremento del número de personas, que en años futuros poblarán la Tierra. Pasaremos de 7.000 millones actuales a 10.000 millones en el 2050.

Nuestra filosofía empresarial es dejar que la naturaleza, a través de las plantas, produzca sus frutos y demás componentes que pueden ser transformados. Nosotros los cosechamos y extraemos, y posteriormente los adecuamos correctamente para su óptimo aprovechamiento, tanto humano, animal, como vegetal.

Nuestra trayectoria empresarial con un ADN técnico y de investigación, es dotar del máximo presupuesto a nuestro departamento de I+D+i, tratando obtener productos técnicamente novedosos, con el apoyo de los centros de investigación científica, lo que fortalece nuestra posición en los mercados de todo el mundo. De gran interés para nosotros son las colaboraciones con centros de investigación como el Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas, Instituto del CSIC y de la UPV, que aprovecho la ocasión para agradecer al doctor Carbonell y a su grupo de investigación, el exhaustivo y excelente trabajo que están realizando.

Nuestro futuro está basado en los resultados obtenidos tras la aplicación de nuestros productos desarrollados en la investigación, y al utilizarlos y aplicarlos en forma y concentración adecuada a las plantas cultivadas, logramos un rendimiento óptimo en su asimilación, para que nos den los frutos esperados.

Nuestros resultados son, que gracias a lo anteriormente dicho, estamos posicionados en 56 países del mundo (América del Norte, Centro, Sur; Rusia y países del CEI, UE, África, China, Vietnam, India, Kazajistán, etc.). Nosotros, en cada país, buscamos un importador que cubra nuestras necesidades, ya que ponemos en sus manos lo mejor que tenemos industrialmente, que son nuestros productos, fruto de la investigación y mucha tecnología. Elegimos un profesional que ya trabaje la distribución de productos en el sector agrícola, como fitosanitarios, semillas, etc..., que tenga una infraestructura de técnicos para formarles nosotros y que posteriormente lleguen al agricultor, y además, que cubran con su organización comercial y de almacenes, todo el país.

Con toda esta organización y yendo con un lenguaje lógico y diciendo verdades, los agricultores del mundo, todos lo entienden y aceptan nuestros productos, beneficiándose de sus positivos rendimientos. Esto para nosotros nos enriquece económica y éticamente.

Actualmente tenemos dos plantas de fabricación en España, dotadas con las últimas tecnologías, que nos permite producir, 30 millones de litros año, los cuales suministramos a todos nuestros mercados.

Gracias a la Asociación de Científicos por su reconocimiento, que nos enorgullece profundamente, y nos anima a seguir trabajando por esta línea, contando con la investigación como pilar esencial. Gracias a mi familia y colaboradores por su esfuerzo y por su incondicional apoyo.

Muchas gracias a todos y buenas noches.

JAVIER TOMÁS

### Placa de Honor de la AEC-2015 concedida a Teams

TEAMS (Testing and Engineering of Aeronautical Materials and Structures, S.L.) es una compañía industrial que se dedica a dar soporte técnico a la industria fundamentalmente la de tipo aeronáutico, realizando ensayos del comportamiento mecánico, físico-químico y estructural de los materiales que en este sector son en su mayor parte "compuestos o composites".

Nació como una *spin-off* en 2006 de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Sevilla, una Escuela que se destaca en las últimas décadas por su elevada promoción de este tipo de nuevas empresas de alta tecnología que tanto están aportando al sistema I+D+i de nuestro país. Su origen está

en un Grupo de Investigación universitario muy dinámico como es el Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales que supo aprovechar sus conocimientos científicos y de ingeniería en numerosas colaboraciones con industrias del sector aeronáutico. En estos momentos es uno de pocos laboratorios industriales europeos que tienen capacidad para aprobar componentes aeronáuticos y llevar a cabo ensayos de control de dichos componentes.

Conocí a esta empresa en el reciente Congreso Nacional de Composites que se celebró este año en Móstoles en la Universidad Rey Juan Carlos, y desde el primer momento en que contacté con esta empresa en dicho congreso presentando nuestra querida Asociación Española de Científicos, hubo una conexión directa y rápida entre el interés que despertó en mí dicha empresa y la excelente acogida de Federico París, su jefe de I+D+i, en dicho congreso, así como una conexión muy directa entre lo que yo les comentaba de nuestras actividades y su interés por el desarrollo de la Ciencia y Tecnología en su empresa.

Federico París es referente en la investigación de materiales compuestos, sobre todo en la fibra de carbono utilizada en el sector aeronáutico. Esto le llevó a fundar la empresa TEAMS en 2006, que se ha convertido en uno de los cuatro laboratorios de Airbus en el mundo. Previamente en 2002, dirigió la creación de la licenciatura de Ingeniería



De izquierda a derecha, Esther García del Castillo, Jesús María Rincón López

Aeronáutica en la Escuela de Ingenieros de la Universidad de Sevilla.

Su ubicación en el Parque Tecnológico y Aeronautico de Sevilla no es casualidad pues es el entorno idóneo por su proximidad a destacadas empresas europeas y españolas que operan en este sector con un reconocimiento y éxito internacional ya muy reconocido

Contratada por Airbus para el desarrollo de su último modelo A350, la empresa andaluza TEAMS somete a pruebas extremas los materiales de última generación empleados por las grandes compañías aeronáuticas.

Entre sus principales clientes destacan compañías tan importantes como Airbus, EADS, Gamesa, Cener o Aernova entre otras. TEAMS trabaja como proveedor homologado tanto de Airbus como de EADS, y ha participado en el desarrollo del último modelo Airbus A350, además de someter a pruebas nuevos materiales para los ya existentes A320 y A380.

Desde el sector aeronáutico esta joven empresa ha sabido diversificar su negocio y ahora también mantiene contratos con sectores tales como el de la automoción, el de ferrocarriles y el de la energía. Así pues, podemos desde la AEC sentirnos orgullosos de honrar con nuestra PLACA-2015 a esta empresa genuinamente andaluza y española.

JESÚS MARÍA RINCÓN

*Profesor de Investigación del CSIC-IETcc*

## Respuesta del galardonado

Señor Presidente de la Asociación Española de Científicos, miembros de la asociación, compañeros premiados y amigos. Es para mí una satisfacción como Consejera Delegada de TEAMS participar en este acto. Es por ello que mis primeras palabras deben ser de agradecimiento a la Asociación Española de Científicos así como a sus miembros protectores y entidades colaboradoras por el reconocimiento que hoy recibimos.

El hecho de que TEAMS reciba la Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos es una muestra más de lo que la sociedad demanda actualmente del mundo de la ciencia. A las tradicionales misiones de docencia e investigación pura se le ha añadido la de fomentar la aplicación de esta investigación para mejorar la vida de las personas y el desarrollo económico de las sociedades a través de la transferencia de conocimiento y tecnología al sector productivo.

Uno de los mecanismos por los que se puede transferir tecnología desde el ámbito científico a la sociedad es mediante la creación de nuevas empresas de base tecnológica

surgidas de grupos de investigación de Universidad y Centros Públicos de Investigación. Estas iniciativas son sin duda una de las que más claramente refleja dicha transferencia ya que surge de la convicción de poder ofrecer al mercado unos bienes o servicios que merecerán la confianza de potenciales clientes hasta el punto de estar dispuestos a pagar un precio por ellos.

Para quien no nos conozca, les diré que los orígenes de TEAMS se encuentran en el Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales de la Escuela Ingenieros de Sevilla. Desde su constitución, el Grupo tuvo la clara vocación de establecer una relación de I+D con aquellas empresas del entorno que tuvieran una problemática relacionada con el ámbito de interés y competencia del Grupo. Con independencia de trabajos aislados que se realizaron en la década de los 80 para el sector aeronáutico, el Grupo comienza de forma constante e ininterrumpida su relación con el sector aeronáutico a mediados de los años 90 ya que la industria local solicita al Grupo la realización de ensayos sobre materiales compuestos de fibra de carbono, actividad que hasta ese momento no se llevaba a cabo en Andalucía. A partir de la confianza depositada por estas empresas, la colaboración se fue ampliando y extendiendo a otras empresas de ámbito autonómico, nacional e internacional. Todas estas colabora-



Esther García del Castillo

ciones se canalizaron a través de la OTRI de la Escuela de Ingenieros (AICIA).

El volumen y grado de madurez de la actividad desarrollada en el sector aeronáutico, así como los compromisos y perspectivas de futuro, hicieron aconsejable poner en marcha la iniciativa empresarial que brevemente paso a comentar.

TEAMS se crea en marzo de 2006 y se ubica en el parque empresarial Aeronáutico de Aerópolis, junto al aeropuerto de Sevilla. Nace como empresa de base tecnológica con una apuesta clara por todo lo que representa la definición, desarrollo y mejora en el ámbito del análisis experimental y con un compromiso por invertir y fomentar la I+D en este campo. Entre los objetivos marcados, estaba el contribuir al desarrollo de las empresas aeroespaciales en las parcelas de la ingeniería de materiales, y del análisis estructural, con el soporte del Grupo de la Universidad para toda la labor de investigación.

En sus casi diez años de andadura, TEAMS ha conseguido hitos muy significativos para una empresa de su tamaño. TEAMS es uno de los pocos laboratorios europeos que es proveedor principal en el campo de los ensayos para Airbus Group (tanto en su división civil, como militar y espacial). También trabaja para Boeing, Embraer, Bombardier, y toda la cadena de suministro. TEAMS tiene clientes en más de 15 países y alcanza una facturación de cinco millones de euros anuales. TEAMS cuenta con una plantilla de 65 personas de las cuales más del 50% son titulados universitarios. Destacar, que actualmente lleva a cabo el ensayo de certificación a escala real (FCT) del cono de cola del nuevo avión de Airbus A350, siendo el único laboratorio privado de España que tiene la autorización para hacer ensayos de esta complejidad. Además TEAMS ha creado su propio departamento de I+D+i participando actualmente como socio o en consorcio en numerosos proyectos nacionales y europeos.

La innovación no es una palabra mágica que todo lo soluciona, es el fruto del esfuerzo sumado de mucha gente que tiene ganas de hacer las cosas cada día mejor. En la propia definición de TEAMS aparece de manera implícita el objetivo de ser una empresa innovadora dentro del sector de los ensayos mecánicos y estructurales. Desde el comienzo, TEAMS ha buscado posicionarse en los mercados en donde participa como una empresa que aporta un claro valor añadido a la realización de ensayos. Por ello, el área de I+D se ha considerado como una parte esencial de la empresa para afrontar este reto estratégico. Ejemplo de ello, muestra el último hito alcanzado por la compañía convirtiéndose en Core Partner de la mayor iniciativa público-privada a nivel europeo en I+D, Clean Sky 2. Como no podía ser de otro modo, TEAMS siempre ha considerado indispensable la cooperación y sinergia con centros de investigación y universidades, como puente del conocimiento entre la investigación pura y la puesta en mercado de nuestros servicios.

No quisiera terminar estas breves palabras sin reiterar nuestro agradecimiento a la Asociación por otorgar a TEAMS el honor de recibir esta Placa. Quiero agradecer también a las empresas del sector aeroespacial sin cuya confianza no hubiese sido posible la existencia y progresión de TEAMS. Además, quiero destacar la labor de los dos fundadores de TEAMS el profesor Cañas y el profesor París que se lanzaron a esta iniciativa empresarial con el objetivo de devolver a la sociedad lo que esta les había ofrecido. Y por último quisiera manifestar mi agradecimiento a los realmente merecedores de esta Placa, me refiero al personal de TEAMS quien con su buen hacer ha conseguido generar y mantener la confianza de los clientes, confianza que esperamos, si es posible, aumentar en el futuro.

Muchas gracias y buenas noches.

ESTHER GARCÍA DEL CASTILLO LÓPEZ  
*Consejera Delegada de TEAMS*



Personalidades en el acto de entrega Placas de honor 2015



Acto del 8 enero 2016 de presentación del libro Homenaje al Prof. Sanfeliu, Placa de Honor AEC-2012, editado por la Universidad Jaume I de Castellón

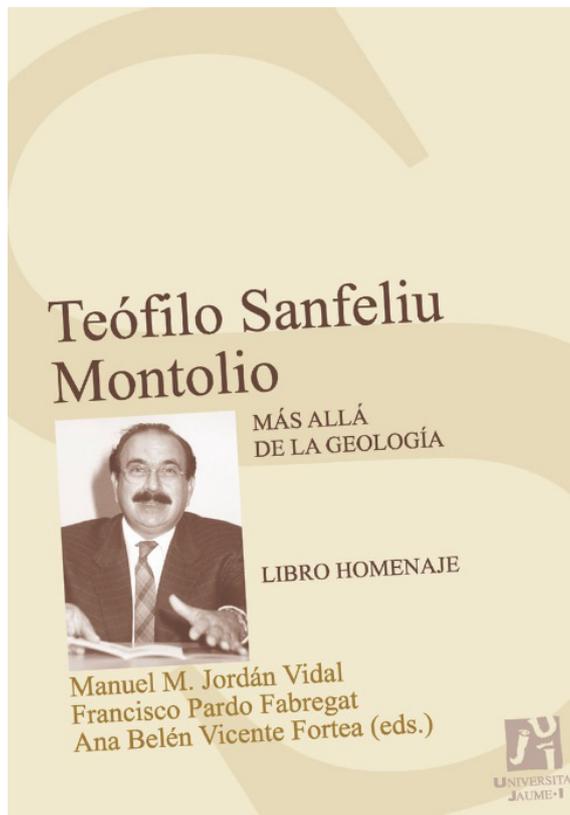
El libro "Teófilo Sanfeliu Montolio. Más allá de la geología. Libro homenaje" fue editado hace apenas unos meses y presentado el 8 de enero del 2016 en la Universidad Jaume I. Es oportuno realizar una reseña en esta revista ya que el doctor Sanfeliu fue premiado con la Placa de Honor de la AEC en el 2012.

El libro está estructurado en ocho áreas temáticas, además del prólogo a cargo del rector de la Universidad Jaume I, Vicent Climent, la presentación a cargo del profesor de la UMH Manuel Jordán y las dedicatorias de los hijos del profesor Sanfeliu.

La primera área temática está dedicado al profesor Sanfeliu y, a partir de la segunda

área temática, a las principales líneas de investigación a las que el citado profesor ha dedicado toda su vida científica: Geología, Arcillas y Cerámica, Mineralogía Aplicada, Contaminación Atmosférica, Medio Ambiente, Salud, Aplicaciones de la Ciencia y Tecnología y Didáctica. El libro concluye con un resumen biográfico y un anexo fotográfico.

En el libro han participado más de 113 profesores y científicos de 27 Universidades y Centros de Investigación Españoles y 5 Universidades Internacionales mediante 61 capítulos dentro de las diferentes áreas temáticas. En el libro Homenaje queda constatada la influencia del profesor Sanfeliu en el ámbito universitario y científico, su labor docente e investigadora así como su arraigo a su Castellón natal, sus gentes y a su cultura con una visión holística y humanística de las Ciencias. En conclusión, un libro que recomendamos no sólo a todos aquéllos que conocieron y fueron alumnos suyos, sino que además este libro puede dar al lector una panorámica general de cómo evolucionó la I+D+i y su enseñanza en Mineralogía Aplicada en el pasado siglo desde el contexto de universitario y científico de la capital de la Plana al Norte de la Comunidad Valenciana. Además, como los aspectos profesionales no deberían estar nunca separados del aspecto humano, en este libro se puede apreciar además dichos aspectos que fueron constantes en la vida de Sanfeliu que deja numerosos discípulos que siguen su camino, no sólo en la educación y el cultivo de la ciencia, sino además en las industrias cerámicas.



**Título:** Teófilo Sanfeliu Montolio. Más allá de la geología. Libro homenaje  
**Editores:** Manuel Miguel Jordán, Francisco Pardo y Ana Belén Vicente  
**Publicaciones:** Universidad Jaume I. Colección: Homenajes. Nº 4. ISBN: 978-84-16356-15-7

Francisco Pardo Fabregat  
 Dpto. Ciencias de la Educación  
 Universidad CEU Cardenal Herrera. Campus Castellón



PETRÓLEO Y GAS



REFINO Y PETROQUÍMICA



ENERGÍA



INFRAESTRUCTURAS E INDUSTRIAS

**50 años de  
Experiencia Internacional**



**Referencias  
en más de 50 países**

## TECNICAS REUNIDAS

**Ingenieros y Constructores**

**Más de 1.000 Plantas**

### INVESTIGAMOS



Centro Tecnológico de Torrejón, España



Centro Tecnológico de Torrejón, España

### PROYECTAMOS



China

### EXPORTAMOS



Arabia Saudita



España



Australia

**Tecnología española y bienes de equipo españoles**

Oficina central:

Arapiles 13 - 28015 Madrid (Madrid)  
Tel. +34 91 592 03 00 - Fax. + 34 91 592 03 97  
tr@tecnicasreunidas.es

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