

EDITORIAL

Los artículos que encontrarás en este nuevo número de nuestra revista, *Acta Científica y Tecnológica*, me dan pie a profundizar en la línea que inicié en el editorial del número previo: reflexionar sobre los fines de la Asociación Española de Científicos.

A la hora de solicitar proyectos, realizar publicaciones, etc., los investigadores no solo tenemos que atender al rigor y a la excelencia científica. Cada vez hay más requerimientos sobre el reconocimiento de las contribuciones científicas previas en el campo de trabajo, la distribución de las autorías, el rigor en el análisis y la presentación de los resultados, el cumplimiento de las regulaciones sobre el empleo de organismos modificados genéticamente, la experimentación animal o el uso de muestras humanas, entre otros. Todo ello se enmarca en la “responsabilidad social del investigador”, un concepto que se fundamenta en el de la Ética de la Filosofía griega y que, en nuestros días, se articula en la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos de la UNESCO, que, me atrevo a aventurar, es desconocida por la mayoría de los investigadores.

Los ejemplos antes mencionados no solo se sustentan por la ética personal; un incumplimiento flagrante puede dar lugar a la retirada de un artículo de una revista, o a la suspensión de un proyecto. Hay, con más frecuencia de la deseable, ejemplos de dicho rigor que reflejan la falta de ética de algunos investigadores. Pero hay otra serie de actividades que claramente contribuyen a la “responsabilidad social del investigador” y que no suponen para este ningún incentivo en su carrera profesional: ni disuasorio cuando no las realiza, ni positivo cuando se dedica a ello. Me refiero a actividades relacionadas con la transferencia del conocimiento, tanto en forma de bienes o servicios, como en forma de divulgación y cultura científica. Y eso que en la Declaración de la UNESCO arriba mencionada, en su artículo 15, se recoge: “Los beneficios resultantes de toda investigación científica y sus aplicaciones deberían compartirse con la sociedad en su conjunto...”.

Poco a poco se va incrementado el número de investigadores concienciados sobre la importancia de considerar como actividades genuinamente científicas no solo la in-

vestigación académica y la educación universitaria, sino también el emprendimiento, la investigación industrial, el periodismo científico, la divulgación en general y otras actividades conexas. Es importante resaltar que todas estas actividades representan no solo un compromiso con la sociedad, sino una auténtica oportunidad al generarse nuevas actividades profesionales, tanto para investigadores en activo como, también, para aquellos que empiezan su carrera profesional. Sin embargo, hay que darse cuenta de que es difícil que el mero voluntarismo individual haga progresar todos esos campos de actividad científica tan relevantes para el progreso científico-tecnológico de la sociedad. Posiblemente volveré a ello en otro editorial.

Para finalizar, me gustaría compartir la agradable sorpresa que tuve al encontrarme en los Estatutos de la Asociación Española de Científicos, entre los fines de nuestra asociación, actividades tales como “Cooperar con los medios de información para la difusión de la ciencia”, o “Despertar inquietudes que cristalicen en un auge de la labor creativa industrial”, entre otros también relevantes en el marco de la “responsabilidad social del investigador”. Y, además, reforzada por el hecho de que nuestros Estatutos fueron elaborados en 1971, muchos años antes de que la UNESCO publicara en 2005 la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos.

Ese espíritu pionero se sigue manteniendo en las actividades de la Asociación Española de Científicos. En este número de nuestra revista lo encontrarás en las reseñas de las Placas de Honor entregadas en noviembre de 2017. Y, también, en los artículos acompañantes que cubren el incipiente campo del micromecenazgo en España, así como investigaciones orientadas a los campos de la nutrición y la salud.

ENRIQUE J. DE LA ROSA
Presidente de la AEC

Director: Enrique J. de la Rosa**Editor:** Enrique Ruiz-Ayúcar**Consejo Editorial:** Alfredo Tiemblo Ramos, Pedro José Sánchez Soto**Consejo Rector de la Asociación Española de Científicos (AEC)****Presidente:** Enrique J. de la Rosa**Vicepresidente Primero:** Alfredo Tiemblo Ramos**Vicepresidente Segundo:** María del Carmen Risueño Almeida**Secretario General:** Enrique Ruiz-Ayúcar**Vocales:** Manuel Jordán Vidal, Pedro José Sánchez Soto**Edita:** Asociación Española de Científicos. Apartado de correos 36500. 28080 Madrid.

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

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

Sitio en la Red: www.aecientificos.es**Correo electrónico:** aecientificos@aecientificos.es

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

INDICE**Superalimentos: ¿qué hay de cierto en ellos?**

JARA PÉREZ JIMÉNEZ

3

Química y biomedicina. Búsqueda de inhibidores de calpaína, una proteasa con múltiples actividades

BERNARDO HERRADÓN

8

El Cultivo celular 2D y 3D en el estudio de la interacción célula-partículas metálicas: Un estudio con partículas de desgaste derivadas de una aleación CoCr de aplicación como material ortoprotésicoBLANCA TERESA PÉREZ-MACEDA, M^a ENCARNACIÓN

LÓPEZ-FERNÁNDEZ Y ROSA MARÍA LOZANO.

17

Apadrina la Ciencia: una Asociación de científicos para la sociedad

JUAN JOSÉ SANZ EZQUERRO

21

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

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

● Antonio Ferrer Montiel

● Elena García Armada

● Manuel Seara Valero

● Pedro Serena Domingo

● ALCALIBER

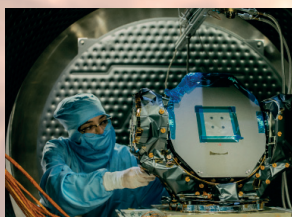
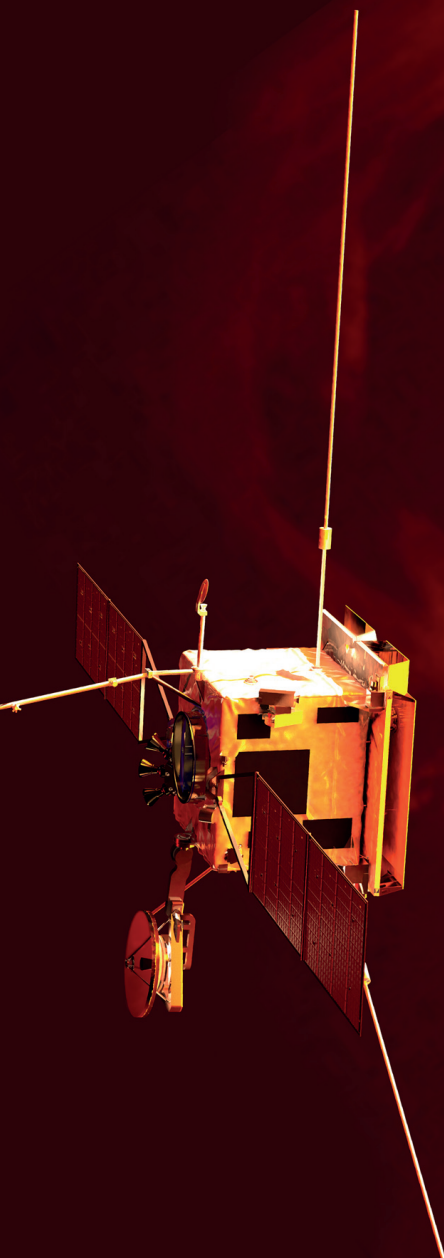
● ESCUELAB

● Discurso de clausura del Acto de entrega de Placas de Honor de la AEC, profesor César Nombela

26

Reseña de libros

48



SENER tiene una historia pionera en Espacio, un sector en el que es un claro referente mundial, con más de 275 equipos suministrados en los últimos 50 años.

Liderando la innovación en Espacio

Creamos soluciones innovadoras en ingeniería espacial. La misión Solar Orbiter representa la mayor adjudicación en la historia de Espacio de SENER, que trabaja paralelamente en cinco contratos diferentes.

Esta misión al sol será capaz de obtener información única que ayude a comprender su funcionamiento e incluso predecir su comportamiento, y proporcionará datos del lado del Sol no visible desde la Tierra.



SENER

La manera de ver el futuro

Superalimentos: ¿Qué Hay De Cierto En Ellos?

JARA PÉREZ JIMÉNEZ

Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos y Nutrición, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (ICTAN-CSIC), Madrid

Un bálsamo, respondió Don Quijote, de quien tengo la receta en la memoria, con el cual no hay que tener temor a la muerte, ni hay que pensar morir de ferida alguna.

Miguel de Cervantes, El ingenioso hidalgo don Quijote de la Mancha.

Así se menciona por primera vez en el *Quijote* el bálsamo de Fierabrás. Y aunque hoy las propiedades de aquel mejunje nos puedan provocar una sonrisa, basta una búsqueda rápida por internet sobre *superalimentos*¹ para que ésta se nos congele en los labios, ya que a lo mejor no estamos tan lejos de aquello que describía Cervantes...

Exactamente, ¿a qué se refiere el término superalimento? No existe una definición como tal, pero teniendo en cuenta el uso que se le suele dar, se trataría de un alimento, generalmente exótico, cuyo consumo *per se* daría lugar a la mejora e incluso la cura de distintas enfermedades graves, siendo el cáncer una de las que se menciona con más frecuencia. El interés por los superalimentos ha aumentado de manera exponencial en la última década, dando lugar a un gran aumento en su producción, como muestra la Figura 1.

Las listas de superalimentos crecen cada día y de cada uno de ellos se podría escribir un artículo entero, discutiendo las evidencias que se poseen sobre los efectos en salud que se les atribuyen. Sin embargo, semejante trabajo, además de tedioso, no llevaría necesariamente a extraer conclusiones generales sobre la materia. Por eso en este artículo se discutirán, a modo de ejemplo, los superalimentos ricos en fibra o antioxidantes, concluyendo con algunas consideraciones prácticas.

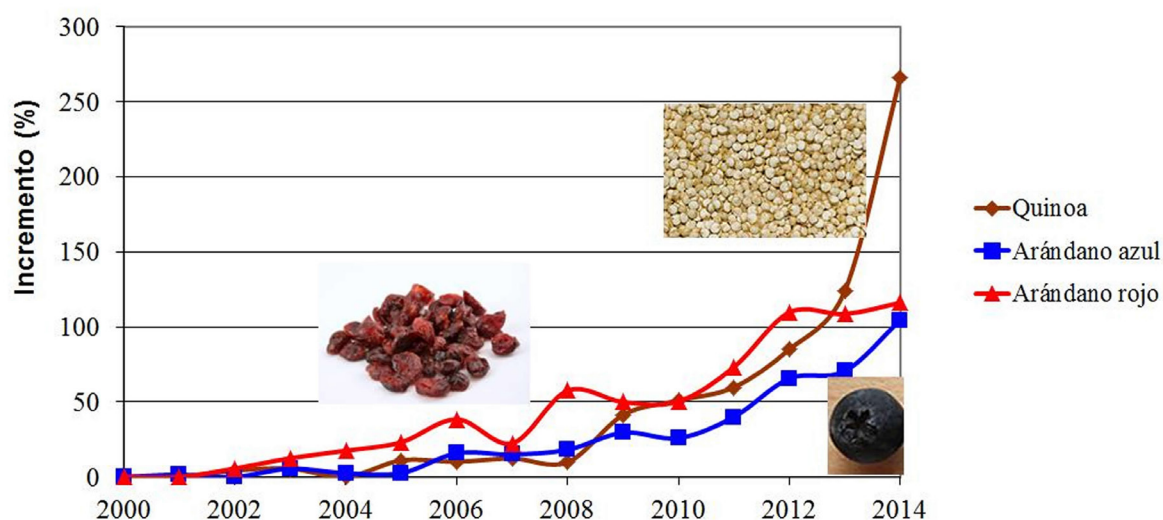


Figura 1. Evolución en la producción mundial de algunos superalimentos en el periodo 2000-2014 (datos de la FAO)

SUPERALIMENTOS RICOS EN FIBRA

La fibra es la parte de los alimentos que el organismo humano no es capaz de digerir en el estómago ni en el intestino delgado, llegando intacta al intestino grueso. Allí pueden ocurrir dos procesos diferentes. El primero es que la fibra sea directamente excretada, en cuyo caso habrá permitido aumentar el volumen de las heces y que el tránsito intestinal sea más frecuente. Esto permite que sustancias perjudiciales de distinta naturaleza estén menos tiempo en nuestro

organismo, a la vez que se arrastra una parte de las grasas ingeridas. El segundo proceso posible es que la fibra sea transformada por las bacterias intestinales, liberando compuestos beneficiosos que pueden actuar directamente en el colon o, tras su absorción, en otras partes de nuestro cuerpo. La combinación de todas estas situaciones, que se muestran en la Figura 2, lleva finalmente a que este componente ali-

¹ Para facilitar la lectura, se omitirá la cursiva en las menciones posteriores al término superalimento a pesar del cuestionamiento de su validez.

mentario sea capaz de reducir el riesgo de sufrir distintas enfermedades intestinales -incluido el cáncer colorrectal- y cardiovasculares. Cabe mencionar que, para que la fibra pueda ejercer todos sus efectos, es necesario combinar en la dieta² los dos tipos de que existen: la soluble y la insoluble.

En los últimos años se han popularizado algunos superalimentos ricos en fibra, siendo los siguientes los más representativos:

- Chía. Es una semilla que posee un 40% de fibra, tanto soluble como insoluble. Se trata de uno de los alimentos que se pueden consumir actualmente con mayor contenido de fibra.

- Quinoa. Es un pseudocereal, lo que quiere decir que botánicamente no pertenece a la categoría de los cereales, pero desde el punto de vista nutricional aporta a nuestro organismo los mismos nutrientes que estos. Su contenido en fibra, en función de la variedad, oscila entre el 9 y el 16%, sobre todo de tipo insoluble. Este valor puede parecer bajo al compararlo con el antes mencionado de la chía, pero, como se ha indicado, esa semilla es un auténtico concentrado de fibra. En realidad, si se compara el contenido en fibra de la quinoa con el del arroz, que oscila entre el 0,5 y el 3%, se puede ver que este pseudocereal también supone una fuente relevante de este componente alimentario.

- Algas. Su consumo también se ha popularizado en los últimos tiempos. Su contenido en fibra depende de si se consumen frescas, donde presentan un 5-6%, o secas (en polvo), cuando puede llegar hasta el 50-60%. Se trata sobre todo de fibra insoluble pero con una proporción relevante de fibra soluble.

- Espelta. Este cereal es uno de los casos más sorprendentes de superalimento ya que es muy similar al trigo desde el punto de vista nutricional. De hecho, si se comparan ambos,

la espelta no aporta un contenido adicional de fibra ni de proteínas, tampoco puede ser consumida por celíacos y no presenta otras características relevantes. Simplemente, es un cereal que se ha cultivado menos (de ahí ese halo de “salvaje” de que se envuelve) y, desde el punto de vista sensorial, proporciona un pan más “rústico”. Se trata, de hecho, de uno de los mejores ejemplos de atribución de propiedades beneficiosas extras a un alimento simplemente por tener un toque exótico.

Los alimentos mencionados pueden ser una forma más de aumentar el contenido en fibra de nuestra dieta. Algo además necesario, ya que actualmente el consumo de fibra en España se encuentra en torno a los 20 g/día, muy lejos por tanto de las recomendaciones de 30 g/día. Igualmente, introducir el consumo de nuevos alimentos es una forma de aumentar la diversidad alimentaria, un parámetro que -entre muchos otros- indica la calidad de una dieta. Sin embargo, la incorporación de estos alimentos y otros poco comunes ricos en fibra es simplemente eso, una estrategia más y no la única para alcanzar las recomendaciones actuales de ingesta de fibra. De hecho, éstas se pueden cumplir perfectamente a través de combinaciones de alimentos tradicionales, como se muestra en la Tabla 1.

En caso de que, de una manera u otra, se alcancen las recomendaciones diarias de 30 gramos de fibra, esto, como se ha indicado antes, tendrá efectos beneficiosos en la reducción de riesgo a desarrollar distintas enfermedades crónicas. Pero en ningún caso en su curación, a pesar de que eso se afirme alegremente sobre muchos superalimentos. La realidad es que existen pocas enfermedades que se curen por proporcionar un cierto componente alimenticio; el caso más paradigmático de este tipo de situaciones sería el escorbuto y la vitamina C. Pero si de lo que hablamos es de enfermedades crónicas no infecciosas (por ejemplo, diabetes, enfermedades cardiovasculares o enfermedades neurodegenerativas), que son multifactoriales y donde hay una compleja interacción entre factores genéticos y estilo de vida, la asociación no es tan simple. Esto no quiere decir que la alimentación no juegue un papel en la prevención de estas patologías; de hecho, es justamente todo lo contrario, incluso con una carga genética adversa. Pero una vez que una de estas enfermedades se ha instaurado, ningún alimento, por buena que sea su composición, es capaz de revertirlas.

¿Y qué ocurre si no sólo llegamos a los 30 gramos diarios de fibra recomendados, sino que incluso los superamos? En primer lugar, depende de la velocidad a la que se haga esto. Porque si se aumenta el consumo de fibra de manera drástica y no gradual, las molestias abdominales pueden ser

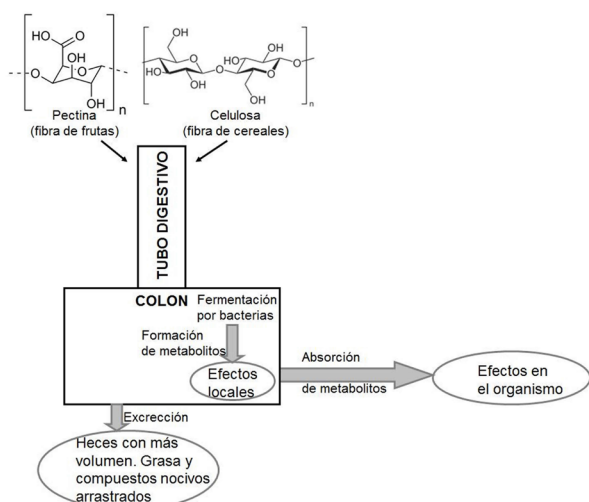


Figura 2. Metabolismo de la fibra en el cuerpo humano.

² El término dieta se emplea a lo largo de todo el artículo en el sentido de conjunto de alimentos que se consumen de manera habitual, y no en el de régimen de adelgazamiento.

considerables, sobre todo si se habla de fibra soluble. Pero, incluso aunque se haga de manera gradual, se debe tener en cuenta que en nutrición se establecen a menudo límites de seguridad para ciertos componentes en función de las cantidades máximas consumidas en distintas poblaciones. En ese sentido, hasta el momento los consumos máximos de fibra que se han descrito han sido de 60 gramos/día en poblaciones africanas; no se puede afirmar que consumos superiores vayan a resultar inocuos. Es más, en esas poblaciones la fibra se consume como parte del conjunto de la dieta, a lo largo de

todo el día y no en una sola ingesta concentrada. Por eso hay que ser especialmente cauto con el consumo de alimentos de muy alto contenido en fibra, tales como la chía, de la que no se deben superar las dos cucharadas al día, que ya suponen un aporte de unos 8 gramos de fibra. Lo mismo se aplica a las algas en polvo, de las que es fácil consumir grandes cantidades dado su bajo poder saciante inmediato y que no se invierte tiempo en su masticación, sin ser conscientes de que pueden contener más de un 50% de fibra.

Propuesta 1			Propuesta 2		
Alimento	Cantidad (g)	Fibra (g)	Alimento	Cantidad (g)	Fibra (g)
Manzana	170	4,0	Fresas	150	2,9
Pera	150	4,6	Melocotón	150	2,2
Naranja	160	3,6	Higos	150	4,4
Lentejas	80	16,0	Ensalada *	300	4,0
Acelgas	200	2,4	Alcachofa	160	8,7
Pan integral	50	3,2	Almendras	30	3,0
--	--	--	Pan integral	75	4,8
TOTAL		33,8	TOTAL		30,0

Tabla 1. Propuestas de combinaciones diarias de alimentos para alcanzar las recomendaciones diarias de ingestas de fibra (Dado que la fibra sólo está presente en alimentos de origen vegetal, los que se han incluido son de esta categoría, pero en una dieta omnívora serían combinados con otros de origen animal) Fuente: base de datos de composición de alimentos del departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)

* Lechuga, espinaca, tomate, maíz, cebolla, espárrago, aceituna.

SUPERALIMENTOS RICOS EN ANTIOXIDANTES

Diariamente consumimos, a través de los alimentos de origen vegetal, una variedad de compuestos que se denominan antioxidantes: vitamina C, vitamina E, polifenoles y carotenoides. Estos compuestos son capaces de combatir el exceso de radicales libres, sustancias que se generan en nuestro cuerpo tanto por procesos fisiológicos como por agentes externos (por ejemplo, el tabaco). Cuando los radicales libres superan ciertos niveles, pueden degradar distintas moléculas, alterando, entre otros, la función de determinadas proteínas.

Además, los polifenoles, que son los antioxidantes más consumidos en la dieta, tienen otros efectos beneficiosos en nuestro organismo: poseen actividad antiinflamatoria, estimulan la vasodilatación arterial, promueven el crecimiento de bacterias intestinales beneficiosas y modulan distintos procesos celulares, afectando incluso a la expresión génica. Todo esto hace que hayan mostrado en numerosos estudios

un papel beneficioso en la prevención de enfermedades cardiovasculares y diabetes... y que haya un auténtico boom de superalimentos ricos en polifenoles. Pero, ¿son tan efectivos estos compuestos?

En primer lugar, es necesario indicar que las investigaciones en el campo de los polifenoles se encuentran todavía en una etapa anterior a las de otros componentes alimentarios como la fibra. Así, aunque numerosos estudios humanos han mostrado distintos efectos beneficiosos para estos compuestos, todavía es necesario determinar exactamente de qué modo actúan, cuáles son las dosis necesarias, cómo interaccionan con otros componentes alimentarios o si todos los polifenoles tienen los mismos efectos (hablamos de varios cientos de sustancias químicas con características comunes, que pueden dar lugar a efectos similares, pero también con diferencias, que podrían ser la base de efectos específicos). Además, un problema que ha ocurrido en el campo de la investigación sobre polifenoles es que durante mucho tiempo, los estudios *in vitro* que se hicieron (una fase previa necesaria en los estudios de nutrición y que se desarrolla "en el tubo de ensayo", sin animales ni humanos) emplearon dosis de estos compuestos muy superiores a las que se pueden consumir

en una dieta habitual. También fue frecuente evaluar los efectos de los compuestos tal y como estaban presentes en el alimento, forma que no siempre coincide con las sustancias que luego circulan por nuestro cuerpo, ya que éste puede transformarlos. La situación actual es que la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, en sus siglas en inglés) considera probados los efectos de los polifenoles del cacao en la mejora de la dilatación arterial, y también de los presentes en el aceite de oliva en la inhibición de la oxidación de los lípidos en sangre. Del resto de alimentos ricos en polifenoles se han obtenido resultados muy prometedores, sobre todo para dietas globalmente ricas en estos compuestos. Pero es importante saber en qué punto se encuentra el conocimiento y no realizar extrapolaciones ni saltar etapas en la investigación a partir, por ejemplo, de resultados preliminares *in vitro* (algo que se hace frecuentemente en los textos que promueven el consumo de superalimentos).

En concreto, estos son algunos de los superalimentos ricos en polifenoles que se mencionan más frecuentemente:

- **Acerola y açai.** Se trata de frutas tropicales con un contenido muy alto en una clase de polifenoles, las antocianinas. Compuestos también presentes, por cierto, a altas concentraciones en la fresa o la cereza.

- **Té verde.** En este caso, sí tiene unos polifenoles muy específicos, en particular un compuesto, el galato de epigallocatequina.

- **Granada.** No es una fruta exótica sino tradicional mediterránea, pero su cultivo ha experimentado un auténtico boom paralelo al de los superalimentos. Destaca por conte-

ner una clase particular de polifenoles, los elagitaninos, que son poco frecuentes; podemos encontrarlos también en la nuez o en vinos envejecidos en barrica de roble.

- **Zumos antioxidantes.** Aquí no hablamos de un alimento en concreto, sino de una familia de productos con altas concentraciones de compuestos antioxidantes y también en pleno auge. Aparte de las posibles complicaciones asociadas a un consumo excesivo de antioxidantes, que se explicarán más tarde, no se debería olvidar que estas bebidas tienen un elevado contenido en azúcar, de al menos 20 gramos por vaso, y que esto se aplica tanto a las comerciales como a las caseras.

Por tanto, es cierto que todos los productos mencionados presentan un alto contenido en polifenoles, cuyo consumo es beneficioso para la salud, pero no milagroso. ¿Y cuántos polifenoles se deben consumir a diario para alcanzar esos efectos? A diferencia de la fibra, como las investigaciones se encuentran en una fase anterior de momento no hay ninguna recomendación oficial. Se podría establecer un rango óptimo entre 1,2 gramos/día (los niveles más altos descritos en los sujetos participantes en un reconocido estudio sobre la dieta mediterránea, el Predimed, y que se asociaron con beneficios en salud) y 1,8 gramos/día (valor que se aproxima más a los 2,5 gramos consumidos por los indios kuna de Panamá, pero que deja un margen de seguridad por las características específicas de la dieta de esa población). Esos niveles pueden alcanzarse incorporando superalimentos a la dieta, pero, de nuevo, también se puede llegar a ellos a través de alimentos comunes como los que aparecen en la Tabla 2.

Y, si en el caso de la fibra no está del todo claro qué

Propuesta 1			Propuesta 2		
Alimento	Cantidad (g)	Polifenoles (mg)	Alimento	Cantidad (g)	Polifenoles (mg)
Manzana	170	204	Fresas	150	352
Melocotón	150	88	Pera	150	25
Cerezas	150	411	Ciruelas	150	565
Espárragos	80	24	Brócoli	150	67
trigueros					
Chocolate	25	329	Alcachofa	150	390
negro					
Café	100	214	Avellanas	25	125
Aceite de	20	12	Vino tinto	125	125
oliva virgen					
extra					
--	--	--	Café	100	214
TOTAL		1.282			1862

Tabla 2. Propuestas de combinaciones diarias de alimentos para alcanzar las recomendaciones diarias de ingestas de polifenoles (Dado que los polifenoles sólo están presentes en alimentos de origen vegetal, los que se han incluido son de esta categoría, pero en una dieta omnívora serían combinados con otros de origen animal) Fuente: base de datos de contenido de polifenoles en alimentos Phenol-Explorer.

puede ocurrir con un consumo muy elevado de la misma, en el de los antioxidantes sí lo está: es perjudicial. ¿Cómo se explica esto? Porque la química de los procesos oxidativos en nuestro cuerpo está sometida a un control muy fino, que se altera si aumentan tanto los niveles de radicales libres como los de antioxidantes. Y es que, paradójicamente, a dosis elevadas los antioxidantes se transforman en prooxidantes. En este caso, esto no se ha observado en un estudio preliminar, sino que la evidencia está consolidada: en los años 80, el estudio ATBC (Prevención del Cáncer con Alfa-Tocoferol y Beta-Caroteno, en sus siglas en inglés) pretendía evaluar los efectos de los carotenoides, antioxidantes presentes en frutas y verduras naranjas o amarillas, en la prevención del cáncer. Para ello, se proporcionó a los participantes en el estudio dosis de carotenoides diez veces superiores a las consumidas en la dieta habitual, en forma de complementos alimentarios (pastillas). Pues bien, el estudio tuvo que detenerse de forma prematura al observarse que entre los sujetos fumadores estaban aumentando los casos de cáncer de pulmón. Estos resultados (confirmados luego por otras investigaciones) fueron tan concluyentes que, hoy en día, en algunos países se han fijado límites de carotenoides en los complementos alimentarios o se incluyen advertencias específicas sobre los riesgos derivados de su consumo excesivo por fumadores.

CONSIDERACIONES PRÁCTICAS

En las informaciones que circulan sobre superalimentos nos encontramos generalmente con una parte de verdad, pero que después ha sido exagerada o sacada de contexto. Así, a modo de guía práctica se presentan a continuación algunos aspectos a recordar al leer cualquier texto sobre superalimentos.

- *En general, son ricos en los compuestos beneficiosos que se indican, pero es muy poco frecuente que presenten composiciones únicas.* Aunque existen casos en los que sólo se conoce un alimento como fuente de una sustancia particular (por ejemplo, la punicalagina de la granada), suele haber una amplia gama de opciones para garantizar la ingesta de ciertos constituyentes; así, las lentejas contienen tanta fibra como la quinoa, o la ciruela tantos polifenoles como el açaí.

- *Contribuyen a prevenir/retrasar/atenuar/modular distintas enfermedades crónicas, pero no a curarlas.* Este aspecto ya se ha mencionado antes. De hecho, las informaciones que circulan atribuyendo irresponsablemente propiedades curativas a los superalimentos causan un gran daño, ya que llevan a que haya pacientes que descuiden o incluso

abandonen tratamientos validados pensando que pueden curarse a través de la alimentación, lo que al final suele acabar con un agravamiento de su enfermedad.

- *Son beneficiosos a ciertas dosis, pero no se pueden consumir de manera ilimitada.* Y es que, como se ha mostrado antes con algunos ejemplos, en el campo de la nutrición no se suele aplicar eso de “cuanto más, mejor”, sino más bien lo de “menos es más”.

- *Pueden tener un efecto beneficioso dentro de una dieta y estilo de vida saludables, pero de nada sirven como elementos aislados.* Dicho en otras palabras: una vida sedentaria, con un bajo consumo de alimentos frescos y grandes cantidades de productos ultraprocesados ricos en grasa y azúcares, no se “compensa” con un zumo antioxidante al día, ni siquiera si se le añade una cucharada de chía.

Por tanto, sí, llenemos nuestros platos de fibra, antioxidantes y el resto de componentes beneficiosos que nos proporcionan los alimentos, pero sin dejarnos llevar por modas, en cantidades razonables, y entendiendo que no podemos pedir a los alimentos que hagan por nuestra salud más de lo que ya hacen, que es mucho. De lo contrario, medio milenio después de que don Quijote confiara ciegamente en las virtudes de su bálsamo, sólo estaríamos reemplazándolo por otro.

REFERENCIAS

Base de datos de la FAO de producción mundial de alimentos, <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (accedida el 11/08/2017).

Base de datos del Departamento de Agricultura de EEUU (USDA), <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list> (accedida el 11/08/2017).

Base de datos de contenido de polifenoles en alimentos Phenol-Explorer, www.phenol-explorer.eu (accedida el 11/08/2017).

EFSA Journal, 9, 2011, 2033-57.

EFSA Journal 10, 2012, 2809-29

Química y biomedicina. Búsqueda de inhibidores de calpaína, una proteasa con múltiples actividades

BERNARDO HERRADÓN

Instituto de Química Orgánica General (IQOG-CSIC)

b.herradon@csic.es

@QuímicaSociedad

LA QUÍMICA, LA CIENCIA DE LO COTIDIANO

La química es la ciencia que estudia la composición, estructura, propiedades y transformaciones de la materia, especialmente a escala atómica y molecular.

Los términos clave de esta definición son *atómico* y *molecular*. La materia que conocemos está formada por partículas muy pequeña: átomos, moléculas e iones (especies químicas cargadas eléctricamente); por lo tanto, podemos decir que *Todo es Química*.

Sin embargo, esta 'visión' sobre la química debe matizarse, y acotarla, pues 'no todo es química', ya que algunos objetos y fenómenos relacionados con las estructuras enormes del universo (como las galaxias, la materia oscura y la energía oscura) o con fenómenos de muy altas energía, en los que se generan partículas subatómicas –excepto el electrón, el protón y el neutrón–, así como las interacciones que las gobiernan (fuerzas gravitatorias, nuclear fuerte y nuclear débil) quedan fuera del dominio de la química¹. Por esto es más correcto restringir la química al ámbito de los objetos cotidianos.

La Figura 1 ilustra la cotidianidad de la química. En esta imagen se muestra nuestro planeta, la leyenda '*La química nos rodea*' y objetos cotidianos, que conocemos y usamos frecuentemente, desde los utensilios del hogar a los materiales tecnológicos, pasando por productos de droguería y limpieza, materiales que cuidan nuestra imagen y nuestra salud, alimentos y materiales energéticos. Todos estos objetos están fabricados con materiales formados por sustancias químicas.



Figura 1

LA QUÍMICA, LA CIENCIA CENTRAL

La Figura 2 muestra la relación de la química con otras ciencias. Se observa que la flecha que une la química con el resto de ciencias tiene su origen en la química. Con esto se quiere destacar la aportación (conceptual y metodológica) de la química a la otra ciencia, la cual utiliza las técnicas y teorías de la química para diseñar experimentos y racionalizar los resultados. Por otro lado, frecuentemente las otras ciencias usan sustancias químicas como herramientas de trabajo y/o objeto de estudio.

La flecha que une la física con la química es de doble punta, indicando la contribución mutua que ambas ciencias tienen: la química aportando moléculas para realizar experimentos y verificar teorías, y la física aportando base conceptual a la química. También es importante destacar que cuando dos ciencias distantes entre sí tienen que interactuar, lo suelen hacer al nivel más íntimo de la materia, es decir, al atómico-molecular, lo que es objeto de la química. Esta es otra manifestación de la centralidad de la química.

Las matemáticas son consideradas la reina de las ciencias², pues siempre proporciona los fundamentos de las otras ciencias y, además, permite representar los resultados experimentales en forma de fórmulas, ecuaciones y leyes

matemáticas (lo que ha llevado a calificarla, también, como sirviente de otras ciencias).

LA QUÍMICA CREA SU PROPIO**OBJETO. EL PODER DE LA SÍNTESIS****QUÍMICA**

La química es una ciencia natural. Sin embargo, muchos químicos pueden investigar y trabajar a largo de su carrera sin haber trabajado con sustancias naturales. Los químicos tienen la capacidad de preparar sustancias químicas artificiales en un laboratorio, por eso *la química ha sido definida como la ciencia que crea su propio objeto*. Esta frase, acuñada por Marcellin Berthelot (1827-1907), capta perfectamente el espíritu creativo de la química. Los químicos preparan sustancias que nunca antes han existido y estudiamos sus propiedades y utilidades³. El área de la química encargada de la preparación de compuestos químicos es la síntesis química, que dependiendo del tipo de moléculas sintetizadas (orgánicas o inorgánicas) se puede clasificar en síntesis orgánica o inorgánica, cuyas metodologías son diferentes⁴.

La capacidad de obtener numerosas sustancias es la razón por la que la química nos proporciona la mayoría de materiales que usamos a diario.

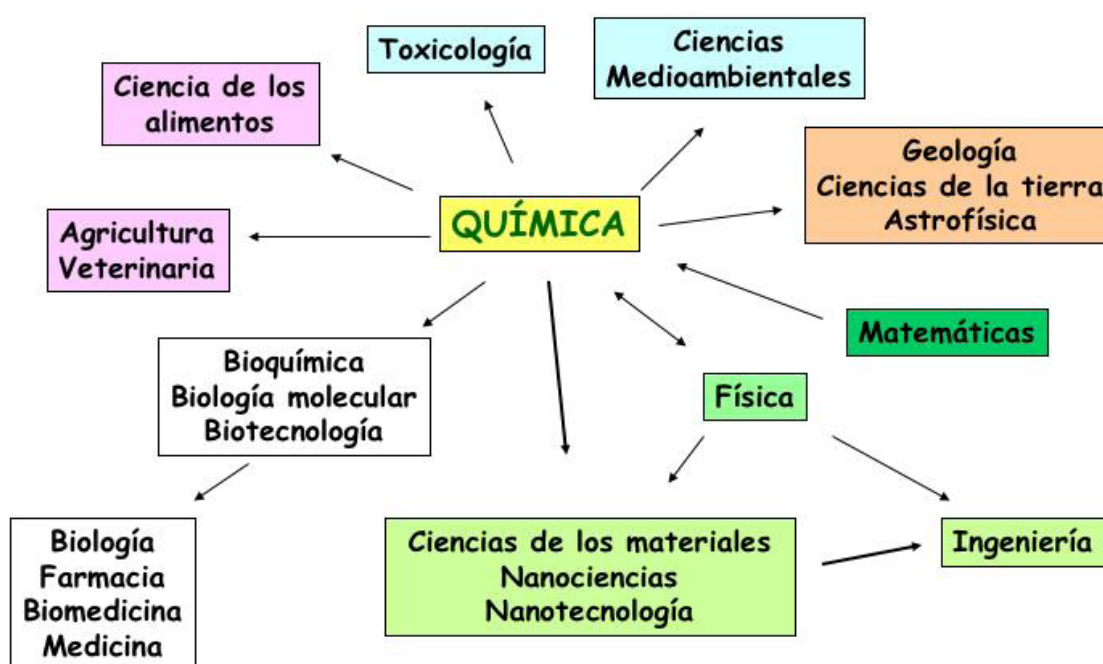
La Química y su relación con otras Ciencias

Figura 2

LA QUÍMICA ENTRE LA FÍSICA Y LA BIOLOGÍA

La química siempre ha mantenido una relación muy especial con la física y la biología. Como manifestó Manfred Eigen, la *"química es la ciencia que está entre la física y la biología"*⁵. Esta frase tiene dos connotaciones. Por un lado, da idea de la centralidad de la química como ciencia y, por otro lado, intentamos ponernos a la altura de la biología y de la física, que tienen dos grandes objetivos: entender la vida y el universo, respectivamente.

Sin duda alguna, el objeto de estudio (la vida) de la biología es apasionante, lo que tiene connotaciones materiales y espirituales para el ser humano. Por otro lado, la física intenta descifrar las leyes que rigen el universo, desde el conjunto de galaxias hasta los componentes más pequeños de la materia. El objeto de su estudio abarca dimensiones desde 10^{26} m (tamaño aproximado del universo) hasta 10^{-16} m (tamaño de un quark, una partícula subnuclear). La física intenta explicar la naturaleza estableciendo leyes que se ajustan a los principios de las interacciones de los cuatro campos físicos: gravitatorio, electromagnético, nuclear fuerte y nuclear débil. Uno de los retos de la física es la unificación de todos los campos, estableciendo una teoría única de campos.

Por otro lado, en comparación con la física y la biología, la química, aparentemente, tiene objetos de estudio y objetivos más modestos. El objeto de estudio de la química son las moléculas, sus constituyentes (los átomos), sus interacciones y propiedades. Aunque los objetivos de la química son modestos en comparación con los de la física o la biología, *es la ciencia que proporciona todas las comodidades de nuestra vida diaria*.

LA QUÍMICA ENTRE LA CIENCIA DE LOS MATERIALES Y LA BIOMEDICINA

La larga interacción que la química ha mantenido con la física y la biología a lo largo de la historia se ha transformado recientemente en una relación intensa con la ciencia de los materiales y la biomedicina, que son dos grandes áreas científicas multidisciplinares e interdisciplinares, participadas por numerosas ciencias (Figura 3).

Nuestro futuro dependerá de los progresos en ciencia de los materiales y biomedicina. Aquella será la encargada de proporcionarnos los artilugios que harán nuestra vida más cómoda (desde ordenadores a medios de transporte) y su progreso dependerá de la disponibilidad de sustancias químicas para su fabricación.

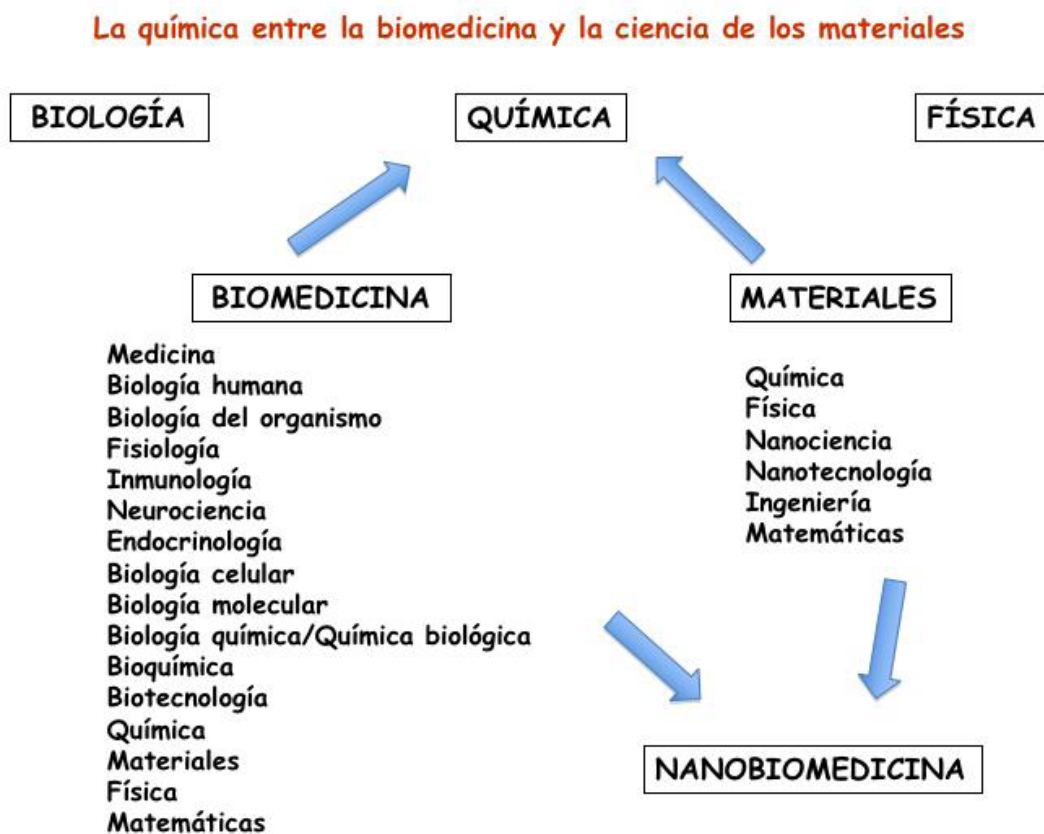


Figura 3

Por otro lado, la biomedicina tiene como objetivo el cuidado y mejora de nuestra salud. Gracias a los avances en biomedicina (y las ciencias relacionadas indicadas en la Figura 3), la esperanza de vida del ser humano se ha duplicado en apenas un siglo⁶. También nuestra vida es mucho más confortable, pues disponemos de remedios para curar enfermedades y paliar dolencias y achaques. También es importante destacar que, con el envejecimiento, las partes de nuestro cuerpo se van deteriorando. Muchas de ellas se pueden cambiar con prótesis y tejidos y órganos artificiales, basados en el empleo de biomateriales, que es un área muy activa de investigación.

Las aportaciones de la química a la biomedicina se pueden clasificar, esencialmente, en tres grandes grupos. En primer lugar, proporciona los principios activos con los que se hacen los medicamentos y fármacos⁷. Además, la química –en colaboración con otras ciencias y tecnologías– contribuye, de manera fundamental, a la creación de biomateriales⁸. Finalmente, la química es una herramienta de trabajo para conocer mejor la enfermedad a escala molecular, lo que nos permitirá controlar mejor las enfermedades⁹.

MOLÉCULAS FUNDAMENTALES PARA LA VIDA. LAS PROTEÍNAS

Aunque no es fácil definir lo que es la vida y los científicos no nos podemos de acuerdo sobre este asunto, nadie discute que la vida es la consecuencia de una serie de sustancias químicas que realizan funciones. Éstas pueden ser desde transmisión de información –realizada por los ácidos nucleicos¹⁰, especialmente el ácido desoxirribonucleico (ADN)– a la generación de la ‘envoltura’ celular –principalmente por lípidos¹¹–.

Por su versatilidad, las proteínas son las moléculas con más variadas funciones dentro de una célula. Estructuralmente, las proteínas son biomacromoléculas¹² formadas por la unión de aminoácidos (estructura de arriba en la Figura 4) a través de enlaces amida –también denominado enlace peptídico– (marcado en azul en la Figura 4).

Este tipo de enlace es muy estable termodinámicamente (desde un punto de vista energético) y cinéticamente (lo que significa que dan reacciones químicas muy lentamente), por lo que las proteínas son moléculas que no se degradan fácilmente. Estas propiedades, junto a su variabilidad estructural, hacen a las proteínas ‘las moléculas para (casi) todo’ dentro de una célula.

La versatilidad funcional de las proteínas viene determinada por la longitud de su cadena peptídica –desde unas decenas a miles de aminoácidos– y la variabilidad de la cadena lateral de los aminoácidos (los sustituyentes R de las

fórmulas). Las proteínas naturales pueden estar formadas por 20 aminoácidos, que permite tener moléculas con propiedades hidrófobas/hidrófilas, polares/apolares, cargadas/neutra eléctricamente, o capaces de interaccionar a través de los anillos aromáticos¹³ o enlaces de hidrógeno¹⁴. Aunque en el papel dibujamos las proteínas como una secuencia lineal de aminoácidos –la estructura primaria–, realmente estas cadenas se pliegan dando lugar a diversos niveles estructurales: las estructuras secundarias y terciarias. Las estructuras secundarias se forman a través de enlaces de hidrógeno entre los grupos N-H y O=C de dos aminoácidos no contiguos. Las dos estructuras secundarias más abundantes son la hélice α y la lámina β , que fueron propuestas por Linus Pauling (1901-1994) en 1951¹⁵.

Aún existe otro nivel estructural más en las proteínas –la estructura cuaternaria–, pero sólo se observa en las proteínas en las que hay varios fragmentos –cada uno con su estructura terciaria– que se ensamblan en una ‘super-estructura’.

Las características estructurales de las proteínas les permite las múltiples tareas dentro de una célula. Entre las muchas funciones de las proteínas podemos destacar las de catalizar reacciones químicas (realizadas por las enzimas)¹⁶, soporte estructural en la célula, transporte de moléculas (algunas tan importantes como el oxígeno, realizado por la hemoglobina en mamíferos)¹⁷, señalización celular, realización de trabajo mecánico, inmunoprotección, etc.

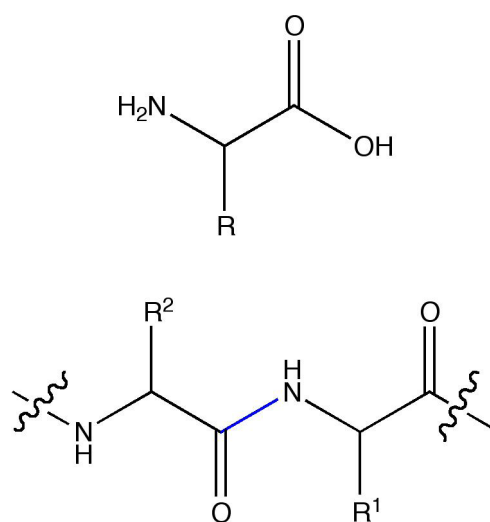


Figura 4

ENZIMAS Y PROTEASAS. LAS CALPAÍNAS, UNA FAMILIA DE PROTEASAS MUY PARTICULAR

Aunque hemos mencionado la alta estabilidad química de las proteínas, éstas se pueden hidrolizar en reacciones

catalizadas por un tipo de enzimas: las proteasas o peptidasas. La hidrólisis de un péptido o proteína es la reacción con agua, que rompe el enlace peptídico indicado anteriormente. Los procesos catalizados por las proteasas son fundamentales para el buen funcionamiento de una célula –y, por ende, de un organismo multicelular–, pues permiten regular sus diferentes rutas metabólicas¹⁸.

Las calpaínas¹⁹ son una familia de proteasas con cisteína (*cysteine proteases*) con unas propiedades distintivas de otras proteasas²⁰. El primer rasgo distintivo de este tipo de enzimas es que requieren ión Ca^{2+} para su actividad, siendo la única clase de proteasas con esta característica.

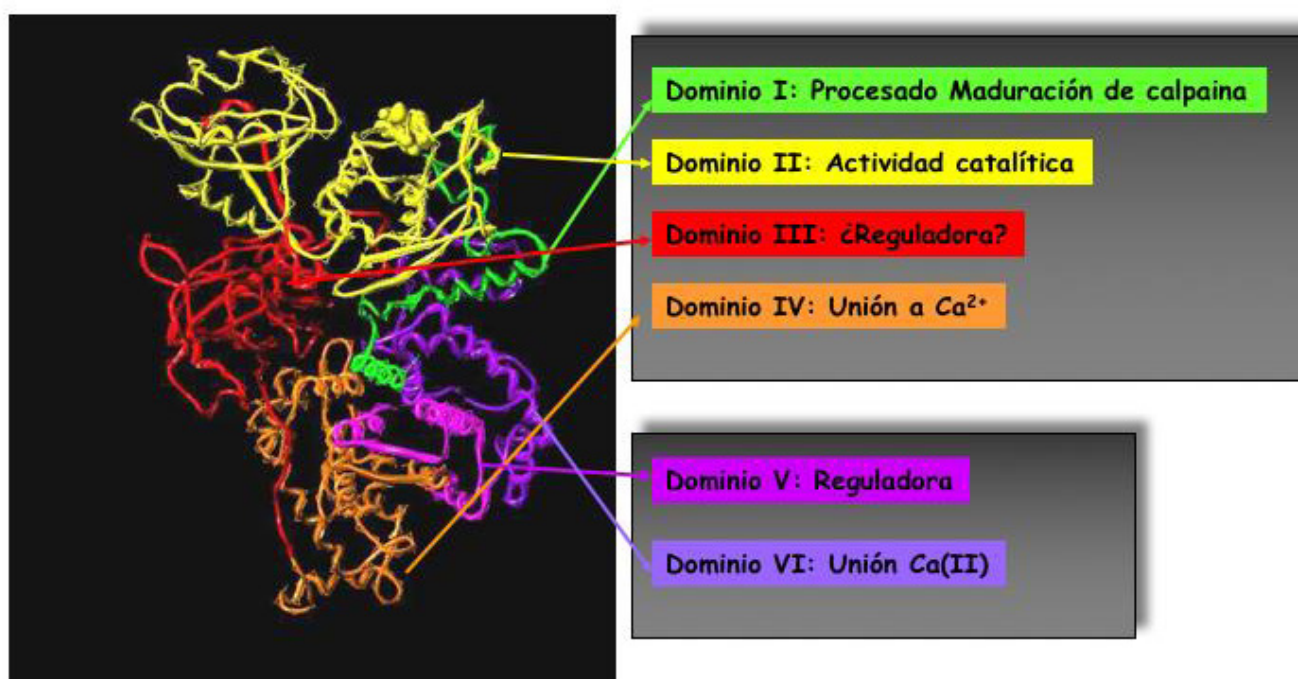
Otra característica importante de las calpaínas es que no tienen un sustrato específico, sino que catalizan la hidrólisis de una inmensa variedad de proteínas implicadas en múltiples tareas dentro de la célula, como son la transducción de señales, en la reconstrucción del citoesqueleto, en la regulación del ciclo celular y en procesos de muerte celular. En mamíferos, la familia de calpaínas comprende diversas isoformas específicas de tejido y dos isoenzimas o isoformas ubicuas: la μ -calpaína y la m -calpaína, que requieren cantidades micromolares y milimolares, respectivamente, de Ca^{2+} para su activación *in vitro*.

Las calpaínas ubicuas son proteasas que poseen estructuras cuaternarias –que, posiblemente, es importante para su activación–. Estudios estructurales por difracción de rayos X han mostrado que cada isoforma está compuesta por una subunidad grande (~ 80 kDa), que presenta un dominio de proteasa con cisteína del tipo de la papaína, y una subunidad pequeña (~ 30 kDa), que es común a cada isoenzima. Los extremos C-terminales de cada subunidad tienen dominios capaces de unirse a Ca^{2+} (Figura 5).

La sobreactivación de las calpaínas –lo que puede ocurrir al aumentar la concentración intracelular de Ca^{2+} – está implicada en numerosas enfermedades, tales como las isquemias cerebral y cardíaca, ictus cerebral, Alzheimer, Parkinson, Huntington, distrofia muscular, cataratas, enfermedades desmielinizantes (como la esclerosis múltiple) y otras enfermedades degenerativas.

Por lo tanto, la disponibilidad de inhibidores eficaces y selectivos de esta enzima pueden ser útiles en estas áreas terapéuticas. Por otro lado, la disponibilidad de estos inhibidores –y, alternativamente, de activadores de calpaínas– pueden ser herramientas útiles para elucidar el papel metabólico y fisiológico de las calpaínas.

***m*-CALPAÍNA: ESTRUCTURA CRISTALINA**



Bode y col. *PNAS* 2000, 97, 588

Figura 5

INHIBIDORES DE CALPAÍNA

La principal potencial aplicación de los inhibidores de calpaína sería como agentes neuroprotectores. En el área terapéutica relacionada con la neuroprotección se han empleado hasta ahora diversas estrategias. Se han usado agentes que actúan sobre la despolarización de membrana y la entrada de Ca^{2+} en las células, o que evitan la producción de radicales libres (antioxidantes), o que son antagonistas de la acción de neurotransmisores. Recientemente se ha prestado mucha atención a los fármacos capaces de bloquear los receptores NMDA para el glutamato; sin embargo, el bloqueo de receptores ionotrópicos de aminoácidos excitatorios puede no ser un método ideal para impedir la acción excitotóxica, ya que estos fármacos tienen efectos secundarios psicomiméticos. Una alternativa interesante para conseguir neuroprotección es el bloqueo de fenómenos celulares 'post-receptor' que están silenciados fisiológicamente; es decir, la búsqueda de bloqueantes selectivos de cascadas metabólicas inducidas por los agentes excitotóxicos. Es previsible que estos fármacos potenciales de acción intracelular, al actuar sobre rutas metabólicas que se activan durante la neurodegeneración, podrían permitir una acción neuroprotectora más eficaz y selectiva.

La sobreactivación de calpaína requiere un aumento continuado de las concentraciones intracelulares de Ca^{2+} , y esta enzima está latente en las células en reposo (es decir, con niveles de Ca^{2+} 'normales'). Por ello, la inhibición de calpaína se presenta como un tratamiento adecuado en enfermedades neurodegenerativas. En base a sus características, es previsible que la inhibición de calpaína tenga menos efectos secundarios en terapéutica humana que el bloqueo de procesos metabólicos previos a su activación en los procesos patológicos, como es el caso del antagonismo del receptor NMDA de glutamato y aspartato, debido a que la calpaína no se activa en condiciones fisiológicas normales y a que la acción de aminoácidos excitatorios es imprescindible para el funcionamiento normal del sistema nervioso.

NUESTRAS APORTACIONES EN EL ÁREA DE
LOS INHIBIDORES DE CALPAÍNA

En la bibliografía se han descrito inhibidores de calpaína²¹. Los rasgos estructurales más frecuentes de estos inhibidores es que son péptidos o peptidomiméticos con pocos aminoácidos (entre 2 y 6) hidrófobos y alguna funcionalidad electrófila, entre las que cabe mencionar α -cetofosfonatos, α -cetofosfinatos, óxidos de α -cetofosfinas, α -cetoésteres, α -cetoácidos, α -cetoamidas, trifluorometilketonas, aldehidos, sales de metilsulfonio, epóxidos, etc. Aparentemente, estos compuestos actúan sobre el dominio tipo papaína de la calpaína, lo que se traduce en una selectividad relativamente

baja, por lo que frecuentemente también son inhibidores de otras proteasas con cisteína (por ejemplo, la papaína) e incluso de proteasas con serina (*serine proteases*). Además, el hecho de que estos compuestos sean derivados peptídicos hace que, en algunos casos, posean algunas propiedades farmacológicas no deseadas, tales como transporte ineficaz a través de membranas celulares o la degradación por peptidasa. En parte debido a estos inconvenientes, aún no se ha encontrado un inhibidor de calpaína con utilidad terapéutica.

En nuestra investigación en esta área, hemos encontrado numerosos inhibidores de μ -calpaína selectivos que, estructuralmente, pertenecen a dos series distintas: los heterociclos y los biarilos. Generalmente, estos compuestos tienen cadenas peptídicas cortas (a veces sólo un aminoácido) unidos a un fragmento no-peptídico: una isoquinolina o un bifenilo (Figura 6). El mecanismo de acción de estos dos tipos de compuestos parece ser diferente. En el caso de las isoquinolinas el doble enlace unido al grupo C(O)-péptido es electrófilo y puede reaccionar con el fragmento de cisteína del dominio tipo papaína de la calpaína. Alternativamente, los derivados de bifenilo no poseen esta funcionalidad, por lo que pensamos que su mecanismo de acción es interfiriendo la activación de la calpaína por el ión Ca^{2+} .

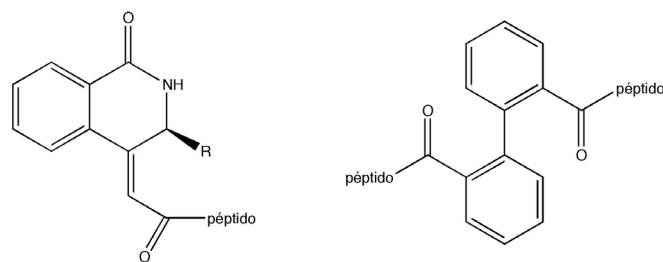


Figura 6

En el curso de nuestro trabajo hemos descrito algunos de los inhibidores más potentes de la μ -calpaína, con valores de IC_{50} en el rango nanomolar y picomolar²². Algunos ejemplos se muestran en las Figuras 7-9²³.

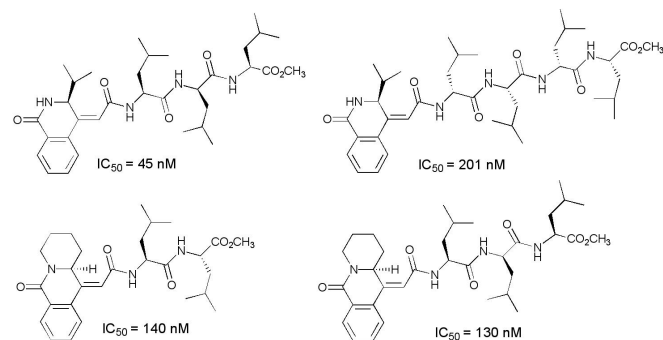


Figura 7

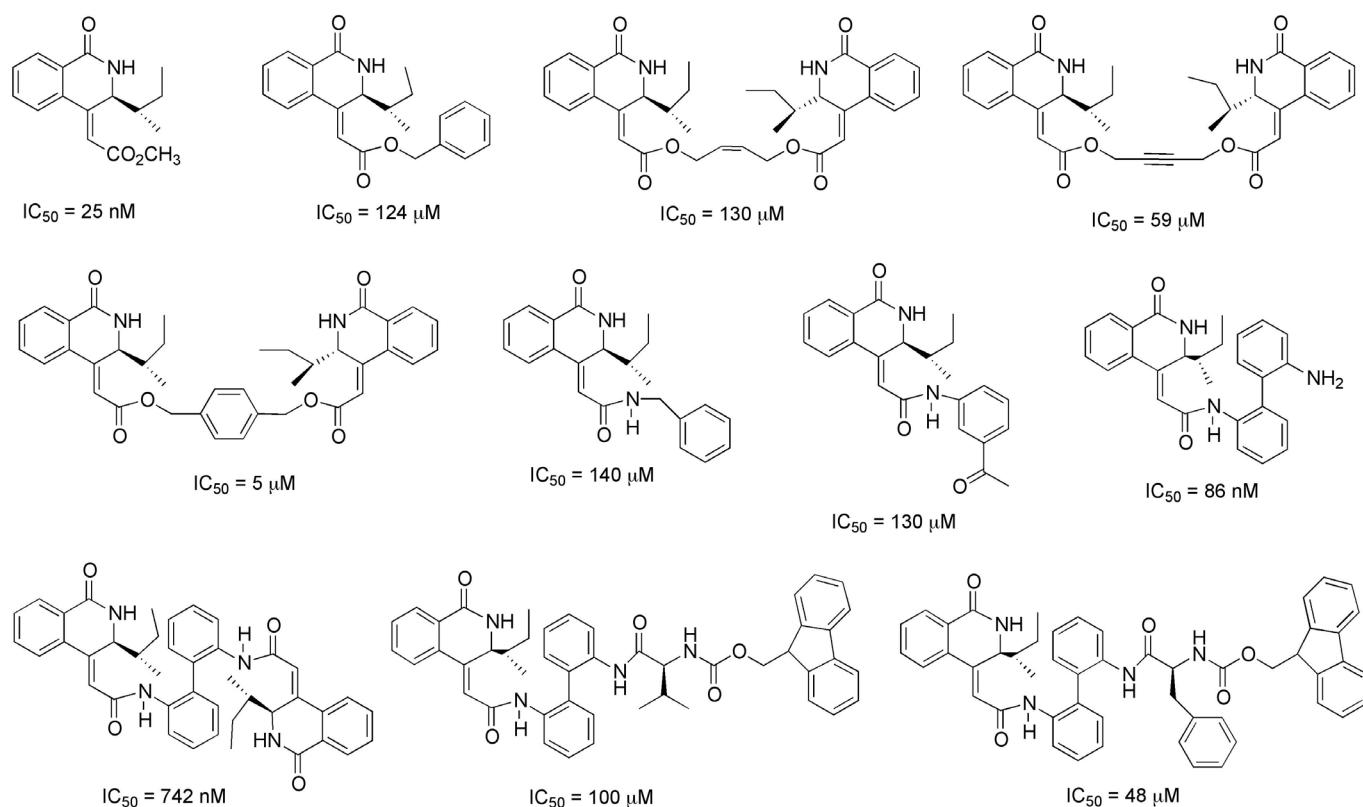


Figura 8

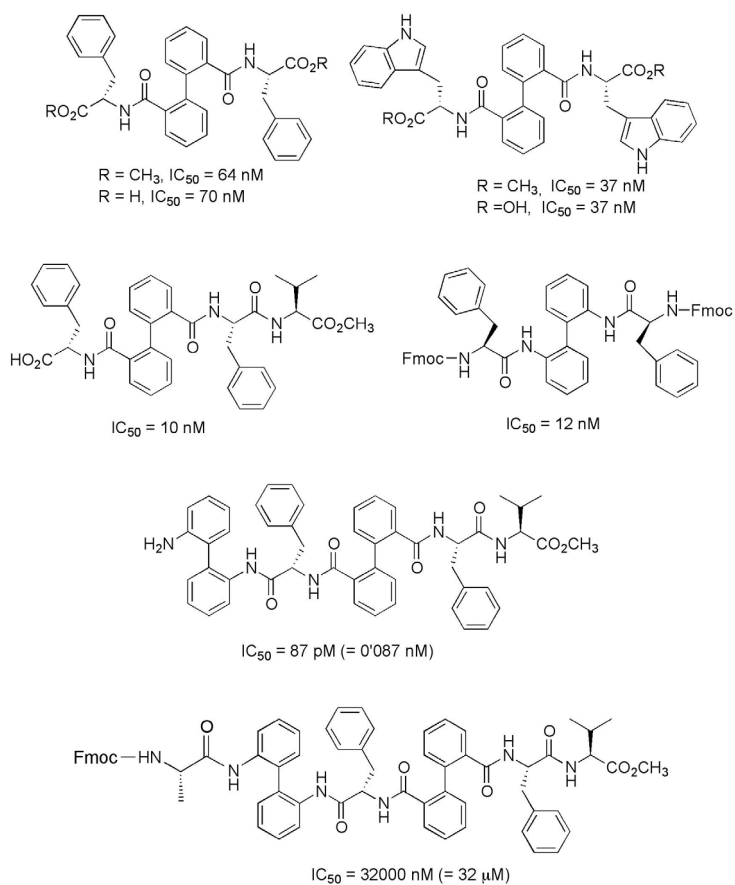


Figura 9

CONCLUSIÓN.

En este artículo hemos puesto de manifiesto el impacto que la química tiene en nuestra sociedad, especialmente en aspectos relacionados con nuestra salud²⁴. Nuestra principal aportación en esta área ha sido en la síntesis y estudio biológico de inhibidores de calpaína, una proteasa poco estudiada, pero que puede ser útil para estudiar algunos procesos metabólicos y, cuyos inhibidores podrían ser usados como fármacos en ciertos procesos degenerativos.

AGRADECIMIENTOS.

El autor desea agradecer a sus colaboradores en el IQOG-CSIC por su trabajo en este tema, que ha sido financiado por diversas agencias nacionales, autonómicas e internacionales, así como la Fundación MAPFRE y 'la Caixa'. Actualmente el proyecto activo en nuestro grupo es el MAT2014-54994-R del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO).

REFERENCIAS Y NOTAS

1. La relación entre las ciencias, el reduccionismo frente a la autonomía científica, es objeto de debate en la filosofía de la ciencia. Para una discusión sobre este tema, ver B. Herradón en <http://bit.ly/2wZ89La> (2009, visitada el 13 de septiembre de 2017).
2. E. T. Bell, *Mathematics (Queen and Servant of Science)*, G. Bell & Sons Ltd., 1952.
3. B. Herradón en <http://bit.ly/2xYWUli> (2010, visitada el 13 de septiembre de 2017).
4. Muy frecuentemente, los químicos preparan sustancias naturales –a veces como reto científico (imitar a la naturaleza), y otras veces por razones prácticas-. Muchas sustancias naturales con aplicaciones farmacéuticas (por ejemplo, todas las vitaminas excepto la B12) se obtienen, a escala industrial, por síntesis y no aislando-las de la fuente natural. Generalmente, a través de la síntesis química se consigue un producto de mayor pureza y de manera más barata.
5. Manfred Eigen (nacido en 1927, Premio Nobel de Química en 1967) en el prefacio de El libro de la química moderna, escrito por Joachim Rudolph, de 1971, publicado en castellano por Ediciones Omega en 1973.
6. E. J. de la Rosa, en <http://www.madrimasd.org/blogs/torredemarfil/?p=312> (2016, visitada el 15 de septiembre de 2017).
7. B. Herradón, *Los avances de la química*, Editorial Catara, 2011.
8. M. Vallet-Regí, *Biomateriales*, Editorial Catara, 2013.
9. Para más detalles, ver el dossier científico de la revista de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (SEBBM, 2011, #169), en el que se publicaron varios artículos sobre química y biomedicina (editor: B. Herradón-G.); ver <http://www.sebbm.com/169.htm> (visitada el 15 de septiembre de 2017).
10. Estructuralmente, los ácidos nucleicos son una secuencia de nucleótidos unidos por enlaces fosfodiéster (un derivado del ácido fosfórico). Cada nucleótido está formado por un carbohidrato –ribosa, para el ácido ribonucleico (ARN), o desoxirribosa, para el ADN), el grupo fosfato y un heterociclo nitrogenado, a la que se designa como la base, esta denominación (que es universal) es errónea, pero tiene raíces históricas que no se pueden cambiar. La estructura química de la base permite distinguir a los diferentes nucleótidos.
11. Los lípidos son un grupo heterogéneo de moléculas formadas principalmente por carbono e hidrógeno y, en algunos casos, oxígeno, cuya característica común es que son hidrófobas (no les 'gusta' interaccionar con el agua). Algunos lípidos son esteroides –el más importante es el colesterol, una molécula esencial para la vida- y otros son grasas, formadas por la unión de un poliol –generalmente la glicerina o glicerol- y un ácido graso. Debido a su propiedad –'repelente' del agua- estas biomoléculas son perfectas para aislar el interior de la célula (fase acuosa) del exterior (también acuoso), impidiendo que haya un intercambio descontrolado de materia entre el interior y el exterior de la célula.
12. Una macromolécula es una molécula de gran tamaño (con una masa molecular de varios miles de Daltons) formada por la unión de fragmentos más pequeños –denominados monómeros-. Las macromoléculas esenciales para la vida se

- denominan biomacromoléculas, como los polisacáridos, los ácidos nucleicos y las proteínas.
13. En química, el término aromático también tiene reminiscencias históricas y se asociaba al olor de este tipo de sustancia. Actualmente no tiene nada que ver con sus propiedades odoríferas. Una molécula es aromática si tiene propiedades similares al benceno, es decir, un modo determinado de reactividad, estabilidad termodinámica, ciertas características estructurales y propiedades magnéticas peculiares. Un compuesto aromático puede interactuar con otras especies químicas, desde otros compuestos aromáticos a cationes metálicos. Los compuestos aromáticos son ubicuos en nuestro entorno. Estas interacciones son las responsables de las propiedades –biológicas o tecnológicas– de los materiales basados en moléculas aromáticas. Los aminoácidos proteinogénicos aromáticos son la fenilalanina, la tirosina, el triptófano y la histidina.
 14. Un enlace de hidrógeno (EH) es un tipo de interacción no-covalente (de origen electrostático) que se produce cuando un átomo de hidrógeno unido covalentemente a un átomo electronegativo (oxígeno, nitrógeno, halógeno, a veces, carbono, azufre o fósforo) es compartido con otro átomo electronegativo. En las proteínas, el grupo N-H del enlace amida de uno de los aminoácidos actúa como dador de EH y el grupo carbonilo (C=O) de otro aminoácido es el aceptor del EH a través del átomo de oxígeno.
 15. Pauling ha sido uno de los químicos más brillantes del siglo XX, jugando un papel fundamental en los orígenes de la química cuántica y la biología molecular. Ha sido la única persona en recibir dos Premios Nobel sin compartir, el de Química en 1954 y el de la Paz en 1962.
 16. La catálisis es el fenómeno en el que una sustancia química (catalizador) aumenta la velocidad de una reacción sin consumirse en el proceso.
 17. La hemoglobina es una de las proteínas más importantes en un organismo. Su elucidación estructural (es decir, la determinación de su secuencia de aminoácidos y cómo éstos se pliegan) fue un hito científico espectacular, constituyendo el trabajo científico de toda una vida de Max Perutz (1914-2002), por el que recibió el Premio Nobel de Química en 1962 (<http://bit.ly/2wulsRV>, visitada el 15 de septiembre de 2017). Pocas veces, un investigador tiene la paciencia de dedicar tanto tiempo y esfuerzo a un tema.
 18. El metabolismo es el conjunto de reacciones químicas en el interior de una célula.
 19. Fueron descubiertas a finales de los años 1970s y originalmente denominadas proteasas neutras activadas por calcio (II) (CANP). Según la clasificación de la International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB, <http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/>, visitada el 3 de septiembre de 2017) pertenecen a la clase EC 3.4.22, estando relacionadas con la papaína, las cathepsinas y algunas caspasas (las que son de tipo cysteine protease). Hay que notar que la clasificación de la IUBMB está basada en la reacción que la enzima cataliza más que en similitudes estructurales.
 20. Las calpaínas constituyen la familia C2 de en la base de datos MEROPS (<http://bit.ly/2wuBkns>, visitada el 3 de septiembre de 2017). Esta base de datos solo clasifica peptidasas/proteasas. Lo hace de un modo jerárquico, estableciendo similitudes estructurales y funcionales entre las proteínas (N. D. Rawlings, A. J. Barrett, A. Bateman, *Nucleic Acids Res.* 2012, 40, D343). La información sobre la familia de las calpaínas se puede encontrar en <http://bit.ly/2euGppg>. Los sitios webs han sido visitados.
 21. K. E. Low et al. *J. Med. Chem.* 2017, 59, 5403.
 22. Nanomolar significa que usamos concentraciones del orden de 10^{-9} molar (M) y picomolar en el rango de 10^{-12} M. Los valores de IC₅₀ es la concentración del inhibidor para reducir al 50% la actividad de la enzima. Cuanto más baja sea la concentración, mejor inhibidor, aunque, para su aplicación como fármacos, hay otros factores muy importantes como el transporte celular, la estabilidad y la toxicidad.
 23. M. Alonso, R. Chicharro, C. Miranda, V. J. Arán, M. A. Maestro, B. Herradón, *J. Org. Chem.* 2010, 75, 342; y referencias citadas en este artículo.
 24. El autor de este artículo es el director del curso de divulgación Los Avances de la Química y su Impacto en la Sociedad, que en 2017-8 celebra su sexta edición. Para más información, ver <http://www.losavancesdelaquimica.com/> (visitada el 15 de septiembre de 2017).

El Cultivo celular 2D y 3D en el estudio de la interacción célula-partículas metálicas: Un estudio con partículas de desgaste derivadas de una aleación CoCr de aplicación como material ortoprotésico

BLANCA TERESA PÉREZ-MACEDA, M^a ENCARNACIÓN LÓPEZ-FERNÁNDEZ Y ROSA MARÍA LOZANO.

Laboratorio de Reconocimiento Célula-Biomaterial. Departamento de Biología Celular y Molecular. Centro de Investigaciones Biológicas (CIB-CSIC).

LA ALEACIÓN CoCr CON ALTO CONTENIDO EN CARBONO COMO MATERIAL PROTÉSICO

Las aleaciones de cobalto-cromo (CoCr) con alto contenido en carbono son materiales metálicos que se utilizan en la práctica clínica para la sustitución de distintos tipos de articulaciones, entre las que se encuentra su utilización en el reemplazo de la articulación o artroplastia de cadera. Su aplicación como material ortoprotésico se debe a las propiedades que presentan estos materiales entre las que cabe destacar una baja tasa de corrosión y una considerable resistencia al desgaste¹⁻⁴. Su excelente resistencia a la corrosión se basa en la formación sobre la superficie metálica de una película pasiva muy estable, continua, altamente adherente y protectora⁴. Esta película pasiva evita la degradación de las aleaciones siendo una de las barreras cinéticas que previene la corrosión del implante⁵. Sin embargo, debido al desgaste y a la disolución electroquímica o una combinación de estos dos procesos, se liberan partículas e iones metálicos en los pacientes implantados⁵⁻⁷. Son precisamente estas partículas metálicas que se liberan por desgaste del material las que pueden causar la pérdida de hueso (osteolisis) en el entorno del implante, una situación que puede eventualmente desencadenar el fallo de la prótesis y la consiguiente necesidad de reemplazar el material implantado, lo que implica someter al paciente a una segunda intervención quirúrgica, con el perjuicio que representa para el propio paciente y el incremento del coste socio-sanitario asociado a esta nueva intervención⁶⁻⁸.

Una vez que el material se implanta se producen una serie de respuestas en la interfaz del biomaterial y el en-

torno celular circundante que son las que finalmente van a determinar la biocompatibilidad del implante. Cuando se implanta un material en el hueso tienen lugar una secuencia de eventos que incluye la formación del callo óseo seguida de la remodelación del tejido óseo⁹. La comprensión de las respuestas celulares y tisulares a los biomateriales es aún hoy en día incompleta. Son muchos los factores que contribuyen e influyen en la respuesta biológica de los tejidos a los materiales implantados y viceversa. Entre los factores se incluyen el entorno celular y tisular de implantación, la duración del implante así como el efecto de las partículas generadas por los procesos de desgaste y corrosión que experimenta el material implantado¹⁰. Por todo esto, uno de los objetivos principales es comprender con la mayor precisión posible las consecuencias de la interacción de las partículas de desgaste con las células, especialmente con las células óseas, que están en contacto íntimo durante el período de curación posterior a la implantación y que son necesarias para el crecimiento óseo que permitirá la estabilización mecánica y la supervivencia a largo plazo del implante^{11,12}.

EL CULTIVO CELULAR 2D Y 3D EN EL ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN OSTEÓBLASTO-PARTÍCULA

La necesidad de entender la interacción entre las partículas de desgaste y el osteoblasto ha motivado la búsqueda de modelos experimentales que permitan llevar a cabo este estudio. Nuestro laboratorio ha abordado recientemente esta investigación mediante un análisis de la respuesta celular en dos modelos¹³, como son los cultivos celulares 2D y 3D. La elección de estos dos sistemas experimentales se fundamenta en que el modelo del cultivo 2D proporciona principalmente información sobre los eventos que tienen lugar en la interfaz célula-partícula¹⁴ y el modelo de cultivo 3D ofrece una arquitectura semejante a la tisular en el que se promueven procesos como son la diferenciación celular y la organización de los tejidos, en los que la difusión y el transporte de biomoléculas juegan un papel importante^{15,16}.

complementando de esta manera la información de la interfaz célula-partícula obtenida a partir de los cultivos 2D.

INTERACCIÓN DEL OSTEOBLASTO Y LAS PARTÍCULAS DERIVADAS DE UNA ALEACIÓN COCR CON ALTO CONTENIDO EN CARBONO: UNA COMPARATIVA DE LA RESPUESTA EN CULTIVO 2D Y 3D

La Figura 1 muestra las imágenes, obtenidas en el invertoscopio, de cultivos 2D de osteoblastos de ratón (MC3T3-E1) en ausencia (panel A) y en presencia de partículas de la aleación CoCrHC (panel B). Como puede observarse en el panel B, las partículas metálicas se visualizan como granos negros con forma redondeada en el interior de las células llegando en algunas células a ocupar prácticamente la mitad del volumen celular. La presencia de partículas dentro de los osteoblastos señala la idoneidad del modelo de cultivo celular 2D para estudiar la respuesta del osteoblasto y de esta forma obtener información sobre las respuestas que tienen lugar en la interfaz célula-partícula que suceden en el entorno de la prótesis implantada.

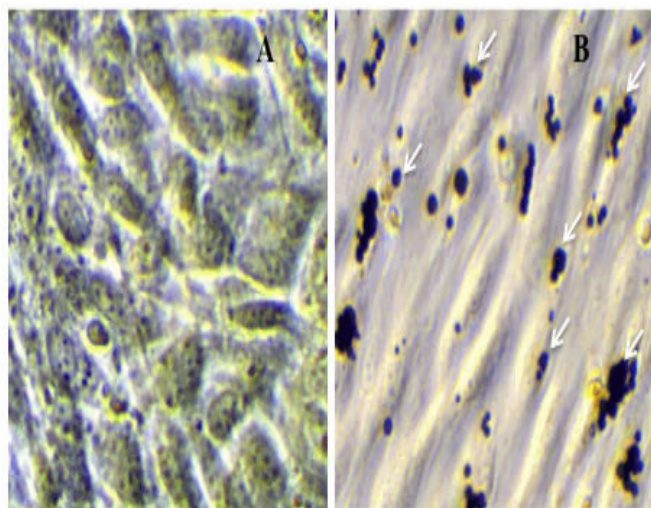


Figura 1. Imágenes de cultivos de 2D osteoblastos MC-T-E1 de ratón. Fotografías de cultivos obtenidos en el invertoscopio en ausencia(A) y en presencia de partículas metálicas de la aleación CoCrHC (B) que se visualizan en el interior de estas células como granos negros con forma redondeada (se indican algunas partículas, a modo de ejemplo con flecha blanca).

La Figura 2 muestra una imagen de Criosem del andamio o scaffold empleado en los cultivos celulares 3D de osteoblastos (panel A), en el que se observa la porosidad que presenta

este material. El scaffold (CellCeram scaffold CM0002) de naturaleza cerámica que se observa en esta figura tiene una composición y una estructura semejante a la del hueso, compuesto por un 60% de hidroxiapatita bioabsorbible y un 40% de fosfato tricálcico, y presenta una estructura esponjosa con una porosidad media del 83% con un tamaño de poro medio de 200-400 μm . Las imágenes de Criosem que se muestran en la Figura 2 se han adquirido en un microscopio electrónico de barrido (Zeiss DSM 960) equipado con un sistema Cryo-trans CT-1500 Oxford para la preparación y observación de muestras congeladas. Este equipo permite la observación de la muestra tal y como se encuentra en el tiempo seleccionado evitando los procesos de secado y deshidratación de las muestras biológicas que en su estado natural están hidratadas, permitiendo de esta manera la observación de las estructuras celulares sin alterar. En la Figura 2 panel B se muestra la imagen de Criosem del scaffold incubado con una solución de partículas metálicas, en la que se observan las partículas en el interior de los poros del scaffold. La Figura 2 en sus paneles C y D muestra a distintos aumentos las imágenes de Criosem de un cultivo 3D de osteoblastos MC3T3-E1 en los scaffolds en presencia de las partículas metálicas. Como se observa en estas imágenes, en presencia de las partículas metálicas los osteoblastos se adhieren a la superficie del scaffold con la morfología que es característica de esta línea celular, una forma

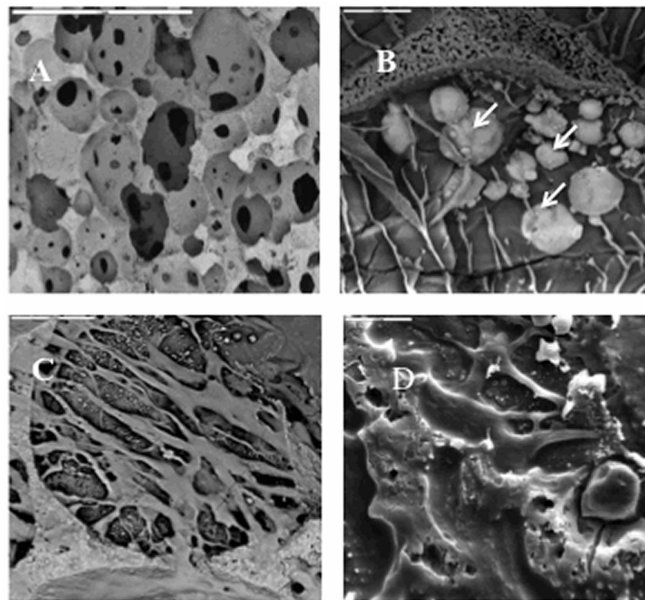


Figura 2. Imágenes de Criosem de los andamios Cellceram empleados en los cultivos celulares 3D de osteoblastos. Panel A: Aspecto del scaffold (escala: 1 mm); Panel B: Scaffold incubado con partículas de la aleación CoCrHC (se indican algunas partículas, a modo de ejemplo con flecha blanca) (escala: 20 μm); Panel C: Osteoblastos MC3T3-E1 en cultivo en scaffolds en presencia de 0.5 mg/ml de partículas de CoCrHC (escala: 50 μm). las células que aparecen en la superficie del andamio presentan extensiones o filopodios. Panel D: detalle de los osteoblastos sobre el scaffold en presencia de 0.5 mg/ml de partículas CoCrHC (escala: 20 μm).

elongada con extensiones celulares o filopodios que permiten la adhesión de las células al soporte en el que crecen. El cultivo celular 3D puede complementar la información obtenida en los cultivos celulares 2D al tener en cuenta una arquitectura más compleja que simula el entorno de la prótesis implantada.

Existen distintos ensayos para evaluar la respuesta celular a la interacción con un material y con los productos derivados de éste como consecuencia de los procesos de desgaste-corrosión. Destacan algunos ensayos enzimáticos sencillos que permiten valorar la biocompatibilidad del material y sus subproductos¹⁷, como es la medida de la respiración mitocondrial del cultivo mediante la reducción de una sal de tetrazolio con el kit WST-1 (Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Germany), que es directamente proporcional al número de células metabólicamente activas en cultivo.

La Figura 3 panel A muestra en cultivos 2D el efecto de distintas concentraciones de partículas metálicas sobre la respiración mitocondrial de osteoblastos MC3T3-E1. Las partículas metálicas de la aleación CoCrHC proceden de ensayos de desgaste-corrosión pin-en-disco en los que se utiliza como pin una bola de alúmina y como disco una aleación CoCrHC de grado médico de Biomet. Los ensayos de desgaste-corrosión se realizan en una solución de cloruro sódico al 0,9 % manteniendo la temperatura a 37 ± 1 °C y aplicando una fuerza de 5N, una velocidad de rotación de 120 rpm y realizando 106 ciclos de rotación que simula el desgaste experimentado por una persona andando durante un año¹⁸. Como puede observarse en la Figura 3 panel A, la exposición a las partículas de desgaste produce un aumento en la actividad mitocondrial de los osteoblastos, incremento que es directamente proporcional a la dosis de partículas a la que se exponen las células en el cultivo 2D, siendo la concentración más elevada de partículas ensayada (2 mg/ml) la que produce un aumento en la respiración de cuatro veces respecto a la respuesta de los osteoblastos en ausencia de partículas. Este incremento en la actividad respiratoria producida en la interfaz osteoblasto-partícula podría estar relacionado con el estrés oxidativo que experimentan estas células cuando se exponen a materiales metálicos¹⁷.

La Figura 3 panel B muestra el efecto de las partículas metálicas sobre cultivos 3D de osteoblastos. En estos cultivos, la presencia de las partículas de desgaste apenas tiene efecto sobre la actividad respiratoria de los osteoblastos y no se detecta un aumento en la respiración de los osteoblastos dependiente de la dosis de partículas ensayadas, como se observa en los cultivos 2D. Hay que señalar que el andamio produce un ligero incremento en la respiración mitocondrial del cultivo, aumento que muy probablemente esté relacionado con una ligera respuesta de estrés que es consecuencia de la adhesión de las células al scaffold en los cultivos 3D.

Los ensayos realizados en el modelo 3D, en comparación con la respuesta en los cultivos 2D, muestran un efecto atenuado de las partículas metálicas sobre la actividad

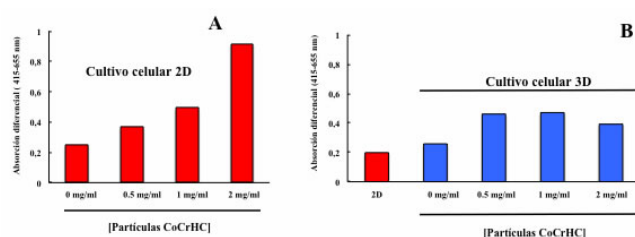


Figura 3. efecto de la concentración de partículas metálicas CoCrHC sobre la respiración mitocondrial de osteoblastos MC3T3_E1 en cultivos 2D y 3D y Panel B: cultivo celular 3D

respiratoria de los osteoblastos. Este resultado podría estar relacionado con la unión de algunas partículas metálicas a los scaffolds ya que la hidroxiapatita, que es el componente principal del andamio y también del hueso, tiene una alta reactividad con los metales¹⁹. Esta reactividad podría disminuir la concentración efectiva de partículas metálicas en los cultivos 3D, lo que podría explicar el menor efecto observado sobre la actividad respiratoria de los osteoblastos en estos ensayos. En cualquier caso, los datos de los cultivos 3D sugieren y podrían indicar que la hidroxiapatita del hueso funciona como reservorio de las partículas metálicas formadas durante los procesos de desgaste-corrosión. Es importante por tanto considerar la posible acumulación en el hueso de las partículas metálicas derivadas del desgaste-corrosión del material implantado y su repercusión en el metabolismo óseo y en la salud del paciente, ya que puede tener una gran relevancia en la aparición y formación de pseudotumores que se han observado en algunos pacientes con este tipo de implantes metálicos^{20, 21}.

Este artículo quiere mostrar la aportación y el beneficio de los modelos de cultivo celular aquí descritos en el estudio de la interacción célula-metal: el cultivo celular 2D como modelo para estudiar la respuesta en la interfaz célula-partículas y el cultivo 3D con una arquitectura más compleja que representa mejor las condiciones que acontecen *in vivo* y que pueden explicar mejor la sintomatología y los resultados obtenidos en los pacientes implantados.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras de este trabajo quieren agradecer al Ministerio de Economía y Competitividad de España la financiación de los proyectos MAT2011-29152-C02-02 y MAT2015-67750-C3-2-R que han permitido realizar esta investigación. A las Dras. Cristina García Alonso y M^a Lorenza Escudero (CE-NIM-CSIC) por realizar los ensayos de desgaste-corrosión y proporcionar las partículas metálicas ensayadas. A Fernando Pinto por la excelente asistencia técnica para adquirir las imágenes del Criosem en Instituto de Ciencias Agrarias (ICA-CSIC).

REFERENCIAS

- Silva, M., Heisel, C., Schmalzried, T. P. (2005) Metal-on-Metal Total Hip Replacement. *Clinical Orthopaedics & Related Research*. 430, 53-61. PMID:15662304. DOI: 10.1097/01.blo.0000149995.84350.d7
- Yan, Y., Neville, A., Dowson, D., Williams, S. (2006) Tribocorrosion in implants-assessing high carbon and low carbon Co-Cr-Mo alloys by in situ electrochemical measurements. *Tribol. Int.* 39, 1509-1517. DOI: 10.1016/j.triboint.2006.01.016
- Yan, Y., Neville, A. and Dowson, D. (2007) Tribo-corrosion properties of cobalt-based medical implant alloys in simulated biological environments. *Wear* 263, 1105-1111. DOI: 10.1016/j.wear.2007.01.114
- Milosev I. (2012) CoCr alloy for biomedical applications, in: *Biomedical applications. Modern Aspects of Electrochemistry*, Vol. 55, S. Djokic (Ed.). Springer Science+Business Media, New York, pp1-72. DOI: 10.1007/978-1-4614-3125-1_1
- Arnholdt, C.M., MacDonald, D. W., Malkani, A.L., Klein, G.R., Rinnac, C.M., Kurtz, S.M., Implant Research Center Writing Committee., Kocagoz, S.B., Gilbert, J.L. (2016) Corrosion Damage and Wear Mechanisms in Long-Term Retrieved CoCr Femoral Components for Total Knee Arthroplasty. *J. Arthroplasty* 31, 2900-2906. DOI: 10.1016/j.arth.2016.05.006
- Billi, F., Benya, P., Ebrahimzadeh, E., Campbell, P., Chan, F. and McKellop, H.A. (2009) Metal wear particles: What we know, what we do not know and why. *SAS Journal*. 3, 133-142. DOI: 10.1016/j.esas.2009.11.006
- Hosman, A.H., van der Mei, H.C., Bulstra, S.K., Busscher, H.J. and Neut, D. (2010) Effects of metal-on-metal wear on the host immune system and infection in hip arthroplasty. *Acta Orthop.* 81, 526-534. DOI: 10.3109/17453674.2010.519169
- Catelas, I., Bobyn, J.D., Medley, J.B., Krygier, J.J., Zukor, D.J. and Huk, O.L. (2003) Size, shape, and composition of wear particles from metal-metal hip simulator testing: Effects of alloy and number of loading cycles. *J. Biomed. Mater. Res.* 67A, 312-327. DOI: 10.1002/jbm.a.10088
- Fernández-Tresguerres-Hernández-Gil I, Alobera Gracia MA, del Canto Pingarrón M, Blanco Jerez L. Physiological bases of bone regeneration I. Histology and physiology of bone tissue. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006;11:E47-51.
- Tuan, R.S., Lee F.Y., Konttinen, Y., Wilkinson, J.M. and Smith, R. L. (2008) What are the local and systemic biologic reactions and mediators to wear debris, and what host factors determine or modulate the biologic response to wear particles? *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 16, S42-S48. PMCID: PMC2714366; NIHMSID: NIHMS93906.
- Hallab, N.J. and Jacobs, J.J. (2009) Biologic effects of implant debris. *Bull. NYU. Hosp. Jt. Dis.* 67, 182-188. PMID: 19583551
- Gallo, J., Kamínek, P., Tichá, V., Řiháková, P. and Ditmar, R. (2002) Particle disease. A comprehensive theory of periprosthetic osteolysis: a review. *Biomed. Papers.* 146, 21-28. DOI:10.5507/bp.2002.004
- BT Pérez-Maceda, ME López-Fernández, I. Díaz, A. Kavanagh, F. Billi, ML Escudero, MC García-Alonso, RM Lozano. "Osteoblasts MC3T3-E1 response in 2D and 3D cell cultures models to high carbon content CoCr alloy particles. Effect of metallic particles on vimentin expression". *Journal of Materials Science Research.* 6, 41-55 (2017). doi:10.5539/jmsr.v6n4p41
- Fagali, N.S., Grillo, C.A., Puntarulo, S. and Fernández-Lorenzo, M.A. (2015) Biodegradation of metallic biomaterials: its relation with the generation of reactive oxygen species, in: Catalá A. (Eds.), *Reactive oxygen species, lipid peroxidation, and protein oxidation*, Nova Science Publishers, New York, pp. 127-140. ISBN: 978-1-63321-886-4
- Lee, J., Lilly G.D., Doty, R.C., Podsiadlo, P., Kotov, N.A. (2009) In vitro toxicity testing of nanoparticles in 3D cell culture. *Small.* 5, 1213-1221. DOI: 10.1002/smll.200801788
- Huh, D., Hamilton, G.A., Ingber, D.E. (2011) From 3D cell culture to organs-on-chips. *Trends in cell biology.* 21, 745-754. DOI: 10.1016/j.tcb.2011.09.005
- Lozano, R.M., Pérez-Maceda, B.T., Carboneras, M., Onofre-Bustamante, E., García-Alonso, M.C. and Escudero, M.L. (2013) Response of MC3T3-E1 osteoblasts, L929 fibroblasts and J774 macrophages to fluoride surface-modified AZ31 magnesium alloy. *J. Biomed. Mater. Res. Part A.* 101A, 2753-2762. DOI: 10.1002/jbm.a.34579
- Pourzal, R., Catelas, I., Theissmann, R., Kaddick, C. and Fischer, A. (2011) Characterization of wear particles generated from CoCrMo alloy under sliding wear conditions. *Wear.* 271, 1658-1666. DOI: 10.1016/j.wear.2010.12.045
- Gutowska, I., Machoy, Z. and Machaliński, B. (2005) The role of bivalent metals in hydroxyapatite structures as revealed by molecular modeling with the HyperChem software. *J. Biomed. Mater. Res. A.* 75, 788 -793. PMID: 16138331; DOI: 10.1002/jbm.a.30511
- Satelli, A., Li, S. (2011) Vimentin as a potential molecular target in cancer therapy. *Cell. Mol. Life Sci.* 68, 3033-3046. DOI: 10.1007/s00018-011-0735-1
- Hart, A.J., Satchithananda, K., Liddle, A.D., Sabah, S.A., McRobbie, D., Henckel J., Cobb, J.P., Skinner, J.A. and Mitchell, A.W. (2012) Pseudotumors in Association with Well-Functioning Metal-on-Metal Hip Prostheses. *J. Bone Joint. Surg. Am.* 94, 317-325. DOI: 10.2106/JBJS.J.01508

Apadrina la Ciencia: una Asociación de científicos para la sociedad

JUAN JOSÉ SANZ EZQUERRO

Promotor y Vocal de Apadrina la Ciencia

Científico Titular del CSIC en el Centro Nacional de Biotecnología

La investigación científica es fuente de progreso y bienestar. Esto es un hecho. Si analizamos los avances que se han producido a lo largo de la historia, vemos que están basados en el conocimiento derivado de los descubrimientos científicos. Los países que comprenden esta evidencia y apoyan la investigación son los países que se convierten en líderes socio-económicos en el contexto internacional. Los que no, están condenados a depender de los anteriores, porque al final acaban aplicando esos avances a un coste mucho mayor, pagando por productos o servicios para los que no disponen de patentes. Se ha repetido en numerosas ocasiones, pero no está de más recordar, que los países ricos no invierten en ciencia porque sean ricos, sino que han llegado a serlo porque previamente han apostado por una economía basada en el conocimiento, la investigación y el desarrollo (I+D). En este sentido, es importante recalcar que los recursos que se dedican a la investigación son siempre una inversión, no un gasto.

Parece claro por tanto que la investigación científica es una característica de las sociedades avanzadas. El apoyo que se presta a esta actividad refleja el interés de un país por disponer de una base de conocimiento que le permita hacer frente a los problemas en temas tan importantes como la salud, la alimentación, la energía, el transporte, las comunicaciones o el medio ambiente. De hecho, si nos paramos a pensar, detrás de todas nuestras actividades cotidianas está la ciencia y los avances científicos, que nos permiten tener un nivel de bienestar cada vez mayor y poder afrontar los nuevos retos que se presentan en un mundo en continuo cambio. Los países con una visión estratégica de futuro apuestan por la investigación como motor de progreso, no sólo estrictamente económico sino también social. Y lo hacen como una apuesta sólida y continuada, incluso en tiempos de crisis como los actuales.

¿Cuál es la posición de España en este ámbito? Lamentablemente, la ciencia en España no ha gozado nunca del apoyo que se merece en base a lo expuesto anteriormente. Por motivos cuyo análisis escapa al contenido de este artículo, la investigación no ha sido lo suficientemente valorada en nuestro país a lo largo de la historia. El desinterés político por la investigación es un mal endémico que no hemos sido capaces de solucionar. Ni siquiera en los momentos de bonanza hemos alcanzado los niveles de inversión que caracterizan

a países más avanzados, a los que queremos equipararnos. El porcentaje del PIB dedicado a investigación por parte del sector público es muy inferior al requerido para lograr colocar la actividad investigadora como motor económico. La implicación del sector privado está muy por debajo de la de otros países y del potencial real de nuestras empresas. El tan cacareado cambio de modelo productivo, una necesidad real si queremos que España sea una potencia en conocimiento y desarrollo, no se termina de plantear seriamente y la ausencia de un programa sólido de I+D a largo plazo es bien patente. Y no se trata sólo de una falta de inversión, sino también del empeño en someter a la actividad investigadora a una normativa rígida e inútil que entorpece y complica el desempeño de la actividad científica. A pesar de las declaraciones periódicas acerca de la necesidad de cambiar esta situación, no se llegan a adoptar medidas reales que incidan en el sistema.

Sin embargo, esto contrasta con el interés de la sociedad por la investigación y la alta valoración de los científicos como profesionales, manifestado en las encuestas de percepción social sobre ciencia y tecnología. Los ciudadanos aprecian el conocimiento y declaran la necesidad de aumentar la inversión en investigación. Sin embargo, hay algunos indicadores en esas y otras encuestas que muestran también que la educación científica de la sociedad es mejorable. Hay conceptos científicos elementales que no se comprenden. Y el trabajo de los investigadores no se conoce realmente, perdurando en muchos casos el estereotipo de los científicos como genios o locos, encerrados en sus laboratorios y completamente inaccesibles. Y ésa es la raíz del problema. Si no se comprende cómo trabajan los investigadores, en qué y para qué, es muy difícil lograr la conciencia social que presione e influya en los políticos, haciendo que se tomen medidas para que la situación cambie. Y en este sentido, los científicos tenemos una clara responsabilidad. Debemos acercarnos a la sociedad. Explicar nuestra tarea de forma clara y accesible, desmitificar nuestra profesión. Mostrar a la gente que la ciencia no tiene por qué ser difícil ni árida, sino que es divertida y fascinante y que tiene la capacidad de explicar el mundo que nos rodea, ayudándonos a mejorar nuestra sociedad. Además, el conocimiento basado en evidencias científicas posibilita a los ciudadanos crearse una opinión crítica, con fundamento, acerca de problemas de relevancia. Esto permite la toma de decisiones informadas, libres de manipulaciones e intereses y aleja al ciudadano de charlatanes defensores de pseudociencias y de algunos grupos desinformados que están influyendo en la gente, haciendo que se tomen decisiones basadas no en datos contrastados sino en falsas creencias y que pueden tener consecuencias muy graves para las personas.

Por todo lo expuesto anteriormente, un grupo de científicos del Centro Nacional de Biotecnología, junto con otras personas conscientes del problema, decidimos dar un paso al frente y crear en 2014 la Asociación Apadrina la Ciencia para el fomento de la investigación. Todo comenzó en torno a la mesa, durante las comidas, en esos momentos de descanso y tertulia que ponen un poco de distancia con la rutina diaria. Cansados de la actitud pesimista con respecto a nuestra situación, que aunque justificada sólo nos abocaba al derrotismo, decidimos ilusionarnos con un proyecto en el que, dentro de nuestras limitadas posibilidades, hiciésemos algo proactivo por intentar mejorar las cosas. Y así nació la idea de Apadrina la Ciencia. Una iniciativa que pretendía trasladar a España el espíritu de las organizaciones benéficas sociales anglosajonas (charities) que en muchas ocasiones tienen su foco en la investigación científica.

Una de las fortalezas de Apadrina la Ciencia es el apoyo explícito de más de 230 colegas investigadores, de todos los estamentos, disciplinas y organismos de investigación, algunos de ellos líderes en su campo, que se han sumado a esta aventura. Consideramos que además de las protestas y reivindicaciones, necesarias para pedir un cambio en la situación de la ciencia en España, los científicos debemos tomar la iniciativa y proponer acciones que favorezcan el contacto directo entre los investigadores y los ciudadanos. Queremos conseguir que los científicos tengamos presencia en la sociedad y ser vistos con normalidad como una voz autorizada y de referencia.

Uno de los objetivos de Apadrina la Ciencia es divulgar la ciencia entre los más jóvenes. La educación científica de los niños y jóvenes es la única manera de asegurar que las nuevas generaciones capten desde edades tempranas el gusto por la investigación y asimilen en profundidad la importancia de la ciencia y la necesidad de apoyar su desarrollo. Además, es fundamental fomentar las vocaciones científicas para que los jóvenes decidan estudiar carreras STEM/CTIM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), uno de los perfiles profesionales más importantes para el futuro de la sociedad y que han disminuido de forma preocupante en toda Europa en tiempos recientes.

Apadrina la Ciencia ha adquirido un compromiso muy claro en este sentido. Impartimos charlas divulgativas para escolares en colegios e institutos de educación primaria y secundaria, sobre temas concretos o para explicar la profesión de investigador. Algunas de estas conferencias las realizamos en colaboración con empresas que comparten nuestra filosofía, en el marco de proyectos ya establecidos, como por ejemplo el programa de educación científica de Merck "Spark: Igniting a Passion for Science", cuyo objetivo es inspirar a futuros científicos. Este es un aspecto interesante, pues nos gustaría convencer a más empresas de que la educación científica y la divulgación son un campo excelente para el desarrollo de sus actividades de voluntariado y de respon-

sabilidad social corporativa. Un ejemplo muy satisfactorio en esta línea ha sido la reciente elaboración y publicación de un libro de divulgación titulado "Todos somos científicos", en colaboración con voluntarios de Telefónica. Apadrina la Ciencia coordinó este proyecto y proporcionó supervisión científica a los voluntarios del departamento de facturación de la compañía quienes, en el marco de su "Reto solidario" anual, escribieron este libro en el que se proponen experimentos para realizar en familia y se explica la base científica de los mismos. Además, al ser un libro solidario, los beneficios de su venta y la aportación adicional de la Fundación Telefónica irán destinados a la Asociación Pablo Ugarte, que los dedicará a proyectos de investigación en cáncer infantil. También estamos colaborado con la Fundación Lilly en su proyecto "Citas con la Ciencia", una serie de entrevistas a prestigiosos científicos españoles donde exponen su visión de la investigación en España. Como continuación de las mismas, se están realizando una serie de vídeos donde se tratan temas relacionados con la ciencia, como la comunicación científica o el fomento de vocaciones entre los niños, en los que Apadrina la Ciencia ha tenido la oportunidad de expresar nuestra perspectiva.

Un aspecto que hemos considerado fundamental ha sido el de tener presencia en los medios de comunicación, como plataforma para lanzar nuestro mensaje de apoyo a la investigación. Además de numerosas entrevistas puntuales en distintos programas de radios nacionales y regionales acerca de nuestro proyecto y actividades, colaboramos de manera periódica (una vez cada quince días) con el programa de RNE1 "España Vuelta y Vuelta", un espacio generalista diario que se emite a mediodía, donde tratamos de temas científicos de forma divulgativa. También hemos aparecido en el programa de televisión La sexta columna de la cadena La sexta TV, en un reportaje titulado "I+D: indignación más destierro", donde se trataba la problemática de la investigación y que fue galardonado con el premio periodístico Concha García Campoy. Además, hemos impartido una charla TEDx Barcelona (disponible en youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=8CpDaNP-dkM>), donde expusimos la necesidad de apoyar la investigación. Por otro lado, en una aproximación más heterodoxa, hemos participado en un concurso de televisión de gran audiencia con el fin primordial de dar a conocer nuestra tarea y concienciar a los espectadores de la importancia de la investigación.

Por otro lado, Apadrina la Ciencia tiene una presencia muy significativa en ferias y talleres de ocio, incorporando la ciencia a las actividades lúdicas. Gracias a la colaboración de científicos voluntarios que apoyan nuestra iniciativa, tenemos una cartera de sencillos experimentos dirigidos a niños y jóvenes de distintas edades, que les permiten un acercamiento al método y conceptos científicos de una manera directa y divertida. La ciencia se comprende y se disfruta diseñando y haciendo experimentos, tocando, manipulando y observando. Hemos participado en las últimas cuatro ediciones

de Juvenalia, la principal feria de ocio infantil y juvenil que se celebra en IFEMA (Madrid) en diciembre, con una media de 3000 niños realizando actividades en nuestro stand en la Plaza de la Ciencia. También hemos participado con talleres científicos en el Día Universal de la Infancia organizado por la Comunidad de Madrid. Es una gran satisfacción ver cómo los más pequeños se entusiasman con formas de jugar diferentes, aprendiendo con la ciencia y cómo los más mayores salen con la idea de que dedicarse a la investigación podría ser una buena opción. El impacto en los padres es también fundamental para esa labor de divulgación que perseguimos, transmitiéndoles la normalidad, cercanía y relevancia del trabajo de los científicos.

Un aspecto en el que Apadrina la Ciencia hace hincapié es en la importancia de la denominada ciencia básica, la adquisición de conocimiento como fin en sí mismo. Consideramos que ésta debería ser la motivación fundamental de la aventura científica. El excesivo empeño reciente en dirigir las líneas de investigación hacia problemas aplicados puede tener sentido en algún ámbito concreto, pero el apoyo público a la ciencia debería primar la resolución de problemas fundamentales. Las aplicaciones, como bien ha demostrado la historia con insistencia, llegarán, tarde o temprano y a veces de la forma más inesperada. Por ello, en cada una de nuestras iniciativas resaltamos este punto. Igualmente, el apoyo a todas las áreas del conocimiento es fundamental, ya que aunque hay campos que se prestan más a tener un impacto evidente en el bienestar de la sociedad (salud, comunicaciones), no debemos descuidar disciplinas que parecen menos relevantes *a priori* como las humanidades o las ciencias sociales. Aprender del pasado es un buen método para no cometer los mismos errores y encontrar inspiración para nuevas ideas de futuro, además de promover una sociedad más justa.

Una de las mayores preocupaciones de Apadrina la Ciencia es reivindicar una mayor presencia de la mujer en la ciencia. Para empezar, es necesario reconocer el papel destacado que han jugado las mujeres en la historia de la ciencia y la tecnología. Por otro lado, tenemos un claro compromiso a la hora de atraer a las jóvenes hacia las carreras científico-técnicas, dejando claro que no son territorio exclusivo de los hombres. Aunque en algunas áreas de conocimiento el porcentaje de mujeres estudiantes y científicas se ha equiparado o incluso superado al de los hombres (por ejemplo en las ciencias biomédicas) aún es muy deficitario en los campos más técnicos. En este contexto, dentro de nuestra tarea divulgadora y educativa, participamos activamente en el Día Internacional de la mujer y la niña en la ciencia. Por ejemplo, en 2017 realizamos una actividad en la que estudiantes de un instituto de enseñanza secundaria realizaron preguntas a científicas del Centro Nacional de Biotecnología sobre su trabajo de investigación, que fueron emitidas en directo por el programa de RNE1 con el que colaboramos. Necesitamos establecer referentes de mujeres científicas que sirvan de mo-

delo a los jóvenes y llevamos a cabo una labor activa en este sentido, participando también en la elaboración de un libro de divulgación escrito por mujeres investigadoras.

Además de la divulgación y la educación, el otro objetivo de Apadrina la Ciencia es la captación de recursos para la investigación. En este terreno, nuestro punto de partida es ofrecer a los ciudadanos interesados y comprometidos con la ciencia la posibilidad de canalizar su inquietud solidaria, haciendo aportaciones para la investigación a título individual. En Apadrina la Ciencia consideramos que la financiación de la ciencia tiene que proceder de diversas fuentes, que no son incompatibles ni excluyentes. Ya hemos mencionado que la aportación por parte de las administraciones públicas debería ser una apuesta estratégica de alto impacto, que representara un porcentaje del PIB significativo. También la inversión por parte de las empresas debería aumentar, así como la aportación de mecenas a los que se debería facilitar esta opción con leyes más atractivas. Pero la contribución de las personas a título individual también debería ser una alternativa válida. En España se ve con naturalidad la colaboración con fines sociales o de ayuda al desarrollo en países desfavorecidos. Sin embargo, la aportación a causas científicas y de investigación aún no se incluye con normalidad entre las posibilidades solidarias. El mecenazgo, la filantropía o el patrocinio de la Ciencia en nuestro país supone aproximadamente un 0,6% de la inversión total dedicada a la ciencia. Cifra que está aún muy lejos de alcanzar los niveles de otros países de nuestro entorno, donde en algunos casos están próximas al 5%. Puestos a ser optimistas, una buena noticia es el cambio de la definición de mecenazgo de la RAE que ahora incluye también la protección y ayuda a las actividades científicas. Aunque esto refleja claramente un cambio de percepción, aún queda un largo camino para lograr que particulares, empresas o grandes fortunas incluyan también entre sus objetivos el apoyo a la investigación científica.

Al contrario que otras iniciativas de microdonaciones dirigidas a proyectos concretos (*crowdfunding*), el modelo de Apadrina la Ciencia es recaudar fondos para realizar, cuando se disponga de una cantidad suficiente, convocatorias para contratos o proyectos de investigación. Nuestra idea es ofrecer ayudas en todos los ámbitos de la investigación; dependiendo de los fondos obtenidos, las preferencias de los donantes o las colaboraciones con empresas, priorizaremos unas temáticas u otras en cada convocatoria. Una de las prioridades de Apadrina la Ciencia es la transparencia y el rigor. No se trata sólo de controlar el uso correcto de los recursos, que también, sino de que el destino de los recursos no se decida en base a modas, intereses o argumentos espurios. Por ello, las convocatorias que hacemos desde Apadrina la Ciencia son públicas y los proyectos beneficiarios se deciden a través de comités formados por científicos con contrastada experiencia y externos al patronato de la Asociación. Queremos resaltar este punto: Apadrina la Ciencia realiza una labor altruista ya que los fondos recaudados no se de-

dican a los grupos de los investigadores que han formado la Asociación.

Como científicos que trabajamos en el sistema y conocemos las necesidades reales de los equipos de investigación, consideramos que hay acciones donde con poco esfuerzo económico se pueden obtener grandes beneficios. Por ejemplo, en las etapas finales del desarrollo de una tesis doctoral, si un investigador o su grupo se queda sin financiación, apoyar en ese momento puede completar la ejecución de un proyecto en el que ya hay mucho trabajo invertido y que seguramente, con un tiempo adicional, dará todos sus frutos (nuevos descubrimientos, publicaciones, patentes). Por ello, nuestra prioridad es poder ofrecer contratos de investigación para jóvenes científicos en estas circunstancias. Otra apuesta de Apadrina la Ciencia es apoyar el establecimiento de nuevos grupos de investigación, liderados por jóvenes científicos con gran potencial que al retornar a nuestro país, por ejemplo después de una estancia en el extranjero, encuentran dificultades para instalarse. O bien otorgar becas de formación para nuevos investigadores. Todas estas acciones permiten la incorporación y el mantenimiento de investigadores en el sistema de ciencia y tecnología.

En este contexto, Apadrina la Ciencia ofrece numerosas herramientas para las personas interesadas en colaborar con nosotros. Desde hacerse socio de la Asociación con aportaciones periódicas o puntuales, hasta las donaciones en mercadillos y ferias científicas en las que participamos. Por ejemplo, hemos participado en varias ocasiones en el mercadillo solidario de la compañía ENAIRE y también en la Feria Solidaria de la Fundación Mapfre. Por otro lado, gracias a la generosidad de artistas y productores, hemos organizado eventos culturales solidarios, como representaciones de teatro y exposiciones de arte (ciclo ConCienciArte), en los que la recaudación ha ido íntegramente a nuestra Asociación. Este es un campo de actuación en el que trabajamos muy activamente.

Otra posibilidad que ofrece Apadrina la Ciencia es dedicar recursos o donaciones especiales para acciones concretas. Por ejemplo hacer un legado o donar una herencia para dedicarlo a proyectos de investigación específicos. O una donación para un premio de tesis doctoral. En este sentido, ha sido muy satisfactoria una acción que hemos podido realizar este último año gracias a la donación de un niño, Miguel, que nos cedió el importe de sus regalos de primera comunión para dotar el I Premio Apadrina la Ciencia a la mejor tesis doctoral en investigación en cáncer infantil, Premio Miguelín. La doctora Cristina Prieto y el grupo donde realizó su tesis doctoral, de la Universidad de Barcelona/Fundación Josep Carreras de lucha contra la leucemia, fueron los galardonados.

Una de las actividades a la que hemos dedicado un gran esfuerzo es a la utilización de la Lotería Nacional como herramienta para captar fondos para la investigación. Esta iniciativa pretende poner en valor la idea del juego solidario,

que de hecho está en el origen de este tipo de juegos de azar. La participación mediante nuevos productos diseñados para compartir los números jugados hace que, además de aumentar las posibilidades de premio, se comparta también la ilusión de un proyecto colectivo con fines científicos solidarios. El uso de este tipo de lotería como fuente de financiación de proyectos sociales, educativos, culturales y científicos está bien implementada en otros países y estamos trabajando para que en España esta alternativa pueda ser un hecho. Por ejemplo, la Lotería Nacional en el Reino Unido destinó en 2016 más de 1.600 millones de libras (unos 2.000 millones de euros) del dinero recaudado a proyectos educativos, sociales y artísticos.

Finalmente, como hemos comentado anteriormente, otro de nuestros objetivos es establecer colaboraciones con empresas. Nuestro logro más importante hasta el momento, ha sido la ayuda que hemos recibido del programa educativo de la "Ford Motor Company Fund" que nos ha permitido lanzar la I Convocatoria FORD-Apadrina la Ciencia de contratos para jóvenes investigadores. Esta convocatoria estaba destinada a investigadores que se encontraran en su última etapa de tesis doctoral y estaba centrada en dos áreas: i) ciencias naturales y de la salud y ii) matemáticas, ingeniería, tecnología, medio ambiente y energías sostenibles. Se presentaron 65 candidaturas de toda España y de diversas Universidades y Centros de Investigación. Tras un difícil proceso de selección, debido a la gran calidad de los candidatos y al interés científico de todos los proyectos, se concedieron los contratos a Ellen Cotrina del Instituto de Química Avanzada de Cataluña (CSIC), que estudia nuevas terapias para la enfermedad de Alzheimer basadas en el secuestro del péptido amiloide y a Rebeca Martínez del Instituto de Tecnología Química de la Universidad Politécnica de Valencia, cuyo trabajo se centra en el uso de fotocatalisis en aplicaciones sintéticas y medioambientales.

Estamos muy orgullosos de esta acción y de todas las que realizamos, que demuestran que nuestro esfuerzo tiene sentido y que con ilusión, compromiso y duro trabajo, se puede contribuir, aunque sea con un granito de arena, a mejorar la situación de la investigación en nuestro país y, no menos importante, a que la sociedad entienda que el bienestar del futuro pasa por una fuerte y decidida inversión en ciencia. Toda la información de nuestras actividades la colocamos en nuestra página web apadrinalaciencia.org y en nuestras redes sociales Twitter @apadrinaciencia y Facebook Apadrina la Ciencia, donde somos muy activos divulgando noticias científicas. También disponemos de un canal de youtube CoolCiencia, donde colocamos vídeos científicos. No queremos dejar de pasar esta ocasión para pedir tu colaboración y que te unas a nuestra Asociación desde donde buscaremos sinergias con otras organizaciones, instituciones y empresas privadas, ya que pensamos que aunando esfuerzos se podrá conseguir cambiar nuestra sociedad para que la ciencia ocupe el lugar central y destacado que se merece.

Divulgación científica



Juvenalia



Recursos para la investigación

Apadrina la Ciencia

PREMIO "MIGUELÍN" A LA MEJOR TESIS DOCTORAL EN CÁNCER INFANTIL

TU TESIS ES SU ESPERANZA

El premio reconocerá la mejor tesis doctoral realizada en España sobre cáncer infantil defendida entre el **1 de enero y el 30 de junio del 2017**

Este premio está dotado con 5.940 € gracias a Miguel, un niño de 10 años que generosamente ha donado el importe íntegro de sus regalos de Primera Comunión.

Las candidaturas podrán presentarse hasta el 30 de junio del 2017

apadrinalaciencia@gmail.com

BASES

www.apadrinalaciencia.org



I Convocatoria de Contratos de Investigación para Científicos en Formación

www.apadrinalaciencia.org

BASES

Las candidaturas se presentarán hasta el **15 de septiembre del 2017**

Ford España y **Apadrina la Ciencia**

unen esfuerzos para financiar dos contratos de investigación de un año para completar el trabajo de tesis doctoral de dos científicos.

Los candidatos pueden trabajar en áreas de Ciencias, Salud, Matemáticas, Ingeniería, Tecnología, Medio Ambiente y Energías Sostenibles.

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACIÓN

Madrid, 23 de noviembre de 2017



De izquierda a derecha, Fernando García Lahiguera, Cristina Balbás, Pedro Serena Domingo, Antonio Ferrer Montiel, Elena García Armada, Enrique J.de la Rosa, Cesar Nombela, José Antonio de la Puente, Manuel Seara Valero

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

Es un placer el coincidir con todos vosotros en este acto, sin duda la actividad más entrañable de la Asociación Española de Científicos. Esta noche, mediante la concesión de las Placas de Honor, queremos poner de manifiesto el esfuerzo personal y corporativo en el progreso y la valoración de la ciencia, la investigación y la tecnología en España. Y es ésta una ocasión un poco especial, pues cumplimos 20 ediciones y vamos a entregar la Placa de Honor número 100.

Cien placas –105 para ser exactos– es un esfuerzo considerable para nuestra pequeña asociación. Sin embargo, la ciencia, la investigación, la transferencia del conocimiento, el

desarrollo tecnológico y la divulgación científica en España se merecerían mucho más. Sea este acto, al igual que los 19 precedentes, no sólo un homenaje a los premiados, sino también un reflejo de la vitalidad del tejido científico español que, contra viento y marea, desafiando el poco aprecio de nuestros gobernantes y administradores, sigue avanzando en la generación del conocimiento y en la resolución de los problemas sociales. Estos dos aspectos en concreto han quedado bien representados a lo largo de estos 20 años mediante la concesión de Placas a científicos individuales, a sabiendas de que están apoyados por todo un equipo, así como a empresas de base tecnológica, encargadas de convertir el conocimiento en soluciones para necesidades y problemas sociales. Más recientemente hemos ido incorporando a periodistas y divulgadores, aliados indispensables para lograr el reconocimiento social de la ciencia, así como

a asociaciones e iniciativas singulares que buscan, como la AEC, la justa valoración de la ciencia y los científicos.

Es frecuente que para reivindicar el valor de la ciencia se acuda a sus réditos económicos. Os sonará, de una forma u otra, aquello de que “los países no investigan porque son ricos, son ricos porque investigan”. Como supongo que la práctica totalidad de los asistentes a este acto estáis razonablemente convencidos de ello, dejadme desarrollar otra línea de argumentación, más importante, si cabe, en la convulsa realidad del mundo actual, la sociedad de la posverdad. Posverdad, según la Fundeu, se refiere a las circunstancias en las que los hechos objetivos influyen menos a la hora de modelar la opinión pública que los llamamientos a la emoción y a la creencia personal. Seguro que no es necesario que os ponga ejemplos de situaciones recientes para que coincidáis conmigo en que el cultivo de la ciencia, del método científico, del pensamiento crítico, de la discusión basada en hechos demostrables y reproducibles, etc., puede ser un contrapunto frente a manipuladores, embaucadores, populistas y demagogos. Dejadme citar palabras de algunos colegas a este respecto:

“La cultura científica hace mejores ciudadanos y aumenta el nivel de exigencia sobre nuestros políticos” (Javier Polavieja y Javier Lorenzo Rodríguez, Departamento de Ciencias Sociales de la UC3M, Madrid).

“Tenemos un problema [...]: un nivel global insuficiente de cultura científica que se manifiesta en un exceso de menosprecio del rigor y la precisión [...] y, consecuentemente,



Enrique J. de la Rosa

en un predominio de opiniones no fundamentadas, sobre las que se llegan a tomar decisiones en todos los ámbitos de lo público” (Xavier Vidal Grau, exrector de la Universidad Rovira i Virgili, Tarragona).

No quiero terminar sin agradecer de nuevo vuestra presencia en este acto, así como la del profesor César Nombela, quien desde la Universidad Complutense de Madrid, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y, actualmente, la Universidad Internacional Menéndez Pelayo ha contribuido ciertamente al progreso y la valoración de la Ciencia en España. El profesor Nombela ha sido tan amable de preparar unas palabras con las que cerraremos el acto de entrega de las Placas y pasaremos a la cena celebración.

ENRIQUE J. DE LA ROSA
Presidente de la AEC

Placa de Honor de la AEC-2017 concedida a Antonio Ferrer Montiel

Señor Rector, autoridades académicas, miembros del Consejo Rector de la Asociación Española de Científicos, premiados, socios, simpatizantes, compañeros y amigos. Para mí es una gran satisfacción poder participar en este entrañable acto de entrega de las placas de honor de la AEC 2017, y ese honor es todavía mayor cuando me corresponde presentar al profesor Antonio Ferrer Montiel, catedrático de Bioquímica y Biología Molecular del Instituto de Biología Molecular y Celular de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH).

Permitidme que desglose brevemente su dilatado curriculum. El profesor Ferrer se licenció en Ciencias Químicas en la Universidad de Alicante en 1985, obteniendo el doctorado en Ciencias Químicas en 1989, por la misma Universidad, logrando el premio Extraordinario de Doctorado. Tras su doctorado realizó una estancia postdoctoral (1990-1998) en los Departamentos de Física y Biología de la Universidad de California en San Diego. En el año 1998 se incorpora al entonces Centro de Biología Molecular y Celular de la UMH donde inició su carrera como científico independiente. En 2011 se convierte en Director del Instituto de Biología Molecular y Celular de la UMH. A lo largo de su trayectoria científica, el profesor Ferrer se ha centrado en realizar una investigación con marcado carácter traslacional en el campo de la neurobiología sensorial y, particularmente, en comprender cómo funcionan los canales iónicos polimodales que responden a estímulos térmicos y químicos. Estos canales que juegan un papel esencial en la transducción del dolor y su modulación farmacológica son un objetivo central en biomedicina. Sus principales líneas de investigación son: Bioquímica y Biología Molecular del Dolor Crónico (inflamatorio, oncológico y neuropático),

Identificación y desarrollo de analgésicos y antiinflamatorios mediante química combinatoria y Diseño y validación de cosmeceúticos.

En su curriculum se aprecia la traslacionalidad al combinar divulgación científica con explotación de resultados. Además, ha colaborado en la gestión del Plan Nacional de I+D como colaborador del área de biomedicina (2007-2011). Ha dirigido 20 tesis doctorales y ha participado en 65 proyectos de investigación competitivos, en la mayoría de ellos como IP. Ha publicado 130 artículos científicos en revistas de alto índice de impacto, 17 patentes concedidas, 15 productos dermoestéticos licenciados y en explotación y 2 productos en desarrollo clínico. Por sus méritos investigadores ha sido galardonado con 4 premios relevantes (Beckman-Coulter, Grunenthal, Alberto Sols y Fundación Esteve) y hoy recibe la Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos.

También deseo destacar su vertiente emprendedora que queda acreditada por ser fundador de 4 empresas de base tecnológica en el ámbito de la biotecnología (DiverDrugs, AntalGenics, Prospera Biotech, Fastbase Solutions).

Ha ocupado diferentes cargos destacando siempre como excelente gestor: Subdirector del Instituto de Biología

Molecular y Celular, de 2005 hasta 2011, Co-gestor Plan Nacional I+D+I de Biomedicina, 2007-2012 y 2016, Coordinador de la Plataforma de Investigación en Piel, desde 2010, Coordinador de la Red Nacional de Canales Iónicos, desde 2010 y Director del Instituto de Biología Molecular y Celular, desde 2011. Desde 2011 forma parte de la Comisión Delegada del Consejo de Gobierno en materia de Propiedad Industrial. En 2015 es nombrado miembro del Consejo de Gobierno de la UMH.

Quisiera concluir trasladando mi más sincera enhorabuena a Antonio y a sus seres queridos por este merecido reconocimiento, y a sus muchos amigos, colaboradores científicos y colegas de profesión.

Asimismo, mi más sincera felicitación a todos los galardonados por la AEC en 2017.

Muchas gracias por su atención.

MANUEL MIGUEL JORDÁN VIDAL

Vicerrector de Investigación e Innovación. Universidad Miguel Hernández de Elche.



De izquierda a derecha, Manuel Jordán Vidal, Enrique J. de la Rosa, Antonio Ferrer Montiel

Respuesta del galardonado

Señor Presidente de la AEC, Señores Vocales de la AEC, galardonados y padrinos, señoras y señores. En primer lugar, quisiera agradecer a Manu el amable desglose que ha realizado de mi trayectoria. No cabe duda de que ver un resumen de tu vida en cinco minutos impresiona, pero como han indicado mis predecesores, todo ello se ha realizado a lo largo de mucho tiempo, lo que ha permitido acumular diversidad de acciones que se han enumerado.

Quisiera también manifestar mi agradecimiento a la AEC por haberme concedido esta distinción que reconoce la labor realizada en los últimos 30 años. No obstante, como ya se ha comentado, quiero también enfatizar que todo ello ha sido posible por contar con el excelente equipo que hoy me acompaña, la doctora Asia Fernández Carvajal y el doctor Gregorio Fernández Ballester. Juntos formamos los tres pilares de un motivado equipo, complementario en sus competencias, cómplice en sus objetivos, y altamente cohesionado por la confianza que nos une. Y, aun así, siendo tres velas de un barco, no se hubiera conseguido ni la mitad de lo desglosado, si no fuera por los remeros que nos ayudan a mover la embarcación, i.e. nuestros estudiantes de grado, de master, de doctorado y nuestros doctores, y al personal de administración y servicios. Ellos son los artífices de los logros científicos y de transferencia. A todos ellos quiero rendirles mi gratitud por su dedicación y apoyo.

Y como no, también quiero reconocer la impronta científica que me dejaron mis maestros. Un científico es fruto del modelado que realizan sus mentores, sin el entusiasmo por la ciencia que me han inyectado no hubiera podido llegar a esta meta. Pepe, José Manuel y Mauricio ¡gracias!

Al igual que muchas personas han sido importantes en mi trayectoria profesional, también lo han sido las Instituciones que me han acogido, pues sin su apoyo difícilmente hubiera podido realizar mi carrera y alcanzar los hitos. Así he de estar agradecido a la Universidad Miguel Hernández (UMH) que me reclutó en 1997 y me ha permitido desarrollar mis objetivos científicos, brindándome su sostén, especialmente en mi empeño de trasladar los resultados obtenidos a la sociedad. Así, la UMH ha sido pionera en fomentar una ciencia traslacional, como demuestra su apuesta y patrocinio a la transferencia tecnológica desde el Vicerrectorado de Investigación e Innovación, primero con la creación de la Fundación Quorum, ahora Fundación UMH, que ha pilotado la creación de más de 60 empresas de base tecnológica que se ubican en el Parque Científico. Y nos acompaña hoy su directora, Antonia Salinas, que ha realizado una labor excelente fomentando la creación de empresas con el fin de aprovechar el conocimiento que se genera en la UMH para trasladarlo a la sociedad. También le estoy agradecido por su presencia y por haber ayudado a materializar nuestros proyectos de emprendimiento.

Siempre he pensado que la cualidad más valorable y valiosa de un científico es la curiosidad. La curiosidad es esencial para la generación del conocimiento que nos ayuda a comprender cómo y por qué funciona la naturaleza. Sin duda la naturaleza es una fuente muy rica en conocimiento, adquirido a lo largo de una evolución asombrosa. El estudio de la naturaleza nos ha definido las reglas, principios y bases del conocimiento actual, que han derivado en las aplicaciones tecnológicas y biomédicas que conocemos y de las que nos beneficiamos. Sin los avances realizados por la naturaleza en su proceso evolutivo difícilmente hubiéramos llegado al nivel de desarrollo que disfrutamos. Y la curiosidad de los científicos ha hecho posible descubrir los secretos tan celosamente guardados por ésta. Sin la curiosidad científica no hubiera sido posible el conocimiento adquirido, y sin éste no hubiera llegado la innovación y el progreso. Indudablemente, los científicos somos pivotes de este proceso, pero no somos los únicos pilares que han impulsado el desarrollo.

Un segundo y esencial pilar es nuestra sociedad que con su apoyo y financiación de los estudios científicos que permiten seguir progresando y avanzando. Y todo ello a pesar de los políticos que nos gobiernan y gestionan los recursos que la sociedad pone a su disposición. Sorprendentemente, para los políticos la ciencia todavía sigue siendo un gasto. No se pue-



Antonio Ferrer Montiel

den tener miras más cortas. Hay que seguir insistiéndole a la clase política de que la sociedad no gasta en ciencia, sino que invierte en ésta; y, como toda inversión viene acompañada de un importante retorno económico y social.

Los científicos debemos ser conscientes de que la sociedad necesita del avance científico para incrementar su bienestar. Debemos buscar la calidad, el rigor y la excelencia en la investigación, y acompañar ésta de una traslacionalidad a la sociedad, como modo de devolver, con rédito, la inversión que nuestra sociedad realiza apoyando nuestra labor.

Y con este convencimiento he desarrollado mi ciencia, investigando en temas que suponen retos sociales con el ánimo de generar el conocimiento que ayude a resolverlos. Pero no deteniéndome en el descubrimiento, sino que también me he implicado en su transformación en un servicio a la sociedad. Desde hace 20 años mi campo de investigación es el dolor crónico, una patología muy compleja que tiene muy pocos tratamientos farmacológicos. Disponemos de buenos analgésicos, pero que presentan efectos secundarios que limitan su uso, especialmente en dolor crónico. Por ello, nos empeñamos en conocer la patogenia del dolor para desarrollar nuevas generaciones de analgésicos. A día de hoy, disponemos de un producto en desarrollo clínico en humanos del que estamos muy esperanzados, y otros productos en desarrollo pre-clínico en una de las EBTs que hemos fundado. Ya ven, creo firmemente en la ciencia traslacional y en la traslacionalidad de la ciencia. No creo en la dualidad ciencia básica y ciencia aplicada; creo en la ciencia buena y en las aplicaciones de la ciencia.

Y creo también firmemente en la necesidad de informar y educar a la sociedad a través de la difusión llana de los avances científicos, para desmitificar la ciencia y a los científicos, acercar a la sociedad a éstos (y los científicos a la sociedad), y enterrar la pseudociencia tan común y peligrosa en la actualidad debido a la expansión de las redes sociales que difunden sin rigor conceptos científicos.

Ha sido un camino largo y duro, lleno de alegrías y algún disgusto. Pero he de reconocer que ha sido al mismo tiempo gratificante por haber contado con el apoyo y soporte de personas e instituciones a los que quiero reiterar mi gratitud, al igual que a la AEC por la concesión de esta placa de honor que supone un reconocimiento a muchas personas que han estado a mi lado durante todos estos años. Y no quisiera terminar sin disculparme con Enrique de la Rosa por no haber conocido antes a la AEC, pues creo que es una asociación que realiza una labor muy necesaria y elogiable, y que a partir de ahora seguiré con deleite.

Y, *last but not least*, quisiera agradecer a mi familia el apoyo constante y callado que han tenido todos estos años, en los que la excusa “no puedo ir...” ha sido más que una constante...

¡Gracias a todos!

Placa de Honor de la AEC-2017 concedida a Elena García Armada

Autoridades académicas, miembros de la asociación, galardonados, señoras y señores.

Me resulta entrañable presentar a la doctora Elena García Armada en este acto de entrega de las placas de honor de la Asociación Española de Científicos 2017 en el que se reconoce su labor científica. Elena es mi becaria, mi amiga, una persona con la que he compartido muchos años de investigación, con momentos memorables y algún episodio para olvidar.

En cualquier caso, me corresponde ahora hablar de las vertientes científica, profesional y humana de la galardonada y, por supuesto, no voy a desaprovechar esta oportunidad para traer a la luz algunos aspectos poco conocidos de su vida.

Siempre he recordado a Elena, ella prefiere no reconocer, su condición de vallisoletana. Elena nace en la ciudad de Valladolid, a pocos metros de donde yo estudiaba formación profesional, pero, aunque es hija de gallega y aragonés, siempre se ha considerado de Santander, lugar al que su familia se traslada siendo ella aún pequeña. Esto refleja en cierto modo la personalidad de la galardonada: poca influencia exterior y persistencia en sus ideas, además de demostrar una rara habilidad para encontrar el éxito haciendo lo contrario de lo que su entorno le sugiere. Por ejemplo, aunque es hija de científicos, de niña despierta vocación artística y recibe clases de dibujo y pintura, una afición que la acompañará siempre.

Terminada su formación secundaria y, esta vez sí, influida por su padre, un físico con alma de ingeniero, cursa Ingeniería Industrial en la Universidad Politécnica de Madrid donde descubre el mundo de la robótica y en el que se sumerge como becaria, primero en la Politécnica y posteriormente en el CSIC, donde se adscribe a un grupo en el que estábamos desarrollando una línea de investigación en robots caminantes que, con el tiempo, sería el germen de sus famosos exoesqueletos. Aquí conozco a Elena, una becaria que enseguida se hace popular por su explosiva carcajada.

Posteriormente recibe una beca para realizar su doctorado y al cabo de un tiempo me pide que le dirija su tesis doctoral. En esta etapa, Elena demuestra sus dotes para modelar y controlar sistemas robóticos y, sobre todo, una exquisita paciencia y rigor en la experimentación. Sus estancias en el Instituto Tecnológico de Massachusetts y en el Politécnico de Grenoble le hacen perder el complejo frente a lo que se hace en el exterior. El resultado es que, en poco más de tres años, defiende su tesis doctoral y



De izquierda a derecha, Pablo González de Santos, Elena García Armada, Enrique J. de la Rosa

comienza el periplo de becas y contratos posdoctorales hasta que consigue por oposición su plaza de Científico Titular en el CSIC. Aquí encontramos otro ejemplo de su independencia y persistencia. En su oposición, Elena presentó un brillante estado de la ciencia y la técnica en robótica y me comentó que quería darlo formato de artículo científico. Intenté convencerla para que se centrara en aspectos de investigación básica y no perdiera el tiempo en compendiar lo ya conocido. Afortunadamente, perseveró en su idea y, hoy día, es el artículo de nuestros currículos que más citas ha recibido.

Como Científico Titular, emprende su investigación en robots ágiles y exoesqueletos; y comienzan sus primeras direcciones de becarios y solicitudes de proyectos que pronto se conceden desde el CSIC, la AECID, y el Plan Estatal. Sin embargo, le faltaba un proyecto de la Comisión Europea y nos pusimos a ello. No fue fácil, tuvimos varios fracasos hasta que llegó la propuesta que lo cambió todo. Elena plantea el desarrollo de un robot para tareas de rescate en desastres naturales. Cuidamos todos los detalles tanto del fondo como de la forma, pero lo desestimaron. Fue genial. Lejos de hundirse, Elena se creció (tiene carácter) y juró que conseguiría financiación en otros escenarios. Por esta razón, crea su empresa MARSÍ BIONICS que centró en el desarrollo de exoesqueletos para niños con atrofia muscular espinal, y que tantos éxitos le está

reportando. Con un plan muy meditado, se forma como empresaria con ayuda de la Comunidad de Madrid y la Escuela de Negocios (IE Business School), y aparecen los primeros premios a la innovación, a la transferencia y a la creación de empresas, y los reconocimientos en congresos y organizaciones científicas hasta llegar a la treintena. Premios recibidos de manos de presidentes de Comunidades Autónomas, de ministros e incluso de su Majestad el Rey.

Además de su actividad científica, que no ha cesado, y de su empeño empresarial, en el que está inmersa, tengo que destacar su actividad divulgadora, que comenzó con la publicación de su libro “Qué sabemos de robots” y que se ha intensificado en colegios, foros científicos y empresariales, y sobre todo en prensa, radio y televisión.

Para terminar, tengo que destacar otra característica de la personalidad de Elena: su eficiencia en el trabajo, al que dedica exclusivamente ocho horas diarias, cinco días a la semana. El resto del tiempo son para su marido, sus hijas y sus aficiones. No son pocas. La pintura le puede ocupar parte de su tiempo libre del fin de semana, el resto la preparación de sus clases: el lunes recibe clases de baile, el martes canto, el miércoles pilates y guitarra clásica, el jueves guitarra eléctrica y el viernes ensaya o actúa en directo con su grupo de pop-rock. Si le queda un minuto libre, escribe poesía. Sí, es una persona sorprendente.

Podría escribir infinidad de páginas sobre la galardonada, pero me piden brevedad. Elena, enhorabuena de corazón por esta distinción, otra más, y gracias por los años que compartimos.

PABLO GONZÁLEZ DE SANTOS
Profesor de Investigación del CSIC

Respuesta del galardonado

Gracias Pablo por estas emotivas palabras, y gracias Enrique de la Rosa y a la Asociación Española de Científicos por este reconocimiento en tan entrañable encuentro.

En los últimos años mi labor científica y la de mi equipo han adquirido una importante repercusión social y mediática, debido a su impacto en la terapia de niños con enfermedades neurológicas, mejorando su esperanza y calidad de vida. Muchos periodistas me han preguntado en tantas ocasiones qué motivó mi trabajo en exoesqueletos pediátricos de marcha, y siempre cuento que todo empezó el día en que un matrimonio vino a reunirse con unos investigadores en un despacho del CAR. Querían saber si la tecnología podía ayudar a su pequeña de nueve años, con una tetraplejía, a mejorar su estado de salud, algo que la pudiera poner de pie, quizá caminar, todo un sueño por aquel entonces. Gracias a ellos entendí la importancia de caminar, eso que la mayoría de nosotros hacemos sin darle la importancia que merece. Y es que somos seres bípedos y necesitamos caminar para estar sanos. Los niños sanos alcanzan la marcha autónoma en poco tiempo, entre los 12 y 18 meses de vida. Pero lamentablemente no todos los niños lo consiguen, generalmente por causa de enfermedades neurológicas. Y por causa de no caminar, su cuerpo se deteriora y degenera, en muchas ocasiones limitando su esperanza de vida. Sin duda, entender esto fue lo que dio un giro a la aplicación de mi investigación, pasando de una robótica más enfocada a industria, a entrar en el ámbito de la salud, y desarrollando la tecnología que permitiera a estos niños caminar con la ayuda de un exoesqueleto de marcha.

Lo que no aparece en las entrevistas, es que el despacho en el que tuvo lugar esa reunión con la familia de Daniela era el despacho del Director de mi Departamento, quien además había sido mi director de tesis y de investigación hasta esa fecha, Pablo González. Fue Pablo quien me llamó para formar parte de esa reunión en la que finalmente acordamos que pediríamos un proyecto, el que fue mi primer proyecto como investigador principal dentro del plan estatal de investigación, en el que él, hasta aquel momento mi director de investigación, pasaría a formar parte del proyecto que yo lideraría. Ese fue realmente el comienzo de mi éxito como investigadora y como promotora posteriormente de un proyecto empresarial, y fue el momento en el que mi profesor me abrió la puerta para que pudiera volar.

Desde entonces mi trabajo y el de mi equipo han sido reconocidos nacional e internacionalmente. Pero creo que es muy necesario también el reconocimiento en los entornos más cercanos, y por ello hoy que estoy tremendamente agradecida por el honor que me hace la Asociación Española de Científicos al entregarme su Placa de Honor, y también por esta oportunidad en un encuentro entrañable de agradecer a Pablo todo lo que de él he aprendido: el rigor, la profesionalidad y la minuciosidad en cada tarea. He encontrado, además, un amigo con el que he compartido aficiones y tertulias, y he aprovechado su buen criterio en innumerables ocasiones para la toma de decisiones difíciles, y aún hoy es el día en el que, aunque no esté conmigo para pedirle consejo, siempre me detengo a pensar: qué haría Pablo en esta situación.

A la AEC le agradezco también su labor de dar a conocer a la sociedad el trabajo de los científicos y tecnólogos españoles. Comparto totalmente los valores que sustentan la Asociación quien reconoce tanto la excelencia científica como la innovación y la transferencia tecnológica; el impacto social de la investigación. Siempre he defendido que la transferencia de tecnología y la innovación son dos columnas vertebrales para el desarrollo de un país, y que deben apoyarse e impulsarse para mejorar la calidad de vida de



Elena García Armada

las personas. Estos valores fundamentales son los cimientos de Marsi Bionics, la *spin-off* que he fundado para transferir los resultados de mi investigación. Nosotros vamos a seguir esforzándonos porque el impacto de nuestra investigación vaya más allá de índices y llegue a la sociedad para mejorar la calidad de vida de las personas, de los niños y de sus familias.

Así, entiendo que este premio hoy, reconoce el enorme esfuerzo que hemos realizado en todo el recorrido desde nuestra investigación en el Centro de Automática y Robótica del CSIC, hasta la innovación e industrialización en Marsi Bionics, empresa 100% española, para transferir a la sociedad los resultados de la investigación llevada a cabo en el principal organismo de investigación pública de nuestro país, el CSIC.

No puedo concluir sin agradecer el premio a aquéllos sin cuyo apoyo, dedicación e inspiración, la labor que se reconoce hoy no hubiera sido posible. Mi más sincero agradecimiento a los equipos de investigación de los hospitales colaboradores Hospital Ramón y Cajal de Madrid y Hospital Sant Joan de Deu de Barcelona, a las familias que participan en nuestros ensayos clínicos, a nuestros niños voluntarios y a los organismos que han financiado esta investigación: MINECO, Comisión Europea y Fundación Mutua Madrileña. Al apoyo recibido en la transferencia tecnológica por instituciones como CDTI y ENISA, y la Comisión Europea en su Instrumento PYME y por supuesto, a la inversión realizada por la empresa Escribano, socio industrial.

A mi familia (a mis hijas, y a mi marido, Luis Ángel) quiero agradecer su constante apoyo, por creer en mí y su infinita paciencia en este duro recorrido, del que aún nos queda camino por andar. Este reconocimiento es también para ellos.

Placa de Honor de la AEC-2017 concedida a Manuel Seara Valero

En un país como España, con poca tradición científica, una de las tareas de los científicos y tecnólogos es hacer llegar a nuestros conciudadanos los beneficios que la ciencia aporta a la sociedad.

En esta faceta son fundamentales los medios de comunicación, que son los transmisores del conocimiento desde el laboratorio a nuestros familiares, amigos y vecinos.

Afortunadamente, en los últimos tiempos, el periodismo científico en España está progresando en calidad y cantidad; destacando especialmente la labor que Manuel Seara ha realizado en los últimos 20 años, siendo un pionero y un referente, especialmente con su programa de radio 'A hombros

de gigantes', sin duda, el mejor programa de ciencia de la radio española.

Manuel nació en Madrid en octubre de 1963, aunque él siempre dice que es de El Pardo, del que se siente orgulloso. Se licenció en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid (1986). Ya durante la carrera, empezó a trabajar en RNE. Posteriormente se diplomó en el 'Primer máster general de radio organizado por Radio Nacional de España (RNE) y la Universidad Complutense de Madrid' (junio de 1990).

En los años que lleva en RNE ha realizado múltiples tareas, casi siempre relacionadas con la ciencia y, cuando no ha participado en programas científicos, él ha llevado la ciencia a estos programas. Entre otras tareas, podemos destacar que fue editor de los servicios informativos de radio-5 durante una docena de años (1996-2007), encargado de la sección 'La ciencia en radio-5, jefe de la sección de sociedad de los informativos de RNE y vicedirector del programa 'Gente despierta'. Actualmente, aparte de 'A hombros de gigantes' es colaborador en el programa 'España vuelta y vuelta' donde también habla de ciencia.

También colabora habitualmente en otros medios de comunicación, especialmente en prensa escrita.

Es autor de varios libros de divulgación, entre los que podemos citar 'El origen del hombre', del que está muy orgulloso, pues fue un libro que se publicó como colección de 60 fascículos de periodicidad semanal publicada entre 2006-2007; el libro 'Magia y medicina' (sobre la medicina en la antigüedad); y el más reciente 'Hasta el infinito y más allá. Las últimas sobre el cosmos' (2015), en el que de una manera rigurosa, amena y periodística hace un repaso de la historia de la astronomía y astrofísica, así como la presentación de los últimos hallazgos científicos.

Ha recibido diferentes galardones por su labor como periodista científico, entre los que podemos destacar el accésit del 'Premio CSIC de periodismo científico' (1995), el 'Premio Boehringer Ingelheim sobre Innovación en medicina' (1995), el premio especial del jurado del concurso 'Ciencia en acción' (2011), y el galardón de 'Miembro de Honor' de la Asociación de Químicos de Madrid (2017).

Manuel nunca olvidó su formación científica y continuamente pedía a los dirigentes de RNE que dedicasen más tiempo a la ciencia. De esta insistencia fue la creación del miniespacio de cinco minutos (popularmente llamados quesitos) dedicado a la ciencia en radio-5. Pero Manuel seguía pidiendo más tiempo destinado a la ciencia en la radio pública española.

Y finalmente consiguió que se aprobase un nuevo programa. De esta manera en septiembre de 2017 empezó a emitirse 'A hombros de gigantes', que ya he mencionado como la refe-



De izquierda a derecha, Bernardo Herradón, Enrique J. de la Rosa, Manuel Seara Valero

rencia radiofónica española, y que esta temporada celebrará su programa 500.

Manuel dirige, escribe y presenta este programa, muy conocido por los amantes de la ciencia y la tecnología. En el programa, semana tras semana, se divulga ciencia con rigor, pero también de manera amena, demostrando que ambas características no son incompatibles.

No quiero terminar esta presentación sin dedicar unas palabras a la familia de Manuel, que son un importante apoyo en su trabajo. Este reconocimiento es también en parte para sus tres hijos —María, Nuria y Manuel—, para su madre —Teresa— y, muy especialmente, para su esposa, Nuria Martínez Medina, que desde el primer programa colabora con ‘A hombros de gigantes’ con la sección ‘Historia de la ciencia’ en la que relata las biografías de numerosos científicos (ya más de 450). Muchas personas se han sentido interesadas por la vida y obra de algunos científicos escuchando ‘A hombros de gigantes’.

Como científico, quiero agradecer la labor de Manuel Seara en la difusión de la ciencia y del trabajo de los científicos y es para mí un orgullo que la AEC le conceda su Placa de Honor.

BERNARDO HERRADÓN GARCÍA
Investigador Científico del IQOG-CSIC

Respuesta del galardonado

Muchísimas gracias a la Asociación Española de Científicos por el honor que me han otorgado y que tanta ilusión me ha hecho, a su presidente, Enrique de la Rosa, y a mi amigo Bernardo Herradón, por la presentación tan cariñosa.

Yo fui un chaval de tantos que creció en la España de los 70 con el EGB y el BUP, que no se perdía un capítulo de “El Hombre y la Tierra”, de Félix Rodríguez de la Fuente, que me pasaba el tiempo con los amigos buscando nidos, pescando en el río, recolectando cuernos de gamos en el desmogue, cogiendo todo tipo de bichos, desde las culebras retameras que se escondían entre las jaras a gazapos que casi pisabas en aquella época cuando ibas por el campo de tan abundantes que eran. Con aquellos antecedentes no tenía la menor duda de que quería ser zoólogo. Y me matriculé en la Facultad de Biología de la UCM.

Por aquella época me aficioné a los libros de divulgación y cayeron en mis manos “Momentos estelares de la ciencia” y “Universo”, de Asimov y —sobre todo— no recuerdo si fue regalo de Reyes o de cumpleaños, “Cosmos”, del Gran Carl Sagan.

La zoología en la facultad no me gustó tanto como me esperaba y por piruetas del destino, en octubre de 1984 en-



Manuel Seara Valero

tré a trabajar en RNE. Empezaba cuarto de Biología, rama fundamental, y ya tenía decidido que quería dedicarme a la divulgación.

Una vez licenciado comencé a colaborar con EL INDEPENDIENTE, SÍSTOLE, EL MÉDICO, FARMACIA-EMPRESA, CONOCER, CNR, NEWTON, MUY INTERESANTE. En Radio Nacional de España colaboré con el programa "CAMBIA LA CARA", conducido por Constantino Romero en Radio 1; "SIGLO XXI" de Radio 3, dirigido y presentado por Tomás Fernando Flores, y mi niña bonita, "LA CIENCIA EN RADIO 5", que se emitió diariamente –de lunes a viernes– entre abril de 1994 y enero de 2001.

Seguí estudiando, hice una asignatura de Químicas que pensaba que podía servirme en mi empresa ("Contaminación ambiental. Seguridad e higiene en el trabajo") y el Máster de RNE.

Como redactor, editor de Radio 5 (1996-2007) y director del ÁREA DE SOCIEDAD de los Servicios Informativos de RNE (2012-2014) una de mis prioridades fue la información científica.

Y desde septiembre de 2007, hace ya diez años, dirijo y presento "A hombros de gigantes". El título hace referencia a la célebre cita de Newton, pero sobre todo, a los gigantes que me auparon a lo largo de mi vida: Mis padres. Trabajadores infatigables, honestos, que querían para sus cuatro hijos la educación que ellos no pudieron tener por culpa de la Guerra y la posguerra, y que hicieron todo lo posible para que sus cuatro hijos fueran titulados universitarios. Y a base de mucho esfuerzo y sacrificio lo consiguieron...

El programa ha cumplido diez años. Y no hubiera sido posible sin la inestimable ayuda de mi esposa que desde el primer día se encargó de la sección HISTORIA DE LA CIENCIA. Así que, desde esta tribuna, Nuria, quiero agradecerte todo tu esfuerzo y paciencia.

Con el tiempo, llegaron nuevos colaboradores... Eulalia Pérez Sedeño, José Ignacio Pardo de Santayana; José Antonio López Guerrero, la Agencia SINC, Pedro Gargantilla, el gabinete de prensa del CSIC; Bernardo Herradón; Luis Miguel Ariza; Esther García; Javier Ablanque, Álvaro Martínez del Pozo; Fernando Blasco; Jesús Puerta, Jesús Martínez Frías, Jesús Zamora Bonilla; Carlos Briones, Cultura científica del CSIC. Sin ellos, el programa no sería posible. Todos formamos una gran familia y les estoy profundamente agradecido.

Una de las primeras entrevistas que hice fue a Pedro Miguel Etxenique, catedrático de Física de la Universidad del País Vasco. Y en aquella conversación –si no recuerdo mal– dijo una frase que después se ha repetido mucho y en otros foros: "La ciencia es la mayor obra colectiva de la historia de la humanidad". Y el gran reto –desde mi humilde opinión– es contarla de forma que interese a nuestra audiencia.

Vivimos en tiempos atribulados donde la emoción se impone a la razón, y la opinión a la evidencia. Quizá sea necesario jugar en ese terreno. La comunicación científica, en muchos casos, se limita a la mera presentación de datos para concienciar sobre temas como las vacunas, el cambio climático o las pseudoterapias. Sin embargo, figuras como Carl Sagan o Isaac Asimov no renunciaron ni a la emociones ni a una buena historia para conectar con la sociedad de forma más efectiva.

Y hay que tener en cuenta que la comunicación de la ciencia puede ser tan importante como la ciencia misma. De qué nos serviría entender el origen de una enfermedad y desarrollar una vacuna eficaz si nadie la conoce o lo que es peor, que aun conociéndola haya padres que no quieran que sus hijos sean vacunados.

En esta batalla por el conocimiento es fundamental el papel de los medios de comunicación, pero también, y sobre todo, de los científicos. Los intelectuales no son sólo gente que sabe, sino gente que modela el pensamiento de su ge-

neración. Y el mundo de hoy está modelado por el genoma humano, los sistemas expertos, la realidad virtual, la lógica borrosa o la nanotecnología. Es necesario que la ciencia ilumine el camino.

Si yo les pidiera a todos ustedes que pensarán durante un momento por las tres noticias que más les gustaría que se hicieran realidad, seguramente sus respuestas incluirían la curación del cáncer, del SIDA; acabar con el hambre el mundo; desarrollar energías alternativas, limpias y accesibles; detener el cambio climático; colonizar la Luna y Marte, comunicaciones rápidas y baratas, etc. Son respuestas que vendrán todas ellas de la mano de la ciencia.

Yo les invito a todos ustedes a asumir ese protagonismo y a colaborar estrechamente con los medios para difundir el conocimiento y hacer que este mundo sea un poco mejor.

Decía don Ramón y Cajal en su homenaje póstumo a Echegaray:

“No es floja tarea vocear elocuentemente en el libre ambiente de la calle las verdades fecundas arrancadas a la Naturaleza en el laboratorio del físico.

Difundir la ciencia abstrusa diluyéndola, clarificándola y sazónándola con el condimento del arte para que sea saboreada por el vulgo y atraiga corazones e ilumine inteligencias, empresa es que reclama aptitudes especialísimas, dotes de literato y de maestro nada vulgares.

El propagandista científico ha de ser un sabio forrado de poeta; por igual debe conocer la psicología enrevesada del investigador y la ingenua y sencilla del ignorante.

No logrará éxito en la empresa de cautivar y pulir entendimientos, si carece de vigorosas alas intelectuales para remontarse al cielo de la especulación científica, y de fantasía viva, plástica, creadora, capaz de forjar la imagen sensible, la comparación feliz, en cuya virtud lo abstracto se convierta en concreto y lo inimaginable en imaginable. Que sólo amamos lo que comprendemos y comprender es comparar, es identificar un fenómeno desconocido con otro conocido, es tratar una serie de imágenes aisladas en la conciencia con los eslabones de la condicionalidad mecánica, la más accesible a nuestra inteligencia¹”.

Reitero mi agradecimiento a la Asociación Española de Científicos, a mi familia, y a todos ustedes que han querido acompañarnos en este acto tan emotivo.

Muchísimas gracias.

Placa de Honor de la AEC-2017 concedida a Pedro Serena Domingo

Pedro A. Serena Domingo, nacido en 1962, es Investigador Científico del CSIC. Director del Centro de Física Teórica y Matemática CSIC/UAM y Coordinador Institucional del CSIC en la Comunidad de Madrid. Es Licenciado en Ciencias Físicas por la UAM (1985) y Doctor también en la UAM (1990). Fue Investigador contratado en el laboratorio IBM en Zúrich (Suiza) (1990-1991), y obtuvo una Beca de reincorporación de doctores en la UAM (1991-1994). Profesor Titular Interino en la UAM (1994-1996) e Investigador contratado del CSIC, en el Laboratorio de Física de Sistemas Pequeños y Nanotecnología (1996-1997). Obtuvo la plaza Científico Titular CSIC en (1997) y de Investigador del CSIC en (2005) en el Instituto de Ciencia de Materiales Cantoblanco, Madrid

Sus principales líneas de investigación se centran en la modelización y estudio de diversas propiedades de las superficies metálicas, clusters, nanohilos metálicos, sistemas de emisión de campo, agua confinada, cápsidas víricas, dinámica y adsorción de proteínas, mediante técnicas Monte Carlo, Dinámica Molecular, o de primeros principios *ab-initio*.

Es Investigador principal en 11 Proyectos de Investigación y participación en 36, autor de 95 artículos publicados en revistas científicas internacionales y de 52 artículos de divulgación o informes de política científica-tecnológica. Es co-editor del libro “Nanowires” de Kluwer (1997) y co-organizador de 16 conferencias internacionales, y es miembro del comité editorial de cinco revistas internacionales.

Su labor docente ha sido como profesor de cursos de doctorado desde 1998 hasta el presente impartiendo materias como: “Transporte en nanocontactos metálicos” UAM (1998-2002), “Nanomateriales” UCM (2004-2017) y un “Máster en Periodismo y Comunicación de la Ciencia, la Tecnología y el Medioambiente” de la Universidad Carlos III de Madrid (2004-2013). Además de su importante actividad docente e investigadora, desarrolla diversas y numerosas tareas de gestión, en diversos cargos como: Vicedirector del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (2002 a 2005), como Experto en Acciones Estratégicas de la Comisión de Seguimiento y Evaluación (COSEP) del Sistema Integral de Seguimiento y Evaluación (SISE) del Plan Nacional (2005 –2008). Además es coordinador de la Red Nacional de Jóvenes Investigadores en Nanociencia (NANOCIENCIA) (2000-2004) y de la Red Nacional de Nanotecnología (NANOSPAIN) (2000 a 2005), es colaborador de la Dirección General de Investigación del Ministerio de Educación y Ciencia (2007) y de la Dirección General de Proyectos y Transferencia del Ministerio de Ciencia e Innovación (2008-2011). Desde 2008 es Vocal-secretario del Comité Científico Asesor Científico del Parque Científico de Madrid, Miembro del Consejo Científico Asesor del CSIC

¹ Revista de Obras Públicas. 23 de marzo de 1905.

http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1905/1905_tomoII_1539_01.pdf



De izquierda a derecha, María del Carmen Risueño, Pedro Serena Domingo, Enrique J. de la Rosa

(2009 a 2011), colaborador de la Vicepresidencia Adjunta de Transferencia del Conocimiento del CSIC (desde 2008) y una amplia Participación en los stands que el CSIC ha instalado en las ferias Nanotech 2008-2013 celebradas en Tokio, Rusnano 2011 y Nano-Tech 2009 de Taiwán. Desempeñó el cargo de Coordinador del Área de Ciencia y Tecnología de Materiales del CSIC (27 abril 2012-13 mayo 2014) y es Coordinador Institucional del CSIC en la Comunidad Autónoma de Madrid desde el 3 Octubre de 2014, y es Director del Centro de Física Teórica y Matemática del CSIC-UAM-UCM-UC3M (desde 2015 3 de julio). Además de su amplia e importante labor investigadora, hay que destacar también su importante actividad de divulgación como co-organizador del concurso internacional de Imágenes del Nanomundo (ediciones SMPAGE07 y SPMAGE09) y ha sido Comisario de las exposiciones "Un vistazo al Nanomundo" y "Un paseo por el Nanomundo". Ha impartido más de un centenar de conferencias en centros de educación secundaria y universitaria, centros culturales y museos de la ciencia. Ha sido uno de los impulsores de la Red Iberoamericana "NANODYF". Es co-autor de la "Unidad Didáctica de Nanotecnología" (FECyT), de los libros "¿Qué sabemos de la nanotecnología?" (La Catarata-CSIC, 2009), y "El nanomundo en tus manos" (Ed. Crítica, 2014), de la "Guía Didáctica de Enseñanza de la Nanotecnología (GDEN)" (CYTED, 2014) y del Libro "Los riesgos de la Nanotecnología" (La Catarata-CSIC, 2017).

Además ha sido guionista y presentador de la serie "¿Qué sabemos de nanotecnología?" del Canal de TV de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) emitida entre 2014 y 2015.

En resumen Pedro ha sido y es una persona muy comprometida y muy dedicada en su tarea investigadora a nivel internacional, en su labor de Gestión y en la Difusión y Divulgación Científica en el Campo de Materiales y Nanotecnología y sin duda merecedor de una Placa de Honor que otorga la AEC a Científicos destacados como es Pedro Serena.

Muchas gracias.

MARÍA DEL CARMEN RISUEÑO
Profesor de Investigación del CIB-CSIC

Respuesta del galardonado

En primer lugar me gustaría agradecer a la Asociación Española de Científicos por haber considerado que reúno méritos para este galardón, la Placa de Honor, distinción que un buen número de investigadoras e investigadores de prestigio ya han recibido en las últimas dos décadas, junto con empresas y otras entidades que desarrollan su actividad

en el ámbito de la investigación científica y tecnológica y de la innovación. Lo cierto es que no estoy acostumbrado a este tipo de reconocimientos, pero hay que decir que proporcionan gran satisfacción, sientan muy bien, sobre todo cuando proceden de nuestros colegas, nuestros pares, conocedores de los entresijos del complejo mundo de la investigación. En segundo lugar quiero expresar mi agradecimiento a María del Carmen Risueño, compañera del CSIC, por sus amables palabras, y en tercero, me gustaría transmitir la enhorabuena al resto de colegas e instituciones que han sido galardonados en esta edición.

Sin duda, echando atrás la mirada, incluso antes de comenzar mi vida como investigador, debo agradecer a mis padres por haber facilitado a sus dos hijos, en un contexto poco favorecido, la dedicación al estudio aprovechando las oportunidades ofrecidas por el sistema educativo de aquel entonces. Tampoco debo ni puedo dejar de mencionar a aquellos profesores de primaria y secundaria que, con paciencia, motivación y pocos recursos, me hicieron ver la belleza que existe en prácticamente todas las áreas del conocimiento, y en especial en la física.

Tras obtener la licenciatura en Ciencias Físicas en la Universidad Autónoma de Madrid, seguí el modelo convencional



Pedro Serena Domingo

de formación de un investigador, modelo que generó miles de doctores e investigadores al amparo de la Ley de Ciencia de 1986, propiciando un fuerte impulso a la I+D. De ese periodo efervescente de la ciencia española muchos son los compañeros de viaje, ahora excelentes investigadores que trabajan en universidades y centros de investigación de toda España y en otros países, de los que he aprendido parte de lo que sé y con los que he compartido el interés por desvelar una parte, seguramente pequeña, de los secretos del nanomundo.

Un hito que debo resaltar en mi vida es la estancia postdoctoral en Suiza, no tanto por estar inmerso en un ambiente creativo inigualable como era entonces el Laboratorio de IBM de Zúrich, sino porque fue la primera vez que me permitió confrontar el modelo del sistema de I+D español con el de los investigadores procedentes de otros países. Aquella experiencia me sirvió para poner de manifiesto varias cosas. Por un lado que nuestra formación y capacidad era (y sigue siendo) comparable a la de los investigadores del resto del mundo a pesar de no contar aparentemente con un sistema educativo tan poderoso y estructurado. Por otro lado se hizo patente cómo en los países más avanzados la organización y la gestión de los recursos dedicados a I+D seguían modelos diferentes al nuestro, dando mejores resultados. También descubrí que en España estábamos en desventaja en cuanto a la valoración y el reconocimiento social de la ciencia por parte de la sociedad, así como el propio conocimiento científico que poseen los ciudadanos.

Tras esa vivencia reveladora, además de intentar hacer ciencia, ampliando modestamente las fronteras del conocimiento, objetivo de nuestra fantástica profesión, siempre he sentido la necesidad de involucrarme en iniciativas que pudieran mejorar o cambiar nuestro ecosistema investigador, dedicando tiempo y esfuerzo a la gestión de grupos, institutos, a la coordinación de redes y áreas, a mostrar a nuestros conciudadanos la belleza y la importancia de la ciencia, o a mejorar la formación del profesorado. Es evidente que el trabajo de unas cuantas personas aisladas no va a cambiar la idiosincrasia de un sistema, que es heredera de la de toda la sociedad, y a pesar de que, innegablemente, hemos ido avanzando con momentos más o menos brillantes, por delante todavía quedan muchos retos que superar. Esta es una tarea ingente en la que la comunidad científica debe ser protagonista, tanto de la generación del conocimiento como de la renovación del contexto en el que dicho conocimiento se crea. Más aún, el sistema de investigación debería ser punta de lanza para ensayar y poner a punto modelos de gestión más eficientes que trascendiesen al resto de las organizaciones públicas.

Un poco antes de terminar estas palabras, hago una mención especial a mi mujer, Isabel, que me acompaña en este acto, también física de formación, informática de profesión y pintora de vocación, y a mis hijos Clara, Diego y Alicia por su apoyo, por haber soportado con paciencia esos días

festivos y esas vacaciones que no lo fueron, por haber padecido mis prolongadas ausencias por los numerosos viajes, y por escuchar con estoicismo esas largas reflexiones sobre las cosas que no funcionan bien en nuestra sociedad y que habría que cambiar con el esfuerzo de todos para conseguir un país más avanzado tanto en los aspectos sociales, como en los económicos y políticos.

Finalizo reiterando las gracias a la Asociación Española de Científicos y deseando que pueda mantener esta iniciativa y otras similares que sirven, sin duda alguna, para dar estructura y visibilidad a la ciencia española en unos momentos en los que esta ciencia debe ser un elemento clave en la construcción del país que todos deseamos tener.

Placa de Honor de la AEC-2017 concedida a ALCALIBER

Estimados colegas y amigos, es un placer para mí presentar a la empresa galardonada hoy.

ALCALIBER, como quizá ya sepan algunos de los asistentes, es una empresa española constituida en 1973 con carácter de industria integral para garantizar el abastecimiento de materias primas estupefacientes a nivel nacional gestionando todo el proceso de producción, desde el culti-

vo en España de la adormidera (*Papaver somniferum*), hasta su posterior transformación, extracción de alcaloides y la producción de sus principios activos derivados, destinados principalmente a la industria farmacéutica y química.

Desde entonces, Alcaliber se ha convertido en una empresa líder en la industria mundial de estupefacientes exportando más del 93% de su producción a más de 67 países de todo el mundo, sólo como ejemplo, en 2014 fue el mayor productor mundial de morfina, con el 27% de la producción global, y el 18% de tebaína.

En Alcaliber, desarrollan y gestionan sus propios cultivos de adormidera, teniendo cerca de 14.000 hectáreas de *Papaver somniferum*, distribuidas por diferentes áreas geográficas de España. Además poseen una planta industrial exclusivamente dedicada a la producción de alcaloides, donde la paja de adormidera, rica en alcaloides y procedente de las plantaciones, se destina a la extracción, purificación y obtención de materia prima estupefaciente.

Pero más allá de estos logros, Alcaliber está hoy aquí por otras razones, y es por su compromiso con la innovación, la investigación y el desarrollo. En Alcaliber se crearon hace tiempo departamentos propios de I+D agrícola e industrial. En su departamento de investigación y desarrollo agrícola trabajan desde hace años, en sus campos y centros de experimentación propios, por ejemplo en Toledo y Albacete, en



José Antonio de la Puente, Enrique J. de la Rosa, Pilar Sánchez Testillano

colaboración con Instituciones y Organismos públicos para la mejora de las variedades y el cultivo de *Papaver somniferum*, a través de contratos de investigación y transferencia de tecnología. Entre otros, han colaborado con grupos de varias universidades públicas, como la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad Politécnica de Valencia, el IRTA y varios centros del CSIC, como el Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas de Valencia o el Centro de Investigaciones Biológicas, aquí en Madrid. Y con diferentes objetivos, desde la mejora genética de variedades, al control de plagas, riego o nutrientes.

Todos sabemos que no son muchas las empresas españolas que apuestan por la innovación ni tampoco muchos los científicos que se arriesgan con la transferencia de sus hallazgos. Es por ello muy meritorio el empeño de una empresa española de éxito como Alcaliber en mantener e impulsar su colaboración con la investigación pública. Parte de este empeño se sustenta en la dedicación y el entusiasmo, del que doy fe personalmente, de los miembros de su departamento de I+D agrícola, de su responsable Juan Escribano, y los técnicos Iván González e Isidoro Laguna, hoy presentes en este acto.

Pero sin duda este compromiso de Alcaliber con la innovación como elemento clave de su competitividad se debe a una apuesta clara de la dirección de la empresa, representada hoy por su Director Técnico de I+D agrícola, Fernando Martín, y por su Director General, José Antonio de la Puente, que recibirá la Placa de Honor de la AEC.

PILAR SÁNCHEZ TESTILLANO

Respuesta del galardonado

Quisiera en primer lugar agradecer a la Asociación Española de Científicos la concesión a Alcaliber de esta Placa de Honor.

En 1933, don Juan Abelló Pascual, en nombre de “Laboratorios Abelló” solicitó de las autoridades españolas, la autorización para importar opio como materia prima de partida para la fabricación de alcaloides del opio en nuestro país. Este documento y la posterior autorización, han sido considerados el “acta fundacional” de la Industria Española de Estupefacientes y suponen el reconocimiento por parte de las autoridades del carácter estratégico de este tipo de industria en nuestro país.

Si cualquier empresa es siempre un reto para sus promotores, la actividad de Alcaliber lo ha sido y lo sigue siendo en cada uno de sus pasos. Y ello es consecuencia fundamental de que por la especialidad de su actividad y del escaso número de actores en el mercado, cada hito en nuestro desarrollo ha ido siempre ligado a una ingente,

exigente, a veces frustrante pero siempre fascinante actividad investigadora.

En Alcaliber estamos, y espero no pecar de arrogancia en este punto, muy orgullosos de los avances que hemos ido logrando a lo largo de todos estos años, pues han sido el fruto de mucho trabajo y entusiasmo de un numeroso grupo de personas.

Creo que somos justos con la verdad si decimos que Alcaliber está donde está gracias a los avances que la actividad de I+D+i desarrollada ha ido logrando a lo largo de estos años.

Alcaliber ha evolucionado en el desarrollo de su actividad investigadora, comenzando con convenios de colaboración con organismos públicos (especial mención en este aspecto al CSIC y a la Universidad como institución) para ir adquiriendo conocimientos y desarrollando tecnologías propias; creando nuestra propia empresa especializada, Alcaliber I+D+i, invirtiendo en infraestructuras, en equipos y en personal. Cambiando de las estrategias clásicas de mejora a los nuevos proyectos: obtención de un primer borrador del genoma de *Papaver somniferum* L. mediante plataformas de secuenciación de alto rendimiento, diseño de herramientas



José Antonio de la Puente

biotecnológicas capaces de ampliar y modernizar los recursos disponibles en el programa de mejora genética de Alcaliber I+D+i (desarrollo e identificación de marcadores moleculares, desarrollo de un protocolo para obtener líneas Dobles Haploides de adormidera, constitución de una colección de líneas casi isogénicas (NILs) de adormidera para identificar regiones involucradas en caracteres de interés agrícola y de producción, patología mediante biología molecular...), adelantándonos a la legislación (proyecto fascinante de edición génica con la nueva tecnología molecular CRISPR-Cas9), generando en definitiva conocimientos y herramientas de trabajo para la mejora continua de la I+D. En este sentido, las colaboraciones con los institutos IBMCP de Valencia, CRAG de Barcelona o IBM de Madrid, todos ellos con una incontestable aptitud de ampliación de conocimientos científicos básicos en el área de la biotecnología vegetal, son de gran valor y ayuda para la consecución de nuestros objetivos.

Nuestro material de partida es una planta, *Papaver somniferum*, comúnmente llamada adormidera. Investigar en un material vivo como es una planta ha sido una apuesta permanente por la mejora y la búsqueda de lo imposible, desarrollando nuevas variedades, variedades con mayores contenidos de alcaloides, más robustas, más productivas, en definitiva, mejores. Igualmente, los elementos auxiliares de esta actividad, como el desarrollo de fertilizantes, fungicidas, herbicidas, insecticidas, así como la maquinaria de siembra, procesado y recolección, etc., ha sido una labor dura pero sumamente gratificante.

Especial mención merece la mejora genética vegetal y es interesante comprobar cómo ha ido cambiando su estrategia y ejecución hacia una perspectiva biotecnológica, incorporando nuevas herramientas y nuevos objetivos de investigación y desarrollo.

Pero no sólo el área agrícola ha sido nuestro centro de trabajo. En el área industrial muchos han sido los recursos asignados y muchos también los avances conseguidos.

Empezamos con un solo material de partida, la morfina, y prácticamente un solo principio activo derivado de la misma, la codeína fosfato.

Hoy contamos con cinco materias primas diferentes. Además de la morfina, la codeína como materia prima natural, la tebaína, la oripavina y la más reciente, la noscapina, son la base de los más de veinte principios activos desarrollados a lo largo de los últimos diez años.

Entre ellos merece la pena destacar el desarrollo de procesos para la Naloxona o Naltrexona, Oxycodona, Dihidrocodeína, Diacetilmorfina o la Morfina Sulfato, todos ellos productos esenciales para el tratamiento del dolor y de las adicciones.

Y como la rueda no deja de girar, nuestro penúltimo

reto, el Cannabis para uso farmacéutico, del que Alcaliber es pionera en España y referente internacional, es el área en el que también nuestros esfuerzos se centran actualmente.

Alcaliber logró en octubre de 2016 la primera licencia en España y una de las pocas en el mundo para el cultivo y producción de cannabis y sus derivados para uso farmacéutico.

Enfermedades como la epilepsia, glaucoma, esclerosis, tratamiento de dolor, náuseas, anemias... han encontrado en el cannabis una fuente interesantísima de investigación y esperanza para muchos enfermos.

El desarrollo de esa actividad, en la medida en que es absolutamente novedosa supondrá para todos nosotros una fuente fresca de entusiasmo y oportunidades para seguir avanzando.

No quisiera terminar sin agradecer a todos los investigadores que por Alcaliber han pasado, sobre todo a los internos, pero también a los que han colaborado desde fuera con mayor o menos intensidad, su esfuerzo y contribución a lo largo de todos estos años.

Muchas gracias

JOSÉ ANTONIO DE LA PUENTE

Director General

Placa de Honor de la AEC-2017 concedida a ESCUELAB

Los que hayáis tenido contacto cercano con niños recordareis, a buen seguro con una sonrisa, la época del “¿y por qué?”, esa mezcla de curiosidad y primera rebeldía. Y quizás algunos, como yo, lamentéis el que, normalmente, no perdure toda la vida. No sé si en ello hay una base genética y neurobiológica, o un problema pedagógico subyacente. Lo que sí sé es que iniciativas como la de Escuelab pueden ayudar enormemente a mantener dicha curiosidad y aumentar el interés personal y social por la ciencia.

Cristina Balbás, fundadora de Escuelab y su actual presidenta, siguió, en principio, los pasos de una carrera científica convencional; eso sí, de alto nivel y exigencia: Bachillerato en Colegios del Mundo en Hong Kong; Grado por la Universidad de Princeton, EE.UU.; Doctorado por la Universidad Autónoma de Madrid, realizado en el Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas. En resumen, las bases para ser una científica y una ciudadana del mundo en el siglo XXI. Pero su amor a la ciencia la llevó un paso más allá, a un compromiso por mejorar la cultura científica en nuestro país y fomentar las vocaciones investigadoras.



Enrique J. de la Rosa, Cristina Balbás, Fernando García Lahiguera

Cristina tuvo la buena cabeza –no podía ser de otra manera– de asociarse con un experto en la parte de gestión económica. Fernando García Lahiguera, Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad Autónoma de Madrid, formado en gestión en el IE y el IESE. Fernando atesora 17 años de experiencia profesional como Director Financiero y Director General de varias empresas y, lo que no es baladí para el proyecto de Escuelab, organizaciones sin ánimo de lucro, tales como Acción contra el Hambre y Save the Children.

Cristina y Fernando, junto con varios colaboradores en plantilla a tiempo parcial, todos ellos con titulación superior en ciencias, experiencia investigadora y recorrido en el ámbito de la educación formal y no formal, pusieron en marcha Escuelab Innovación Educativa S.L., así como la Asociación sin Ánimo de Lucro Escuelab, en la que están implicados unos 20 voluntarios, todos investigadores en activo. Desde su fundación, en 2013, ha llegado a más de 5.000 niños, algunos de ellos en riesgo de exclusión; esto es posible gracias al modelo de empresa, que reinvierte los beneficios en becas a dichos niños, así como, más recientemente, a la plataforma de micromecenazgo Teaming, sobre la que os animo a informaros (<https://www.teaming.net/escuelab>).

Seguro que este pequeño resumen os ha dejado tan impresionados como yo me quedé cuando conocí a Cristina

y me contó los primeros pasos de Escuelab. Una larga lista de reconocimientos confirman el valor y el buen hacer de esta iniciativa:

- 2013: Ganadores del programa de emprendimiento social juvenil Think Big Jóvenes de Fundación Telefónica.
- 2013: Ganadores del programa Making More Health de Ashoka Jóvenes Changemakers.
- 2013: Mención en la categoría de Cortos Científicos del concurso Iberoamericano Ciencia en acción por el vídeo del taller “Curando el cáncer”.
- 2013: Seleccionados para asistir al encuentro internacional Ashoka ChangemakerXchange en Turquía.
- 2014: Accésit Fundación Parque Científico en el Concurso al Emprendedor Universitario de la Universidad Autónoma de Madrid.
- 2014: Seleccionados como parte del programa Gamechangers de UnLtd Spain.
- 2014: Ganadores del concurso Innovación del Impact HUB Madrid.

- 2014: Primer premio en la categoría de Cortos Científicos del concurso Iberoamericano Ciencia en acción por el vídeo del taller “¡Evoluciona!”.
- 2014: Seleccionados como una de las “Top 100 Innovaciones Educativas” para fomentar las vocaciones científico-tecnológicas a nivel global por parte de la Fundación Telefónica.
- 2014: Ganadores del premio a la Divulgación del Conocimiento Científico y Tecnológico en la 27 edición de la Bienal Internacional de Cine Científico Ronda 2014 por el vídeo del taller “¡Evoluciona!”.
- 2014. Invitación a presentar y tercer premio en el battle pitch en la II Jornada Jóvenes Emprendedores.
- 2015: Seleccionados como una de las buenas prácticas de innovación social para mejorar la educación a nivel internacional por la Fundación Ship2B.
- 2015: Seleccionados para presentar en el proyecto en el HUB Micro(me)enas.
- 2015: Premio Nacional de Educación a entidades por la Promoción de la Cultura Científica, otorgado por el Ministerio de Educación.
- 2016: Seleccionados como parte de la incubadora de proyectos educativos SEK Lab.
- 2016: Ganadores del premio Mexenas de la Fundación Empieza por Educar.
- 2016: Seleccionados para asistir al encuentro internacional de Ashoka ChangemakerXchange Alumni en Marruecos.
- 2016: Seleccionados como parte del programa CRECE de UnLtd Spain.
- 2016: Seleccionados como parte del programa de Emprendimiento Social de la Fundación Bancaria La Caixa.
- 2016: Finalistas en la 28 edición de la Bienal Internacional de Cine Científico Ronda 2016 por el vídeo del taller “¡Un planeta multicolor!”.
- 2016: Premio Jóvenes Emprendedores Sociales de la Universidad Europea de Madrid.
- 2017: Premio UNICEF Comité Español – Categoría Emrende.

Como veis, la Asociación Española de Científicos no es la primera y, a buen seguro, no será la última entidad en otorgar un reconocimiento a Escuelab. Pero hay un aspecto en el que

quizás sí seamos pioneros. Salvo que en estos últimos meses hayan recibido tal distinción, somos la primera asociación científica en reconocer la labor de Escuelab, en forma de nuestra Placa de Honor que destaca aquellas personas, empresas e iniciativas comprometidas con el avance de la ciencia y la tecnología. Y es que, “es de bien nacidos el ser agradecidos”. Tras los niños que participan en una actividad de Escuelab y los promotores, monitores y voluntarios que, seguro, obtienen una gran satisfacción personal, somos los científicos las siguientes más beneficiados por la decisión de Cristina Balbás de “colgar la bata”, enrollar a un grupo de personas y ponerse a trabajar de otra forma en fomentar valores como la cultura del esfuerzo, el pensamiento crítico, la creatividad, la proactividad y la valoración social de la ciencia.

Gracias, Fernando, Cristina, y os ruego trasladéis nuestro agradecimiento a todos los colaboradores de Escuelab.

ENRIQUE J. DE LA ROSA

Investigador Científico del CIB-CSIC

Respuesta del galardonado

Antes de nada, como co-fundadora y presidenta de Escuelab, quería agradecer de corazón este reconocimiento a nuestra labor, el cual contribuye enormemente a visibilizar y respaldar nuestro trabajo.

Me gustaría agradecer especialmente a Enrique de la Rosa no sólo la promoción de la candidatura de Escuelab y su amable presentación, sino también el apoyo que ha brindado al proyecto en los últimos años, desde que varios miembros del equipo fundador empezamos a interesarnos por la divulgación cuando éramos estudiantes de doctorado y le conocimos en una de sus sesiones de “Ciencia con chocolate”.

Para nosotros es un orgullo recibir la Placa de Honor de la Asociación Española de Científicos, a cuyos miembros y Junta Directiva hago extensivo nuestro más sincero agradecimiento por esta distinción. La labor de esta entidad es invaluable por su dedicación a promocionar la profesión científica e investigadora en todas sus vertientes, organizando entre otras muchas iniciativas un acto tan entrañable como el que hoy disfrutamos.

Creo no equivocarme al afirmar que todos los aquí presentes soñamos con que en el futuro se siga haciendo ciencia de calidad en España. Esta perspectiva pasa por despertar vocaciones investigadoras en la infancia, que es por lo que trabajamos cada día en Escuelab.

Vivimos momentos difíciles, caracterizados por una importante crisis social. Los datos relativos a la infancia son sangrantes: según el último informe de UNICEF, en

España más del 34% de los menores se encuentra en riesgo de pobreza o exclusión social. Ante esta realidad, y enfrentados a unas instituciones públicas desbordadas y a una clase política incapaz de ponerse de acuerdo en los despachos y pasar a la acción, se hace necesario buscar alternativas que luchen de forma innovadora por la igualdad social y el uso responsable de los recursos. Los emprendedores sociales buscamos hacer frente a estas problemáticas desde todos los frentes, involucrando a todos los actores del ecosistema en el que trabajamos y persiguiendo la sostenibilidad en todos los procesos derivados de nuestra actividad.

Desde nuestra humilde posición, eso es lo que intentamos hacer en Escuelab en el ámbito de la educación científica, contribuyendo así a formar a niños capaces de pensar de manera crítica, que se conviertan en parte activa de la sociedad que queremos para el futuro.

Hemos enfocado este objetivo a través de la elaboración de materiales educativos y su implementación en un contexto de educación no formal: clubes de ciencia extraescolares, campamentos científicos, talleres de ciencia, etc. En nuestras actividades, nos centramos en los niños de entre 6 y 14 años, edades clave en el desarrollo de actitudes hacia las carreras profesionales del ámbito de las ciencias.

Todo esto siempre desde el punto de vista del rigor científico y permitiendo a los niños experimentar de primera mano para resolver retos. De esta forma, también les ayudamos a desarrollar herramientas de futuro como son la persistencia, el trabajo en equipo, la resistencia a la frustración o la integración del error como parte del aprendizaje, algo a lo que todos los que en algún momento nos hemos dedicado a la investigación estamos tan acostumbrados.

Además, como empresa social, Escuelab no reparte beneficios, sino que los reinvierte en el proyecto. Entre otras iniciativas, tenemos un programa de becas que permite que niños en riesgo de exclusión, sea por motivos socioeconómicos o por padecer algún tipo de discapacidad, puedan asistir a nuestras actividades de manera gratuita.

El estudio sobre vocaciones científicas “¿Cómo podemos estimular una mente científica?”, publicado en 2015 por la FECYT, la Obra Social La Caixa y Everis, demuestra que las actividades de divulgación puntuales (como las que desarrollamos en Escuelab) elevan un 5,6% las vocaciones científicas entre los estudiantes, un 9,5% entre aquellos de menor nivel socioeconómico, en los que nos centramos especialmente. Aplicando estos parámetros a los más de 5.200 niños que ya han pasado por nuestras actividades, teniendo en cuenta que más de 1.300 de ellos pertenecían a colectivos en riesgo de vulnerabilidad, estimamos que habremos despertado unas 350 nuevas vo-

caciones científicas. 350 nuevas mentes al servicio de la ciencia, que ojalá algún día se unan a nosotros en eventos como éste.

No quiero terminar sin hacer extensible nuestro agradecimiento a todos aquellos que hacen posible nuestro trabajo día a día: miembros del equipo, voluntarios, padres, colegios, empresas y entidades sociales con las que colaboramos, amigos que hablan de nosotros con cariño y, por supuesto, los verdaderos protagonistas: nuestros niños.

No vamos a descansar hasta lograr la igualdad de oportunidades también en educación científica. Todos los niños y niñas deberían poder desarrollar su potencial al máximo, sin importar su situación socioeconómica, e iniciativas como este reconocimiento contribuyen a que demos el 100% cada día trabajando por este objetivo.

Sabemos que estáis comprometidos por la ciencia: os invitamos a sumaros también a nuestro compromiso por la infancia.

Muchas gracias.



Cristina Balbás

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

Agradezco la invitación para intervenir en este acto de la Asociación Española de Científicos. Mis primeras palabras serán de felicitación a los premiados.

Quiénes profesan como científicos encarnan una dedicación que va más allá del desempeño de una profesión con dedicación retribuida. La profesión de científico supone una intensa formación, una actividad que sólo puede estar basada en una motivación que justifica su vocación y que se ejerce basada en una actitud ética. El juicio y la valoración de los pares es la referencia fundamental para quienes sirven a la tarea de crear conocimiento.

Para los científicos existen muchas formas de manifestar nuestra motivación. Nos inspiran preguntas como: ¿hay espacio en nuestra sociedad para el entusiasmo por el saber? ¿lo hay para la “emoción de descubrir” según feliz expresión que acuñara mi maestro Severo Ochoa? ¿cabe esa tarea que aspira a entender el mundo con la inteligencia, la experimentación o la capacidad de análisis de los expertos? Tratamos de dar respuesta afirmativa a esas preguntas.

Menéndez Pelayo expresó una idea de la Universidad, que se parece mucho a la que menciono, la “universidad total”, en el discurso que leyó, en la Universidad Central, con motivo de la solemne inauguración del curso académico de 1889-90. Afirmaba entonces Menéndez Pelayo:

Aquella cadena de oro que enlaza todas las ciencias; aquella ley de interna generación de las ideas, verdadero ritmo del mundo del espíritu; aquel orbe armónico de todas las disciplinas, que los griegos llamaron enciclopedia, sólo en la institución universitaria está representado, y sólo desde la Universidad penetra y se difunde en la vida.

Este verano, en La Magdalena, en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, el físico Pedro Echenique se refería a “la sublime utilidad de la Ciencia inútil”; mientras tanto, otros reclamaban expertos que dominen la última de las aplicaciones.

La Ciencia, la que a veces a algunos les puede parecer inútil, pero que acaba cristalizando en conocimiento aplicable y, desde luego, también en impuestos para el erario público, nos dice que apenas sabemos algo del 4% del mundo material. Hay por tanto amplio espacio para seguir la indagación propia del investigador.

Hay un universo físico, la ciencia física aún no ha sido capaz de armonizar el conocimiento de los fenómenos deterministas que observamos en la escala macro, con los fenómenos probabilísticos que se dan en la escala infinitamente pequeña de las partículas elementales. Pues bien, prosiguen los esfuerzos para entender este universo, en el que ya conocemos exoplanetas que pueden albergar vida. Y podremos ver cómo a pesar de todas esas limitaciones, avanza la tecnología en aplicaciones de la luz para optimizar el manejo de energía y proteger el medio ambiente, o la ingeniería necesaria para construir infraestructuras, como



César Nombela

autopistas, ferrocarriles, también redes digitales de banda ancha para intensificar la comunicación entre los seres humanos y su conexión con las cosas. Igualmente se seguirá profundizando también en lo más esencial del conocimiento abstracto, la matemática.

Hay un universo biológico, un escalón más en la complejidad. La ciencia afianza sus esfuerzos para conocer la vida biológica en todas sus formas; en especial la del ser humano, con los datos que hoy proporcionan las aproximaciones que nos permiten acercarnos a entender el funcionamiento de la célula y sus estructuras fundamentales, de órganos como el cerebro, de los organismos y su nutrición. Habrá que tratar de manera extensa de cuestiones como las alteraciones patológicas, con todo lo que posibilita la Biomedicina actual, así como su manejo desde un sistema de salud sustentable, que ha de atender a una población cada vez de mayor edad, con terapias avanzadas y tanto desde el punto de vista preventivo como curativo.

Nos importa igualmente el último nivel de complejidad, el que ha sido ya construido por el propio hombre que desde que surge –como último liberado de la creación, en expresión de von Herder– ha sido capaz de vivir en sociedad, de construir una cultura. Hemos de perseguir una visión integradora entre organismos, mentes y sistemas sociales, hasta lo que supone el momento de nuestro sistema económico, nuestra organización social (con Europa y sus interrogantes en primer término).

La ciencia ha triunfado, entre otras cosas por su poder para hacer posible la transformación de la realidad. En ese triunfo estamos, no sólo porque la capacidad de profundizar se ensancha y agranda, sino porque cada vez confiamos más en el empleo de la técnica que se deriva del conocimiento científico. En palabras de Antonio Fernández-Rañada “la ciencia es tan poderosa porque ha sabido extraer su fuerza de los límites humanos”. Nadie duda hoy de este poder, aunque sepamos de la necesidad de encauzarlo dentro de un marco de referencias éticas, porque su utilización correcta no está garantizada.

Y los científicos nos seguiremos preguntando sobre lo que queda por saber. Una pregunta de respuesta imposible en su globalidad, pero de la que se deriva el estímulo para esa búsqueda permanente que constituye la investigación científica. De lo que tampoco tenemos duda es de la militancia que nos corresponde ejercer a los científicos españoles. Ciertamente se han dado pasos en la últimas décadas, pero nos sigue apremiando la necesidad de alcanzar los niveles de esfuerzo inversor que nos correspondería en un país de nuestro desarrollo. Por eso, nos seguiremos encontrando en ese debate y en esas propuestas.

Muchas gracias a todos.

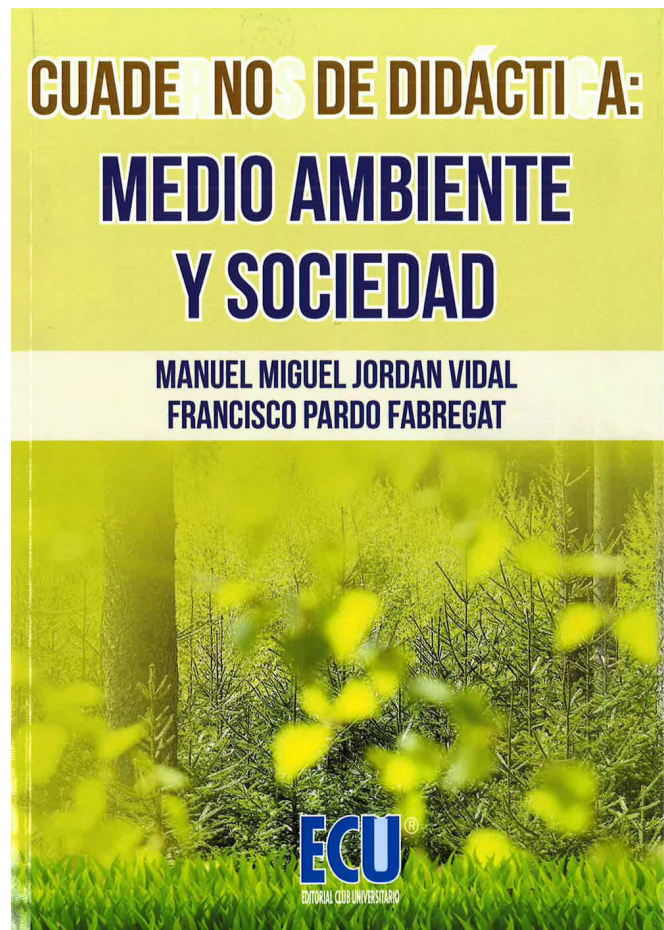
CÉSAR NOMBELA

Rector de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo



Personalidades en el acto de entrega Placaas de honor 2017

Manuel Jordán, catedrático de Ciencias Ambientales de la Universidad Miguel Hernández de Elche y miembro de la Asociación Española de Científicos ha coordinado la edición de “Cuadernos de didáctica: medio ambiente y sociedad”.

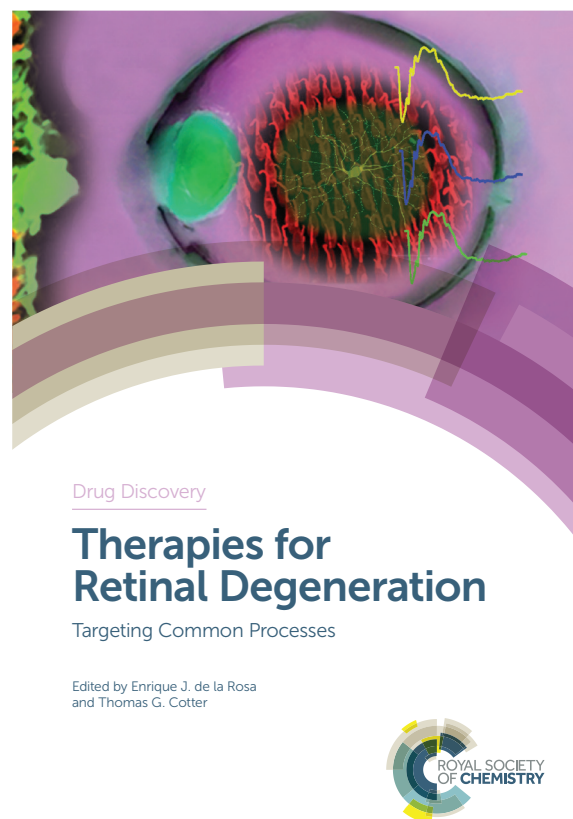


Este manual, editado junto con el profesor Francisco Pardo del Departamento de Ciencias de la Educación de la Universidad CEU Cardenal Herrera en Castellón, reúne aportaciones de 31 profesores e investigadores de universidades españolas e iberoamericanas, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y de departamentos de I+D+i de empresas privadas.

El manual presenta innovaciones pedagógicas tendentes a lograr una más eficaz concienciación por el respeto a la naturaleza desde la escuela. Se destaca la importancia de las salidas de campo como recurso educativo facilitador del proceso de observación, experimentación y proyección. De esta forma se facilita la interpretación del entorno social en las materias relacionadas con el entorno natural.

El libro rinde homenaje al profesor Teófilo Sanfeliu Montolio, fundador de la Universidad Jaume I de Castellón quien “combinó el estudio detallado de los elementos minerales de la tierra con un espíritu humanista de amor a la cultura y a la tradición”.

Enrique J. de la Rosa, investigador científico del Centro de Investigaciones Biológicas del CSIC y miembro de la Asociación Española de Científicos ha editado para la Royal Society of Chemistry el libro “Therapies for Retinal Degeneration: Targeting Common Processes”.



Este libro, editado junto con el Prof. Thomas G. Cotter, del University College Cork, Irlanda, reúne aportaciones de 14 grupos de investigación de Europa y Norteamérica sobre posibles terapias para las enfermedades degenerativas de la retina, un amplio grupo de patologías que causan pérdida progresiva de la visión y, eventualmente, ceguera. La disfunción visual grave es la discapacidad que durante más tiempo afecta a las personas, originando no solo sufrimiento personal y familiar, sino también pérdidas sociales y económicas. A pesar de sus orígenes variados, que comprenden distrofias hereditarias, degeneraciones relacionadas con la edad, así como patologías asociadas a otras enfermedades, en todas ellas, tarde o temprano, aparece un componente neurodegenerativo. Desgraciadamente, como para la mayoría de las enfermedades neurodegenerativas, los tratamientos disponibles están muy lejos de ser satisfactorios.

A pesar de la complejidad en su origen, signos clínicos, edad de comienzo y curso degenerativo, hay procesos celulares y moleculares que son compartidos por muchos de los pacientes. El libro se centra en poner de relieve la investigación para el desarrollo de terapias dirigidas a dichos procesos comunes, como una estrategia para proporcionar tratamientos a los millones de personas afectadas.