



REVISTA DE CIENCIAS  
Y HUMANIDADES

FUNDACIÓN  
RAMÓN ARECES

## DIÁLOGOS

María Vallet y María Emilia Casas

## CONFERENCIAS

Peter Hayes, Javier Ventura-Traveset, Richard Henderson,  
Gabriela González, Hugo O'Donnell y Duque de Estrada

# #22

IMPULSANDO  
EL CONOCIMIENTO





Enter

# FUNDACIÓN RAMÓN ARECES

Compartimos el Conocimiento

Visítanos en [fundacionareces.es](http://fundacionareces.es) o en [fundacionareces.tv](http://fundacionareces.tv)

y síguenos en  [flickr](#)  [slideshare](#)  [YouTube](#) 



## Diciembre '19

### Edita

Fundación Ramón Areces

### Director

Raimundo Pérez-Hernández y Torra

### Consejo Asesor

Federico Mayor Zaragoza, Jaime Terceiro Lomba, Juan Velarde Fuertes, Avelino Corma Canós, Alfonso Novales Cínca

### Director

Manuel Azcona

### Publicaciones

Esperanza Carpizo Bergareche

### Diseño y maquetación

Omnivores. Brand Design & Business Communication

### Administración y redacción

Calle Vitruvio, 5, 28006 Madrid.  
Teléfono: 91 515 89 80.  
Fax: 91 564 52 43

### Web

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

### Web TV

[www.fundacionareces.tv](http://www.fundacionareces.tv)

### Ilustraciones

Roberto Díez (Portada)

### Fotografía

Alejandro Amador, Antonio Marcos

### Transcripción al inglés

Cristina Ramos

### Impresión

Queda prohibida la reproducción total o parcial de las informaciones de esta publicación, cualquiera que sea el medio de reproducción a utilizar, sin autorización previa o expresa de Fundación Ramón Areces. La Revista no se hace, necesariamente, responsable de las opiniones de sus colaboradores.

Depósito Legal: M-51664-2009

© 2019 Fundación Ramón Areces

### Síguenos en

flickr slideshare

YouTube  

## 5 DIÁLOGOS

Entrevista a María Vallet y María Emilia Casas

## 19 CONFERENCIAS

### El Holocausto: Las razones del mal

Peter Hayes, Profesor Emérito, Northwestern University

### La conquista europea del espacio

Javier Ventura-Traveset, Director de la Oficina Científica de Navegación por Satélite Galileo de la Agencia Espacial Europea (ESA)

### El creciente poder de la criomicroscopía electrónica

Richard Henderson. Premio Nobel de Química 2017

### Einstein, agujeros negros y ondas gravitacionales

Gabriela González, Universidad Estatal de Luisiana, Estados Unidos

### La busca de galeones, pasado y actualidad

Hugo O'Donnell y Duque de Estrada. Real Academia de la Historia

## 88 FRAGMENTOS

### Prestigio, salario y feminización de la docencia.

Sonsoles San Román, Universidad Autónoma de Madrid.

### El futuro de las divisas y el papel del blockchain

Carlos Bueno

### Tecnologías sostenibles que cambiarán el mundo

Carlos Bueno y Miguel Jerez

### Avances y retos en investigación en el trasplante de órganos

Jordi Cano Ochando (Instituto de Salud Carlos III) y Estanislao Nistal Villán (Facultad de Farmacia, Universidad San Pablo-CEU)

### Horizonte 2030: Principales retos

Juan Carlos Jiménez. Universidad de Alcalá

## 134 VITRUVIO, 5

La Fundación Carlos de Amberes otorga su medalla de honor a la Fundación Ramón Areces

La Fundación Ramón Areces, en el Muro de Benefactores del Instituto Weizmann de Ciencias de Israel

Ayudas a doce nuevos proyectos de investigación en Ciencias Sociales



MARÍA EMILIA CASAS  
Y MARÍA VALLET

# *LA NOSTALGIA ES UN ERROR*

*Se han incorporado recientemente a los Consejos Asesores de la Fundación Ramón Areces la jurista María Emilia Casas, al de Ciencias Sociales, y la investigadora María Vallet, al Consejo Científico. Gracias al esfuerzo de personalidades como Casas y Vallet el mundo va avanzando en campos tan diversos -y en algunos casos tan relacionados- como el jurídico y el científico. Ambas son hijas de una misma generación y en la cima de sus respectivas carreras comparten inquietudes, preocupaciones y experiencias personales y profesionales. Es este un diálogo en el sentido estricto de la palabra. Sin grandes discrepancias entre ellas, pero plagado de matices en torno al mundo académico, la investigación científica, e incluso, las pequeñas y grandes contradicciones y frustraciones personales. Reconocen luces y sombras en sus respectivas trayectorias vitales pero de la conversación se desprende que, para ambas, la nostalgia es un error.*



***Ambas son investigadoras y pertenecen a la misma generación. ¿Qué es lo que más les preocupa en los ámbitos personal, profesional y social?***

**María Vallet (MV):** Personal y profesionalmente ya no me preocupa nada. Ahora estoy recogiendo muchos frutos -algunos inesperados- que me hacen muy feliz. Estoy tranquila.

**María Emilia Casas (MEC):** Mis preocupaciones personales no son interesantes y debo dejarlas en el ámbito privado. En lo profesional, sigo preocupada por la calidad, por la excelencia de mis trabajos y de quienes trabajan conmigo. Me preocupan las dificultades para acceder a las cátedras. Mis compañeros llegan a esa posición a los 50 años o casi 60 años, cuando ya están cercanos a la jubilación... Me preocupa el decalaje que habrá cuando mi generación se jubile. Encontraremos un panorama yermo por la falta de una política de educación y de inversión suficiente en las universidades y en la investigación. Esta situación merece una reflexión.

**M. V.:** Desde luego, estoy al 100% de acuerdo en todo lo que has dicho. Me preocupan muchas cosas en ese campo. No acabo de entender el sistema de elección del profesorado universitario. Es necesario cambiarlo para mejorar (María Emilia Casas asiente). Siempre he luchado y sigo luchando por la excelencia y por la calidad. La calidad sigue brillando por su ausencia entre muchos de los que acceden a la universidad. Ningún premio Nobel accedería a una plaza en nuestras universidades. Por la excesiva burocracia.

Por los interminables formularios y requisitos que se exigen. Mientras eso no cambie, nuestra universidad no va a mejorar. Tenemos que conseguir una universidad mejor con los profesores más cualificados. La selección es un punto imprescindible.

**MEC:** La selección del profesorado se está haciendo ahora de manera oscura, sin transparencia. Y, en consecuencia, sin mérito ni capacidad contrastable. Es un problema estructural que afecta a la excelencia y a la calidad.

**MV:** Los aspirantes a una plaza universitaria están más preocupados por completar todos los formularios que por la excelencia. Es como un rompecabezas en el que van colocando distintas piezas y que deben completar para poder acreditarse. Lo cierto es que los termina rellenando el que tiene más tiempo y dedica menos esfuerzo a la investigación y a la docencia. Muchos se quedan sin habilitarse porque, si optan por dedicarse a la investigación y a la docencia, entonces no pueden estar atentos a cubrir todos los casilleros con requisitos.

**MEC:** ¿Y cómo se miden esos criterios? Si usted ha publicado un trabajo de investigación con otros, no vale. Si ha participado en un libro homenaje, tampoco sirve... Igual he realizado un trabajo excelente en un libro homenaje y, sin embargo, eso no se valora. Esos criterios no buscan ni la excelencia ni la calidad. Y luego está la burocracia, que consume tanto tiempo...



"Son absolutamente imprescindibles más recursos a educación, pero también una gestión más eficiente de ellos" **María Vallet**

**MV:** Es una burocracia tremenda en todo: para llegar, para mantenerte, para justificar cualquier proyecto... Mientras no se elimine tanta burocracia, mientras eso no cambie, no podemos trabajar.

**MEC:** La burocracia provoca que gente excelente no llegue a obtener nunca una cátedra.

**¿Cómo podría cambiarse esta situación? ¿De quién depende?**

**MEC:** Tiene que haber un pacto de

Estado, tanto en la educación primaria como en la superior.

**MV:** Esto es un clamor. Es algo conocido desde hace mucho tiempo, y nunca se ha conseguido el resultado que queremos. Yo ya no sé qué es lo que habría que hacer, pero está claro que se necesita una reforma.

**MEC:** Este sistema no funciona.

**MV:** Aunque la burocracia ha existido siempre, durante un breve tiempo se facilitaron los trámites a los proyectos

de investigación. Ahora han vuelto a multiplicarse los trámites de tal manera que, al final, una gran parte de tu tiempo, de tus esfuerzos se destina a atender toda esa burocracia, y no al proyecto para el que te han concedido los fondos.

**MEC:** Sí, sí.

**MV:** O dispones de recursos económicos para contratar a un gestor.

**MEC:** Sí, hay proyectos que directamente contratan a un gestor para eso.

**MV:** Yo tengo una gestora, porque si no, es imposible.

**MEC:** Sí, yo también tengo gestor para llevar estos papeleos.

**MV:** Por cierto, la gestora se ve también desbordada y termina repercutiendo en ti. Les cuento algo que me ha sucedido esta misma mañana. Estoy cerrando un proyecto de investigación del Ministerio. Desde septiembre, estoy preguntando por la cifra exacta de dinero que me queda para atender los últimos pagos. Hasta ayer, no he conseguido ese dato ni por mi gestora ni por la propia universidad. Me dicen que me quedan 340 euros pendientes de gastar, que lo habíamos hecho muy bien. Pues perfecto. Esta mañana me llaman de nuevo para decirme que en realidad aún dispongo de 16.000 euros. Y yo me pregunto: ¿16.000 euros redondos? ¿No suena un poco raro? Telefono de nuevo a la universidad y me dicen que los 16.000 euros son aproximados. Que queda un poco más. Entonces me pongo

seria y le digo: “Mire, usted, dígame el número exacto. Llevo pidiendo el dato desde septiembre, ayer eran 300 y pico hoy son 16.000 y todavía a ojo de buen cubero...” Eso antes a mí no me pasaba.

**MEC:** Y cuando te dicen por fin la cantidad que te resta de un proyecto te piden que la destines a viajes. No importa que lo necesites para otra cosa. Reconozco cierta envidia hacia nuestros colegas europeos, porque sus gestores antes de terminar de oír el problema ya les están aportando una solución.

***Decía José Antonio Marina, hace poco, en una conferencia en la Fundación, que España solo podría tener un buen sistema educativo si destinara el 5% del PIB a educación, frente al 4,24% actual. ¿Están de acuerdo en que es un problema de recursos?***

**MV:** Son absolutamente imprescindibles más recursos pero sin una gestión más eficiente, tampoco avanzaríamos mucho. No podemos permitir que estén todo el día poniendo trabas.

**MEC:** Totalmente de acuerdo, pero es necesario mucho más que recursos. Más dinero sin una buena gestión no serviría.

**MV:** El problema es esa burocracia que nos impide trabajar. Inviertes mucho tiempo en cosas que no aportan nada. Habría que exigir más resultados: yo le he concedido el dinero para este fin. Pues bien: ¿Lo ha hecho? ¿Qué conclusiones ha extraído?





**MEC:** Es algo decisivo...

***¿Qué asuntos en el ámbito científico deben estar regulados jurídicamente? ¿Creen que debe de tener límites jurídicos la investigación científica?***

**MEC:** Los límites tienen que estar marcados por la sensatez en la investigación científica. Y debería haber normas que impusieran también ciertos límites. Pero no por decisiones ideológicas. La ciencia avanza y hay cuestiones que tienen que ser necesariamente investigadas. ¿Cómo van a frenarse los avances en biotecnología o en células madre? Cuando estaba en el Tribunal Constitucional se recurrió la ley de reproducción asistida. ¿Cómo es posible? Aunque por supuesto que puede haber límites morales en determinados supuestos. La ciencia va marcando ella misma

el camino. Además, esa evolución no la marcamos María y yo, ni nuestras universidades, sino que estamos en un mundo global y entre todos vamos marcando la dirección. No nos podemos quedar detrás. Hay que acomodar el Derecho al devenir de la ciencia.

**MV:** La investigación tiene que alcanzar nuevas metas y descubrimientos. No se pueden imponer barreras a algo que aún no se conoce. Una vez

"Necesitamos un Pacto de Estado, tanto para la educación primaria como para la superior"

**María Emilia Casas**

trazado el camino, entonces igual ha llegado el momento de regular determinados puntos.

**MEC:** Esa evolución la vemos en muchos aspectos también relacionados con la medicina. Antes quien no se encontraba cómodo en su propio cuerpo podía ser excluido de la sociedad, digamos que con una cierta normalidad. Ahora, todos los tribunales condenan ese tipo de actitudes y protegen los derechos de las personas bisexuales, transexuales, intersexuales, etc.

***Ya existen herramientas genéticas, como los CRISPR, que van a permitir modificar genéticamente a las personas. ¿Hasta qué punto deberían regularse?***

**MV:** Los CRISPR están aún en pañales en aplicaciones y habría que ver bien el panorama y para qué fines en concreto.

**MEC:** No todo vale.

**MV:** Claro, y hay que verlo.

**MEC:** Una sociedad también tiene sus criterios morales y éticos que, por supuesto, no deben de olvidarse (MV asiente). La ciencia va a avanzar mucho más, como elemento transformador que es de la sociedad. La ciencia no puede ir por un lado y la sociedad por otro. En una reciente conferencia sobre criopreservación en esta Fundación se hablaba de estos aspectos y de cómo igual esa posibilidad de criopreservarse podría llegar dentro de 500 años... El derecho también es un elemento transformador.

**MV:** En ciencia se avanza mucho, pero luego hay que ver... Por ejemplo, la bomba atómica no fue buena, pero la ciencia llegó a descubrirla. Y como eso, otras cosas. No todo lo que se descubre va a ser bueno para la sociedad, pero es bueno descubrirlo y luego seleccionar.

**MEC:** Y que no sea un capricho. La ciencia tiene que tener su recorrido. Una sociedad que se cierra a la ciencia y que marca límites prefijados que no están justificados en el propio desarrollo de la ciencia es una sociedad sin muchas posibilidades de progresar.

**MV:** Sin duda.

**MEC:** El conocimiento siempre ha sido un elemento de progreso. Ahora es mucho más poderoso porque también las nuevas tecnologías han permitido dar un salto inmenso. Hace unos años la gente iba a Estados Unidos a recibir un tratamiento médico que aquí no estaba disponible. Hoy en día, los protocolos son comunes y se intercambian en todo el mundo.

**MV:** Con las nuevas tecnologías veremos en unos años que muchas de las carreras que se estudian ahora no tendrán ningún sentido. Y aparecerán otras nuevas. Y la gente va aprendiendo cosas diferentes. Para desenvolverse en la sociedad en la que vive, también necesita unos conocimientos y unas habilidades distintas. Eso es consecuencia de un avance de la ciencia.

**MEC:** Se dice ya que la persona que no tenga una formación tecnológica



mínima se equiparará al analfabeto del siglo XIX. Las tres cuartas partes de los niños que actualmente estudian primaria van a tener profesiones que ahora no existen. No sé qué formación estamos dando. El cambio del sistema educativo y la necesidad de formación permanente son importantes. Para los investigadores, esto es algo con lo que hemos crecido.

**MV:** Igual me sucede a mí.

**MEC:** La carrera universitaria exige de ese aprendizaje continuo, porque estás con un proyecto de investigación, tienes que dictar una conferencia, o debes escribir un artículo sobre lo que nadie ha escrito antes... Pero el conjunto de la sociedad no participa por regla general de ese aprendizaje

continuo. Se sobreentiende que realizas unos estudios durante unos años para aplicarlos laboralmente durante el resto de la vida. Sin embargo, caminamos hacia formas de empleo y prestación de servicios en los que ese aprendizaje continuo va a ser clave. Y esto va a requerir también de una mayor inversión en educación.

"No todo lo que se descubre va a ser bueno para la sociedad, pero es bueno descubrirlo y luego seleccionar" **María Vallet**

***La ciencia ya es global y colaborativa. La guerra fría entre científicos ha desaparecido...***

**MV:** Ha sido un cambio importante en la ciencia y en la universidad. Lo importante no es lo que yo hago, sino los resultados que se pueden conseguir con lo que yo hago y con las conexiones necesarias, donde haya que buscarlas. Y no solo colaboraciones en un campo, sino en varios a la vez. La multidisciplinariedad es clave. Hay que abrir las ventanas al resto, compartir problemas y resultados con otras universidades o laboratorios. Hay que colaborar con los mejores. La ciencia no tiene fronteras.

**MEC:** En algunas áreas de investigación, el hallazgo de un resultado puede ser tan importante que a veces se oculta a otros grupos para proteger una posible patente... En mi especialidad hay grupos de investigación muy abiertos. Los Estados no llegan ante las grandes potencias científicas, tecnológicas, plataformas digitales, no pueden limitar ese progreso a las fronteras de un Estado.

***Margarita Salas nos ha dejado hace pocas semanas. ¿Qué reflexión pueden hacer sobre las mujeres en la ciencia española?***

**MV:** Margarita Salas decía siempre que durante un tiempo se sintió marginada por ser mujer y durante otro, por ser vieja. Reconozco que nunca me he sentido marginada y he ido obteniendo los resultados de la investigación que iba desarrollando. No he sentido zancadillas, pero es verdad que cuando en reuniones de muje-

res te preguntan: “¿Y no te ha pasado nunca esto o lo otro?” Entonces piensas un poco y caes: “Pues ahora que lo dices, sí, recuerdo una vez que...” Quizá estaba tan ensimismada en mis cosas, que no era consciente de aquello que podía entorpecerme. En nuestra época había pocas mujeres en todas las carreras, sobre todo en las ingenierías... Ahora, sin embargo, hay más mujeres que estudian y eso tiene que verse reflejado dentro de unos años. Éramos muy pocas en la universidad y aún menos las que decidimos continuar. Casi estaba mal visto trabajar si se era mujer. Hemos llegado pocas en comparación con las que podían haber llegado a una posición como la que ocupamos. Y luego hay otra cosa importante: la mujer muchas veces, llegado un momento, elige dedicarse a la familia. He de confesar que yo tuve esa tentación también en dos ocasiones. Eso es lo que hace que sea distinta la condición del hombre y de la mujer.

**MEC:** Tiene toda la razón, María. En estos momentos hay casi en todas las carreras mayor porcentaje de mujeres que de hombres. Pero los datos recientes del Ministerio de Ciencia nos dicen también que el número de catedráticas se mantiene en un escaso 20%. Esa mayor presencia femenina lleva varias décadas, pero no se refleja en el número de catedráticas, lo que demuestra que sigue ocurriendo algo. Recuerdo que la Universidad Autónoma de Madrid había establecido un criterio estructural para la promoción de cátedras y fomentar la presencia de mujeres. Pues bien, esa propuesta fue impugnada por profe-



"La ciencia, a nivel global, va marcando el camino del progreso y el derecho se va acomodando a ella"

**María Emilia Casas**

soras y profesores titulares. Me pregunto ahora si me he sentido marginada. Hubo una etapa en la que no fui consciente. Fui la primera catedrática en mi disciplina. Y fui a una convocatoria en la que había cuatro aspirantes, yo era la única mujer. Y el primer año se prefirió que quedara vacante la plaza antes que elegirme a mí. Me decía entonces el tribunal: "Es que te falta algo, es que eres demasiado

joven, tú prometes mucho..." (Risas)

**MV:** A mí también me lo hicieron. (Siguen las risas)

**MEC:** Pero, ¿cómo es posible que nos dijeran esto? Y tuve que esperar a la siguiente convocatoria y entonces ya me aceptaron. Me decían que tenía un gran futuro por delante pero que me faltaba algo...

### ***Están reconociendo ese machismo...***

**MEC:** Claro, pero teníamos tantas ganas de llegar, teníamos tanto pun-donor que... Además, yo veía como una exigencia añadida que necesitaba hacerlo mucho mejor por el hecho de ser mujer. A igualdad de cualificación, lo tenía que hacer mejor. Al principio lo hacía inconscientemente. Luego, ya fui poniendo las piezas y dándome cuenta del esfuerzo que he tenido que hacer para llegar hasta aquí.

### ***¿Son partidarias de las cuotas?***

**MEC:** Soy absolutamente partidaria en determinados ámbitos. La medida acordada en el Congreso de los Dipu-tados es bidireccional, por lo que no son solo femeninas. Que se marque un 40% de mujeres y un 60% de hombres entre los representantes políticos me parece bien. Antes de aprobarse esa ley, la presencia femenina era escasi-sima y ahora ha subido mucho en el Congreso. No, en cambio, en el Sena-do, donde se vota de forma distinta. Hay mujeres valiosas en muchísimos ámbitos y eso tiene que hacerse ver. Siempre con el principio de mérito y capacidad por delante, por supuesto. En ciencia, la visibilidad de la mujer debe de ser mayor. Como en los artícu-los científicos, que muchas mujeres al parecer siguen prefiriendo firmar con la inicial del nombre y que adivinen si la M pertenece a María, o a Mario...

### ***¿Eso sigue ocurriendo?***

**MV:** Reconozco que a mí no me ha pa-sado eso.

**MEC:** ¿Siempre firmas como María Vallet?

**MV:** Pues en algunos con M. Vallet y en otros como María Vallet. Pero no me ha pasado. En cuanto a cuotas, si el 50% de la población es femenina, debería haber una representación si-milar también en las instituciones y, además, la visión femenina hace me-jor a una sociedad en muchos aspec-tos. En ciencia, las cuotas siempre me han dado miedo, porque no quiero que haya ninguna duda de que la persona que llega lo hace por méritos propios y no por encima de alguien que lo merece más, solo por el hecho de ser mujer. Y luego puede parecer que, si una mujer consigue un puesto, lo ha obtenido por ser mujer. Es un arma de doble filo. Durante mucho tiempo ha sido como decías, María Emilia. Tenemos que hacer más visibles a las mujeres. Igual en vez de las cuo-tas, habría que hacerlas más visibles y potenciarlas. Y que desde dentro de las instituciones se capten a esas mu-jeres. Así hacemos, por ejemplo, en la Real Academia de Ingeniería.

**MEC:** Hay distintos tipos de cuotas. Y no solo con las mujeres, sino también

"En unos años, con las nuevas tecnologías, muchas de las carreras que se estudian ahora no tendrán ningún sentido"

**María Vallet**





con las personas discapacitadas. Me parece positivo que se reserve el 5% de plazas para estas personas porque, de lo contrario, van a estar siempre excluidas. Para la ciencia desde luego, mérito y capacidad, pero hay otros sectores en los que el derecho tiene que buscar instrumentos.

***María decía que estuvo a punto de dejar su carrera investigadora en dos ocasiones...***

**MV:** Sí, por cuestiones familiares. Luego no lo hice y me alegro muchísimo de haber continuado.

**MEC:** A mí me pasó lo mismo. Yo no tengo una formación muy religiosa, pero sí una tendencia a sentirme

culpable en algunos momentos por este motivo, por si descuidé la vida familiar.

**MV:** Quienes tenemos hijos hemos sentido ese sentimiento de culpabilidad alguna vez y en momentos importantes de forma acusada, como de ‘mala madre’.

**MEC:** Yo también.

**MV:** Cuando recibí el Premio Nacional de Investigación, me entrevistaron y entrevistaron a mis hijos sin que yo estuviera presente. A posteriori vi lo que dijeron y pensé: “Caray, he tenido mala conciencia e igual no debía de tenerla, porque si es verdad lo que están diciendo mis hijos...” Lo he hablado mucho con ellos. Muchas veces tenemos mala

conciencia, pero ellos están valorando otras cosas.

**MEC:** Luego se sienten muy orgullosos de tener a una madre que ha recibido un premio tan importante. Me llama la atención porque sigue existiendo un prejuicio de género. Mi marido nunca se sintió culpable si suspendían a mi hijo en el colegio. Yo me sentía culpable porque no estaba en todo el día en casa. Recuerdo con el más pequeño de los cuatro que, cuando llegaba a casa a las nueve de la noche, le preguntaba si había hecho los deberes y me decía que justo me estaba esperando para hacerlos. ¡Lo hubiera matado! (Risas). He pagado un alto coste y siempre te queda esa duda: ¿Hubieran tenido más éxito con una madre más atenta a sus necesidades o a sus evoluciones?

### ***Hablan de culpabilidad... ¿Se arrepienten de algo?***

**MEC:** El camino que he elegido me ha supuesto mucho trabajo y mucho sacrificio, pero lo he disfrutado mucho. Mi carrera me ha producido una satisfacción que no cambiaría por nada. Pero es verdad que he tenido en mi entorno a otras personas que quizá han disfrutado menos de mí por haber optado por este camino.

### ***¿Qué aconsejarían a las mujeres que estuvieran en esa posición?***

**MV:** Yo también he disfrutado mucho con lo que he hecho y estoy muy en paz conmigo misma, pero a veces pienso en las cosas que me he perdido cuando mis hijos eran pequeños.

Ahora me lo estoy cobrando con mis nietos. A otras mujeres, recomendaría, pese a todo, seguir adelante con sus carreras profesionales. Si hubiera tirado la toalla, mi vida ahora sería peor, no habría disfrutado de todo lo que he disfrutado, no hubiera formado a los equipos que he formado, ni hubiera conseguido esos avances en la ciencia que he alcanzado... Hubiera hecho otras cosas, pero no me hubieran llenado como persona. A las mujeres que tengan esa duda yo les pediría que no pensarán en el ahora sino en el mañana.

**MEC:** Es un trabajo tan exigente que no tiene sábado ni domingos...

**MV:** Ni noches...

**MEC:** Yo envidiaba a amigas que eran abogadas del Estado. El viernes a las tres de la tarde cerraban y disfrutaban de un fin de semana glorioso con sus familias. Y si yo tenía que mandar el lunes un artículo, procuraba engañar a mi marido diciéndole que saliera con los niños con cualquier excusa. También me he perdido muchas cosas con mi marido. Mi consejo sería que no abandonaran su carrera profesional, pero sí que hiciera una gestión de su tiempo más eficiente que el que yo he hecho. No estoy muy conforme con ese reparto de los tiempos. También por ser mujer me he tenido que exigir mucho más. La mujer tiene, hoy, más poder de elección. Y como decía María, que no dejen de hacer lo que debían hacer. Yo por ejemplo no disfruté ninguna de las bajas de maternidad porque no estaba bien visto. Hoy las mujeres no se plantean eso.



### **María Emilia Casas**

La primera mujer presidenta del Tribunal Constitucional reconoce, sin apuros, que una vez llegó tarde cinco minutos a un pleno y se excusó diciendo que estaba terminando de colgar una lavadora. Esta anécdota refleja bien su naturalidad, espontaneidad y sentido del humor. Unos cuantos años más tarde de aquel episodio, que dejó perplejos a sus compañeros, recuerda entre risas cómo sus colegas le afearon cariñosamente esa actitud, “que no era propio que comentara algo así en un lugar como aquel, me decían. ¿Pero si era verdad?”. Durante el periodo que ocupó esa posición (2004-2011) Casas consiguió que se aplicara la tutela antidiscriminatoria por razón de género en sus múltiples vertientes y reforzó la protección de las trabajadoras embarazadas. También debemos a su gestión que se atribuyera una dimensión constitucional a todas aquellas medidas facilitadoras de la conciliación de la vida laboral y familiar de los trabajadores. Catedrática de Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social de la Universidad Complutense de Madrid, pertenece al Consejo de Estado, desde noviembre de 2018, y cuando fue nombrada Magistrada del Tribunal Constitucional, en 1998, lo hizo como la persona más joven en acceder a ese puesto. Incansable trabajadora, jurista por vocación, su carrera ha estado marcada por la excelencia. Prueba de ello es la larga lista de reconocimientos. Entre otros, el Premio Pelayo para juristas de reconocido prestigio, siendo la primera mujer en recibirlo; la Gran Cruz de la Orden de San Raimundo de Peñafort, la Medalla de la Orden del Mérito Constitucional y la Gran Cruz de la Real y Distinguida Orden Española de Carlos III. Recientemente, se ha incorporado al Consejo de Ciencias Sociales de la Fundación Ramón Areces y ya ha organizado, entre otras actividades, un ciclo de conferencias sobre el Derecho en la sociedad digital.



### **María Vallet**

Una buena prueba del carácter multidisciplinar de María Vallet es que cuente con sillón propio en dos Reales Academias tan distintas como la de Farmacia y la de Ingeniería. Doctora en Ciencias Químicas y catedrática en la Universidad Complutense, lidera el grupo de Biomateriales Inteligentes de este campus y fue pionera en el estudio de los materiales cerámicos mesoporosos con aplicación en Biomedicina. Entre otros hallazgos, descubrió las posibilidades de estos materiales sobre todo en la regeneración ósea y para sistemas de liberación controlada de fármacos. Autora de más de 750 artículos científicos y de 14 libros, también tiene registradas a su nombre 13 patentes. Cuando se le pregunta cuánto dinero ha ganado por este último logro, es tajante sin perder la sonrisa: “Ni un duro”. Para cuando lleguen los proyectos comerciales viables relacionados con esas patentes, su universidad recibirá los réditos y ella será la destinataria de un porcentaje cercano al 5%. De todas formas, no parece que sea algo que le preocupe demasiado. Reconoce que estuvo en dos ocasiones a punto de abandonar su carrera como investigadora para dedicarse a la familia, pero ahora se alegra “muchísimo” de haber continuado. Su índice H es 95, ha sido citada más de 41.000 veces y pertenece a la lista ‘Highly Cited Researcher 2018’ (Clarivate Analytics). Entre otros premios, ha recibido el Jaime I 2018 en Investigación Básica, el Nacional de Investigación 2008, el Franco-Español 2000 de la Société Française de Chimie y la Medalla de Oro de la Real Sociedad Española de Química en 2011. Como María Emilia Casas, es consejera de la Fundación Ramón Areces, en su caso del Consejo Científico.



# EL HOLOCAUSTO:

## *Las razones del mal*

Por PETER HAYES

*Profesor Emérito, Northwestern University. Miembro del Academic Committee of the United States Holocaust Memorial Museum.*



*Peter Hayes ha explorado uno de los eventos más trágicos de la Historia de la humanidad, la Shoá (el Holocausto), tratando ocho de las preguntas más comunes sobre esta catástrofe: ¿Por qué los judíos? ¿Por qué los alemanes? ¿Por qué la aniquilación, por qué tan rápida y total? ¿Por qué más judíos no se rebelaron? ¿Por qué no hubo ayuda del exterior? ¿Qué legado? ¿Qué implicaciones? ¿Qué lecciones? Peter Hayes aporta, con sus 35 años de experiencia, una visión que permite acabar con prejuicios y opiniones mal fundadas.*

*The Holocaust seems to paralyze most people. The enormity of the death toll, the brutality with which it was executed, and the sheer speed with which millions of people were erased from the Earth seems to make us feel that we are inadequate in the face of understanding it*

The Holocaust seems to paralyze most people. The enormity of the death toll, the brutality with which it was executed, and the sheer speed with which millions of people were erased from the Earth seems to make us feel that we are inadequate in the face of understanding it. The most common words used in the United States to discuss the Holocaust are indescribable, incomprehensible, unfathomable. I'm a historian. The job of historians is to make clear to people how the world came to be the way it is, how and why things occur in the past. The notion that something is inexplicable is for a historian, dare I say it, a kind of heresy. And yet, in the face of this subject, we stop short. We say somehow it cannot be explained and I think I understand why. Because it is so horrible, it is so terrifying, that if we say it can be explained, we are on the verge of saying it made sense. It made no sense and yet it can, I think, be explained. And toward the end of my teaching career, I realized that the way to approach the problem of explanation was to do it the way the French philosopher René Descartes years ago said, "If you have a complicated question, divide it into manageable parts, deal with each part, and then the answers to the parts, if you're lucky, will add up to an answer to the complicated question." And in my case, because I taught bachelor students in the United States, I realized what the parts might be.

Every year, I would ask the students who

came to my course on the history of the Holocaust, "Why are you here? What do you want to know?" And every year, they would raise the same questions. Why the Jews? Why would a major country, indeed more than one country, why would the populations of more than one country decide that the way to improve the world in every way was to eliminate one relatively small and internally heterogeneous people? How could they possibly believe that a few million Jews amidst the vast population of Europe were the source of all troubles? Why the Germans? Why was this the people that set out to kill all the Jews? If you had asked people in Europe in 1912 and said to them, "In 30 years, what country on this continent will be killing and burning the corpses of a population, of the Jews," the answers would have undoubtedly been France or Russia. France because of the Dreyfus affair, which had recently occurred, Russia because the Kishinev pogroms, which gave rise to the Protocols of the Elders of Zion had just occurred. Why was it Germany? The country that in 1932 had won more Nobel Prizes than any other nation on the globe. A country that already in the 19th century had the highest literacy rate in Europe. A place that we would see as a quintessentially modern and advanced society. Why murder? Adolf Hitler rose to power giving speeches saying, "The Jews must be removed from Germany," "*Entfernen*." And *entfernen* is the verb for to remove. Remove may mean many things. If I want to remove this chair from the



stage, I can pick it up and put it through one of these doors or I can pretend I'm a rockstar and I can smash it on the floor. This is what he said to the German people. Why did remove come to mean kill? Why murder? Once the murder started, why was it so swift and sweeping? Most everyone knows, if they know one thing about the Holocaust, it's the six million Jews were killed and that six million Jews amounted to two-thirds of the Jewish population in Europe in 1939. It was actually much worse than that. The Germans killed between 75 and 80 percent of the Jews who ever came within their reach. Many of the survivors were people who fled into the Soviet Union and were never under German control or lived in Scandinavia or Great Britain or Spain where the Germans could not reach them. 75 to 80 percent and they did this in the wink of an eye. Six million victims. Three million died in a space of only 11 months. They died between March of 1942 and February of 1943. Three-quarters of the victims, four-and-a-half million people, died in less than two years, 20 months between the invasion of the Soviet Union in June of 1941 and the German surrender at Stalingrad in February of 1943. This was a rate of killing unprecedented in the world. Why didn't more of them fight back? This is a question my naive students from the comfort of the American life posed. They all think they would have been Davy Crockett at the Alamo. When faced with German tanks, they think it would have been easy to stand up and everyone would have done it. So why didn't more fight back?



This completely ignores the imbalance of power. It also completely misunderstands who the Jews were. The Jews were not united in the face of what was happening to them. They were people divided by all kinds of differences. Political differences, some were Zionists, some weren't. Some were Socialists, some weren't. Religious differences, some were Orthodox, some were Neolog or reformed. Some were Hasids, still a third group. Some were highly traditional, some were not. In the face of the German onslaught, Jews had to figure out in Europe two things very quickly. They had to figure out, what are the Germans going to do with us? And then they had to figure out, what is the most effective response? To get agreement

on these two questions in advance was very difficult because when the Germans invaded Poland in 1939, they didn't yet know what they intended to do with the Jews. How could the Jews know? So this is the next kind of question. Why did they get so little help? Why is it that no Allied government intervened to stop the massacre at the death camps? Why is it that no international organization such as the International Red Cross stood up and protested and circulated information? Why did the Roman Catholic Church, which had the best intelligence network in Europe, fail to speak out against the massacres? These questions are very profound. Why did survival rates vary? This is one of the most striking things. 75 to 80 percent of the Jews within the Nazi reach were killed. 75% of the Jews in France survived. 75% of the Jews in the Netherlands were killed. These are not countries that are very far away from each other. What accounts for the different outcomes for people? So these are the questions that my students would repeatedly pose and I built my course around answering those questions. Each week we would tackle in lectures I would give and discussion conversations with them, how do you answer each of these questions - remember Descartes? - in the hope that if we answered the small questions or smaller, they would add up to a larger answer.

I can take you through two questions that I think summarize the approach of the book and the method that I bring to bear. Two simple but stark questions: why were Jews killed and why couldn't or didn't anyone stop it? Now, the first question has, as all historical questions have, long-range origins and short-range origins, things that lie deeply embedded in the past and things that were relatively proximate to the events that we're talking about. The long-range origins of the persecution of Jews are deeply embedded in

the western Christian tradition. They are the result of the new message that Christianity brought into the world, which after all, is an offshoot of Judaism. The central teachings of Christianity are rooted in the Jewish faith, monotheism, covenant, an agreement between the Lord and his people, and the authority of scripture, writings that tell you how to behave and live. Christianity emerged in the world and took each of those things and changed them. Monotheism, one God, became the trinity, one God in three forms. Scripture, the Hebrew Bible, became part of the texts of the Christian Bible supplemented by the gospels and the epistles. Covenant, the agreement between the Lord and his people: in Judaism, this was the teaching that God will make the Jews a light unto the nations in return for obedience to the 613 laws that are in the Torah. The first five books of the Bible and Christianity says something different. It says covenant is not between a particular people and is not dependent on adherence to the laws. Anyone can become part of the covenant with the Lord if you accept the teachings of the New Testament of the gospels and the epistles. And these essentially abolish most of the 613 laws.

So in the early era of Christianity comes this new religion teaching people we have a new doctrine and if you follow it, you will enter into the covenant with the Lord and you will be saved. And the Jews are the people who said, "No, thank you." The Jews are the people who said, "We have a covenant. We have scripture. We have a monotheism. We're fine with it." Now, Christianity became the official religion of the Roman empire. It became the dominant faith. And as we can all understand from ordinary life, when we think we have something wonderful to offer and someone looks at us and says, "No," we tend to get offended and the offense may lead us to various forms of action. In the case of



Christianity, which argued that, "We know the one true way to salvation," saying, "No," was a problem. If someone got away with saying, "No," this would undermine the whole teaching that we have the new truth. And so beginning in the 4th century of the common era, Christianity developed official doctrines toward Judaism which basically said, "These people remain in darkness. They do not accept the new light of the world. They cannot prosper because if they prosper, this shows that they are getting away with saying, 'No,' and that might undermine the faith of some of the people who said yes. It might get them to turn away." And Christianity in the form of St. Augustine developed a doctrine that Jews must suffer but they must also survive because they once were the chosen people of God and if one day they wake up in the morning and they say, "Yes," this will be the sign of the coming of the kingdom of heaven and the rule of the earthly paradise of the Lord. To make them suffer, Christianity developed elaborate instruments to keep them contained and at arm's length from Christians.

### **They were to be confined to ghettos**

They were to be confined to ghettos. They were to be allowed to do only certain occupations. In this way, they lived in European society but they were not of European society. And then over the centuries, this elaborated into forms of suspicion about Jews. They not only were corrupting toward your faith, they might, in fact, poison wells. They might, in fact, spread plague. In an era where no one had scientific explanations for things, the easiest way to explain adversity was to say, "Somebody did it and we know these people are evil. These people have not accepted the truth of the Lord." Christianity spent roughly 1,400 years all over Europe elaborating this ideology that the Jews were potentially corrupting, that they were over time increasingly seen as instruments of the devil. They had to be kept at a distance. They were dangerous. And rather abruptly, in the 18th century, European society turned. The ideology that Jews had to be confined gave way to an ideology that they had to become

## *The Jews were not united in the face of what was happening to them. They were people divided by all kinds of differences*

productive. They had to become useful to the state and thus, they had to be freed from the ghettos, from the occupational restrictions because in the ideas of the emperor of Austria who started the emancipation of the Jews, if they were freed they could do all the things that everyone else did and sooner or later they'd pay more taxes. Now, that was the emperor of Austria.

The French Revolution, of course, had nobler reasons for emancipation. The brotherhood of man, *égalité*, the equality of man, *fraternité*. This ideology meant that the armies of the French Revolution all over Europe opened the gates of the ghettos, abolished the restrictions on what a Jew could or could not do. And the 19th century in Europe, the period from 1780 when the emperor of Austria emancipates the Jews, it took this long, until 1917, gradually, the Jews are freed in every European state from all of their restrictions. And many Jews welcomed these opportunities. They had never been allowed to go to university before. They welcomed the chance to do so. They could not become business executives. They could not become lawyers. They could not become doctors, but many of them had the ability to do these things and had never been allowed to do it. And all of a sudden, they could and they did. And the result was a group of people that had lived in European society but were not of it, suddenly came into European society as if they were immigrants and began to compete with others and occasionally win in their personal advancement in society. This was the development of the 19th century. It was generally positive. It was overwhelmingly successful for individual Jews, but it aroused a backlash. And it aroused a backlash because

emancipation, increasing prosperity, the Industrial Revolution, all of these things were not the only things happening in Europe.

There were things that were happening in the 19th century that disadvantaged other people. While many Jews, not all of them, while many Jews were rising, there were groups in European society that were declining, above all, artisans, people who were displaced by factories. In every European language there is a word for shoemaker, all right? There aren't too many shoemakers still in business. In every European language there is a word for what in English is called a cooper, they make barrels. No one makes barrels by hand anymore. The people who had these professions and often farmers who were subjected increasingly to lower price goods being imported from Argentina or from the United States because transportation costs were declining because the productivity of the land in the new world was so much greater than the productivity of the land in say Prussia, that the prices were being driven down by the competition.

People who were losing out by social change in the 19th century often looked for a simple explanation for what was happening to them. And they made a mistake that in English is called mistaking correlation for cause, something that is happening at the same time as something else is not necessarily the cause of the something else. But what many of the people who were losing out in society wanted to find was a quick explanation and the people who arose in the political movement called anti-Semitism said, "I know what it is. You're doing worse, but they're doing better. Somehow these are related and if we can stop



them from doing better, we can end you doing worse. We need to put them back in the boxes, the ghettos, the occupational restrictions, and so on." This is the movement that is 19th century anti-Semitism. This is what produced the Dreyfus affair. This is what produced all the writers, in France, Dumas, in Germany, Schopenhauer, every European country had someone who wrote books that denounced the Jews as the cause of all misfortunes and they sold a lot of copies. Many people were tempted because the tradition of regarding the Jews as dangerous, as alien, was so strong and now came a modern explanation for that argument with a new word behind it. The word anti-Semitism didn't exist until 1879. The word was invented to describe this. Now, the irony of this story is that in every European country there were literary figures and politicians who rode this horse, who tried to bring themselves to power.

And in many European countries, the books that expressed this ideology sold in multiple editions but politically, it was a

failure. In Germany, in the parliamentary elections between 1871 and 1912, no anti-semitic political party ever got more than 4% of the vote or 5% of the seats in parliament. It was a political bust. To run for office on the argument, in the famous German phrase, "*Die Juden sind unser Unglück*," "The Jews are our misfortune," did not have political traction. It did not work when that was the only argument that someone made. And there's a famous example of a man named Karl Lueger who gets elected lord mayor of Vienna but the same year he got elected lord mayor of Vienna, a Jew was elected lord mayor of Budapest. So anti-Semitism was loud, it was continuous, it was boisterous, it was also, in slang American, a bust. What changed all of this was World War I because in 1912 in the German parliamentary elections, the anti-Semites get 3% of the vote. If you flash forward to 1932, Adolf Hitler gets 37% of the vote. What happened to turn a political failure into a political success? One of the ironies of anti-Semitism is that the people who believe it depict Jews as parasites. They say, "Jews

are people who live within other populations and extract the wealth from them, they live off of others." But anti-Semitism as a political movement was completely parasitic. By itself, it never won. It needed some more powerful issue to attach itself to and rise to power. And in Germany, it attached itself to two things: economic crisis and emotional national humiliation. The economic crisis and the humiliation were related both to the defeat of Germany in World War I. And the peace terms that were imposed on Germany were harsh. They were not nearly as harsh as the peace terms the Germans would have imposed on the French if they had won, but Germans didn't think about that. They were very harsh terms and when they were combined with economic crises that arose in Germany after World War I, Germans could tell themselves, "The misery we are experiencing has been imposed upon us from outside. This is being done to us." Who did it to us?

Well, the Allies because they wrote the peace treaty, but also, after 1917 there was nervousness throughout Europe about the threat of the Bolshevik revolution, the danger of a Bolshevik takeover. And there were various figures who had been in command of Germany during the defeat in World War I who decided that the way to shift the blame from themselves was to say, "The loss of the war was caused by people inside the country who sabotaged the war effort." Who led those people? The Jews. This was the argument that was made. They led the sabotage of the war effort. They led the Russian revolution, so they said. They didn't have too many examples to prove this. Trotsky was one but not much more. But they used these arguments and these arguments were presented to a German people in the 1920s and then when the Depression struck, that felt increasingly victimized, immiserated. And the Nazis came along, Hitler in particular, and said to them,

"It's not your fault. I know whose fault it is and we will remove them and then all the problems will go away." Now, when I say it that way, this is not much of an oversimplification, when I say it that way, it's ridiculous. What kind of audience believes such a thing? Well, people who are desperate and fearful and scared and who wonder how they are going to get out of the problem and are not convinced by any other political party's solutions that are being offered. And so this way, you get an expansion of the people in Germany willing to vote for someone who takes an anti-Semitic stance. The appeal of anti-Semitism is coupled with a sense that no one else has a better answer and this is how you get to 37%.

But 37% it's not a majority. In fact, when Adolf Hitler was appointed prime minister of Germany, chancellor, on January 30th, 1933, 55% of the Germans had never voted for him, never. He was a minority chancellor. He made more votes than anyone else, which is why he's picked, but he did not have a majority. The number of Germans who actually accepted the argument that the Jews are the central problem of their life and must be eliminated became large, but it did not become the whole. And this is a very important moment in the story. I have written books about two German companies, very big corporations, both chemical companies, both hardhearted in the city of Frankfurt. In 1933, these two companies had 45 members of their boards of directors. Not a single one was a Nazi, none. One of the two companies had made one donation to the Nazi party, very small amount, 10,000 Reichsmark, at one point in the middle of 1932 when it looked like Hitler was at the peak of his success. Neither company had ever advertised in Nazi newspapers, which is another way of contributing to the party. All of the members of the board of directors at these two companies that I can find traces of actually mistrusted the idea of Hitler





becoming chancellor. They thought he was dangerous. They thought he didn't understand economics. Both companies sold a lot of their production overseas and they knew that Hitler's policy of high tariffs and restrictions might be bad for their business.

That's 1933, at the moment when Hitler came in, 37% relate to that. 1943, 10 years later, most of the board of directors of both companies are members of the Nazi party. What's more important is that both of these companies are up to their armpits in the crimes of the Nazi state. Both of them have fired their Jewish employees fairly rapidly. Both of them have engaged in the takeovers of Jewish property increasingly in Germany at knockdown prices, outside of Germany at complete extortionist procedures. They both become involved in using slave laborers, both forced laborers from the occupied countries, then slave laborers from the concentration camps. And they both are partners in the making of a product called Zyklon. They own the rights and they sell it to the SS and it is used at Auschwitz and Majdanek to kill approximately

1.3 million people. Now, how do you get from 1933 to 1943? How do you get from 37% of the people endorse Nazi teaching because they vote for it and 1943 where almost every German acts as if he endorses the ideology of the party? It doesn't matter what's in their heads, it matters what they do. And they almost all become complicit in this process. How does that happen? Well, this is a big part of the answer to why Jews are killed because the Nazi party state has total control of what is said in the public sphere. You cannot turn on CNN, you cannot get the BBC, you cannot even get the Times of London at a German newsstand. Germany is a hermetically sealed society in which the only voices are the voice of the state repeatedly saying, "Everything that's wrong is their fault and everything will get better when we remove them." And this is a big part of what happens.

### **There's an indoctrination process**

There's an indoctrination process, which is not only collective, it's not only through

*The International Red Cross in Geneva knew from the moment that the gassings began what was happening and they knew about the deportations from the ghettos and so on. How'd they know?*

propaganda, it's through such little things as this. If you wanted to be a lawyer in Nazi Germany and you were preparing to take your license exams, a precondition for that was that you had to spend a summer at a kind of military camp where you were drilled and marched around like a soldier and you listened to the ideological teaching of the party. And you would not be allowed to take your license exam and to get your law license unless you had satisfied the party people at the camp that you were ideologically sound. Same thing was true if you wanted to be a school teacher, elementary or middle or higher level. So this is the way in which people's personal advancement became caught up in imitating or at least seeming to accept the ideology of the regime. And along with the indoctrination came intimidation. There's a famous example of a German named Sebastian Haffner who wrote a book called *Geschichte eines Deutschen*, Story of a German. He fled the country in 1938, but before that he was within Nazi Germany. And he tells a story about the day he was walking down a street in Berlin with his girlfriend and the stormtroopers marched by, a battalion of stormtroopers in brown shirts, carrying a swastika flag. And people on the sidewalks responded to this, because they knew what they were supposed to do, by raising their hand and anyone who didn't, someone in the formation would fall out and beat them up and the police would not protect that person. So there was indoctrination, there was intimidation, and there was intoxication because after all the misery of the '20s, the economic problems, the

Nazi regime carried out the fastest economic recovery in the world. It did it by means that could never have lasted.

It did it by basically spending vast amounts of government money on military production, armaments, and other things that the country needed for the war effort. This was unsustainable over time but Hitler didn't plan to sustain it over time. He planned to conquer other countries and take their wealth to pay for it. So the armaments developed, the economy prospered, and then Germany began to expand without firing a shot. The takeover of Austria, the takeover of the Sudetenland, the occupation of today's Czech Republic, every one of those steps was a glorious advancement for people starved of national pride. And Germans increasingly said, "*Wir sind wieder wer*," "We are somebody again and we owe it to the Führer." So this is the environment. It's a closed world, it's a world that teaches all Germans there are only two categories of human beings, us and them. All obligations are to us. You owe no moral obligation to anyone else because all life is the struggle of the law of the jungle and if you are soft hearted, pitiful, sensitive, kind to your enemies, you will surely lose. And so the ideology was to smite your enemy before he smites you and meanwhile, you want to argue with our ideology? Look how well we've done. The nation is prospering, the expansion is working, and so on. So this is how a German society becomes converted from a society in which there were some anti-Semites into a society in which almost everyone behaves



as an anti-Semite. But why murder? The Nazi regime tried to drive Jews out of Germany in the 1930s. It succeeded in driving out almost 300,000 German Jews out of the country. It couldn't drive more out. There were about 560,000 people the regime regarded as Jews in 1933, but it couldn't drive the rest out because other countries were reluctant to admit refugees during the Depression. Sound familiar? So with this restriction, there was a residual population of Jews in Germany and the Nazis believed they had stabbed the country in the back. If there's another war, we cannot win it if these people are there to sabotage us again.

And not only that 560,000 were remaining, but every time Hitler acquired more territory, Austria, the Sudetenland, the Czech Republic, he got more Jews. And thus, the Nazis increasingly realized by the late 1930s that they were chasing their own tail and that it was going to get worse because the two central pieces of Nazi ideology contradicted each other. The first centerpiece, the future of

the nation depends on it being free of Jews, *judenrein*. Literally, that means cleansed of Jews, pure of Jews. That was the first thing. We cannot win another war if any of them are still here. We have to get rid of them. On the other hand, Hitler wanted living space, *Lebensraum*, in German, and he didn't want living space just anywhere. He didn't want the Spanish colonial empire. He didn't want the British colonial empire. He believed that in the 20th century, a great power had to be either like the United States or like the USSR. It had to be connected, contiguous. It had to include within itself all the resources necessary, enough food to feed the people, enough minerals to power the war effort. His model, I'm ashamed to say, was the expansion of the United States in the 19th century from the east coast across the continent, wiping out or almost wiping out everyone in the path and acquiring this empire of resources. And he wanted to do that, but for Germany, if you're going to create a contiguous empire and you're going to acquire a living space, that meant Eastern Europe. That meant his area of

conquest was going to be Lithuania, Poland, Ukraine, Belarus. What was the problem? He wanted a Jew-free country and he wanted the lands with the largest Jewish population in the world. That was still the old Russian pale of settlement where Jews had been largely confined. That was the center of gravity of the population of Jews in Europe, certainly, and in the world in general. And beginning in 1938, the Nazis increasingly recognized the contradiction. They increasingly recognized that you can't have a Jew-free empire and this land at the same time by driving people out, by removing them that way. So the history of the years from the pogrom in November 1938 to the beginnings of the massacres in the invasion of the Soviet Union, the history of those years is the Nazis figuring out that they have no way to deport people. They have no way to send them away any other way. The only way they can achieve a Jew-free empire within their reach is to kill these people. And then having realized that, they realize they can do it in two steps.

### Who's looking?

They can kill all of the Jews in their path as they invade the Soviet Union because who's looking? It's under the cover of war. There are no foreign correspondents to see this. People will know only what they want people to know and they will kill these people and avoid any problem of administering Jewish populations. But what about the Jews they've already conquered in Poland, in Germany itself, in the Netherlands, in France, and so on and so forth? They realize almost simultaneously that they have a way of eliminating all of these people at very low cost and at very little expenditure of effort, that they can kill them in batches quickly. And so this is the answer to the question why are Jews killed? Long run hatred, recent political concerns, the warping



of the German public mind by relentless Nazi ideology on this simple theme, and then the recognition that there's no other way out to square the circle of what they want. Why couldn't or didn't anyone stop it? Let us start with the Jews themselves. They were too few, a tiny minority of the population anywhere. The largest share of the population of any country was in Poland, 10%, too few. Too divided along political lines, divided along ritual lines, divided along even what you might call communal lines because all these different segments of Jewry in Europe had their own institutions, they had their own hospitals, they had their own orphanages, and so forth. If you go to Krakow today in Poland, you can still see the area that was the Jewish quarter that was the ghetto. There are actually three synagogues side-by-side, right? It's like in America with Protestant churches. And so these are these internal divisions and it was very difficult for them to overcome these in order to answer those two questions. What are they going to do with us?



That was a moving target because the Germans kept changing their mind about what they were going to do with them. And then what do you do in response? Because when we look at what happened throughout Eastern Europe, whether the ghetto decided to resist the Germans, whether it decided to appease the Germans and cooperate with everything the Germans asked, whether it decided to mix those strategies, the story always ends the same way, almost everyone is killed. There was no right answer to the second question. There was no right answer to what do we do effectively to stop this because they were too powerless and too alone, as well as being too divided and too few. They did not have much support from the countries in which they lived. They did not have many weapons. They did not know the answer to what faced them. What about outsiders? Why didn't the Allies stop it? Why didn't the International Red Cross stop it? Why didn't the Pope at least do something to undermine it? Well, the short answer to that question is

because every party involved always thought it had something more important to do, something that took priority. If you look back at American immigration policy in the 1930s, why didn't the United States, a big country, which in those days had 130 million people and now has 310 million people, obviously, there was room for more people, why didn't the United States throw open its doors and let hundreds of thousands of people in? Well, because American politicians said to the American people, "The Depression is still on. They will come, they will take your jobs, they will cost you money, and there will be spies among them." Nowadays we would say terrorists.

They said spies. And so the argument was you can't let more people in because that will undermine security. Well, this is true after the war starts. Everyone always has some priority that seems more important. And there was another difficulty. During the time when most of the camps were operating, up until 1943, the only places where the Allied forces had planes that could bomb Europe were Britain and Egypt. During the life of the death camps, none of those planes from there could fly, get to the death camp, drop bombs, and get back to the base on a single tank of gas. It simply couldn't be done and these camps, even when they were finally identified, and it took time for the allies to identify, they were simply out of reach. And then most of the killing occurred before the German surrender at Stalingrad while the Germans were winning the war, while the Allies were on the defensive, which also made it harder. But there's a complication to the story because in the spring of 1944 most of the victims of the Holocaust were already dead, but in the spring of 1944, the Germans were bringing almost half a million Jews from Hungary to Auschwitz. And while they were doing that, American troops had advanced far enough up the Italian peninsula that you

*For the Pope, the most extreme fear was that if he spoke out against, and he was well-informed about what was happening to the Jews, the Nazis might close the churches*

could fly a plane from Italy to Auschwitz and bomb it and get back. And we do fly planes, but they don't bomb the camp, they bomb the factories of IG Farben that are near the camp making synthetic fuel. As I said, there is always something more important to do. For the Allies in May of 1944, what was more important? Well, in June of 1944 something was about to happen, the invasion of Normandy. And the Allies were concentrating their airpower on blowing up all the bridges over the French rivers so the Germans couldn't resupply.

In the spring of 1944 was the highpoint of the rockets raining down on London, the V1s and the V2s. And the British thought the most important thing to be doing now is blowing up the launching pads which were in Belgium and the Netherlands. And the Americans thought that in preparation for D-Day and so on, the military targets of greatest importance were exactly that IG Farben factory. Blow up all their fuel supplies so they can't move and fight back. And so the military planners all say, "We're sorry about this. It's terrible what you tell us is happening there. Yes, we could bomb the rail lines, but they'll just fix them and we have other things to do." The International Red Cross in Geneva knew from the moment that the gassings began what was happening and they knew about the deportations from the ghettos and so on. How'd they know? Because Switzerland was a neutral power. That meant that Swiss factories were still based in Poland. There was a Swiss factory at a place called Pabianic, which had a ghetto, and the Swiss factory director watched

the deportation of the Jews, their loading into train cars, their dispatching to some unknown destination. He wrote this back to his headquarters in Geneva, which is also the headquarters of the International Red Cross. And the leaders of this company talked to the leaders of the Red Cross and the information passed and yet, the Red Cross said nothing. Why? Because the leaders of the Red Cross thought, "Our principal job during war is to get food and other supplies to prisoners of war behind both lines." That's what the Red Cross was founded for, that was what its first obligation was. And so they said, "If we speak out, the Nazis will block that and we can't send relief supplies to Allied soldiers who are in POW camps and maybe the reverse would happen. Our whole reason for being would be undermined."

This brings me to the argument of the Catholic Church because the Catholic Church has one central reason for being, the salvation of souls. In the Catholic theology that I was taught growing up in the 1950s that this life that we are experiencing right now is, after all, just a rehearsal. This is not the real life. The real life comes afterwards and the real life is not for everyone. It is for those that are holy and pious enough to get there. And in Catholic teaching in those days, it has modified somewhat, the teaching was that for you to get from here to there, for you to be saved, you must have access to the sacraments. You must have access to baptism, communion, confirmation, confession, holy orders, matrimony, the anointing of the sick at the end, and so forth. So salvation comes



through the sacraments and you cannot order the sacraments on Amazon. You get the sacraments from someone, the priest. There is no salvation without the priest and that means the churches have to stay open, the priests have to continue to function. And the whole reason for being of the church is endangered if the churches close.

For the Pope, the most extreme fear was that if he spoke out against, and he was well-informed about what was happening to the Jews, the Nazis might close the churches. They had already arrested hundreds of priests in Poland. There was a chance that they would extend this. And so the Pope had many things in his mind and many things to calculate, but when he had to look at himself in the mirror and say, "Am I doing the right thing or I'm not doing the right thing?" he could always say to himself, I cannot prove he did say this, but he could always say to himself, "My first obligation is the salvation of souls. I cannot save souls without keeping the churches open. I have to keep the sacraments available and there is too much risk if I speak out and endanger that." Everybody had something else to do. And then one more thing that was extremely important, back to what I said about the speed with which this happened. The Germans were able to construct a murder mechanism that was very fast and that required almost no investment on their part. The principal death camps in Poland outside of Auschwitz were three camps, Belzec, Sobibor, Treblinka, and a place called Chelmno. These four places killed two million people. If you go to any of them today, you will find almost no trace.



You'll find monuments. They were small. They were a couple of football fields together. The gas chambers, when they were first built, were made out of wood, two rows of wood with sand in between and some tar paper on the outside. That's all that was required. And they were connected to captured Soviet tank motors that produced carbon monoxide gas. The only cost of these operations was the gasoline, which was cheap.

At Auschwitz they used Zyklon. Zyklon was almost as cheap. It cost five Reichsmarks in those days for a kilogram. You could kill 1,500 people at a time with about five kilograms. The cost of killing 900,000 Jews at Auschwitz was less than one US cent per corpse in 1942. That's how inexpensive the gas was.

*At Auschwitz they used Zyklon. Zyklon was almost as cheap. It cost five Reichsmarks in those days for a kilogram. You could kill 1,500 people at a time with about five kilograms. The cost of killing 900,000 Jews at Auschwitz was less than one US cent per corpse in 1942*

Auschwitz was basically already existing buildings that had been a cavalry barracks and the Germans just took it over and turned it into prisoner barracks. At Birkenau, you can see some brick buildings that were the first barracks that were put up. Where'd they get the bricks? They destroyed all of the Polish houses in the villages around them and took the bricks and used them to build the barracks. There's no money involved in this at all. At Treblinka, when they turned the wood gas chamber into a stone one in the summer of 1942, they got the bricks by blowing up the chimney of a large factory and then they took the bricks and they used them to make the walls. What I'm getting at here is it didn't cost them much. Once they decided that they had the means of doing it, it was very easy for them to pull together the required resources and as a result, the Holocaust made a profit.

A simple way of illustrating this is Auschwitz. We have pretty good records about the building of Auschwitz. We know how much it costed to be built. We have pretty good records about the garrison of Auschwitz. We know how much they were paid and how many of them. The total operating costs came to 30 million Reichsmark. The total revenues, leasing the inmates to companies and government offices that wanted to use them to make products or build factories and so on, 60 million Reichsmarks. It's 100% profit. Why couldn't anyone stop this, so forth? Number one, it wasn't a big strain for the Germans to do it. Geography worked

against stopping it. There were few means of impeding it. And thus, it rolled and it rolled very fast. Most of the killing occurred in 1942 and then a little bit thereafter. So in all of this story about why no one was able to get in the way, there are some pretty specific explanations and the last one, the one that has to do with how much help the Germans got because they did not do this alone, more Jews in Lithuania were killed by Lithuanians than were killed by Germans. In Ukraine, pretty close, maybe that extreme. In Hungary, 437,000 people put on trains to Auschwitz over 55 days. Do the math about how many people a day. Who did that? Not Germans.

The Hungarian police did that. There were two or three hundred Germans in Budapest directing the whole operation, but everywhere where the Jews were being rounded up and put on the trains, it was being done by Hungarians. In the advance into the Soviet Union, the Romanians killed hundreds of thousands of Jews in their path because they were part of the invasion force. So how did that happen that they got so much help? In the Netherlands 75% of the Jews were killed. Most of those people are rounded up by Dutch police, not by Germans. What happened? Now, here, timing is very important. The earlier the Germans attacked, the more the people in the occupied countries thought that the Germans were going to win the war and the right thing to do was to cooperate with them. And that has something to do with what

happened in the Netherlands. But in Eastern Europe, the real explanation is the Jews got caught in the crossfire between nationalism and communism because those countries Ukraine was part of the Soviet Union and had been subjected in the early '30s to a great famine. The hatred of Stalin was enormous. These people wanted their independence, which they now have. And when the Germans marched in, they thought, "If we curry favor with the Germans, then maybe they will give us our independence. And besides, many of us don't like Jews anyway and have deep-seated anti-semitic feelings. If the price of cooperating with the Germans is helping the Germans to kill Jews, we're in." And in Lithuania it was the same story. And in Poland it wasn't about nationalism because there was no chance that the Germans were ever going to give Poland independence, but it was about anti-communism and the way in which Poles were constantly told, not just by the Germans, but by their own leadership, many of their own political parties, that, "The Jews always sympathize with communism."

If you were a Jew living in eastern Poland in 1941, knowing what the Nazis had done to the Jews in western Poland when they occupied the country, what would you choose between Hitler and Stalin? The saying at the time was, "Stalin brought life imprisonment, but Hitler brings the death sentence." And so there was a certain truth to the fact that some Jews in this part of the world thought that their only survival mechanism available was to cooperate with the Soviet Union, but most Jews didn't do this, yet the nationalists in all of these countries portrayed the Jews as pro-Soviet and they portrayed the Nazis as potentially on our side. And the Jews got caught in this conflict and increasingly in those countries, the anti-communist people chose up sides with the Nazis and helped in the killing.

## Bio



### PETER HAYES

Es catedrático de Historia y Alemán. Especialista en la Alemania moderna durante el dominio Nazi y en el Holocausto. Es Profesor Emérito de estudios sobre el Holocausto en la Theodore Zev Weiss Holocaust Educational Foundation en la Northwestern University, así como miembro del Comité Académico del United States Holocaust Memorial Museum. Ha recibido numerosos premios por su labor como docente, que combina con la escritura.

Historians, generally, shy away from why questions. We often think that the way to deal with the complexity of the past is to show people how things happened and they will deduce from that why, but the Holocaust is such an enormous subject that it's hard to proceed that way. We have wonderful narrative histories of the Holocaust that tell the story from beginning to end. I don't think anyone will ever do it better than Saul Friedländer. It's two volumes, though, and it's 2,000 pages and when you get to the end, it's hard to still have a clear idea of why these events occurred. I have tried to do this by chopping it up in smaller questions, asking why those things developed that way in hopes that we will all get a sense of why the whole thing unfolded as it did.



# LA CONQUISTA EUROPEA DEL ESPACIO

Por JAVIER VENTURA-TRAVERSET

*Director de la Oficina Científica de Navegación por Satélite Galileo  
de la Agencia Espacial Europea (ESA) y Portavoz de la ESA en España*



*La exploración espacial se perfila como uno de los últimos retos para los espíritus inquietos. Será nuestra próxima conquista territorial y el objetivo del hombre y de la Ciencia para ampliar horizontes y buscar nuevos recursos. La carrera espacial nos ha permitido además conocer en profundidad el planeta Tierra. En esta conferencia, que se enmarca en el ciclo del mes Geográfico organizado con la Sociedad Geográfica Española, Javier Ventura-Traveset describe los principales programas de la Agencia Espacial Europea.*

## La ESA es unas de las pocas agencias espaciales del mundo cuyas actividades cubre todas las facetas de la actividad espacial

Hablar de Europa y hablar del espacio es hablar de la Agencia Espacial Europea (ESA). La misión de nuestra Agencia espacial, la ESA, está bien definida en el artículo 2 de su convención fundacional, que data del año 1975: *“hacer realidad y promover la cooperación entre los países europeos en investigación, tecnología, aplicaciones y ciencia para usos exclusivamente pacíficos.”* La Agencia es una organización intergubernamental formada por 22 países; trabajamos para ella cerca de cinco mil personas, distribuidas en ocho centros en Europa y un puerto espacial, en la Guayana Francesa, desde el que se han realizado hasta la fecha unos 250 lanzamientos de la familia de cohetes Ariane.

La posición geográfica de esta instalación europea, en una latitud muy cercana al Ecuador, permite beneficiarse del efecto adicional de empuje que suministra la velocidad de rotación de la Tierra, lo que denominamos en inglés el *“slingshot effect”*, unos 1600 kilómetros por hora, en el Ecuador. Ese efecto permite, por ejemplo, que con el mismo cohete Soyuz podamos lanzar un 75% más de carga desde la Guayana Francesa que desde Baikonur, cuando posicionamos satélites en órbita geostacionaria sobre el Ecuador. Actualmente, estamos trabajando en la nueva generación de cohetes europeos: los cohetes Ariane 6 y Vega-C, cuyos primeros lanzamientos deberían tener lugar en 2020.

Ariane 6 es el sucesor de Ariane 5, desarrollado con el objetivo principal de ganar en competitividad y en flexibilidad. Hemos racionalizado, por ejemplo, la cadena de montaje

del cohete, reducido el consorcio industrial principal, implementado ventajas y mejoras tecnológicas y maximizado sinergias con VEGA-C, con el que comparte el diseño de su etapa de combustible sólido (los *boosters*). Junto con el desarrollo de estos nuevos lanzadores, una de las misiones que tenemos a corto plazo en este campo es el denominado *Space Rider*, una nave espacial reutilizable que será puesta en órbita con el cohete VEGA-C y que nos permitirá hacer experimentos de microgravedad y de tecnología en órbita baja, típicamente con duraciones de dos o tres meses.

La ESA es unas de las pocas agencias espaciales del mundo cuyas actividades cubre todas las facetas de la actividad espacial: programa científico, vuelos tripulados, cohetes-lanzadores, tecnología y un importante programa de aplicaciones con los satélites de observación de la tierra, de navegación por satélite y de telecomunicaciones.

España pertenece a la Agencia Espacial Europea desde su creación, en 1975, siendo por ello uno de los países fundadores de esta organización. Actualmente, es el quinto país en contribución económica a la Agencia. Nuestro país, a través de su industria, participa además en todos los programas de la ESA, con competencias en todas las áreas de actividad del sector espacial. El sector espacial español es el sector industrial más innovador de nuestro país, con una productividad cuatro veces superior a la media española industrial. Además, más de un 80% de su facturación proviene de sus exportaciones. Una joya industrial y científica para nuestro país que ha





costado mucho esfuerzo conseguir y que es esencial por ello preservar.

La Agencia Espacial Europea tiene en la Comunidad de Madrid uno de sus centros más importantes: el centro de ESAC, *European Space Astronomy Centre*, referencia científica de la ESA. Trabajamos en él cerca de 400 personas. Nos responsabilizamos de las operaciones científicas de todas las misiones de Astronomía y de exploración del sistema solar. Desde ESAC se planifica la observación científica de nuestros satélites de ciencia y se archivan todos los datos de nuestras misiones para su explotación científica a nivel mundial. Nos gusta decir que en ESAC tenemos la “*biblioteca del universo*”. Una función muy importante del centro es también la interacción con la comunidad científica, con el objetivo de optimizar el retorno científico de nuestras misiones espaciales.

En España también tenemos las instalaciones de una de las tres estaciones de espacio profundo de la ESA, la Estación de Cebre-

ros, en la provincia de Ávila. Esta estación está especialmente concebida para permitir el seguimiento de satélites fuera de la órbita terrestre, desde distancias del orden de 1,5 millones de kilómetros -donde tenemos una gran parte de nuestros telescopios astronómicos- hasta distancias de cientos de millones de kilómetros, en las misiones de exploración del sistema solar.

Europa dispone de otras dos estaciones de este tipo. Una situada en Malargüe (en la provincia de Mendoza, en Argentina) y otra en New Norcia, en Australia. Gracias a estas tres estaciones, separadas unos 120 grados de longitud entre ellas, Europa garantiza siempre el tener una de sus estaciones en comunicación con nuestros satélites, sea cual sea la posición de la Tierra en relación a ellos. Es interesante señalar que en España también disponemos de una estación de espacio profundo de la NASA, en Robledo de Chavela, a pocos kilómetros de Cebreros, lo que nos coloca como país estratégico a nivel mundial en el seguimiento satelital de misiones científicas.

Me gustaría ahora hablarles de los principales programas de la ESA, actuales y futuros, aunque sea de forma breve.

## El sistema Galileo

El sistema Galileo es la contribución más importante de Europa en el campo de la navegación por satélite. Galileo es uno de nuestros triunfos europeos: el triunfo de la cooperación tecnológica en nuestro continente. Ningún país europeo hubiera sido capaz de construir un sistema de esta complejidad y coste, de forma autónoma. Requeriría demasiados recursos y capacidades tecnológicas. Galileo cuenta en la actualidad con 26 satélites en órbita, y el sistema es operacional desde diciembre del 2016. Una gran parte de nosotros utilizamos, posiblemente sin saberlo, Galileo de forma diaria en nuestros móviles para posicionarnos.

Es muy importante para Europa el disponer de su propio sistema de navegación y el tener independencia en este sector tan estratégico e importante desde un punto de vista económico. A nivel mundial hay cuatro grandes sistemas globales: el sistema GPS, el europeo Galileo, el ruso Glonass y el chino BeiDou. No es casual que todas las grandes potencias del mundo quieran tener su propio sistema e independencia en este sector. Como ejemplo, nuestros estudios indican que aproximadamente el 10% de la economía europea depende, de una forma u otra, de la disponibilidad un servicio de navegación por satélite. Si no dispusiéramos de Galileo, el 10% del PIB europeo dependería del sistema americano GPS. Esa necesidad de evitar esa dependencia, fue precisamente el gran motor en la decisión de Europa de implementar Galileo. Sin duda un gran acierto.

Se estima que actualmente hay del orden

siete mil millones de receptores de navegación por satélite en el mundo, la mayoría de ellos integrados en terminales móviles. Fíjense, en 2020, se estima que habrá más terminales de navegación por satélite que seres humanos en la Tierra. Se han identificado más de 40 mil aplicaciones diferentes en el uso de la navegación, cubriendo todos los sectores de la economía: transporte, agricultura, sector bancario, sector energético; telecomunicaciones; infraestructuras críticas; etc. El 95% de los móviles de nuestro país, por ejemplo, integran receptores de navegación por satélite, y sin estos muchas de sus funcionalidades estarían muy limitadas.

Disponer de nuestro propio sistema de navegación por satélite ha costado casi dos décadas de trabajo. Una vez operativo, una de las grandes dificultades a las que se enfrentaba Galileo era conseguir penetrar en el mercado de los móviles, ocupado hasta hace muy poco al 100% por GPS.

Pero fíjense, en tan solo 34 meses desde que iniciamos las operaciones de Galileo hemos conseguido ya que más de mil millones de móviles en el mundo procesen la señal Galileo. Actualmente, el 95% de todos los constructores de chips de navegación del mundo que se integran en aparatos móviles incluyen Galileo. Una consideración importante es que Galileo es un sistema interoperable con GPS, es decir, que se pueden utilizar de forma conjunta, lo que permite a los usuarios disponer de una disponibilidad de servicio mucho mejor que con GPS solo, sobre todo en zonas urbanas. Actualmente, además, las prestaciones de Galileo son superiores ya a GPS. Galileo transmite en abierto en múltiples frecuencias y ya existen móviles multifrecuencia en el mercado. El hecho de disponer de dos frecuencias en el móvil permite eliminar una componente importante de los errores en posición, los asociados con los retrasos de la

Más de un tercio de los satélites operacionales que orbitan nuestro planeta hoy son de observación de la tierra (con un crecimiento cercano al 250% en los últimos 4 años)



señal cuando atraviesa la capa ionosférica de la atmósfera. Con un móvil comercial bifrecuencia y gracias a Galileo obtenemos actualmente precisiones del orden de 70-80 cm. Es extraordinario.

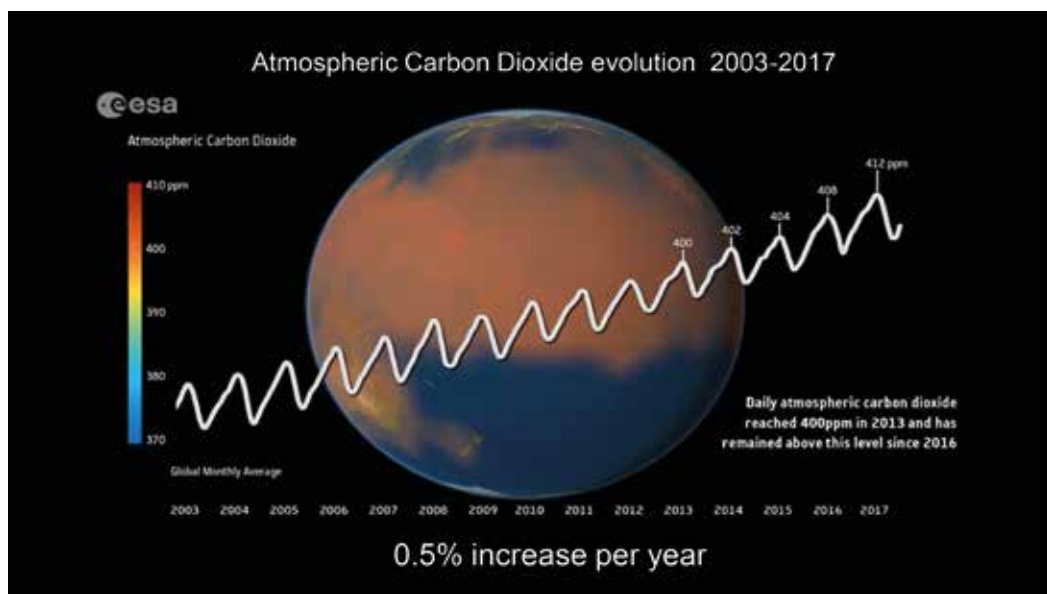
A partir del año que viene, está previsto que Galileo ofrezca un servicio, también en abierto, del orden de decímetros de precisión, de sólo 20 centímetros, sin ninguna ayuda terrestre, gracias a la información precisa de órbita y relojes que vamos a añadir en una tercera frecuencia de los satélites Galileo.

Este, sin duda, va a ser un diferenciador muy importante en Galileo y un gran facilitador de nuevos servicios. En el sector del automóvil, por ejemplo, estamos trabajando con muchas de las grandes empresas automovilísticas incorporando la navegación por satélite a las diferentes tecnologías que van a hacer posible el guiado automático de automóviles de forma comercial. Con estas precisiones tan excelentes, la utilización de Galileo en el contexto del internet de las cosas, ciudades inteligentes o en el guiado de drones es de gran interés y de gran potencial comercial para Europa también.

## Observación de la Tierra

La evolución del sector espacial en el campo de la observación de nuestro planeta ha sido extraordinaria en la última década. Hace 30 años, por ejemplo, la observación de la Tierra era un programa menor dentro de las actividades de la ESA. Actualmente, en cambio, cerca del 25% de todo el presupuesto de la Agencia Espacial Europea se dedica a programas de observación de la Tierra. Fíjense, además, que más de un tercio de los satélites operacionales que orbitan nuestro planeta son hoy satélites dedicados a observar nuestro planeta, con un crecimiento cercano al 250% en los últimos cuatro años; y en ese campo, Europa cuenta con el programa de observación de la tierra más ambicioso del mundo.

Disponemos de tres grandes programas complementarios entre sí. En primer lugar, un programa dedicado a la comprensión científica de nuestro planeta, con los satélites *explorers*, estudiando aspectos concretos del funcionamiento de la Tierra como, por ejemplo, medidas precisas del geoide terrestre, estudios de su campo magnético o



estudios globales de la salinidad de los océanos, de la humedad del suelo, la comprensión del ciclo de agua, etc. El segundo gran programa de observación de la tierra europeo es el programa meteorológico, con los satélites Meteosat y MetOp, que nos permiten autonomía y excelencia en los servicios de predicción meteorológica. Por último, los satélites *Sentinels* (centinelas) del programa *Copernicus*, permiten monitorizar nuestro planeta en todas sus dimensiones, para la comprensión del cambio climático y el desarrollo de nuevas aplicaciones. Podemos tener datos globales, por ejemplo, de la concentración clorofílica; de la altura media de las olas en los océanos; de la concentración de ozono atmosférica; de la concentración de vapor de agua en la atmósfera; del índice de influencia humana en el medio ambiente; del nivel medio de los océanos, de su temperatura, medidas precisas del efecto del deshielo, etc.

Dos de los parámetros más esenciales a observar y que requieren una monitorización continua satelital son el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera y el aumen-

to en la altura del nivel del mar. Con datos satelitales de los últimos 20 años estamos comprobando con alarma un crecimiento continuo del orden del 0,5% anual en la concentración de CO<sub>2</sub> en nuestra atmósfera.

A principios de este siglo, recuerdo que los científicos comentaban que era esencial no alcanzar nunca la cifra de 400 partes por millón de CO<sub>2</sub> en la atmósfera: hoy ya la hemos rebasado con creces: ya estamos por encima de las 412 partículas por millón de dióxido de carbono en nuestra atmósfera. Es un problema gravísimo, cuyas consecuencias, como todos sabemos, son el calentamiento global de nuestro planeta. El nivel de los océanos, por su parte y como consecuencia de ese calentamiento, aumenta del orden de unos 3,2 milímetros por año, de forma ininterrumpida, año tras año. Puede parecer poco, pero su efecto continuo puede ser devastador y además esa medida es la media. Hay zonas de los océanos, por ejemplo, en donde la variación es del orden de 10 milímetros por año. En 100 años, pues, el nivel del mar aumentaría en esas zonas del orden de un metro. Eso significa la posible desaparición



de islas y de ciudades costeras, afectando a millones de personas.

Nuestros satélites permiten la monitorización global del 50% de lo que se denominan variables climáticas esenciales, cuyo seguimiento se considera fundamental para tener un diagnóstico adecuado del cambio climático y de la efectividad de las posibles acciones mitigadoras, que sin duda hay que poner en marcha. Los datos de nuestros satélites europeos del programa *Copernicus* se ofrecen de forma gratuita y en abierto: más de 12 *Terabytes* de datos diarios. El objetivo final es, evidentemente, dar información clave a nuestros gobiernos y científicos sobre el estado del cambio climático, pero, a la vez, utilizando estos datos, permitir la generación

de nuevos servicios, facilitar la penetración de las energías renovables y el desarrollo de nuevas aplicaciones.

### **Basura espacial**

Es esencial garantizar el buen funcionamiento de nuestros satélites: como hemos visto Galileo y Copernicus son servicios esenciales para Europa. Por ello es esencial luchar también contra el problema de la basura espacial que puede potencialmente inutilizar nuestras infraestructuras críticas satelitales. Además, no tendría mucho sentido luchar contra el cambio climático y crear a la vez un problema de contaminación en la órbita de la tierra. El problema de la basura

*Con datos satelitales de los últimos 20 años, estamos comprobando con alarma un crecimiento continuo del orden del 0,5% anual en la concentración de CO<sub>2</sub> en nuestra atmósfera*





espacial es un problema grave al que Europa le dedica una atención prioritaria. Hablemos un poco de ello.

Desde el lanzamiento del primer satélite en 1957, se han lanzado al espacio más de nueve mil satélites; hay en órbita también etapas de cohetes abandonadas y ha habido explosiones y colisiones en órbita; se estima que ha habido del orden de unos 400 incidentes de este tipo en el espacio. Todo ello hace que haya en órbita del orden de unos 30 mil objetos de más de 10 cm; del orden de 900.000 objetos con un tamaño de entre 1 y 10 centímetros y del orden de 128 millones de objetos de un tamaño inferior a 1 centímetro. Es necesario, en primer lugar, monitorizar estos objetos para evitar colisiones en órbita y la generación de más basura.

Es esencial también, no generar más basura con las nuevas misiones y no agravar el problema. Nuestros satélites de órbita baja, por ejemplo, tienen requerimientos que obligan a que estos reentren en menos de 25 años desde que terminan su vida útil y que se queman en la atmósfera. Los satélites que

están a gran altura, por ejemplo, en las órbitas de Galileo o las órbitas geoestacionarias, lo que hacemos es recolocarlos al final de su vida útil en una órbita no operacional que denominamos "*órbitas cementerio*", eliminando también su combustible para evitar que puedan explotar, lo que se denomina, *pasivación*.

Pero en Europa queremos ir más allá: intentar también eliminar la basura ya existente. Una de las misiones que estamos proponiendo en la próxima reunión ministerial de países miembros de la ESA, es la misión *In-orbit servicing*. La idea es poder lanzar una serie de satélites capaces de suministrar varios servicios a satélites en órbita, como, por ejemplo, repostar con combustible a un satélite para extender su vida útil; hacer alguna reparación en órbita si es necesario; o, también y, sobre todo, tener la capacidad de desorbitar aquellos satélites pasivos que solo generan basura en órbita y pueden provocar colisiones. Europa ya tiene experiencia en tecnologías de acoplamiento en órbita (*docking*) y de reentrada gracias al desarrollo de las naves de carga, las ATV, naves de





unas 20 toneladas de masa que después de acoplarse automáticamente a la estación se quemaban de forma controlada en la atmósfera al final de su misión. Creemos que es importante para Europa ser pioneros en estas tecnologías de limpieza en órbita, abriendo además nuevas oportunidades comerciales para nuestra industria.

## Defensa planetaria

La protección contra eventos solares extremos es también una cuestión altamente importante. El Sol, de forma periódica, emite violentas fulguraciones, eyecciones de masa solar compuesta de protones, electrones e iones

pesados que pueden interferir, si se dirigen a la tierra, con la electrónica de nuestros satélites, y con los sistemas de comunicación terrestre o redes eléctricas. Es pues esencial, también, vigilar estos eventos y poder protegernos si prevemos que pueden ocurrir. Europa propone para ello una misión dedicada con un satélite de observación solar en un punto estratégico en el espacio, el punto de *Lagrange* L5 del sistema tierra-sol, que nos permita observar la actividad solar antes de que, consecuencia de su rotación, esta se dirija a la tierra.

Desde esa posición, podemos observar si se está generando una eyección de masa coronal y detectarla a tiempo, antes de que esta se haga efectiva. La idea es combinar

*Marte tuvo, hace unos 3.500 millones de años, un gran océano y una densa atmósfera. Sufrió un cambio climático, posiblemente consecuencia de la desaparición de su campo magnético*



esta misión con un satélite de la NASA complementario, colocado en este caso en el punto de Lagrange L1: este satélite en L1 permitirá confirmar o no que esa eyección se está dirigiendo hacia la Tierra. Gracias a este sistema de alarma, tendríamos más tiempo de aviso y capacidad para proteger nuestras infraestructuras. Esta es una de las misiones que estamos proponiendo para la próxima década.

En relación a la defensa planetaria, otro tema de gran interés es la defensa contra aquellos asteroides cercanos que pudieran colisionar con la tierra. El riesgo no es inmediato, pero bien sabemos que en la Tierra ya han caído asteroides, algunos de ellos recientemente, y es por ello importante empezar a desarrollar tecnologías que nos permitan ser capaces, por ejemplo, de desviar un asteroide en el futuro si fuera necesario.

Estamos trabajando con la NASA en una misión conjunta. Ellos tienen prevista una misión que se llama DART, y que se complementaría en el caso europeo con la misión HERA. Se trata de observar en detalle un sis-

tema de asteroides binario cercano a la tierra, uno de 780 metros de diámetro y otro de 150m, llamado *Didymos*. DART se estrellará al asteroide menor con el objetivo de desviarlo; la misión europea HERA, lanzada más tarde, debería ser capaz de analizar in situ el cráter generado por la misión DART y analizar con precisión cuánto hemos conseguido desviar su órbita, y de alguna forma, gracias a ello, empezar a controlar el tipo de tecnologías que podrían utilizarse en el futuro para desviar asteroides con riesgo de colisión. Una misión, si se me permite la expresión, cercana a la “ciencia ficción”.

## El programa científico europeo

Europa puede presumir de tener uno de los programas científicos más ambiciosos del mundo. Disponemos de equipos científicos extraordinarios, premios nobeles recientes, y una singularidad única: la capacidad de trabajar con todas las agencias espaciales del mundo. En efecto, trabajamos con todas las potencias espaciales. Con la NASA, con la Agencia Espacial Rusa, con Japón, con la



India y, aunque con mayor complejidad, también con China.

El programa científico de la ESA tiene como objetivo ayudar a responder a una serie de preguntas esenciales a nuestra existencia: *¿Cómo se formó el Universo? ¿Cómo ha evolucionado y cómo evolucionará en el futuro? ¿Cuáles son las leyes fundamentales de la física? ¿Cómo surgió el Sistema Solar? ¿Cómo surgió la vida? ¿Puede haber vida fuera de la Tierra?* Ante estas preguntas, se trata de responder con el método científico, a través de misiones que nos permitan ganar conocimiento en estas cuestiones. De forma simplificada, podemos decir que Europa tiene organizada sus misiones en dos grandes capítulos: misiones en el Sistema Solar y misiones astronómicas.

En el estudio del Sol, Europa ha puesto en órbita ya varias misiones. En febrero de 2020 se lanzará la misión Solar Orbiter, permitiendo un estudio cercano y en alta resolución del Sol y también de sus polos y la heliosfera interior. La Misión SOHO, en órbita desde el año 95, situada a 1.5 millones de km en el punto de Lagrange L1 tierra-sol, nos ha permitido un es-

tudio continuo del funcionamiento del interior del Sol. En misiones planetarias; BepiColombo, puesto en órbita en octubre del 2018, es la primera misión europea a Mercurio. Estuvimos en Venus con la misión Venus Express, misión ya finalizada y que permitió un estudio muy detallado del efecto invernadero de Venus, el primer estudio de sus polos y la identificación de actividad volcánica reciente. En la Luna hemos tenido una misión tecnológica que es la misión Smart, en el año 2003, y vamos a volver en breve con misiones de exploración como comentaremos más adelante. En la próxima década Europa va a ser una de las agencias importantes en la exploración lunar.

Marte es, quizás, el objetivo científico por excelencia en el Sistema Solar. Europa tiene en estos momentos dos misiones en órbita de Marte: Mars Express, desde el año 2003 y la misión ExoMars TGO desde el año 2016. Marte tuvo hace unos 3500 millones de años un gran océano y una densa atmósfera. Sabemos que Marte sufrió un cambio climático, posiblemente consecuencia de la desaparición de su campo magnético. Creemos por ello que Marte tuvo condiciones parecidas a las

que tuvo la Tierra cuando surgió la vida en nuestro planeta. Hemos estado también en órbita de Saturno con la NASA, con la Misión Cassini Huygens, misión extraordinaria en el estudio detallado de los anillos de Saturno y de sus lunas más importantes. En el caso de Europa, nuestra contribución se concentró en el estudio del satélite Titán; es el segundo satélite más grande del Sistema Solar, después de Ganímedes, y el único que tiene una densa atmósfera: un objetivo científico interesantísimo. Los astrobiólogos consideran que Titán tiene unas condiciones parecidas a las que tuvo la Tierra antes de que surgiera la vida en nuestro planeta: condiciones denominadas prebióticas. Y fuimos capaces de poner una sonda en la superficie de Titán, la sonda europea Huygens, el objeto realizado por el ser humano que se ha posado más lejos en un cuerpo celeste. Durante su descenso pudimos estudiar la atmósfera de Titán y estar unas horas en su superficie. Titán es un mundo líquido, un mundo con lagos de metano, y donde llueve metano: un mundo extraordinariamente interesante. En Saturno también pudimos estudiar con cierto detalle la luna Encelado, uno de los principales objetivos de la Astrobiología en nuestro sistema Solar, como veremos más adelante.

El estudio de cometas ha sido también un área científica prioritaria para Europa, en primer lugar, estudiamos el cometa Halley con la misión *Giotto* a finales de los años 80 y ciertamente, y de forma muy destacada, la misión *Rosetta* al cometa *Churyumov-Gerasimenko-67P*, posiblemente la misión más extraordinaria que ha realizado la Agencia Espacial Europea hasta la fecha: ponernos en órbita de un cometa, acompañarlo durante todo su movimiento orbital a través del sistema solar y ser capaces de posar una sonda en su superficie, la sonda *Philae*. Esta sonda, *Philae*, nos permitió analizar muestras *in situ*, algo nunca hecho hasta ese momento.

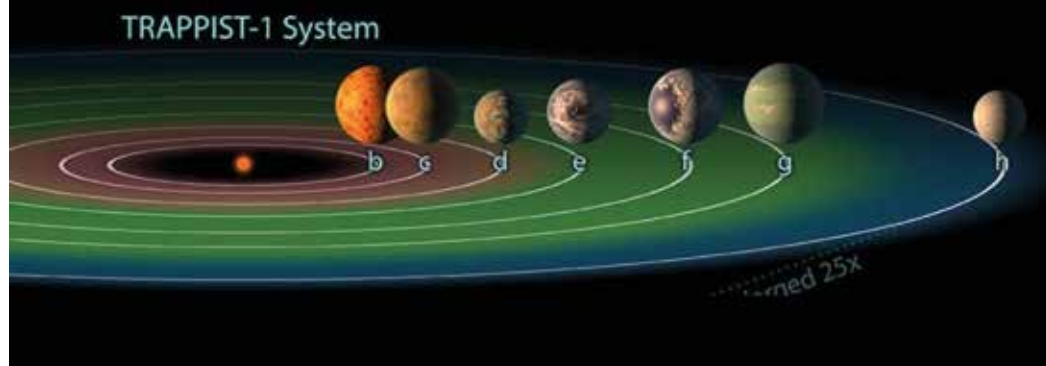
Hemos estado más de dos años en la órbita de este cometa y nuestro aprendizaje y volumen de datos son excepcionales.

## La próxima década

Creo, sin duda, que es una época preciosa de la ciencia espacial y que la próxima década será apasionante. En los últimos años, el estudio del espacio y del universo ha sido objeto de múltiples Premios Nobel. La detección de ondas gravitacionales, Premio Nobel a los constructores del LIGO en el año 2017, ha revolucionado la Astronomía para siempre con los detectores terrestres LIGO en Hanford y Livingston y el detector VIRGO en Italia; en breve se incorporará un cuarto detector terrestre en Japón, el detector KAGRA. Estos detectores nos permiten la detección de ondas gravitacionales, oscilaciones del espacio-tiempo predichas por Einstein y hoy visibles como consecuencia de ciertos fenómenos astronómicos. Esto permite una observación completamente diferente a la observación que hacemos en ondas electromagnéticas; nos gusta decir que de alguna forma estamos añadiendo sonido a la película de nuestro Universo, observada hasta ahora solo en “imágenes” en ondas electromagnéticas.

La primera detección de ondas gravitacionales, una detección histórica, tuvo lugar el 14 de septiembre de 2015, hace solo cuatro años. Ese día, la Astronomía tal como la concebíamos hasta entonces, cambió para siempre. Desde entonces ha habido ya varias decenas de detecciones. Hay una detección especialmente interesante y es la que tuvo lugar en agosto del 2017. Hasta esa fecha todas las detecciones que se habían obtenido estaban asociadas a la fusión de agujeros negros. Se esperaba con atención la posible detección de ondas gravitacionales asociadas a

## Alrededor de 4.000 Exoplanetas confirmados hasta hoy en un total de 3.000 sistemas planetarios diferentes



la fusión entre dos estrellas de neutrones y eso pasó el 17 de agosto de 2017; sabíamos que esta fusión debería generar ondas gravitacionales y que estas deberían ser observables en algún momento. El 17 de agosto del 2017 observamos las ondas gravitacionales asociadas a la fusión de dos estrellas de neutrones. El alcance y la magnitud de este hecho no tiene precedentes, habiéndose convertido, muy probablemente, en el evento astronómico más estudiado en la historia de la humanidad. Esta observación permite realizar lo que denominamos una observación multimensajero, simultáneamente en ondas gravitacionales y ondas electromagnéticas, visualizando de forma complementaria el mismo fenómeno astronómico. Esta única observación ha permitido una serie de descubrimientos extraordinarios. Hemos confirmado, como preveíamos, que la fusión de estrellas de neutrones genera emisiones de rayos Gamma – *Gamma Ray Bursts*; hemos sido capaces de medir la constante de Hubble de una forma independiente a las medidas que se tenían hasta la fecha, lo que abre enormes posibilidades cuando tengamos mayores estadísticas de observación; y, observando las

ondas electromagnéticas asociadas a este evento, gracias a la espectrometría remota, hemos podido confirmar que los elementos más pesados de la tabla periódica, como el oro, el platino o el uranio, se generan a través de fusiones de estrellas de neutrones. Y todo ello en una sola observación astronómica.

En el momento en que se confirmó la detección de ondas gravitacionales, la Agencia tenía en órbita una misión que se llama LISA Pathfinder.

Esta misión es una misión tecnológica con el objetivo de probar tecnologías que nos permitan en el futuro detectar ondas gravitacionales desde el espacio. Las que somos capaces de observar desde la Tierra son ondas de alta frecuencia y es muy interesante poder observar en el futuro también ondas gravitacionales de baja frecuencia, y eso podríamos hacerlo con la tecnología que hemos demostrado con la misión LISA Pathfinder. Por ejemplo, cuando se fusionan dos agujeros negros supermasivos de dos galaxias, las ondas gravitacionales que ese fenómeno genera no se pueden observar con los detec-



## *Resulta esencial luchar contra el problema de la basura espacial que puede potencialmente inutilizar nuestras infraestructuras críticas satelitales*

tores terrestres; sin embargo, desde el espacio, esta detección debería ser ahora posible. Esa tecnología la hemos ya confirmado, una tecnología extraordinaria, basada en la interferometría láser. El objetivo es extrapolar esta misión a gran escala y esto es lo que vamos a hacer, una misión ya confirmada que se llama LISA, que se debería poner en órbita en 2034 y en la que los científicos tienen un enorme interés: las posibilidades científicas de esta misión son únicas. La observación de ondas gravitacionales en baja frecuencia es un complemento extraordinario a la observación desde la tierra. Yo estoy convencido que vamos a descubrir fenómenos nuevos que no esperamos, que no sabíamos ni que existían y que se expresan solamente en ondas gravitacionales. La historia de la Ciencia nos ha demostrado que cada vez que se observa el Universo con una nueva tecnología, se hacen descubrimientos nuevos.

El segundo gran capítulo de la observación científica en estos momentos es, sin duda, el avanzar en el conocimiento de la composición de nuestro Universo. La teoría que tenemos sobre el origen de nuestro Universo y que todas nuestras observaciones confirman es la teoría del "Big Bang". Un estallido e inflación instantáneo de un Universo embrionario con unos 13,800 millones de años de historia. Gracias al satélite europeo Planck hemos sido capaces de medir, con enorme precisión, la radiación de fondo cósmico de nuestro Universo, que surge en el momento en que el Universo se enfría lo suficiente como para emitir la primera radiación electromagnética, eso es unos 380 mil años después del "Big

Bang". Esa radiación la hemos medido con una precisión única gracias al satélite de la Agencia Espacial Europea Planck, una joya tecnológica. Planck ha permitido afinar nuestro conocimiento sobre la edad, la expansión, la historia y las proporciones relativas de los ingredientes que componen el Universo.

Hoy por hoy, gracias a Planck, sabemos que toda la materia ordinaria que conocemos, materia bariónica, es menos del 5% de todo lo que existe. Todos los planetas, todas las estrellas, todos los elementos de la tabla periódica que conocemos, conforman menos del 5% de todo lo que existe. Sabemos que un 25% de nuestro Universo se expresa con propiedades gravitatorias pero que no emite luz y un 70% es una fuente de energía no conocida, responsable de la aceleración en la expansión del Universo. Juntos conforman el 95% de ese Universo oscuro que desconocemos. La existencia de la energía y materia oscura no se pueden explicar con nuestro conocimiento actual de la física fundamental y por ello su estudio es esencial. Y a todo esto dedicamos una serie importante de misiones en la próxima década; en un momento precioso para los astrónomos. Tenemos *Gaia* ya en órbita; vamos a lanzar *Euclid* en 2022, dedicada especialmente al estudio de la materia y la energía oscura; el *James Webb Space Telescope*, el sucesor del *Hubble*, que se debería lanzar en el 2021; que, junto con los colisionadores de hadrones del CERN, conforman una cuadrilla única en la observación de nuestro Universo oscuro. Prepárense para ver varios nuevos premios nobeles gracias a las investigaciones que podrán hacerse gracias a esas misiones.



## Próximo destino: la órbita lunar



### Búsqueda de vida extraterrestre

Y el tercer gran capítulo de la ciencia espacial de la próxima década es la búsqueda de vida, de actividad biológica, fuera de la Tierra. Esta es la gran pregunta y yo creo que en una década o poco más es posible que podamos tener una primera respuesta. Es apasionante. Tres son las pistas en las que estamos trabajando actualmente, las pistas de Marte; de las lunas heladas de Júpiter y de Saturno, Europa y Encélado, respectivamente; y ciertamente el estudio detallado de los exoplanetas.

En Marte, tenemos evidencias científicas de gran interés: sabemos que tuvo un gran océano, que tuvo una atmósfera densa, un campo magnético y que tuvo por ello, durante cientos de millones de años, todos los requisitos que fueron suficientes en la Tierra para generar vida. ¿Pudo surgir esa vida? ¿Qué ha pasado con esa vida? Recientemente, hemos descubierto, por ejemplo, agua líquida en el Polo Sur de Marte gracias a las observaciones con el instrumento MERIS del satélite europeo Mars Express.

El objetivo actual es ver si hay restos de esa vida primigenia o si esa vida ha podido protegerse en el interior de Marte, protegido de la radiación ultravioleta. Para ello, el año que viene vamos a lanzar la Misión *ExoMars 2020*. La ventana actual de lanzamiento es entre julio y agosto del 2020 y va a ser la primera vez en la historia de la investigación científica de Marte que vamos a penetrar en su interior, hasta dos metros de profundidad, en esas zonas que son astrobiológicamente interesantes, a la búsqueda de lo que denominamos *biomarcadores*. Dada su posición relativa con la tierra, Marte tiene una serie de ventanas posibles de lanzamiento de misiones, cada dos años aproximadamente; por eso es importante no retrasarnos y que podamos lanzar en 2020. De lo contrario el retraso necesario sería de 2 años.

En el sistema solar, la otra pista interesante en la búsqueda de vida es en relación a las lunas heladas, estas lunas que creemos firmemente que tienen océanos en su interior. En el caso de Encélado, por ejemplo, hemos sido capaces de analizar la composición de los géiseres o penachos que emite en su polo sur. Tanto Encélado como Europa tienen océanos



interiores y, desde un punto de vista astrobiológico, tienen todos los ingredientes necesarios para poder albergar vida.

En el caso de Encélado sabemos, por ejemplo, gracias al análisis espectrométrico de la misión Cassini, que los géiseres que emite en su Polo Sur, contienen hidrógeno molecular, dióxido de carbono y metano. Sabemos que hay un océano líquido y nuestros modelos planetarios nos indican que debe tener un núcleo caliente. Así pues, de alguna forma, contiene todos los ingredientes necesarios para la vida: materia orgánica, agua líquida y energía; las tres cosas que hacen falta para tener vida en la Tierra. En las zonas profundas de nuestros océanos, en las denominadas zonas abisales, es posible la existencia de vida sin la energía del Sol. Y precisamente, se genera metano, con hidrógeno y dióxido de carbono como alimento de una serie de bacterias, a través de un proceso que se denomina metanogénesis; y justamente esos son los componentes que estamos observando en los penachos de Encélado.

En ese sentido, es de gran interés la misión

*JUICE*, que se va a lanzar en 2022, que va a analizar las lunas heladas de Júpiter: Europa, Ganímedes y Calisto. Europa, como Encélado, es una de esas lunas con gran interés astrobiológico. Juice se pondrá en órbita en 2022 pero no llegará hasta siete años más tarde, 2029, y a partir de ahí desarrollaremos la misión durante varios meses.

La tercera gran pista actual en la búsqueda de vida es el análisis detallado de exoplanetas. Al hablar de este tema, sin duda, hay que referirse a los premios nobeles Michel Mayor y Didier Queloz, quienes junto con James Peebles, son los tres premios nobeles de Física de este año. Tuvimos la oportunidad de conocer a Michel Mayor en la Agencia Espacial Europea hace ahora una semana, justo después de que le dieran el Premio Nobel. Es una persona extraordinaria, si me permiten, la humildad en la excelencia. Michel Mayor y Didier Queloz detectaron el primer planeta extrasolar, el denominado 51 Pegasi B, en el año 1995, y es por ello esencialmente que se les ha reconocido con el Premio Nobel. Desde entonces se han detectado más de 4.000 exoplanetas, en 3.000 sistemas planetarios diferentes.

Europa tiene una serie importante de misiones dedicadas a esta temática. Empezamos este mismo año con el lanzamiento en diciembre de la misión *Cheops*, una misión con una gran contribución de la industria española y que permitirá deducir la densidad de muchos exoplanetas conocidos gracias a la determinación precisa de su diámetro. Tenemos también prevista la misión PLATO, que se va a lanzar en 2026, el *James Webb Space Telescope*, en 2021 y la Misión ARIEL, en 2028, que permitiría, junto con James Webb, el análisis espectral de atmósferas exoplanetarias. Una de las pistas más interesantes en la búsqueda de vida en exoplanetas, es buscar aquellos planetas que puedan estar en lo que denominamos zona de la habitabilidad, es decir, que puedan albergar agua líquida; y analizar si estos planetas tienen atmósfera y, si la tienen, qué componentes contiene. En el caso de la Tierra, por ejemplo, si uno analiza su atmósfera en el espectro en la banda del infrarrojo se observa la presencia de biomarcadores como el ozono, como el dióxido de carbono, el vapor de agua o el metano, restos evidentes de la vida en nuestro planeta. Si encontráramos esos componentes en una atmósfera exoplanetaria, podría ser una prueba indirecta de actividad biológica. Los astrobiólogos están convencidos de que en 10 o 15 años, con la tecnología que vamos a tener a disposición, y si la vida es una evolución inevitable del Universo, deberíamos ser capaces de detectarla en un exoplaneta cercano, gracias al análisis de su atmósfera. Es realmente emocionante que podamos plantearnos responder a una pregunta así, que podamos responder gracias a la Ciencia que, en efecto, la vida es común y no una excepción anómala de nuestro planeta.

## Misiones de exploración humana

También es una década maravillosa para la exploración humana y robótica y coincide jus-

tamente en el momento en que celebramos el 50 aniversario de la misión Apolo XI. Europa continúa trabajando en la Estación Espacial Internacional y va a trabajar en breve en las nuevas misiones de exploración lunar y misiones robóticas a Marte. Europa es actualmente un socio importante de la Estación Espacial Internacional, que tiene ya más de 20 años en órbita, desde su inicio en el año 98 y con tripulación permanente desde el año 2000. Un tercio de los módulos presurizados de la ISS, los ha hecho la industria espacial europea, entre ellos el laboratorio de la ESA Columbus. La tripulación actual consiste en seis astronautas, de los cuales son: tres estadounidenses, dos rusos y uno europeo, Luca Parmitano de la Agencia Espacial Europea, que es ahora, además, comandante de la Estación Espacial desde este mes de octubre. Luca es el tercer comandante europeo de la ISS.

Nuestro próximo destino es la órbita lunar. Hay que darse cuenta que desde la misión Apolo 17, que tuvo lugar en 1972, ningún ser humano ha abandonado la órbita terrestre. Hasta la fecha ha habido un total de unos 550 astronautas y, de ellos, sólo 24 han estado fuera de la órbita terrestre, el resto ha estado bastante cerca, a unos 400 kilómetros, en órbita baja. En el año 2021, vamos a lanzar la primera de estas naves que nos van a permitir el regreso a la luna, la nave Orion.

Son naves que consisten en dos módulos principales, un módulo de servicio y un módulo presurizado para la tripulación. El módulo de servicio es un módulo que se construye en Europa, a través de contratos con la Agencia Espacial Europea. Después de esta primera misión, no tripulada, deberíamos tener la primera tripulación humana de vuelta en órbita lunar. El plan actual es que para 2024 tengamos ya la primera tripulación en la superficie lunar, en el polo sur de nuestro satélite. La concepción actual es construir



una estación orbital internacional lunar, la estación Gateway con la contribución de la NASA, la Agencia Espacial Europea, la Agencia Espacial Canadiense, la Agencia Espacial Rusa y la Agencia Espacial Japonesa.

Estamos en estos momentos definiendo con la NASA cómo vamos a contribuir. Ha habido un cambio de prioridades con la decisión del presidente de los Estados Unidos de acelerar el retorno humano a 2024, y eso está obligando a una serie de cambios en la estrategia inicial que preveía hacerlo en 2028. Las naves Orion, lanzadas por el cohete *Space Launch System* (SLS) se acoplarían a una primera versión mínima de estación Gateway y desde ahí habría un módulo de descenso lunar y de ascenso. La idea ahora no es ir y volver, sino quedarse, la idea es tener una estación permanente lunar, hacer idas y vueltas a la Luna frecuentes y desarrollar nuevas tecnologías para futuras misiones a Marte. Por ejemplo, una de las tecnologías clave es cómo superar el problema de la radiación. La radiación cósmica que hoy estimamos en una misión de ida y vuelta a Marte está por

encima de lo que está permitido legalmente en relación a los niveles de exposición al que podemos someter a un astronauta. Es necesario, pues, desarrollar nuevas tecnologías que nos permitan resolver este problema.

Hemos de aprender, también, cómo podemos utilizar los recursos lunares; si podemos utilizar, por ejemplo, el hielo, que sabemos que está presente en el Polo Sur, y generar oxígeno; si podemos generar combustible para cohetes que despeguen desde la luna desde donde es mucho más fácil despegar dada su baja gravedad con relación a la tierra; si podemos generar agua potable de forma continua; si podemos hacer crecer plantas en la luna y generar alimento; ver las posibilidades que ofrece la minería espacial, etc. Todas esas son las preguntas a las que vamos a responder gracias a estas nuevas misiones, sin duda, un generador de nuevos desarrollos tecnológicos. La minería espacial, por ejemplo, está ya en las agendas de posibles misiones futuras, quizás más a medio o largo plazo. Una parte de esta minería podría hacerse en relación a la explotación de los asteroides. Los análisis

espectrométricos de algunos asteroides revelan la posible presencia, por ejemplo, de oro, plata o platino en proporciones importantes. Hoy por hoy no es todavía económicamente viable ir a un asteroide, recoger esos minerales y traerlos a la Tierra; pero es posible que lo sea a medio plazo, si esa tecnología se va desarrollando. Países serios como Luxemburgo han desarrollado recientemente una legislación especial para que sus empresas estén protegidas jurídicamente en el caso que se dediquen a la explotación minera de asteroides.

En relación a la posibilidad de misiones tripuladas a Marte, nuestra perspectiva actual es que para 2030-2040 podría ser posible. Las misiones lunares pueden acelerar enormemente esa misión humana a Marte, que no olvidemos es el objetivo final de la exploración humana en este siglo. Pero hay que recordar que, hasta la fecha de hoy, nada de lo que ha ido a Marte ha vuelto a la tierra todavía: todo lo que ha ido a Marte se ha quedado en Marte. Es por ello, que antes de considerar una misión tripulada a Marte tiene sentido plantearse misiones robóticas de ida y vuelta. Ese es el objetivo de la misión *Mars Sample Return*, una misión cuyo objetivo es recoger muestras marcianas y traerlas a la Tierra. Lo que tiene un gran interés científico y tecnológico.

Tenemos pues una agenda extraordinaria para la próxima década, múltiples misiones de exploración apasionantes y mucho que descubrir ahí fuera, pero permítanme terminar, insistiendo en la idea de la importancia de cuidar nuestro planeta.

Y no me parece mejor forma de hacerlo, en este año de homenaje a las misiones Apolo, que terminar con la icónica imagen del “*Earthrise*” y la celebrada frase del astronauta Bill Anders del Apolo 8, “*Fuimos a explorar la Luna y descubrimos la Tierra*”. No lo olvidemos. Muchas gracias.

Bio



### JAVIER VENTURA-TRAVERSET

Doctor Ingeniero de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Turín (Italia), Ingeniero Superior de Telecomunicación por la *Universitat Politècnica de Catalunya* (UPC), Master en Ciencia e Ingeniería (MSE) por la Universidad de Princeton (New Jersey, EEUU) y graduado por el Programa de Alta Dirección de Empresas (PADE) del IESE.

Desde hace más de 30 años trabaja en la Agencia Espacial Europea (ESA), organización en la que ha estado inmerso en múltiples programas espaciales. Experto reconocido internacionalmente en el campo de la navegación por satélite, ha sido Ingeniero Jefe (*Principal System Engineer*), *Mission Manager* y *System Manager* en todas las fases del proyecto de Navegación EGNOS, precursor del sistema Europeo Galileo.

Ventura-Traveset es coeditor y coautor del libro “*EGNOS: the European Geostationary Navigation Overlay System, a cornerstone of Galileo*”, autor o coautor de varios capítulos de libros, de cuatro patentes y de más de 200 artículos en conferencias y revistas internacionales en el campo de la Ingeniería Espacial.

Ventura-Traveset es Académico de la Real Academia de Ingeniería de España.

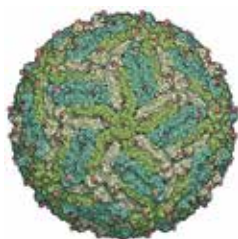






# *El creciente poder de la* **CRIOMICROSCOPIA ELECTRÓNICA**

Por RICHARD HENDERSON  
*Premio Nobel de Química 2017*



*Durante los últimos años, la criomicroscopía electrónica (crioME) de partículas individuales ha experimentado un salto cuántico en su capacidad de resolver estructuras, debido a la mejora de los microscopios electrónicos, de los detectores de electrones y del software de procesamiento de imagen, lo que ha revolucionado la biología estructural. Utilizando la técnica inventada por Jacques Dubochet y sus colegas, se genera mediante congelación ultrarrápida (utilizando etano líquido) una capa delgada de agua vitrificada en el que las macromoléculas a estudiar (p.ej. proteínas) se disponen en muy distintas orientaciones. El registro de las imágenes de esas partículas y su posterior procesamiento mediante técnicas computacionales sirve para determinar la estructura tridimensional de esas macromoléculas, con frecuencia a resolución casi atómica. En esta conferencia, Richard Henderson describe algunos resultados recientes y las barreras que se pueden superar en el futuro. La crioME se ha convertido en una poderosa herramienta de la biología estructural, pero todavía hay muchas mejoras que pueden llevarse a cabo para alcanzar sus límites teóricos.*

*We're still in the infancy of the method. The detectors can be improved. The microscopes can be improved. Everything can be improved. So we're at a very fortunate stage*

We have always thought there were four methods for finding out about things in structural biology. Before the experimental methods were powerful enough, what many people did was the model building at the beginning, both for proteins and for nucleic acids. Then, as the methodology developed, X-ray crystallography was the first one to develop enough power to determine the structures. I'll focus on myoglobin and hemoglobin from the work of the two scientists who were founders of structural biology at the MRC Molecular Biology Lab in Cambridge, Max Perutz and John Kendrew.

A second type of model building came from X-ray diffraction patterns. Rosalind Franklin and her small group at Kings College, London, particularly Raymond Gosling, her PhD student, took pictures like the famous photo 51, an experimental evidence. It showed a X-shaped structure with helical parameters, and then a peak at 3.5-Angstrom resolution along the axis. Watson and Crick put that together with lots of other indirect information and came up with another model, which the wife of Crick drew and was published in Nature in 1953. Watson and Crick and Wilkins shared the Nobel Prize for Physiology or Medicine in 1962. Unfortunately, Rosalind, who most of us are sure would have been sharing that prize, had ovarian cancer and died in 1958.

Those were the two most important contributions for model building in proteins and nucleic acids. At this point, the experimental method started to come in. Max

Perutz and John Kendrew, under JD Bernal and Lawrence Bragg in Cambridge, started a group to try and work out the structures of proteins. Kendrew was a PhD student at the time, although he was older because he'd been doing technical developments involving evaluating weapons during the wartime, came to work with Perutz and made 25 different types of myoglobin crystal, different species. The sperm whale myoglobin was the best one and they worked on this. Two charcoal sketches were made by Lawrence Bragg, who developed a new way of thinking about X-ray diffraction from crystals, which they called Bragg reflections (Braggs Law in 1912). He and his father shared a Nobel Prize in Physics in 1915. Kendrew and Perutz had a Chemistry Nobel Prize in 1962 for their work on myoglobin and hemoglobin.

They both worked unsuccessfully initially—Perutz for about 30 years, Kendrew for about 15 years—, but eventually solved the problems and got a structure. Perutz wrote a review in 1948 at a meeting in Cambridge where he was describing their great enthusiasm and optimism for solving structures by X-ray crystallography. He explains that, "At first view, an attempt to solve the structure of a protein like hemoglobin looks about as easy or as difficult as a journey to the moon." If you remember, the first man on the moon was in 1968, only 20 years later. So it wasn't so difficult, actually. It turns out that Perutz and his structure of hemoglobin also took 20 years. He said, "It's not only that it looks about as promising, it's exactly as promising". That was the first experimental observation



of the same alpha helices that Linus Pauling had predicted about six or seven years earlier.

They went on without a lot of time and two years later they had another model. They didn't quite know how to represent it, so they persuaded an artist, Irving Geis, to do a watercolor painting where he altered, ever so slightly, so that the atoms were all clear. You could see every single atom in a myoglobin structure, something like 1,000 atoms, so 150 amino acids. In the middle, there was a heme group, an organic structure with an iron atom at the middle. The oxygen binds directly to the iron atom with two histidine residues, a proximal and a distal histidine with the oxygen-binding site. That was the first protein structure.

It took Max a few more months and they got a model of hemoglobin. It was four times bigger than myoglobin with two alpha chains and two beta chains and the same heme group. But it took another 10 years to go

from that low-resolution model —two years behind the myoglobin— to a high-resolution model. These were the first two structures, hemoglobin and myoglobin. Then there were some enzymes and tens of other structures.

In the early 1980s, Kurt Wüthrich started to use the indirect methods of chemistry, nuclear magnetic resonance spectroscopy, which had been developed by Richard Ernst in Switzerland. Both Ernst and Wüthrich were given Nobel prizes for their work, Ernst for developing this fully transformed method, and then Wüthrich for applying it to proteins.

### **Now we come to electron microscopy**

Now we come to electron microscopy, often called EM, and cryomicroscopy often called Cryo-EM. There are other types, but the most powerful one at the moment is — rather than taking pictures of crystals, helices

or high-symmetry particles— when you take pictures of single particles. Originally, without cryo, people like Joachim Frank were doing a lot of work with single-particle electron microscopy rather than cryo-electron microscopy. But these three methodologies together have become quite powerful. My own background involved coming into this from X-ray crystallography to electron crystallography. The real power of it came when a method to make vitreous thin films of liquid were developed by Jacques Dubochet and his colleagues, who were then at EMBL in Heidelberg. That's probably the most important development that's really opened up the field. Of course, in order to make it work, the microscopes and the detectors had to be improved.

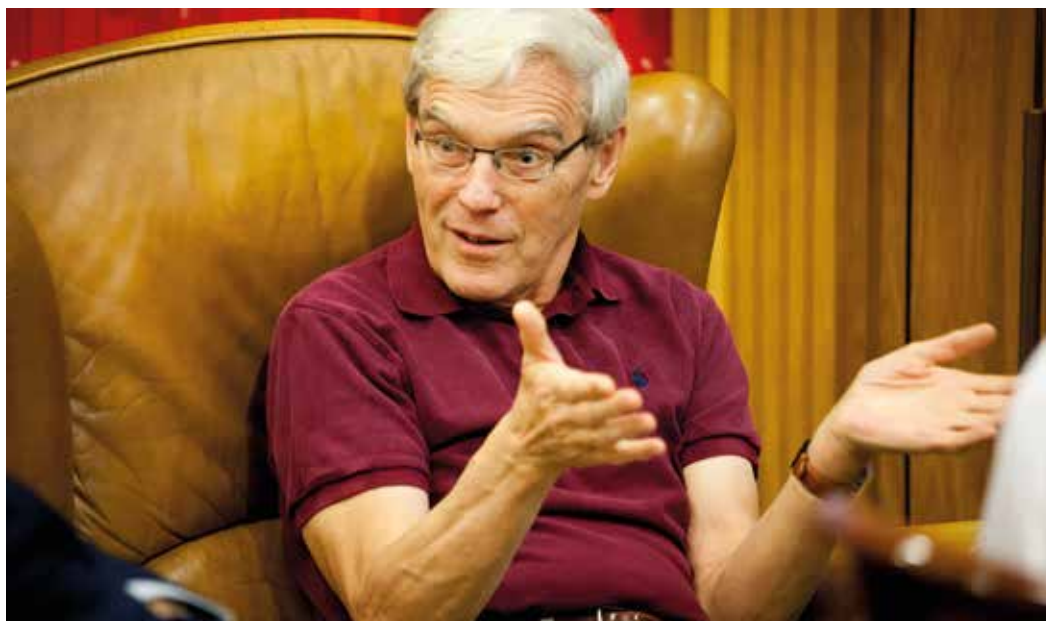
Coming back to the electron crystallography, I met Nigel Unwin in 1973. I was a protein structural biologist trying to use X-ray crystallography to work on the structure of a protein, which form 2-D crystals in the membrane of a bacterium. We were taking purified membranes, dissolving them in detergent, trying to make 3-D crystals. We got them, but they were very bad 3-D crystals. Actually, from 1975, it took about another 20 years before three-dimensional crystals and bacteria were good enough to determine the X-ray structure. When I met Nigel, he came from material science. He was a metallurgist doing electron microscopy. But he was thinking how to determine the structure of proteins without having heavy metals or anything like that. We worked for a couple of years on these crystals without anything—we sometimes embedded them in glucose or ethylene glycol— and got diffraction pattern. People could think of these of being exactly the same as the X-ray diffraction patterns, but they are not. The diffraction pattern is electrons being diffracted off the crystals rather than x-rays. So we were able

to, without cryo, at room temperature get a model at about 7-Angstrom resolution.

It wasn't until we switched our efforts to doing electron microscopy —where you take images, process them in the computer, and find out where the different features are located physically in the structure— that we began to see instead of a smooth feature, features protruding from the seven alpha helical parts of the protein. Eventually, in 1990, we got a map which showed not only the seven transmembrane features, but now protruding from them there are periodic structures that are the side chains of the bigger amino acids. We were able to interpret that in terms of an atomic model in 1990.

But it's Jacques Dubochet who developed the method of plant freezing that has really opened up the field. In 1978, John Kendrew recruited him at EMBL in Heidelberg, specifically with the idea of investigating the behavior of water when you freeze it, and also to develop liquid helium, a very low-temperature microscopy so that you can get images without the water getting in the way of it. These were two of the apparatuses that he developed.

Alastair MacDowell, from Scotland, and Mark Adrian were two postdoctoral researchers working with Jacques. MacDowell developed the idea of taking a little electron microscope grid with droplets of water and plunging it into a little container with liquid ethane in it at slightly above its freezing point surrounded by liquid nitrogen. Alastair McDowall was the one who developed the liquid ethane plunge freezing. Then, Marc Adrian had an idea. Rather than spraying on droplets, you put a big drop on and you blot it with filter paper —nothing could be easier—, and then you plunge it. This was either a pair of forceps with a grid in it falling



under gravity—and by the time it reached the ethane, it would be going about one meter per second—or sometimes they thought that wasn't fast enough and they would use elastic bands. The two of them together in Jacques' group developed this and published it in 1988.

This is done by starting with a petri dish with three-millimeter electron microscope grids, they have a thin film of carbon with holes in it. Then, you apply your droplet of liquid, two or three microliters, onto one of these grids held in a pair of forceps and blot it with the filter paper—this is the Marc Adrian method. Then you plunge it into liquid ethane—this is Alasdair McDowall's method. That is still the method that's used 30 years later. We all think there must be a better way, but so far, no one has developed one. There is also the official Vitrobot computer-controlled version of Adrian, McDowall and Dubochet's method, and they are, of course, very popular. However, many of us still use the old piece of equipment, which never goes wrong.

The first picture that Dubochet's group took made a lot of impact—a paper Marc Adrian et

al. published on the front cover of *Nature* in 1984. It is a picture of the adenovirus which was the life's work of Lennart Philipson, who was the second director following on from John Kendrew. Dubochet was recruited to work on ice, so he developed the ice to do low-temperature microscopy. Then he applied it to the specimen that was the specimen of the second director of the EMBL. Jacques was very popular at EMBL, but he eventually went to Lausanne in 1987, where now he's retired. It took seven years to go from images like those to computer-processed structures—35-Angstroms resolution—and that was Phoebe Stewart in 1991. But the resolution wasn't high enough yet.

20 years after, in 2010, Hong Zhou is still taking pictures of adenovirus on film. The microscope has been improved. It's higher voltage, better vacuum, more stable stages, and a very bright field emission gun, thousand times brighter than the electron guns used to take. You can see inside the adenovirus particles a lot more fine detail. Hong Zhou group got images in which you could see the beater sheet structures, the same ones that

Pauling had predicted back in 1951. That was 3.5-Angstrom resolution instead of 35, so 10 times better. That's a linear improvement in resolution, so that's 1000 times in 3 dimensions more data. In the early 2005 to 2010, the methodology was being improved, and there were a lot of these virus structures where you could see maps and densities that were beginning to be at the same kind of resolution you saw with X-ray. But it wasn't until a little bit later that there were further improvements that really opened up the field.

Tim Baker and I wrote a review in the year 2000 where we tried to explain what is cryomicroscopy. It was published in the International Tables for Crystallography Volume F. In this particular journal there were about 88 chapters about different types of X-rays and only 2 about electrons. One was about electron diffraction, written by a man called Wah Chiu, who is now in Stanford. And the other one that Tim Baker and I wrote on electron microscopy. We thought we should try to explain in its breadth what it involves. If you buy the equipment, you can apply it to many different types of specimen.

Bettina Böttcher was a post-doc at the MRC Lab in Cambridge working with Tony Crowther. With a lot of work, they have managed to push it to below 10-Angstrom resolution. That was the very first subnanometer, below 10-Angstrom resolution structure done by a single particle cryo-EM. But in parallel, there were also people working on helical arrangements. That allowed them to understand roughly how muscle contraction was working. And that was Verna Colbrant's work at EMBL following on from Dubochet. From 1990 to 2005, electron crystallography was quite popular because it gave you a higher resolution.

The higher resolution became more possible



without having to have crystals. One of the methodological developments that were very important in this was the development of better detectors than film. One is called direct electron detectors because you fire electrons directly into a sheet of silicon, which has electronics underneath it, and count all the electrons as they arrive. The film had what's called detective quantum efficiency. That means, what proportion of the electrons that are arriving in your detector can you detect as though they were noise free. Of course what we want is 100% of them to be perfectly detected at all resolutions. The new direct electron detectors are Gatan K2, FEI Falcon, and Direct Electron. Three companies made three different detectors all based on silicon. Slightly different in their design, but all of them are better than film. When these detectors came in, suddenly we were getting better images. And also film; it's one piece of film. You expose it and develop it. That's the end of it. When you press the button to take





a picture, these detectors take a sequence of exposures like a movie, all of them with very low noise levels. It has two advantages. First, it's a better detector. Second, you can then do subsequent image processing to remove any blurring or deficiencies in the image. When that was done, you get really nice pictures of very interesting structures that had been intractable by any of the other methods. Now you could just look at the pictures by eye, and you can see more or less what you're going to try and then do it in the computer. Of course, these images encouraged people, and lots of really much more sophisticated computer programs were written afterwards.

Bettina Böttcher and Tony Crowther worked on hepatitis B structure. When she first worked on it, it was on a sample that Nikolay Kiselev brought from Paul Pumpens' group in Latvia. They sent the clone and some protein, and when they first did it with the older microscopes, they had a 30-Angstrom

resolution structure, so different symmetries [ $xT = 3T = 4$ ], icosahedral. You could see the protrusions, but no detail in it. Then, when Bettina worked with a better microscope — field emission guns, but still on film—, she was able to get a sub-nanometer structure with the protrusions where you could see a bundle of four alpha helices. More recently, again the same group about adenovirus, Hung Cho's group, 2013, published a structure of hepatitis B where you could see the protrusions and the alpha helices, they're all very well resolved. You could see side chains, but this was also still taken on film before the new detectors came. More data and better data, and then higher resolution. But now, with the new detectors, you can get better resolution with much fewer data.

I want to move on to relatively recent structures that have really caused this to be a kind of revolution in structural biology. One of them was the work on ribosomes. All of the early atomic structures of ribosomes were done 30S, 50S —the whole ribosome was all done by x-ray crystallography. Three people were given the Nobel Prize in chemistry for determining the structures of the ribosome in 2009. That was before any of these new and more powerful cryo-EM methods came in. Alexey Amunts is one of the key members of cryo-EM facility in Stockholm now. He had been working in Cambridge on bovine mitochondrial ribosomes trying to make crystals. But mitochondria don't have many ribosomes in them and when you try to purify it they're always contaminated 50/50 with cytoplasmic ribosomes. So what they did is simply to take pictures. Alexey was learning with help from Xiaochen Bai in Sjors Scheres' group, so it was a collaboration between a cryo-EM group and a ribosome group. Analyzing pictures, they all looked the same by eye, but in the computer you could sort them out. This is called 3D classification.



Sjors Scheres started that type of analysis, 3D classification, in Madrid using Xmipp, an earlier type of software. One of the earliest 3D classifications were between 2005 and 2007, on the ribosome, but are much lower resolution data. Using the software RELION that Scheres had developed after he moved from Madrid back to Cambridge, they were able to get structures for the component that they were interested in. They could also refine the orientations of the particles either on one of the major components or the other, the large or the small subunit, and then get really good maps of both parts of the structure from the same dataset.

Now there are hundreds of structures being published, all of the structures that were very difficult or impossible by other methods. When people have structures, you deposit your coordinates, and until you have a high resolution, you don't have coordinates, you just have blobs. So this didn't happen. In electron microscopy, there were very few atomic models being deposited 10 years ago, 19 compared to 6,000 from X-ray crystallography. That is a ratio of 300 to 1, 300 times more

atomic resolution models being done by X-ray crystallography than done by electron microscopy. By 2015 it was something like 20 times more by X-ray than EM. Of course, it's now continued. But the number per atom X-ray has continued too. Now there are over 10,000 new structures being deposited per year, although many of them are homologous. We thought it was going to plateau but actually it's continued to increase. NMR, which was very popular, peaked in 2007. Now NMR is used for other types of work than *de novo* structure determinations, for example, ligand binding with low-affinity ligands. EM structures had not quite reached, or they had just exceeded it. We need to look forward to know where to put our effort and our money and how many people should work. But it's very difficult to predict the future. We thought what would be good would be to plot the ratio of X-ray versus EM on a long rhythmic scale. It was several hundred to one five or six years ago. When the graph was made, we were not down to about 10 times more worldwide. It looks like in October 2023 we will be on parity. And parity seems pretty good. But Tom Blundell who's another structural biologist

in Cambridge said, "This underestimates the importance of cryo-EM. Although it's true you may reach parity, the structures that you do by cryo-EM are often a lot bigger than the structures that you do by X-ray, and also they're more interesting."

There is an interesting picture published, nine months ago, by a young student called Maryam Khoshouei who was working at the Max Planck Institute in Germany. She said, "I think we should try hemoglobin." This is Max Perutz's structure. Her supervisors rejected the idea, but she just ignored them and collected images—starting on Friday, finishing on Monday—using the faceplate, which many people are using now. She got some images, processed them to the classes and so on, and ended up with a 3-D structure at 3.2-Angstrom resolution. That was remarkable. This is the smallest high-resolution structure that's been determined and it's entirely the initiative of a student who is now working for Novartis in Switzerland. There is another picture that came out four or five months ago and I don't think it's been published properly. The paper was published in Twitter. It turns out that a group at the Salk Institute in the USA got a structure that's at about 1.8-Angstrom resolution. They haven't done anything unique but they read all the papers everyone else has written and they did everything everyone else said correctly. And so they got a really good image.

We're still in the infancy of the method. The detectors can be improved. The microscopes can be improved. Everything can be improved. So we're at a very fortunate stage. It's already working quite well. Lots of people are coming into switching their emphasis in structural biology say from X-ray crystallography to cryo-EM or they're doing both. And we have other future developments to look forward to.

Bio



### RICHARD HENDERSON

Es biólogo estructural, con formación en Física por la Universidad de Edimburgo. Después de un doctorado en el Laboratorio de Biología Molecular del Consejo de Investigación Médica (LMB-MRC; Cambridge, Reino Unido) trabajando en mecanismos de enzimas, desarrolló un interés en las proteínas de membrana como investigador postdoctoral en Yale. De vuelta al LMB-MRC y con Nigel Unwin, utilizó la microscopía electrónica para determinar la estructura de la proteína de membrana bacteriorrodopsina en cristales bidimensionales, primero a baja resolución (1975) y más tarde a resolución atómica (1990), la primera proteína resuelta con esta técnica. Durante los últimos 20 años, ha trabajado en varios aspectos del desarrollo de la metodología de la criomicroscopía electrónica de partículas individuales (crioME), que recientemente ha alcanzado el estado en que es posible obtener estructuras atómicas de una amplia variedad de complejos macromoleculares rutinariamente. Todos estos desarrollos han sido reconocidos por la Academia Nobel, que en 2017 le concedió, junto a Jacques Dubochet y Joachim Frank, el Premio Nobel de Química.

En los últimos años, y junto con Chris Tate, ha desarrollado el método de "termoestabilización conformacional" que permite que cualquier proteína de membrana se vuelva más estable y al mismo tiempo retenga una cierta conformación de interés.

Esta técnica ha ayudado a la cristalización y posterior determinación de la estructura de varios receptores acoplados a proteína G (GPCR), que son proteínas de gran interés médico. Estos desarrollos han permitido la creación, en 2007, de la empresa Heptares, que tiene en la actualidad unos 125 empleados.

Ha sido jefe del departamento de Biología Estructural del LMB, subdirector y director. Es miembro de EMBO y FRS, y es poseedor de un gran número de premios y distinciones.



*Einstein,*

# AGUJEROS NEGROS Y ONDAS GRAVITACIONALES

Por GABRIELA GONZÁLEZ

*Universidad Estatal de Luisiana, Estados Unidos*



*Hace más de 100 años, Einstein predijo que el espacio-tiempo era dinámico, y había “ondas gravitacionales” que viajaban a la velocidad de la luz. En septiembre de 2015, los dos observatorios de LIGO en EE.UU. detectaron, por primera vez, una señal debida a ondas gravitacionales viajando a través de la Tierra, creadas hace unos 1.300 millones de años por el abrazo final de dos agujeros negros que “habían estado bailando el tango”. Desde entonces, se han detectado varias señales más, incluyendo fuegos artificiales originados por la colisión de estrellas de neutrones, ayudándonos a entender el origen de metales pesados (y preciosos). En esta conferencia, Gabriela González describe la larga e increíble historia de este descubrimiento y el futuro de este nuevo campo de la Astronomía.*



## *Dos agujeros negros giraban uno alrededor del otro emitiendo energía en forma de ondas gravitacionales, bailando un tango. Se acercaban moviéndose cada vez más rápido hasta que terminó el tango en un abrazo, en una fusión de los dos agujeros negros*

Esta historia empieza hace mucho tiempo. Para algunos hace sólo unas décadas, desde que iniciamos la construcción de los detectores que terminaron descubriendo ondas gravitacionales. Para otros, hace cien años, cuando Einstein publica su Teoría de la Relatividad General. En mi opinión, esta historia empieza hace más de mil millones de años, cuando dos agujeros negros giraban uno alrededor del otro emitiendo energía en forma de ondas gravitacionales, bailando un tango. Se acercaban moviéndose cada vez más rápido hasta que terminó el tango en un abrazo, en una fusión de los dos agujeros negros. Y esa señal, producida hace más de mil millones de años, cuando en la Tierra no había humanos, ni peces, ni apenas organismos multicelulares, esa señal fue la que medimos el 14 de septiembre del 2015.

La Ley de la Gravedad, la Ley de Newton fue revolucionaria en su época. Unificó conceptos universales y cotidianos. Era revolucionaria porque explicaba fenómenos normales, pero también fenómenos que ocurren en el cielo. Así empezó esta aventura de la Física de tratar de entender el Universo con leyes que llamamos universales.

En 1905, Einstein trabajó con teorías de electromagnetismo, explicando y unificando la electricidad y el magnetismo. Esta medición se había hecho antes pero en sistemas que se movían a velocidades relativas unos con otros, que es lo que llamamos la Teoría de Galileo. Einstein descubrió que las predicciones eran

ciertas, que la luz viaja a la misma velocidad en cualquier sistema. Pero esa Teoría de la Relatividad Especial también implicaba que la velocidad de la luz era la velocidad máxima, no hay nada que se mueva, que se transmita más rápido que la velocidad de la luz.

Sin embargo, la fuerza de la gravedad entre la Tierra y el Sol es instantánea. Si el Sol desaparece, la Tierra inmediatamente, de acuerdo a Newton, empieza una trayectoria lineal, lo que contradecía la velocidad máxima. Einstein trabajó durante diez años para resolver esa contradicción. Estableció una nueva teoría de la gravedad, la Teoría de la Relatividad General no especial que dice que todas las masas y partículas viven en el espacio-tiempo. Si la luz viaja en este espacio-tiempo curvo, la luz va a seguir el camino más corto, que es un camino curvo. Eso se comprobó en 1919 con un eclipse. Durante un eclipse, podemos ver la luz de las estrellas que está pasando cerca del Sol y podemos comparar la posición en la que creemos que están las estrellas, debido a la luz que nos llega, con la posición que medimos de noche, cuando el Sol está del otro lado y la luz de las estrellas no nos llega, no pasa cerca del Sol. Esa desviación, ese movimiento aparente de las estrellas, medidas de día o medidas de noche fue lo que hizo Eddington en 1919, comprobando la Teoría de la Relatividad General. Esa fue la primera comprobación experimental.

Pero la predicción que a nosotros nos interesa dice que cuando dos masas giran,



una alrededor de la otra, las deformaciones del espacio-tiempo son ondulatorias. Esas son las ondas gravitacionales. Esas ondas gravitacionales se están llevando energía del sistema, lo que hace que las dos estrellas o los dos agujeros negros, se acerquen cada más. Esa es una predicción única. Newton predecía que estas dos estrellas girarían a la misma distancia para siempre. Por el contrario, Einstein predice que se van a acercar tanto, que si son dos agujeros negros, se van a fusionar en un solo agujero negro. Y un solo agujero negro que queda rotando, no va a generar más ondas gravitacionales porque para generar ondas gravitacionales, hay que arrugar el espacio-tiempo y la deformación del espacio-tiempo, debido a este agujero negro rotante, no tiene estas ondulaciones.

Objetos perfectamente esféricos no producen ondas gravitacionales. Tiene que haber alguna diferencia, alguna imperfección. Si tenemos dos estrellas, eso ya no es esférico, si tenemos una estrella con una montaña, ya no es esférica, pero un agujero negro es perfectamente esférico. En 2005, las ecuaciones de Einstein pudieron predecir cuál era la deformación del espacio-tiempo que mediríamos aquí en la Tierra. La predicción es que se mide una onda, que es una onda sinusoidal, y a medida que se van acercando los agujeros negros, van girando más rápido, la onda sinusoidal aumenta de amplitud, aumenta de frecuencia y luego decae, y desaparece.

En 1916, apenas un año después de publicar su Teoría de la Relatividad General, Einstein hizo las cuentas acerca de estas ondas gravitacionales. Cuando se ponen los



números, las constantes de la ecuación, la amplitud de estas ondas, el cambio de estas distancias es pequeñísimo. Ello indica que la gravedad es una fuerza muy débil, tiene efectos muy pequeños. Hacen falta masas muy grandes moviéndose muy rápido para que haya algún efecto medible. Otra predicción de este efecto es que las distancias cambian perpendiculares a la dirección de propagación, pero esta distancia cambia distinto que aquellas; si esta se acorta, esta se alarga y si esta se alarga, esta se acorta; es lo que llamamos una onda cuadrupolar, esa es otra predicción de la teoría. ¿Cuán pequeñas son estas ondas? La amplitud de esta primera onda gravitacional que medimos no es de metros sino en cambios de fracción. Es decir, lo que predice la teoría es el cambio fraccional de la distancia. Mientras más larga la distancia,

## *La onda detectada había sido producida por la colisión de dos agujeros negros, uno de 29 masas solares y otro de 36. Cuando se fusionaron produjeron un agujero negro de 62 masas solares*

más grande es el cambio de distancia. La amplitud de la onda es  $10^{-21}$ . Lo cual quiere decir que, si queremos un cambio de distancia de un metro, necesitamos medir  $10^{21}$  metros.

¿Cómo medimos eso? Lo hicimos con interferómetros. En interferómetros tenemos un haz de láser que se divide en dos con un espejo semitransparente. El láser es una onda electromagnética que se divide en dos, rebota en espejos que están a una distancia de cuatro kilómetros en el caso del LIGO, vuelven las ondas y salen dos ondas, una viniendo de un brazo, otra viniendo del otro brazo. Si esas dos distancias son iguales, las dos ondas se cancelan, no hay luz saliendo del interferómetro. Si las distancias están cambiando y si es una onda gravitacional, una se achica y otra se alarga, estas ondas dejan de cancelarse, se cancelan de nuevo, dejan de cancelarse. Es decir, si ponemos una fotocélula a la salida, lo que estamos midiendo es la cantidad de luz en esa fotocélula y medimos más luz, menos luz, más luz, menos luz. Eso indica que hay una onda gravitacional y que la distancia que viaja el láser en este brazo es distinta a la distancia que viaja el láser en el otro brazo.

Este experimento debe hacerse en vacío. Si se hace en aire, las distancias serán distintas porque el láser va a ser perturbado por el índice de refracción del aire. Necesitamos que el ruido sea menor que  $10^{21}$  multiplicado por la longitud de estos brazos. Por ese motivo los interferómetros tienen que ser tan largos. Los dos interferómetros que se cons-

truyeron en Estados Unidos en el proyecto LIGO tenían una longitud de cuatro kilómetros. Si estamos midiendo una diferencia de distancia de  $10^{21}$  multiplicada por cuatro kilómetros, estamos hablando de una distancia menor que un átomo, en concreto de cuatro milésimas del radio de un protón. Es decir, estamos midiendo diferencias de milésimas de protón. Algo aparentemente imposible de medir. Sin embargo, en los años 70, Ranier Weiss en MIT y Kip Thorn en Caltech, pensaron que la medición era posible con interferómetros lo suficientemente largos y se invertía suficiente tiempo en desarrollar la tecnología y suficiente gente trabajando en estos proyectos. Pero sabían que iba a tardar décadas.

### **Los detectores**

En los años 90, la agencia científica de Estados Unidos, la NSF, National Science Foundation, construyó dos detectores. Uno en Luisiana, cerca de Baton Rouge y otro en Hanford, Washington. Uno en medio de un bosque, otro en el medio de un desierto. Simultáneamente se construyeron detectores en Europa. Uno de 600 metros en Alemania, que fue un proyecto británico alemán; otro de tres kilómetros en Italia, que es ahora un proyecto europeo. Y mientras tanto, alrededor de estos dos observatorios de LIGO en Estados Unidos, se creó una colaboración científica internacional. Actualmente grupos españoles participan tanto de la colaboración de Virgo, como de la colaboración de LIGO. Hay dos proyectos más, uno en Japón, llamado Kagra, que está dentro

de una montaña, también tres kilómetros de largo, pero dentro de una montaña, lo cual tiene algunas ventajas. Y otro observatorio que se está construyendo en India. Todo esto es un proyecto global y ciertamente ahora es un campo en el que la colaboración importa mucho más que la competitividad. Hacemos mejor Ciencia todos juntos, que compitiendo unos con otros.

Tenemos toda una red global de detectores. No son detectores simples. Los espejos deben estar aislados del ruido sísmico, del ruido de la Tierra, porque la Tierra se mueve mucho más que milésimas de protón. Así que colgamos esos espejos en péndulos, que son aisladores sísmicos. Utilizamos un sistema de aislación sísmica con un péndulo cuádruple dentro de una cámara de vacío. Usamos un láser bastante potente para poder tener muchos fotones, lo cual reduce el ruido cuántico. Tenemos que pelear con el ruido sísmico, con el ruido cuántico, con el ruido térmico, porque los átomos dentro de los espejos se están moviendo todo el tiempo, tenemos que diseñar e instalar todos estos sistemas para poder conseguir la sensibilidad que nos permite medir milésimas de protón. Eso fue lo que hicimos.

El 14 de septiembre de 2015 detectamos una onda sinusoidal que aumenta de amplitud y frecuencia y que decae. Por esa frecuencia dedujimos que se trataba de agujeros negros. La señal pasó primero por Livingston, y siete milisegundos más tarde, por Hanford. Si hubiera pasado 20 milisegundos más tarde, hubiéramos dudado de que se tratara de una onda gravitacional porque la predicción dice que las ondas gravitacionales viajan a la velocidad de la luz y la velocidad de la luz, viajando en línea recta entre Livingston y



Hanford, tarda apenas diez milisegundos. Es decir, esta onda estaba a siete.

La onda detectada había sido producida por la colisión de dos agujeros negros, uno de 29 masas solares y otro de 36. Cuando se fusionaron produjeron un agujero negro de 62 masas solares. Pero en el recuento faltan tres masas solares. Esas tres masas solares no fueron un error de aritmética, fue la masa que se convirtió en energía de ondas gravitacionales. Tres masas se convirtieron en una energía tremenda de estas ondas gravitacionales. La energía de las ondas es muchísima, el problema es que somos todos casi transparentes a esa energía. Estas ondas gravitacionales están pasando por la Tierra con menor amplitud porque si no, la mediríamos, pero están pasando todo el tiempo con mucha energía, pero con poco efecto físico.

Estas son ondas de espacio-tiempo, no son ondas de sonido, pero como las frecuencias que producen son de alrededor de unos 100 Hz, esta frecuencia es sensible al oído humano. Entonces, la digitalizamos, le añadimos 400 Hz, la conectamos a un altavoz, y la pudimos escuchar. Si los astrónomos pintan

*Todo esto es un proyecto global. Es un campo en el que la colaboración importa mucho más que la competitividad. Hacemos mejor Ciencia todos juntos, que compitiendo unos con otros*

de rojo el infrarrojo que no se ve y de azul el ultravioleta, nosotros podemos cambiar la frecuencia también. A mí me gusta decir que esta fue la primera nota musical del Universo. Lo único que nos molestaba -y muchísimo-, es que todavía no habíamos tomado datos con los detectores. Necesitábamos tener datos para tener estadísticas. Para verificar realmente que no se trataba de ruido si no de una señal. Nos tomó varios meses. Finalmente nos convencimos de que esta primera onda había sido real.

El 11 de febrero del 2016 anunciamos el descubrimiento de la primera onda gravitacional. Hubo dos conferencias de prensa simultáneas. Una en Italia, cerca del observatorio Virgo, a pesar de que esta detección fue hecha con los detectores de LIGO, estábamos trabajando en colaboración con los científicos de Virgo; y en Estados Unidos, en Washington, estábamos Kip Thorn de Caltech, Rainer Weiss de MIT, Dave Reitze de Caltech, el director ejecutivo del Proyecto LIGO, y yo misma como portavoz y líder de la colaboración científica de LIGO. La conferencia de prensa estaba dirigida por France Córdova, una científica y astrónoma, directora de la Agencia Científica de Estados Unidos, la NSF. Fue un momento maravilloso. La rueda de prensa coincidió, además, con la celebración del primer Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia. Y allí estábamos dos mujeres entre cinco científicos. Lo cual, lamentablemente, no es representativo de la fracción de mujeres en Física y en Astronomía, pero esperamos que haya sido

una inspiración para todos los que estaban mirando esa conferencia de prensa y todos los futuros científicos.

Este descubrimiento fue galardonado con el Premio Nobel, otorgado a Kip Thorn de Caltech, a Rainer Weiss de MIT y a Barry Barish, uno de los primeros directores ejecutivos del proyecto de los observatorios y, sobre todo, un director en un momento en el que hacía falta una dirección para empujar el proyecto en la dirección correcta. Una cosa importante para todos nosotros, es que la Fundación Nobel atribuyó la filiación de los galardonados a la Colaboración de LIGO y de Virgo; es decir, fue un reconocimiento al trabajo en equipo. ¿Quiénes somos en esta colaboración? En la colaboración científica de LIGO, tenemos alrededor de 100 instituciones, 1300 miembros en 20 países diferentes, incluyendo España. Y detrás de cada una de esas instituciones hay científicos, técnicos, ingenieros que trabajamos en este proyecto.

## **La toma de datos**

Entre septiembre de 2015 y enero de 2016 descubrimos tres señales de coalescencias de agujeros negros. Trabajamos en la mejora de la sensibilidad de los detectores y el 30 de noviembre del 2016 empezamos a tomar datos con los detectores en Estados Unidos. Sabíamos que Virgo empezaría en agosto. Necesitábamos tres detectores para saber exactamente en dónde se origina la onda gravitacional. Detectamos varias señales más,

en enero, en junio, en esta segunda campaña, pero por alguna razón, en el mes de agosto detectamos varias señales más. La primera onda es en la que determinamos que habían colisionado dos agujeros negros de 29 y 36 masas solares, formando uno de 62 a mil trescientos millones de años luz. La amplitud de la onda gravitacional es todavía la más grande que hemos medido. La tercera, que fue el 26 de diciembre, fue la señal de los agujeros negros más asimétrica, casi con un factor dos de diferencia en masa; uno tenía 14 masas solares y el otro 8. Es decir, mucho menores que la primera señal. La quinta señal, que fue el 8 de junio del 2017, es el sistema más pequeño, en donde la masa final es de apenas 19 masas solares. El agujero negro más grande que se conocía, era de alrededor de 20 masas solares y no todo el mundo creía que era un agujero negro. Eran casi todos menores de diez masas solares y aquí el más pequeño que tenemos, es de 19. Es decir, estamos aprendiendo muchísimo de agujeros negros. El 29 de julio de 2017, medimos el más masivo, la masa final eran 80 masas solares comparadas con 62 del primero. Pero su señal no era más grande que la del primero. Ello se explica porque estaba mucho más lejos, a nueve mil millones de años luz. Estaba a una distancia mucho mayor y la señal aquí en la Tierra era bastante menor, a pesar de estar producida por mayores masas.

¿Cómo determinamos el origen y la dirección de estos sistemas en el cielo? Cada detector funciona como un micrófono. Con tres detectores podemos triangular. Necesitamos triangular para saber la distancia a la que está, cuántas masas tienen, y qué ocurre alrededor de ese sistema. Queremos que los astrónomos, usando telescopios, telescopios ópticos, telescopios de rayos gamma, telescopios de rayos X, miren en esa dirección para ver si hay ondas electromagnéticas. Ya con tres detectores funcionando detectamos señales el 14, el 17 y el 18 de agosto.

La del 17 de agosto fue muy importante. Se trataba de una señal muy larga. Sabíamos que era producida por masas mucho más pequeñas, pero desconocíamos si se trataba de agujeros negros pequeños o de estrellas de neutrones, que son sistemas de estrellas muy compactas que también pueden girar muy rápido cuando colisionan y producir ondas gravitacionales. Las estrellas de neutrones, producen ondas gravitacionales pero también ondas electromagnéticas. Nos convencimos de que se trataba realmente de estrellas de neutrones porque se detectaron ondas electromagnéticas apenas menos de dos segundos después de la colisión de estas estrellas. Estas señales viajaron 130 millones de años para llegar a la Tierra. Los rayos gamma se produjeron tras el choque de las estrellas. O sea, que había alguna diferencia temporal. Después de viajar 130 millones de años, llegaron con menos de dos segundos de diferencia. Esto ratificó la teoría de Einstein acerca de que las ondas gravitacionales viajan a la velocidad de la luz.

Pero descubrimos más cosas. Como podíamos localizar la señal, los astrónomos miraron en esa área que podíamos localizar con los tres detectores, los dos de LIGO y el de Virgo, y se dedicaron a buscar galaxias, porque saben qué galaxias están a esa distancia. Y en una de esas galaxias, encontraron un puntito brillante que no había estado allí en la última foto de esa galaxia que se había obtenido unos 20 días antes. Ese puntito era primero azul y después rojo, y después también se vio luz en el infrarrojo y en el ultravioleta, y después de 10 días, se midieron desde el mismo puntito, ondas de radio y ondas de rayos X. Todo proviniendo de ese mismo puntito en el cielo. Eso fue identificado por decenas de telescopios en todo el mundo. Eran dos estrellas de neutrones girando una alrededor de la otra, bailando el tango, generando ondas gravitacionales, cuando

colisionaron produjeron este rayo gamma, después los rayos electromagnéticos y luego esta onda de choque que produjo los rayos X y las ondas de radio.

Estas ondas de radio y de rayos X, se midieron casi un año después del 17 de agosto del 2017. Es decir, era el verano del 2018 y todavía había ondas llegando del mismo lugar. Esto explicó un misterio de la Astrofísica sobre los rayos gamma cortos. Los estallidos de rayos gamma se clasifican en cortos y largos. Los largos duran más de dos segundos. Sabemos que se originan en supernovas. Los estallidos de rayos gamma cortos, de menos de dos segundos, se pensaba que provenían de colisiones de estrellas de neutrones, teoría que ha quedado confirmada. Para los astrofísicos esto fue lo más importante. Para otros astrofísicos y la prensa, lo más importante fue que se explicó el origen del oro. Carl Sagan decía que "todos somos polvo de estrellas". Eso es porque los elementos que nos forman, los elementos de la vida, los elementos de la tabla periódica, se forman en las estrellas y cuando las estrellas estallan, ese polvo de estrellas es el que se esparce por el resto del Universo y es el carbono y estos elementos los que nos componen. Ello explica la mitad superior de la tabla periódica. En las estrellas no se forman los elementos más pesados, los que tienen más neutrones en los núcleos, esos son los elementos en la mitad inferior de la tabla periódica.

Esos elementos pesados, que incluyen el oro y el platino, no se forman naturalmente en las estrellas, pero se pueden formar cuando átomos chocan unos contra otros y forman átomos más pesados. Pero eso tiene que pasar en colisiones con muy alta energía. ¿Y cuándo pasa eso? En supernovas, pero las supernovas no alcanzan para explicar la abundancia de oro ni en la Tierra, ni en el Sol, ni en las estrellas. La explicación alternativa

era que la abundancia de oro se producía en la colisión de estrellas de neutrones. Así que hemos explicado el origen del oro.

## Presente y futuro

El 1 de abril de 2019 hemos iniciado una nueva campaña de datos que se prolongará durante un año. Kagra, el proyecto japonés, probablemente empiece a tomar datos para nosotros cerca del final de esta tercera campaña. Después nos tomaremos un tiempo para mejorar la sensibilidad y tomar datos de nuevo. Nos habíamos pasado décadas esperando la primera onda gravitacional, trabajando para esa primera detección de onda gravitacional y ahora nos preocupa que transcurran tres semanas sin detectar una. Pero estamos detectando bastantes. Vamos a tener un catálogo de colisiones de agujeros negros. Esperamos tener alguna otra colisión de estrellas de neutrones con ondas electromagnéticas, aunque es difícil que pasen las dos juntas.

El futuro es muy brillante. Brillante en el sentido gravitatorio. Estamos esperando medir no solo señales producidas por colisiones de sistemas binarios, sino algunas señales temporarias, como la explosión de una supernova o algún sistema desconocido. Eso es lo que más me entusiasmaría, tener una colisión de la cual no sepamos de dónde viene o qué la produjo. Misterios así, aparecen todos los años en la Ciencia. Esperamos medir señales periódicas. Y cuando tengamos mucha sensibilidad esperamos ver ruido astrofísico de todas estas colisiones de sistemas binarios de estrellas, que son tantas, una arriba de la otra, que no las podemos distinguir y forman un ruido estocástico, un ruido astrofísico.

Los detectores que usamos actualmente



son los denominados terrestres. Pueden detectar ondas gravitacionales que tienen 100 ciclos por segundo, 100 Hz. Esperamos llegar a tener sensibilidad de 10 Hz para poder medir masas más grandes de agujeros negros. Pero si los agujeros negros son muy grandes, como los millones de masas solares que están en el centro de las galaxias, necesitamos detectores muchísimos más largos, porque las longitudes de ondas son mucho más grandes, para eso hay un detector espacial con tres satélites que están a dos millones y medio de distancia, unos de otros, con un láser. El láser va, no vuelve, no rebota en un espejo pero va, genera una señal allí y otro láser emite una señal sincronizada, volviendo a este para poder medir las distancias entre los satélites. Con ese vamos a poder medir colisiones de agujeros negros masivos, colisiones de galaxias, este proyecto se llama LISA, está financiado por la Agencia Espacial Europea y va a lanzarse al espacio en el 2034.

Hay tres colaboraciones, una europea, una norteamericana y una australiana, que también colaboran entre ellos, tratando de encontrar estas ondas gravitacionales. Y esa, probablemente, se detecte antes de que LISA vuele. También esperamos ver ondas gravitacionales o, por lo menos, evidencia de ondas gravitacionales generadas al principio del Universo. Las señales más tempranas que tenemos del Universo son las señales en el espectro cósmico de microondas. Ese espectro cósmico es un espectro electromagnético, pero las ondas gravitacionales que existían en ese momento, polarizaban estos fotones, polarizaban estas ondas electromagnéticas de manera especial. Si medimos la polarización de las ondas de microondas llegando a la Tierra, podemos ver, como si fuera una fotografía, una señal digital de la onda gravitacional en ese momento del principio del Universo.

## Bio



### **GABRIELA GONZÁLEZ**

Es profesora de Física y Astronomía en la Universidad Estatal de Luisiana, dedicada a la búsqueda de ondas gravitacionales con el equipo de LIGO. Nació en Córdoba, Argentina, se licenció en Física en la Universidad Nacional de Córdoba, y terminó su doctorado en la Universidad de Syracuse, en EE.UU., en 1995. Trabajó en el MIT y en la Universidad Estatal de Pennsylvania antes de trasladarse a Luisiana en 2001, donde es profesora actualmente. Debido a sus contribuciones, al descubrimiento de ondas gravitacionales, ha recibido reconocimiento de la Academia Nacional de Ciencias de EE.UU., de la Academia Americana de Artes y Ciencias, de la Cámara de Senadores de Argentina, el gobierno provincial de Córdoba y municipal de la ciudad de Córdoba, así como de la Asociación Americana de Física y de la Asociación Americana de Astronomía.

Todo esto es lo que llamamos astronomía de ondas gravitacionales y está pasando ya, estamos tomando datos para detectar estas ondas gravitacionales. Y de aquí a más, aún en la Tierra, vamos a tener mejores detectores, ya tenemos ideas para construir detectores de diez kilómetros de largo para ver agujeros negros más grandes, más lejos, para ver más estrellas de neutrones, estrellas de neutrones que también están mucho más lejos; para ver si los primeros agujeros negros eran distintos de los agujeros negros que se formaron más tarde, ver la historia de las estrellas de neutrones y de los agujeros negros.



# LA BUSCA DE GALEONES, *pasado y actualidad*

Por HUGO O'DONNELL  
*Real Academia de la Historia*



*Con esta conferencia, Hugo O'Donnell y Duque de Estrada inauguró el ciclo: “Naves, tumbas y tesoros, nuestro patrimonio sumergido”, realizado en colaboración con la Real Academia de la Historia. España es la principal potencia en patrimonio subacuático. A lo largo de los tres siglos en que fungió ese cordón umbilical entre la Península y América que constituyó la Carrera de Indias, se produjeron naufragios causados por fenómenos meteorológicos, por combate naval o por accidente de mar. Las campañas navales, como la Gran Armada contra Inglaterra de 1588, cuyos restos jalonan la costa oceánica irlandesa, ocasionaron, por su parte, la pérdida de múltiples naves. El rico cargamento que muchos de estos buques portaban, fue causa de intentos de recuperación desde el momento en que el desastre se produjo, generando ingeniosas máquinas y artilugios.*

## *Los lugares arqueológicos submarinos son cementerios y como tales, merecen respeto. Los galeones, auténticos castillos flotantes, iban abarrotados de fardos y de personas*

España, en su devenir, ha sido generadora de acontecimientos trascendentales para la humanidad y transmisora de una civilización propia que ha dejado testimonio monumental y documental. Muchos de estos monumentos –monumento viene de memento, recuerdo–, se encuentran bajo el mar, y reciben la denominación de “pecios” voz moderna que no reconoce nuestro Diccionario de Autoridades 1726-1739, ni ninguno de nuestros diccionarios navales clásicos, pero que recoge la RAE como derivado del bajo latín pecium (trozo), y como definitorio del resto o contenido de una nave naufragada.

Resulta prioritario señalar, porque llama muy poderosamente la atención, el número de estos pecios, referidos preferentemente a tres siglos, del XVI al XVIII, lo que equivale a decir la cantidad de naufragios y desastres marítimos de nuestra historia, la mayor parte producidos por las embestidas de las climatologías, especialmente la caribeña, en un tiempo que abarca desde la pérdida de la “Santa María” colombina hasta el hundimiento de la escuadra de Cervera en 1898, aunque en el primer caso se tratase de un accidente de mar y en el último por combate.

Nuestra nación es una potencia archivística y documental de pruebas de todo su pasado que se completan o complementan con los testimonios que se conservan bajo el mar cuando, a veces, en tierra han desaparecido. Hasta 681 naves han sido localizadas y documentadas. Durante un lustro, sus datos han permitido llevar a cabo un “mapa del tesoro”,

por parte del Ministerio de Cultura. De ellos, 249 yacimientos arqueológicos están en Cuba, y otros 300 en el litoral mejicano. En todo el mundo se han inventariado hasta 1.580 naufragios españoles.

La pregunta que nos hacemos y a la que se responde por parte de algún sector con connotaciones injustas, de incapacidad organizativa, técnica y defensiva, de impericia profesional, de improvisación o de ciega ambición, es la de a qué se debe tan gran número de pérdidas.

Juicio sin duda precipitado, ya que a España corresponde el galardón de crear un sistema y una ruta basados en la ciencia de los tratadistas y en la técnica de los prácticos. Como señalaría el almirante y académico Julio Guillén, “*Europa aprendió a navegar en libros españoles*” y el “Espejo de navegantes” de Alonso de Chaves y otros regimientos de navegación, fueron de consulta obligada para los Drake, Hawkins o el gran almirante de Inglaterra lord Howard. El nombre “The Mariner's Mirror” que conserva la revista académica trimestral de la Sociedad para la Investigación Náutica en el Reino Unido, constituye aún un homenaje a este hecho incuestionable.

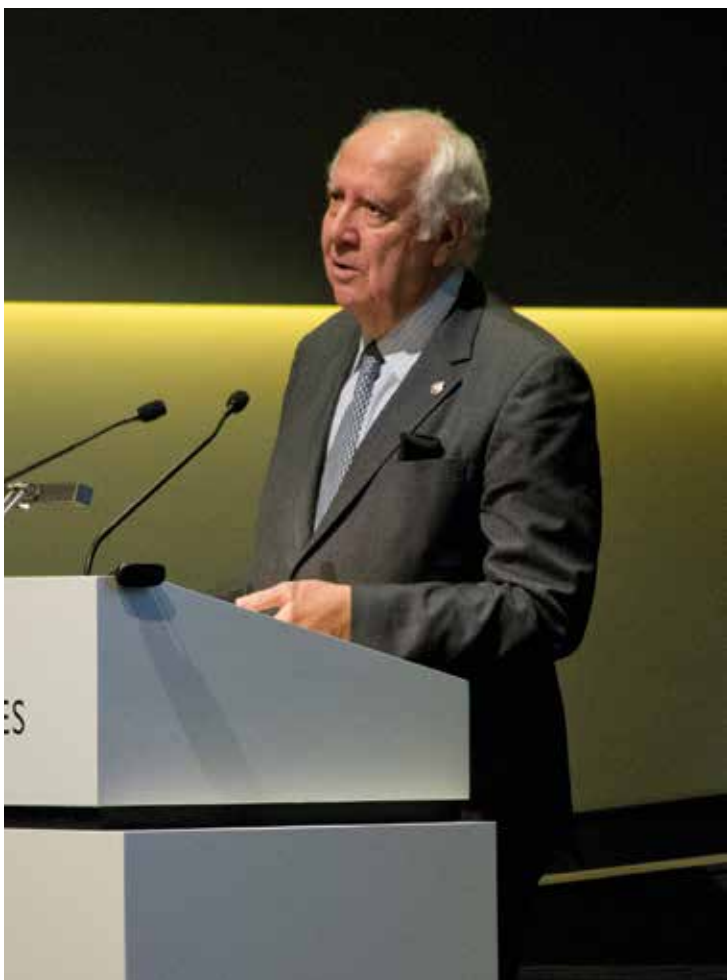
A una necesidad, hasta el momento no manifiesta, respondió la fabricación de un tipo específico de barco -esos galeones que tan ávidamente se buscan- para el servicio de carga y defensa de esa ruta. Bajel poderoso y en constante proceso de perfeccionamiento,

idóneo para una misión que requería fortaleza ante las inclemencias del tiempo y la duración del viaje; diseño y potencia militar de fuego; y especial capacidad de carga: ese galeón, que es la gran aportación española a la historia de la construcción naval universal.

Es el momento de reiterar el clamor de la comunidad científica por que se considere, al menos en fase de proyecto, la excavación de un galeón de gran porte –entre las 500 y 800 toneladas de arqueo- en nuestras propias aguas o a través de convenio con alguno de los países en cuyas aguas jurisdiccionales reposan, a fin de sacarlo y exponerlo en tierra, como tienen Gran Bretaña con su “Cutty Sark” –recuperado de las lamas- y Suecia con su “Vasa”- ese sí recuperado de las aguas- y su museo adyacente. Se impone además su inclusión en la actividad de la marca “España Global”, que tiene como objetivo mejorar la imagen del país en el extranjero y entre los propios españoles y cuya función principal es planificar, coordinar e impulsar las actuaciones de organismos públicos y privados encaminadas a la promoción de la imagen de España.

Conozco dos diseños de este tipo en los que actualmente se está trabajando: el colombiano del “San José” y el cubano “Proyecto Galeón”, que debería capitanear España, cuyos archivos y bibliotecas podrían contribuir en la restauración con su historia, sus planos y sus bosquejos, permitiéndonos comprender por qué a la construcción naval de esos siglos se denomina *arquitectura naval*.

Para llegar a la magnificencia de este galeón tardío se tuvo que pasar por aciertos y



fracasos, pero cada buque –nao o galeón- de la Carrera de Indias era visitado, es decir, comprobadas sus condiciones náuticas por un equipo de especialistas en cada singladura. Cada vez se conocen mejor esos avances, pero es precisamente la arqueología la que nos permite conocer no sólo los detalles de la construcción según la época, sino la vida a bordo, el alojamiento, el armamento, los usos alimentarios, los instrumentos médicos, la orfebrería, las formas de estiba y los productos de intercambio a través de los artefactos encontrados, que es lo que menos se busca e incluso, estorba.

Las campañas de las que, probablemente sin pretenderlo y con otras miras más



## *Durante largo tiempo la busca del tesoro no ha tenido freno y sólo el afán de lucro ha prevalecido sin respeto arqueológico, cultural o humano*

crematísticas, se han sacado mayor información han sido de las excavaciones del “Matancero”, que es alias del N.º S.º de los Milagros, por haberse construido en Matanzas, Cuba, y hundido en la península del Yucatán, perteneciente a la Flota de López Pintado de 1736 y excavado en 1959, por Bob Marx y el editor del Post, Clay Blair Jr.: 12.000 piezas arqueológicas, entre ellas medallas y cucharas fabricadas en Inglaterra, de lo que habría mucho que hablar. En otro teatro: el pecio de la galeaza Girona, hundida en Port Na Spaniagh junto al castillo de Sorley Boy Mc.Donnell, descubierta en 1967, y de la nos hablará el profesor Downey y cuyos recuerdos enriquecen el museo de Belfast en Botanic Gardens, junto a la evocación del Titanic.

Pese a todas las dificultades, la ruta de Indias se fue también perfeccionando: las tripulaciones repetían experiencias, las rutas con sus incidencias se informaban, los generales de flotas daban datos cartográficos de los que la Casa de Contratación tomaba cumplida nota, puertos y pasajes se sondaban y todo ello, junto con la estructura militar de los convoyes, serían copiados por las potencias contemporáneas y sucesoras.

A los convoyes y a los puertos se transmitía todo tipo de novedades pertinentes y la meteorología se conocía y respetaba en lo posible, siendo los huracanes sobrevenidos los mayores culpables de desastres, pero el proceso de intercambio comercial requería una sincronía de muy difícil encaje: los comerciantes locales y sus caudales para la feria podían retrasarse, la peste solía coincidir con

esta y los avisos de corsarios, piratas o divisiones enemigas podían retrasar las salidas.

Lo cierto es que el número de naufragios, acorde con los parámetros de la época y con las características del teatro de operaciones, es proporcional al tráfico marítimo entre las dos partes de España, la americana y la europea. Pese a que la imaginación se nos llene de figuras coloristas de tifones y de ataques de piratas, la Carrera de Indias constituye la ruta comercial de mayor éxito de la historia de la humanidad, tan sólo comparable y en mayor medida, con otra empresa marítima castellana, anterior, de menor riesgo, duración y trayecto: la ruta de la lana hacia los puertos bálticos.

El porcentaje de hundimientos en alta mar –por incendio, accidente de mar o combates– muy inferior al producido por ser lanzadas las naves desarboladas y con el timón deteriorado, es decir, sin posibilidades de evitarlo, contra los arrecifes costeros cuyos cortantes farallones rompen las quillas y cuyos ratones destruyen sus planes hasta encallar o contra los placeres de arena donde varan sin poder reflotar ni aun echando cañones y mercancía por la borda. Junto a los pecios conocidos, hay yacimientos arqueológicos de cañones en diversos puntos del litoral caribeño.

La conjunción de pasos difíciles y mala mar sobrevenida por el tifón en puntos negros determinados como el Canal Viejo de Bahama, - “Bahamas” parece ser deformación de “baja mar” en el a veces pintoresco lenguaje colombino-, o su alternativa posterior: el





estrecho y los cayos de Florida, o bien los bajos de la Serrana y Serranilla y los archipiélagos de San Andrés y Providencia inmediatos a la zarpada de Cartagena de Indias es, con frecuencia, funesta, mientras que las mayores tormentas se salvan corriendo la mar, si no se agotan los víveres y aguada y se pueden subsanar las averías en los palos lastimados con medios de ocasión.

La razón de estado, la obligación de desarrollar los reinos americanos, el deseo particular de prosperar y el ardor de los religiosos determinaron una asunción de riesgos colectivos y particulares que, valorados, se aceptaron con ánimo y tesón indiscutibles por las autoridades, marinos, funcionarios, soldados, clérigos y mercaderes que figuran en esos larguísimos listados de los pasajeros a Indias y las personas que les acompañaban, como mujer, hijos, criados, deudos, etc. cuyos 330 legajos de informaciones que abarcan los años 1534 a 1790, pueblan los anaqueles de su Archivo General o de los que, como combatientes de toda condición, figuraron en los roles y acabaron pereciendo en el tornaviaje de la Gran Armada de 1588.

## **Los ahogados de ayer son los grandes olvidados de hoy**

Los ahogados de ayer son los grandes olvidados de hoy. Como mero ejemplo, es el momento de recordar el poco respeto que se tuvo por los restos humanos en la citada excavación de la Girona por Stenuit, en 1967, donde aparecieron ricas joyas personales que puede que se encontrasen en cofres reventados, pero que algunas de ellas estaban unidas a los cuerpos. ¿Qué fue del cuerpo de don Hugo de Moncada, su capitán y caballero de la orden de San Juan o del trece de la orden de Santiago, don Alonso de Leiva, del correspondiente al enamorado anónimo o del regular de la Compañía de Jesús a los que pertenecieron otras joyas personales? Una vez aspirado el conjunto con potentes máquinas y, seleccionado su contenido, el resto se devolvería al mar como material desecho o como pesca indeseada, sin un responso. ¿Qué pasaría hoy en día si se actuase de igual manera con los ahogados del Titanic?

Los lugares arqueológicos submarinos son cementerios y, como tales, merecen respeto.

*Aunque el término “pecio” es de moderna adopción, el “derecho de pecio”, es decir, de parte recuperable, está en uso desde época medieval. Se trata del impuesto aplicable a los rescatadores por parte de las autoridades portuarias de la jurisdicción correspondiente*

Los galeones, auténticos castillos flotantes, iban abarrotados de fardos y de personas. Probablemente la pérdida de la capitana “San Roque” y de otros tres galeones de la armada de Tierra Firme al mando del general Luis Fernández de Córdoba y Sotomayor que tuvo lugar el 6 de noviembre de 1605, a poco de zarpar de Cartagena de Indias, arrumbando hacia La Habana y Jamaica, constituya la mayor desgracia personal de toda la Carrera de Indias: 1.300 hombres.

Si tenemos en cuenta que en un galeón medio como el “San José” perecieron cerca de 500 hombres o que en el “Juncal”, desaparecieron bajo las aguas 300, esto nos dará una idea de la enorme sangría, aún no computada, en profesionales de todo tipo, que sufrió España en este periodo, pero lo sorprendente fue que esta fue restañada una y otra vez.

Al citar la armada de 1605, aprovecho para advertir que, según informes confidenciales de sus asesores históricos, es el próximo objetivo de una importante empresa norteamericana en nuevo acuerdo con el gobierno colombiano, de coordenadas geográficas y de reparto bien trazadas, en el que a España, de nuevo, no se la tiene en cuenta. El tiempo lo hará saltar pronto a las rotativas.

Hay tiempo aún para armarse de pruebas, de razones jurídicas y de diplomacia vigorosa para que no nos coja con el pie cambiado, ya que, una vez en poder de los extractores

la plata – ocho millones de pesos duros - y los artefactos, la prueba corresponde al que alega en su contra en virtud del principio válido desde tiempos del jurisconsulto romano Paulo: “*Ei incumbit probatio qui dicit, non qui negat*”. Ante esta amenaza abogo por la creación de una comisión permanente de seguimiento donde estén los ministerios afectados –Cultura y Exteriores-, las academias –de la Historia y Bellas Artes-, y la Armada, y se lleve a cabo una política de estado bajo una dirección única y no de departamentos estancos, que acabe con la dispersión de esfuerzos.

Todas las grandes pérdidas tuvieron en su momento trascendencia política. Especialmente la tuvo la de estos galeones neohispanos que condujo a la tregua de abril de 1607 en los Países Bajos, la bancarrota de ese mismo año y, finalmente, a la Tregua de los Doce Años de 1609. Crisis que determinó, en lo interno, la caída en desgracia del conde de Villalonga y casi acaba con el poder de Lerma. Hoy, errores, concesiones y desidias administrativas se olvidan con facilidad.

## **La busca del tesoro**

Durante largo tiempo la busca del tesoro no ha tenido freno y sólo el afán de lucro ha prevalecido sin respeto arqueológico, cultural o humano. Salvo pocas excepciones, las excavaciones han resultado destructivas e irrecuperables para lo que no sean metales



preciosos o artículos valiosos y subastables. Los mayores tesoros como el cargamento del “Atocha”, cien mil monedas de plata y oro y una fabulosa muestra de joyería y orfebrería, subastado en la sala Christie’s de Nueva York, en 1988, que sólo se ha visto superado por las 500.000 monedas obtenidas por “Odissey Marine Exploration” de la fragata “Mercedes”, felizmente recuperadas, se consiguieron tras haberse destruido sus buques continentes, sus artefactos y sus entornos arqueológicos... De creer al virrey de Nueva España, marqués de Cerralbo, su entristecido remitir, el “Nuestra Señora del Juncal” y los buques que junto a él perecieron en 1631, portaban el mayor cargamento de metales preciosos de la Historia. Si los cálculos actuales no fallan se trata de un millón de piezas acuñadas que en los años 90 pretendió excavar “Odissey” y que en la actualidad, el gobierno mejicano está a punto de proceder al paso siguiente, al de su proyecto de inventario en marcha: su extracción.

En la actualidad, los “cazatesoros” han procurado enmascarar su actuación con supervisiones de arqueólogos o de instituciones científicas, acompañando su actuación con

proyectos de museos didácticos, pero poniendo a veces de manifiesto intenciones políticas en el hilo conductor de las exposiciones, en detrimento de la verdad y en contradicción con la historia que, como propia, España debe preservar. En los tiras y aflojas recientes del pecio del “Señor San José” –del que nos hablará el doctor Lancho-, el populismo no ha estado ausente, manifestando las autoridades colombianas del anterior gobierno del Sr. Santos la intención de recuperar un tesoro que pertenece a su pueblo y que fue arrebatado de manera injusta, como botín o saqueo, por extraños, como si del “equipaje del rey José” se tratara, marcando una pauta a seguir con fines electoralistas para futuros hallazgos en aguas americanas.

Nuevo error. En términos generales, la plata de las minas reales, tratada con el azogue de España era propiedad del Estado común -suyo y nuestro- que proporcionaba, como en España, los servicios públicos y la defensa del territorio. Se da en este caso la circunstancia, como ocurriría también en el caso de la fragata “Mercedes”, que el mayor volumen de plata correspondía a particulares, -comerciantes y

agricultores andaluces o cargadores cosecheros, forjadores vizcaínos o tejedores castellanos-, ya que eran el precio obtenido en la feria mejicana, jalapeña o de Portobelo, a cambio de sus productos industriales y agrícolas.

De todos los pecios encontrados y por localizar, los más apetecidos y los que justifican la mayor inversión por parte de las poderosas empresas, algunas de las cuales cotizan de nuevo al alza en la bolsa de valores de Nueva York, son los de galeones *de bandera* llamados así, muy significativamente, por ostentar *erga omnes* su condición de “buques de estado” a través de su pabellón, amparados en su momento, y ahora, por el principio de inmunidad soberana. Unos por tratarse de buques plenamente de guerra, construidos, por y para el rey, galeones del rey, o vulgarmente reales, como los denomina Gaztañeta que, pertenecientes en la mayoría de los casos a la escuadra del Mar Océano o a la de Barlovento, suelen escoltar uno de los brazos de la Carrera: los Galeones o Escuadra de Tierra Firme. Pero hay otros, propiedad de particulares, mercantes bien armados pero desempeñando una misión militar y arbolando a popa el estandarte real, que gozan de igual consideración jurídica y diplomática mientras desempeñan su misión de escoltar la flota de Nueva España con destino a Veracruz, como capitana o almiranta. El galeón de Manila-Acapulco goza de idéntica condición, así como la escuadra de la Mar del Sur, El Callao-Panamá.

En ellos embarcan las autoridades para Indias –los *provisitos*- y, cumplido su mandato, para la España europea: virreyes, gobernadores, auditores, obispos, provinciales y visitantes de las órdenes religiosas. En el viaje de ida, se embarca el azogue para el tratamiento de la plata mejicana, que la peruana contará a partir de un determinado momento con las minas de Huancavélica, como

material estratégico, y también el papel oficial: leyes, órdenes, papel de pagos, bulas de la santa cruzada... y de regreso, la plata y el oro del Rey y todos aquellos productos preciosos de particulares susceptibles de ser *quinteados*, sometidos al impuesto directo del quinto real.

El término de *buques de bandera* es sinónimo contemporáneo de galeones de la plata. Aviso por lo tanto para navegantes de que este argumento era válido en el pasado, cuando no se esgrimió y en el presente cuando se está empezando a esgrimir tímidamente respecto a los países signatarios de la *Law of the Sea Convention*.

Los buques cuyo cargamento ha sido extraído hasta ahora eran buques de “estado”, del estado español como reconocido heredero: el “Nuestra Señora del Rosario”, “San Diego”, “San Roque”, “Santo Domingo”, “Nuestra Señora de Begoña”, “Nuestra Señora de los Remedios”, “Nuestra Señora de Atocha”, “Nuestra Señora de la Concepción”, “Nuestra Señora de las Mercedes”, y tantos otros cuya usurpación se ha consentido con menosprecio constante por las normas arqueológicas y olvido intencionado respecto a las más actuales de la condición de “parte interesada” a España, que le conceden el Derecho internacional, la práctica internacional y las convenciones de la ONU sobre el Derecho del Mar de 1982 y sobre la Protección del Patrimonio Cultural Subacuático de 2001.

## Justificar actitudes injustificables

A la hora de tratar de justificar actitudes injustificables, se ha venido aduciendo, por parte de los inculcadores de nuestros derechos, una supuesta dejación y abandono por parte de España, que de alguna manera podría disculpar la intervención de terceros.

Las conferencias que seguirán a esta, correspondientes a dos esfuerzos recientes, pondrán en entredicho este argumento que, aunque carezca de peso jurídico, ha calado en la opinión pública internacional y de una forma definitiva en la de los países afectados porque, efectivamente, en ocasiones, se ha dado respuesta tardía a las amenazas.

Conviene ahora, y para finalizar, señalar que la recuperación de pecios ha sido una inquietud absolutamente contemporánea con el hundimiento de los barcos. Esta breve relación nos permitirá, además, recorrer unas páginas señeras de la historia de nuestra ciencia y nuestra técnica aplicadas a este fin, y poner en valor a sus creadores -ingenieros en cuanto a fabricantes de ingenios y máquinas- y a sus usuarios: una administración responsable y eficaz hasta cotas poco sospechadas, cuyo desconocimiento superable, ha llevado, una vez más, a atribuir a otras épocas y a otros países los avances en este campo.

Los intentos por recuperar lo perdido no respondían ciertamente a inquietudes arqueológicas, como ahora, ya que en este sentido no serían mayores que las que hoy en día tendríamos por adquirir conocimientos en un desguace automovilístico. Se intentaba recuperar la carga preciosa en sí misma, la valiosa artillería, especialmente referida a los cañones de bronce, y las grandes piezas enteras de la armazón del buque que pudieran resultar aprovechables.

Aunque, como hemos dicho, el término “pecio” es de moderna adopción, el “derecho de pecio”, es decir, de parte recuperable, está en uso desde época medieval. Se trata del impuesto aplicable a los rescatadores por parte de las autoridades portuarias de la jurisdicción correspondiente.

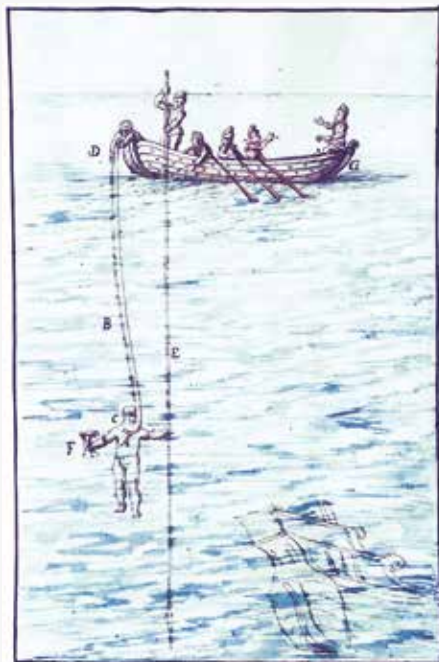
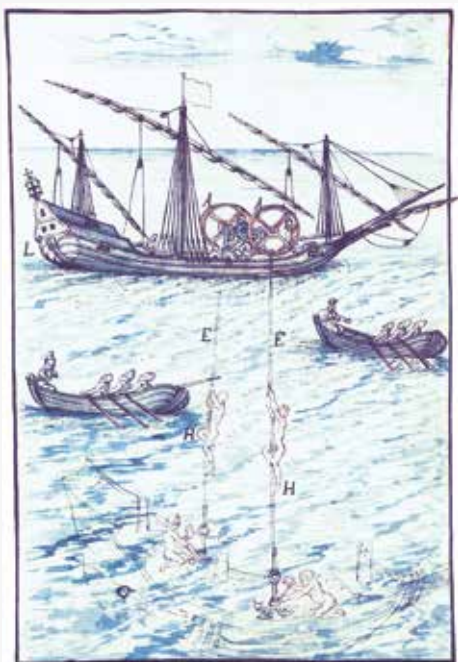
El mundo mediterráneo y la navegación

cabotera, a la vista de la costa, habían facilitado los rescates durante siglos en este medio y dado lugar a un cierto tratadismo, de cuyos éxitos prácticos sólo tenemos confusas referencias que se remontan a la época alejandrina pero que dejaron su huella en la nueva era, inaugurada por el descubrimiento de América y la institución político-comercial de lo que conocemos como Carrera de Indias.

La inspiración mediterránea dejará su impronta y es curioso comprobar que muchos de los asentistas contratados a porcentaje para el rescate de caudales son de origen italo-griego.

Cuando Pedrarias Dávila llega a la costa panameña, aprovecha las aptitudes de sus buceadores de perlas, a pleno pulmón, que muestran una especial resistencia ante la apnea. Buceadores que, desnudos y valiéndose de una larga vara para impulsarse hasta el fondo y de nuevo a la superficie, recogen en saquitos las ostras y las depositan en las embarcaciones de poco calado que las someras aguas admiten. También serán utilizados, formados en cuadrillas de relevos, en los hundimientos atlánticos.

Los primeros trajes de buceo, denominados *habits à trompes*, y perfeccionados posteriormente, se atribuyen a dos franceses: el guardiamarina de Brest, Pierre Rémy de Bauve, de 1715, y Alejandro Durant, en 1720. Trajes completos con cobertor en la cabeza y tubos flexibles para respirar – uno conectado a un doble fuelle con el que se hace llegar aire al buzo, y el otro que saca el aire por el lado contrario – y anteojos de vidrio para permitir la visión bajo el agua. Para ganar profundidad, el traje disponía de un cinturón de lastre basado en taleguillas de plomo del que el buzo podía desprenderse en el momento en que se debía subir a la superficie. Durant afirmaba que con este ingenio se podía alcanzar las 12 brazas (20m o más).



Pedro de Ledesma, *Pesca de perlas y busca de galeones*, (1623). Museo Naval, Madrid, (Ms. 1035).

En las *messes dormantes* de los archivos españoles, yacía algo más que un simple experimento: los datos y dibujos de un invento cuyo éxito había sido probado en la exitosa excavación del galeón “Santa Margarita”, hundido en 1622, en la misma ocasión del “N<sup>a</sup> S<sup>a</sup> de Atocha” junto al que yacía y que tan pingües beneficios produciría a la empresa familiar “Treasure Salvors” de Mel Fisher.

Se trataba del traje de buceo diseñado por don Pedro de Ledesma que, tras largos años de experiencias como consejero de la Casa de Contratación, se había decidido a fabricarlo. -“Lo hice yo” aparece orgulloso junto a su bella lámina y firma-, y constaba de un vestido aforrado de vaqueta bien adobada contra el frío y la hipotermia, una capucha con ventana -*anteojos de cristal*-, manga de vaqueta impermeabilizada y bien cosida, -*para coger*

*aliento*-, apretadas por ligas y correas bajo las rodillas y los codos y en la cabeza para que no entrase agua, pero amortiguadas estas con esponja para no impedir los movimientos de las articulaciones.

El buzo portador de la lámina lleva en su mano derecha un mazo y un escoplo para abrirse paso por el maderamen hundido hasta la bodega de carga, mientras se vale de su mano izquierda para impulsarse con la ayuda de una larga flecha hacia el fondo donde se distingue la silueta de un galeón.

En el texto se añade que un marinero a bordo de una lancha y en superficie debe velar por la constante verticalidad de la manguera y de las señales que, por medio de un cordel, le envíe el buzo para parar o continuar la inmersión, indicar el haber tocado fondo, el avanzar



por este hasta el pecio, iniciar el trabajo, haber llenado una espuerta que debe ser izada o pedir socorro, señalando la posibilidad de realizar trabajos durante tres o cuatro horas, a una profundidad de 16 a 25 brazas. Si los restos hundidos se encontrasen a mayor profundidad que la habitual, la lanza impulsora debía ser sustituida por un cabo grueso y un rezón.

Una vez localizado el tesoro, se desplaza al lugar exacto una fragatilla con unas ruedas que son poleas que mueven, desde dentro, como cobayas, hombres desnudos, para subir a la superficie a los bucos y a los cofres y el material que se va atando a unos rezones.

Podría tratarse del producto de la imaginación de un arbitrista si no tuviéramos el testimonio documental garante de que, efectivamente, el capitán Gaspar de Vargas, con un equipo de rescate, recuperó la rica carga del Margarita en 1622, con estos artilugios de Ledesma. Cien años después, la *máquina hidroándrica* o traje de buzo ya citado, de 1715, se inspiraría en este diseño.

A Edmund Haley, el astrónomo, se atribuye la invención de la campana de buceo, en 1690. Desde 1654 se tiene constancia del empleo, en el rescate de los dos galeones hundidos en Cadaqués de una campana y del diseño de otra campana ideada por el panormitano en 1583, José Bono, y que se conserva en el Archivo de Indias.

Se podrían citar múltiples ejemplos de rescates exitosos, entre otros, el que llevó a cabo mi octavo abuelo, Manuel López Pintado, de los tres millones de pesos de la almiranta de Barlovento a cinco leguas al oeste de La Habana y en 1711, que sacó donde teóricamente no había: un tercio más de lo declarado por los cargadores, lo que nos habla también de fraude, de contrabando y de picardías.

## Bio



### HUGO O'DONNELL

Comandante de Infantería de Marina e historiador militar. Académico de la Real Academia de la Historia.

Buen conocedor de los archivos que contienen documentación sobre la historia de la construcción naval y sobre la marina española en particular.

Director de la *Historia Militar de España*. Obra que ha contado con el trabajo conjunto de historiadores y de la Real Academia de la Historia. Y el apoyo de la Fundación Ramón Areces. Cada uno de los nueve tomos ha tenido a su vez como responsable un miembro de la RAH, entre ellos Carmen Iglesias, Miguel Artola o Gonzalo Anes.

En la actualidad, es Vicepresidente de la Comisión Española de Historia Militar, Censor de la Academia de la Historia, Director de su Boletín y miembro de las comisiones de Gobierno, Correspondientes y Publicaciones de la misma. Patrono del Real Patronato del Museo Naval y del Real Patronato del Museo del Ejército.

# PRESTIGIO, SALARIO Y FEMINIZACIÓN

## DE LA DOCENCIA



La Fundación Ramón Areces y la Fundación Europea Sociedad y Educación presentaron, en el mes de septiembre, el informe *Indicadores comentados sobre el estado del sistema educativo español 2019* en el que se incluye este comentario de la profesora Sonsoles San Román.

**SONSOLES SAN ROMÁN**  
*Universidad Autónoma de Madrid*

## La feminización de la docencia es un proceso cultural tejido en la herencia histórica, y asumido, por la propia costumbre, como hecho natural por las maestras

En un informe publicado en 2018 por la OCDE<sup>1</sup>, se observa una diferencia entre España y los demás países de la Unión Europea en el porcentaje de profesoras de los niveles de infantil y primaria. Pensemos que, en principio, esta distancia pueda deberse a cierto retraso en la incorporación de las mujeres a la universidad en España; una hipótesis, entre otras posibles, pero también una realidad. Nuestro país ha tenido una historia, que, como todas las historias, “pasan y pesan”. El pasado marca el presente, moldea significados, abre espacios histórico-generacionales en procesos de interacción social que producen asumidas “vocaciones”, con distintos significados según esos espacios generacionales.

En efecto, la vocación es la respuesta clave defendida por las maestras en distintas investigaciones que he realizado, también por alumnas de la etapa de infantil. Hablamos pues de cultura, esa raíz social de la costumbre que se vierte y enraíza en el vaso del tiempo histórico hasta fluir en una estructura social fija y sólida. Por ello hay culturas, en plural, que se corresponden con necesidades de cada tiempo histórico. Lo cierto es que un modelo cultural configura nuestras costumbres y valores que, asumidos como naturales, invisibilizan la naturaleza social del hábito. Nos movemos entonces en los bastones de la costumbre, que nos dan seguridad y permiten tomar rumbos en cada etapa histórica. Algo parecido es lo que sucede con el fenómeno de la feminización docente. Estamos tan acostumbrados a ver la feminización en las profesiones vinculadas al cuidado, la maternidad y la infancia, que no cuestionamos su posible naturaleza social. Por ello, pocos agentes sociales cuestionan este fenómeno como un problema de natu-

raleza social, incluidas las propias maestras.

Como especialista en los estudios de feminización, quisiera exponer un contexto para insertar y analizar este fenómeno desde la sociología. Nos vamos a encontrar con una clara relación entre feminización, salario y prestigio. A partir del advenimiento de la democracia parlamentaria, la lucha política y social emprendida por las mujeres de la generación de la transición democrática produjo cambios importantes. Los estudios de género tomaron protagonismo para analizar y atajar las desigualdades sociales entre hombres y mujeres. Poco a poco, la cultura del estatus de los años setenta quedaba atrás. Las mujeres comenzaban a posicionarse en profesiones cualificadas y puestos de poder, influidas por el aperturismo cultural y bajo el susurro de unas madres que querían para ellas independencia económica, algo de lo que la generación anterior no gozó. Y fue así como, a partir de la década de los ochenta, se ponía en verde el semáforo que abría el paso hacia la cultura de la igualdad para recuperar derechos perdidos y avanzar hacia la igualdad de género.

### Década de los noventa

En la década de los noventa, con un crecimiento económico sin precedentes, el auge de la nueva situación económica propiciaba un cambio social en favor de la cultura de la igualdad, a lo que se añadía otro giro importante que avanzaba hacia la cultura de la diferencia tras la llegada de inmigrantes a España. Nuevas necesidades sociales demandaban distintas funciones, y las instituciones respondían. Políticas educativas se fueron

sucediendo de manera vertiginosa desde la década de los 90, sin que ninguna de las leyes de educación reguladas llegase a cumplir la mayoría de edad (tema, por otra parte, de máxima actualidad en España, recogido en campaña política al solicitar el necesario consenso en educación).

A mediados de la década de los 90, periodo de crecimiento económico muy importante en España, coincidiendo con nuevos cambios y necesidades, aparecieron nuevos enfoques sobre desigualdad de género que se sumaban a los anteriores. La feminización de la docencia comienza a interesar como fenómeno social. No se trataba sólo de comprender la razón por la que había tan pocas mujeres en profesiones con mayor prestigio y salario, era necesario conocer las raíces culturales donde se enraizaba la mentalidad que dirigía a la mujer hacia los espacios peor pagados y con mayor desprestigio social, era el caso de la docencia en sus primeros niveles.

Las investigaciones apuntaban, por tanto, hacia las profesiones más desprestigiadas y con menor salario, lugar donde almacenaban las profesiones feminizadas. ¿Qué relación había entre feminización y desprestigio social?, ¿dónde estaban esas raíces?

Las primeras publicaciones dieron respuesta al origen y desarrollo del fenómeno de feminización docente dentro del proceso de las transformaciones sociales, políticas y económicas, apuntando hacia la Ley Moyano de 1857 como el detonante de la feminización docente en el caso de España (San Román, S. 5ª edición. 2019). El nuevo enfoque tuvo importantes repercusiones en el ámbito internacional. Es así como, en 2006, apareció el primer libro que abordaba, desde el ámbito mundial, el fenómeno de feminización docente. Hacía notar que, en todos los países, menos en Argentina, se trataba de un proceso de cambio en el que, por cuestiones políticas y económicas, la presencia de hombres se sustituyó por mujeres (Cortina, R. y San Román, S., 2006<sup>2</sup>). No deja de resultar curioso que, al tiempo que la femini-

zación de la docencia se convertía en un problema social a partir de mediados de los 90, las maestras de infantil comenzaban a exigir reconocimiento como profesionales en la educación en la etapa de 0 a 3 años. Una sensibilidad social en un país que se jugaba su futuro en esas etapas tan desprestigiadas y feminizadas, a lo que se añadía el reto que implicaban las oleadas de inmigrantes que llegaban con familia a buscar mejor fortuna en un país en bonanza económica. Las medidas para integrar a una infancia de inmigrantes no cesaban. Se tomaron medidas que les daban prioridad para entrar en los escasos centros de educación infantil; lo que produjo un conflicto social importante. Una sensibilidad social tomaba fuerza y aconsejaba nuevos enfoques para abordar la igualdad. Huelgas, manifestaciones, noticias en primeras páginas de prensa, etc., mostraban que las maestras comenzaban a exigir más profesionalización por su trabajo, también mejor salario y mayor número de escuelas de infantil ante el lema: “No somos cuidadoras, somos profesionales de la educación”.

La Ley General de Educación establecía, en 1970, la escolarización obligatoria a los 6 años y bautizaba como etapa preescolar el periodo de 4 a 6 años de edad. La LODE, en el 85, y en el 90 la LOGSE reconocieron la etapa educativa con pleno derecho en el periodo de 0 a 6 años. Y llegó la LOCE en 2002, que redujo el 0 a 3 años a la categoría asistencial. Cuatro años más tarde, en 2006, la mezcla desafortunada entre ambas leyes regula el 3-6 como etapa educativa y deja el 0-3 al arbitrio de las autonomías. La defensa por la escolarización en la etapa de 0 a 3, junto con el reconocimiento social como profesionales de la educación, se convirtió en un problema social, llegando a ser objeto de campaña en elecciones políticas. Se cuestionaba así la realidad de una situación difícil para las familias que se veían, y se ven, obligadas a desnudar su economía ante la falta de escuelas infantiles. Detrás de esta realidad, se aprecia una cultura que asocia-




ba el trabajo de las maestras en las primeras etapas a la idea de cuidado a la infancia; una contradicción importante si tenemos en cuenta el dinero que invertimos en formar profesionales en esta etapa de infantil. Es lógico que, ante esta situación, el enfoque sociológico tratase de destapar la caja negra de esta “contradicción cultural” entre “condición femenina” e “imagen profesional”, cuestión que coloca a la feminización de la docencia como tema a investigar en los primeros niveles del sistema educativo.

La función del “cuidado maternal” aparecería envuelta en contradictorias demandas de cualidades maternas, minimizando las exigencias de profesionalización en las primeras etapas. ¿Cuáles eran los efectos de la feminización? Bajo salario y alto desprestigio ¿Estaba desprestigiada la profesión en los primeros niveles por estar feminizada o feminizada por desprestigiada? Es una pregunta que lanzo, aunque quizá no halle respuesta, al lector o lectora. Pues, como todo lo que se apoya en los bastones de la costumbre, el hábito ha convertido en cuestión natural la feminización. Las propias maestras no se lo cuestionan, lo asumen como natural. Lo que nos lleva a plantearnos la siguiente cuestión:

¿será natural que existan profesiones masculinizadas y feminizadas? La pregunta es profunda. Las maestras no se lo cuestionan en el caso de los primeros niveles de educación.

Las investigaciones que he realizado han confirmado que existe una diferencia importante por espacio histórico-generacional, es decir, por edad de nacimiento en el caso de las maestras formadas en distintas leyes y periodos históricos, pero con un denominador común. La feminización no se cuestiona en absoluto como un problema social por ellas, sino como un trabajo que se realiza por “vocación” al ofrecer una fuerte satisfacción el contacto con la infancia. Lo cierto es que las profesiones feminizadas tienen características propias; algo que ha dado lugar a la utilización del término semiprofesiones (Lortie, D., 1975. Etzioni, A, 1969. Simpson R. y Simpson I., 1969). Se trata de niveles menos competitivos, donde prima el afecto, se exaltan cualidades de cuidado, el salario es menor, se eligen por el deseo de trabajar con gente joven y niños sanos; por la satisfacción de sentirse útil y de rendir un importante servicio a la sociedad; por su compatibilidad para acomodar su horario con su rol de esposa y madre; y, por último, por asegurar a



## INDICADORES COMENTADOS SOBRE EL ESTADO DEL SISTEMA EDUCATIVO ESPAÑOL 2019

la mujer soltera un bienestar y proporcionar a la casada beneficios psicológicos.

### Feminización de la docencia

Situada ahora en la perspectiva de la sociología, y como especialista en género, los datos obtenidos en el informe de la OCDE de 2018 me llevan a hacer una reflexión, fundamentada en investigaciones previas (San Román, S., 5ª edición. 2019<sup>3</sup>). La feminización de la docencia es un proceso cultural tejido en la herencia histórica, y asumido, por la propia costumbre, como hecho natural por las maestras. Podemos entender así en qué medida las profesoras y los profesores, entrevistados por sesgo histórico-generacionales desde la II República hasta 2014, no asocian, en sus representaciones sociales, el desprestigio de la profesión con el salario (San Román, S., 2002, 2009<sup>4</sup>).

Veamos datos objetivos que asocian feminización con prestigio: las profesiones ocupadas mayoritariamente por mujeres

en el escenario histórico de este país están peor pagadas. Así es; en infantil ganan menos que en primaria, y en primaria menos que en secundaria. La pregunta evidente es: ¿si subiera el sueldo en los primeros niveles del sistema educativo habría más hombres?; ¿tendrá algo que ver el prestigio con el salario? Esta relación entre prestigio y salario se puede ver en otro momento de la historia en que se produjo el abandono del hombre en estos niveles. Ellos fueron dejando la escuela pública desde 1857, momento en que se pone en marcha el motor de la feminización. ¿Por qué? La Ley Moyano hacía incompatible esta profesión con cualquier otro cargo público, abarataba el sueldo de las maestras a una tercera parte del sueldo de un maestro (art. 191), y abría las primeras escuelas de niñas en España; todo ello sin régimen de coeducación y con los consiguientes gastos para unos ayuntamientos que quedaban obligados a abrir escuelas de niños y de niñas, con un doble gasto en edificio y pago a maestras y maestros. A lo que se añade que las autoridades locales, en muchos casos analfabetos, iban a mostrar poco interés en poner en práctica las medidas tomadas para escolarizar a niños y niñas. El Estado delegaba en los ayuntamientos el pago del sueldo de maestras y maestros, y el coste de edificios (en España, hasta 1901, las y los maestros no son pagados por el Estado; cobran a través del habilitado). Lo cierto es que los maestros, muchos tenderos, secretarios del ayuntamiento que ejercían la profesión, al ser obligados a elegir ante la incompatibilidad decretada en la ley, se decantaron por otras profesiones mejor pagadas. Las maestras entraron porque los hombres fueron abandonando ya que, puestos a elegir, se quedaron con trabajos mejor pagados. Desde 1931 a 1936, único periodo en que desaparece la feminización en España al elevar prestigio y salario, los hombres se sienten atraídos por esta profesión. La razón era tanto los efectos de la crisis del 29, como la equiparación de salario entre magisterio y otros niveles





del sistema educativo. Se iguala el número de maestras con el de maestros, ellos y ellas ganaban lo mismo. Al subir el salario se elevó el prestigio. El ingreso al cuerpo del magisterio exigía cursar el bachillerato superior como en cualquier otro tipo de estudios universitarios, equiparándose también los cuatro años cursados en las demás carreras universitarias.

Concluyo mi comentario señalando hipótesis que están por investigar para conocer los posibles efectos de la feminización, si los hubiera. La OCDE ya ha prestado interés en ello, al observar que las niñas obtienen mejores calificaciones, en general, en el sistema educativo. Resulta llamativo que las maestras entrevistadas por mí, en distintas investigaciones, evoquen la figura de sus primeras maestras y viertan en sus respuestas recuerdos de situaciones que han querido reproducir. ¿Es posible que la profesión se reproduzca desde la misma aula, que las identidades femeninas con las que crecen las niñas sean importantes? Todavía queda mucho por investigar para explicar vínculos como el que he señalado aquí entre la feminización de la docencia, los fenómenos sociales y las tradiciones culturales, y la educación.

## NOTAS

<sup>1</sup> Education at a Glance 2018. OCDE. <https://doi.org/10.1787/888933805800>. Table D5.

<sup>2</sup> Gender distribution of teachers (2016). 2. Cortina, R. y San Román, S., (2006), *Women and Teaching: Global Perspectives on the Feminization of a Profession*, Nueva York: Palgrave Macmillan.

<sup>3</sup> San Román, S. (2019, 5ª edic.) *Las primeras maestras. Los orígenes del fenómeno de feminización docente en España*, Barcelona. Ariel, Planeta.

<sup>4</sup> San Román, S. (2002, Ed.) *Espacios histórico generacionales de la maestra en el proceso de cambio social de transición democrática en España*, Ministerio de Igualdad. Instituto de la Mujer, Madrid: Colección Estudios e Investigaciones. San Román, S. (2009) *Evolución de las actitudes culturales y las representaciones sociales en las maestras del nivel de primaria*, Madrid, Ministerio de Igualdad Instituto de la Mujer, Colección Estudios e Investigaciones.

# EL FUTURO DE LAS DIVISAS

## Y EL PAPEL DEL BLOCKCHAIN



Las últimas Lecciones magistrales organizadas por la Fundación Ramón Areces con la London School of Economics acogieron un debate sobre la revolución por los cryptoassets y las posibilidades que ofrecen las cadenas de bloques.

CARLOS BUENO

## Carsten Sorensen, de la LSE: “Entiendo que los bancos y las instituciones financieras estén nerviosos ante las criptodivisas”

Cuando un misterioso individuo o grupo de individuos bajo el seudónimo Satoshi Nakamoto, el 3 de enero de 2009, lanzó el blockchain Bitcoin, el sistema financiero mundial se estaba recuperando de la crisis financiera. Desde entonces, la tecnología subyacente de la blockchain se ha convertido en un fenómeno socio-técnico cada vez más discutido y sujeto a puntos de vista muy divergentes. Al igual que la levadura británica untada en el pan tostado de la mañana, la marmita, la gente tiende a amarlo o a odiarlo. Desde el montaje de un intento fallido de crear una moneda digital global hasta convertirse en una tecnología para que los consorcios organizativos trabajen juntos de manera eficaz, la tecnología necesita una inspección minuciosa para evitar suposiciones simplistas de sus promesas y peligros.

Entre los días 28 y 30 de octubre, un grupo de economistas participó activamente en unas nuevas Lecciones Magistrales organizadas por la Fundación Ramón Areces con la London School of Economics (LSE). Estas reuniones tienen lugar en la sede de la Fundación con una periodicidad de cuatro al año para abordar en profundidad diferentes cuestiones relacionadas con la economía desde una perspectiva académica. En esta ocasión, el tema elegido para centrar el debate fue ‘Cryptoasset y Blockchain’. Durante estas tres sesiones, los profesores de la LSE, Carsten Sorensen y Will Venters, y el economista, Miguel Solana, aportaron algunas de las claves que van a marcar los destinos de los mercados financieros y el papel clave que están asumiendo las criptomonedas y la tecnología del blockchain.

Entre las conclusiones de estos expertos, encontramos que las criptodivisas seguirán

conviviendo con las monedas tradicionales por ser totalmente compatibles. El profesor Sorensen, que ha asesorado en los últimos 25 años a compañías como Microsoft, Google, Huawei, Orange, Vodafone o Intel, entiende que “los bancos y las instituciones financieras estén nerviosas ante la llegada de las criptodivisas”. Ha añadido que “los bancos centrales están vinculados al sistema social y político, por lo que los intentos de establecer mecanismos directamente competidores deberían ser una preocupación en el caso en el que el volumen de transacciones crezca demasiado”.

Por su parte, Miguel Solana, socio de dCapital, aseguró que “la tecnología blockchain permite, por primera vez, la creación de redes digitales que pueden ser autogestionadas por los propios usuarios de dichas redes, garantizando su fiabilidad y sostenibilidad sin la necesidad de delegar esta tarea en un administrador o gestor tercero”. Esto nos permite entender por qué el blockchain tiene “un impacto profundo en los modelos económicos digitales cuyo pilar fundamental es la intermediación, ya sea en comercio electrónico, gestión de datos, transferencias de dinero, etc”, añadió.

Will Venters recordó cómo el blockchain ofrece un medio para que las personas que no confían entre sí compartan una base de datos que cada uno puede leer y que todos deben aceptar cambiar colectivamente. “Esto parece trivial, pero abre muchas formas nuevas de posibilidades de confianza que podrían transformar muchas industrias donde la confianza es vital”, añadió.

Durante su intervención, Sorensen se refirió a la iniciativa de Facebook de lanzar con otras compañías la moneda Libra: “Si este proyecto triunfa, podría entenderse como



**Miguel Solana, economista socio de dCapital: “Las criptomonedas atacan el monopolio del dinero, uno de los grandes pilares sobre los que se asientan los estados modernos”**

un intento de privatizar el dinero, lo que, por supuesto, es una preocupación”, señaló. Para este experto, la tecnología blockchain es tan importante porque permite nuevas formas de pensar sobre las relaciones entre lo que consideramos de valor y la digitalización. Vinters ha pronosticado que habrá que esperar aún un tiempo hasta que una criptomoneda sea ampliamente aceptada y realmente utilizada para transacciones. “Los desafíos que enfrenta Libra también muestran los desafíos de construir una criptomoneda, incluso cuando están involucradas grandes compañías”, argumentó.

A este respecto, Miguel Solana se preguntó si podría el blockchain crear nuevos modelos económicos a través de la descentralización de las redes y la desaparición de los intermediarios que en estos momentos dominan el espacio digital. “Si esto fuera

así, veríamos una profunda transformación de los modelos de negocio actuales”, se ha respondido. En este punto, afirmó que “los criptoactivos no están necesariamente enfrentados con las monedas tradicionales”. “De hecho, es probable que a futuro distintos tipos de monedas coexistan según su aplicación o uso”. De esta manera, podrían convivir hasta tres tipos distintos de monedas y criptoactivos: las monedas emitidas por bancos centrales, las monedas privadas emitidas sobre protocolos blockchain pero centralizadas (por ejemplo, Libra) y aquellas monedas sobre protocolos blockchain descentralizados (por ejemplo, bitcoin). “Cada una de las tres podría tener una aplicación diferente, por ejemplo: bitcoin podría utilizarse como reserva de valor (poca transaccionalidad y alta seguridad), Libra podría convertirse en un estándar para



### **Will Venters, de la LSE: “El blockchain va a transformar muchas industrias en las que la confianza es vital”**

pagos a través de redes sociales (pequeño importe y alta transaccionalidad) y las monedas *fiat* o monedas digitales emitidas por bancos centrales serían utilizadas para transacciones de alto importe y ligadas a la administración pública”, explicó Solana.

Carsten Sorensen ha lanzado otra hipótesis en estas Lecciones Magistrales en la Fundación Ramón Areces: “Un banco central podría, en principio, establecer con relativa facilidad una moneda digital. Sin embargo, probablemente sería un movimiento altamente disruptivo si requiriera que el banco central se convirtiera en un competidor directo de los bancos comerciales al abrir una cuenta personal con cada uno de sus ciudadanos”.

Para Will Venters, también profesor de gestión en la LSE, “en muchos sentidos, todos debemos ser cautelosos acerca de estos activos”. “La sociedad depende del pago de

impuestos y, a menudo, de la capacidad del Gobierno de intervenir en su moneda para mantener la estabilidad. Los criptoactivos pueden desafiar la capacidad de los gobiernos para llevar a cabo estas funciones. Obviamente, tales gobiernos pueden resultar corruptos y contrarrestar los intereses de los individuos y los bancos”. Para Miguel Solana, el blockchain crea nuevos modelos económicos a través de la descentralización de la gestión y operación de las redes, “lo que da pie a una profunda transformación de los modelos de negocio actuales”. “No es de extrañar, por tanto, que los actores económicos existentes vean en blockchain una amenaza, sobre todo en el sector financiero, donde el impacto de blockchain puede ser más profundo. Las criptomonedas atacan el monopolio del dinero, uno de los grandes pilares sobre los que se asientan los estados modernos”, concluyó.

## TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES **QUE CAMBIARÁN EL MUNDO**



El transporte, el ganado, el cemento y la energía emiten aproximadamente 40 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera cada año, lo cual afectará dramáticamente la vida en la tierra. Esta tendencia es insostenible y revertirla requerirá un esfuerzo muy sustancial en Investigación y Desarrollo.

A partir de esta idea central, el pasado 7 de noviembre tuvo lugar, en la Fundación Ramón Areces, el tercer simposio internacional organizado en el marco de nuestra colaboración con el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Su título fue "Tecnologías sostenibles que cambiarán el mundo". En él se presentaron las invenciones y soluciones tecnológicas de sostenibilidad desarrolladas a partir del trabajo de Ian Hunter, profesor de Ingeniería Mecánica del MIT, autor de más de 500 artículos científicos y 200 patentes.

POR CARLOS BUENO / MIGUEL JEREZ



## Ian Hunter: “No sólo se trata de inventar, sino de inventar cosas que puedan producirse a un coste adecuado y que puedan distribuirse por todo el planeta”

El profesor Hunter realizó una ponencia general, que fue seguida por las presentaciones de los primeros ejecutivos de las principales empresas cofundadas por él y creadas a partir de sus investigaciones: inyecciones indoloras sin aguja, sistemas de propulsión en ruedas, automóviles alimentados con energía solar y baterías basadas en carbono, entre otras.

En la segunda parte del evento, un ejecutivo de Fonterra, el principal exportador de productos lácteos del mundo, presentó una solución basada en las invenciones previamente presentadas para eliminar el metano producido por el ganado. La última ponencia fue la de la Dra. Lynette Jones, investigadora senior del MIT, quien expuso un nuevo enfoque para la educación en STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas).

### Ian Hunter: profesor e inventor

Hunter explicó el arduo proceso desde que surge una idea, hasta que se consigue materializarla en un prototipo y, más aún, hasta que se crea una compañía que la ponga en el mercado y obtenga un beneficio económico a partir de ella.

Para explicar este proceso, recordó sus primeros proyectos: su primera compañía la fundó con solo nueve años y a los diez publicó el primero del más de medio millar de artículos científicos con su firma, en aquella ocasión sobre el diseño de una radio miniaturizada de transistor único. En aquella época la madre de un compañero de colegio le explicó que debía calcular el precio de venta de sus inventos sumando al coste de las ma-

terias primas el valor que él daba a las horas de trabajo que dedicó a fabricarlo. Dados estos antecedentes, se doctoró en ingeniería y, tras desempeñar posiciones académicas en distintas universidades, en 1994, trasladó su actividad al MIT.

Durante su intervención en la Fundación Ramón Areces, Hunter explicó que el enfoque moderno de investigación experimental y enseñanza debe combinar muchas disciplinas que tradicionalmente han estado separadas, como son Biología, Óptica, Mecánica, Matemáticas, Electrónica y Química (BOMMEC). Investigar en todos estos campos con una perspectiva amplia, le ha permitido desarrollar un *ecosistema de innovación*, en el que unas invenciones se combinan con otras para formar nuevos inventos.

Esta aproximación le ha permitido explorar nuevas vías interdisciplinares que se han concretado en camiones y robots agrícolas; siembra robótica de semillas con control de plagas sin insecticida, malezas y fertilizantes; instrumentos en miniatura; impresión 3D rápida con nanobloques de construcción, músculos de grafeno, mucho más potentes que los ordinarios, o el uso de bacterias para construir nanofibras de celulosa -también conocidas como CNF- a partir del CO<sub>2</sub> ambiental.

A Hunter le acompañaron, en este foro, los actuales ejecutivos a cargo de las empresas que comercializan algunas de sus últimas iniciativas, muchas de las cuales son resultado de la investigación de postgrado que desarrollaron bajo su dirección. Y es que, según Hunter, no sólo se trata de inventar, sino de inventar cosas que puedan producirse a un coste adecuado y que puedan distribuirse por todo el planeta.

## Investigar es arriesgar. Una vez se tiene una idea hay que describirla de tal forma que los profanos la entiendan

### Inyecciones indoloras sin agujas

Tal es el caso, por ejemplo, de Patrick Anquetil, Director General de Portal Instruments ([www.portalinstruments.com](http://www.portalinstruments.com)), quien mostró un sistema de inyecciones indoloras sin aguja. Como explicó Anquetil, “...el miedo o ansiedad asociado a las jeringas y las agujas es la causa de un seguimiento muy bajo (entre el 45% al 60%) de los tratamientos con terapias inyectables para enfermedades crónicas, como la artritis reumatoide, la esclerosis múltiple, la psoriasis o la enfermedad de Crohn, entre otras” y “... los medicamentos que tratan esas afecciones no pueden administrarse como píldoras y, por tanto, existe una enorme oportunidad para nuevas tecnologías que reemplacen agujas y jeringas, para transformar la percepción, la accesibilidad y la penetración de mercado de tales terapias”, señaló.

Para abordar estos tratamientos, Portal Instruments ha desarrollado una plataforma de suministro de medicamentos sin aguja de nueva generación, controlada por ordenador, fácil de usar y bien aceptada por el paciente. No sólo elimina el dolor de la inyección, sino que aumenta la higiene, la precisión de la dosis y de la dispensación, ya que se puede seleccionar exactamente hasta qué profundidad debe llegar el medicamento.

Esta tecnología, que nació de una conversación entre Anquetil y su antiguo Director de Tesis -Ian Hunter- aprovecha los avances en múltiples disciplinas, como los actuadores electromagnéticos alta potencia, la microelectrónica basada en microprocesadores ARM (*Advanced RISC Machine*),

el software integrado y el almacenamiento eficiente de energía.

El propio Anquetil demostró in situ el funcionamiento de este sistema. El dispositivo es un cilindro suficientemente pequeño y ligero como para sostenerlo con una sola mano. Tras arrancar el sistema, el primer paso de la operación consiste en abrir una pequeña compuerta, en la que se introduce una ampolla que contiene el medicamento inyectable. Se cierra la compuerta, se aproxima el extremo del cilindro al punto de inyección y se pulsa el mando de disparo. Al hacerlo, un campo magnético de alta potencia impulsa el líquido inyectable en forma de un chorro de 150 micrómetros -más fino que un cabello- que penetra la piel en menos de medio segundo hasta la profundidad programada. En este momento, el dispositivo informa inalámbicamente que el medicamento ha sido administrado, lo que permite que los médicos controlen el tratamiento con información en tiempo real.

Portal Instruments se encuentra en la fase de comercialización, preparándose para lanzar un producto combinado de medicamentos/dispositivos con Takeda Pharmaceuticals en el campo de las enfermedades inflamatorias del intestino.

### Reinventando la rueda

A continuación, tomó la palabra Marshall Chapin, presidente de Indigo Technologies ([indigotech.com](http://indigotech.com)) empresa que trabaja para romper el paradigma actual en el diseño de vehículos. Según Chapin “...la industria automotriz le dice al mundo que también se está reinventando, pero, supuestamente,



los nuevos vehículos innovadores que ofrecen se basan en gran medida en los mismos diseños centenarios. La necesidad global de mejoras inmediatas relevantes en la eficiencia del vehículo, combinada con el aumento en las preferencias de movilidad como servicio y los sistemas autónomos, significa que el cambio incremental tradicional en el diseño del vehículo no será suficiente para que los fabricantes de automóviles sigan siendo competitivos”.

Asimismo, afirma que: “La tecnología está cambiando el mundo a un ritmo vertiginoso y las industrias establecidas están siendo desplazadas rápidamente, a menudo en cuestión de años. Airbnb, Uber, Netflix, Spotify, todas empresas multimillonarias, han sido capaces de destronar, en muy pocos años, a operadores tradicionales muy arraigados”, ha recordado. También ha mostrado cómo esa evolución se está haciendo más evidente en el sector de la movilidad y el transporte.

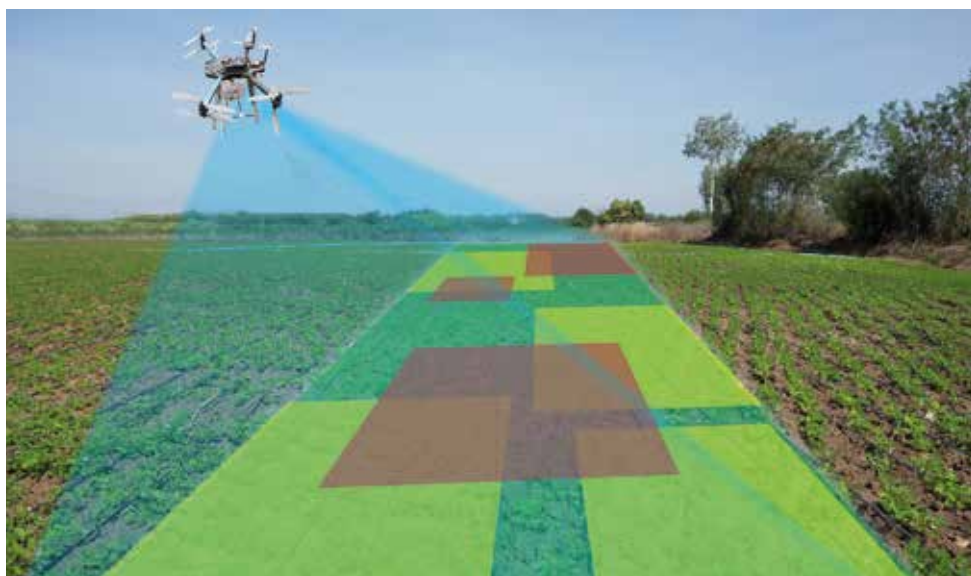
La tecnología central de Indigo es un innovador motor eléctrico en las ruedas, con suspensión activa integrada. Este invento forma la base de una nueva arquitectura de

vehículo, más sencilla, modular y eficiente. La combinación de esta arquitectura con un techo solar y un sistema inalámbrico de transferencia de energía simplifican drásticamente la recarga de estos automóviles.

Chapin prevé que estas tecnologías se combinarán con las carreteras inteligentes y los sistemas de auto pilotaje lo cual, en su opinión, dejará obsoleto el concepto de propiedad personal de un vehículo, ya que nos limitaremos a solicitar transporte desde un lugar a otro y el vehículo más cercano atenderá nuestro pedido.

### Baterías de carbono

Otra propuesta de tecnología sostenible consiste en el desarrollo de sistemas inteligentes para almacenar la energía, conectados a la red de alta tensión. Eli Paster, director general de PolyJoule ([www.polyjoule.com](http://www.polyjoule.com)), se ha referido a este desarrollo como “...el epicentro para la adaptación de energía renovable y la red del siglo XXI”.



Se trata de un desarrollo que “...busca ser disruptivo en los mercados de electricidad a escala global”.

Para desarrollar estas baterías, se probaron más de 10.000 moléculas para encontrar el material que permitía un almacenamiento energético más barato y eficiente. El material sintetizado, similar al grafeno, se obtiene a partir del Gas Natural: un recurso natural abundante y actualmente en explotación.

La batería PolyJoule no utiliza litio, y cuenta con una seguridad integrada molecularmente en la química de la batería. Resulta adecuada para almacenar energía renovable (solar, eólica, de la marea etc.) durante los períodos concretos, utilizarla para el consumo directo, y volcar los posibles excedentes a la red eléctrica convencional. Su rendimiento le permite responder, tanto a las cargas más bajas como a las máximas en microsegundos, permitiendo que el mismo sistema de almacenamiento de energía participe en múltiples mercados de energía e implementaciones. “Las inversiones iniciales son bajas y la fiabilidad de la batería a lo largo de su vida útil es alta”, ha asegurado.

## Robots agrícolas

También intervino, en esta jornada, Carl MacInnes, director de ventas de la cooperativa global de nutrición láctea Fonterra ([www.fonterra.com](http://www.fonterra.com)), propiedad de más de 10.000 agricultores y sus familias.

MacInnes comenzó su presentación diciendo que su país -Nueva Zelanda- es el principal productor de leche del mundo, lo que hace que en él haya más vacas que personas. Las vacas, pese a su utilidad, producen grandes cantidades de metano -un gas de efecto invernadero más perjudicial aún que el CO<sub>2</sub>- y nitrógeno.

Para optimizar la producción agrícola y hacerla más sostenible, esta firma alimentaria trabaja con el MIT y el profesor Ian Hunter. El resultado fundamental de esta colaboración es el agrobot. Un robot autónomo que se ocupa tanto de plantar semillas, como de exterminar plagas sin usar insecticidas, como de recoger los excrementos de las vacas y desplazarlos hasta

un biorreactor que los transforma en energía.

En estos robots agrícolas se combinan muchos de los avances comentados en las presentaciones previas, como las baterías de carbono, los sistemas de recarga inalámbrica, baterías, las ruedas mejoradas e, incluso, los sistemas de inyección indolora que, en este caso, se aplica para plantar semillas. De esta forma, el robot agrícola no es tanto un nuevo invento, como el resultado lógico de un ecosistema de innovación creativa.

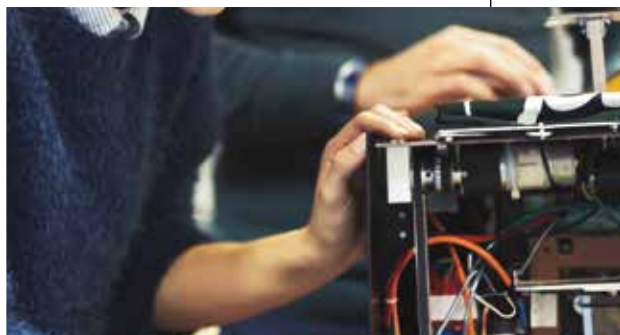
### Fomentar la educación STEM

Por último, la Fundación Ramón Areces y el MIT han querido aprovechar esta nueva jornada anual, fruto de la colaboración entre ambas instituciones, para presentar un nuevo enfoque educativo para asignaturas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM), fomentando la creatividad y la experimentación en las aulas.

Lynette Jones, investigadora científica senior en el MIT, explicó que el enfoque tradicional de lecciones magistrales –*chalk and talk*– y laboratorios utilizado, ha dominado durante siglos la educación STEM en universidades y escuelas secundarias. “Aunque las demostraciones en el aula se usan a veces para proporcionar ejemplos instructivos y motivadores de los conceptos enseñados, en clases numerosas son difíciles de ver, y sin la participación directa y práctica de los estudiantes, tienen un efecto limitado”, ha comentado. A partir de este diagnóstico, esta investigadora describió “Nuestra iniciativa para abordar esta deficiencia es MICA (Medición, Instrumentación, Control y Análisis)... Los estudiantes interactúan con una estación de trabajo experimental (estación de trabajo MICA) para realizar experimentos, analizar datos, realizar estimaciones de parámetros y ajustar modelos matemáticos, mientras apren-

den la teoría y la historia relevante de las materias bajo la guía de un tutor virtual (avatar MICA)”.

Según Jones, a medida que los estudiantes interactúan con las estaciones MICA, se miden sus habilidades, nivel de aprendizaje y progreso y “...finalmente, ese modelo del ‘estado del conocimiento’ del alumno, es utilizado por el tutor de MICA para personalizar (y eventualmente optimizar) el ritmo de enseñanza, así como la manera en que se entrega el material de la asignatura”, ha concluido.





# AVANCES Y RETOS EN INVESTIGACIÓN EN EL TRASPLANTE DE ÓRGANOS



La Fundación Ramón Areces, junto con la Universidad CEU San Pablo, el Instituto de Salud Carlos III (ISCIII) y la Organización Nacional de Trasplantes (ONT) organizaron, el día 25 de Octubre de 2019, un simposio internacional centrado en los últimos avances en investigación relacionados con el trasplante de órganos. En esta jornada se abordaron los principales avances en investigación en trasplantes, así como la idea de promover una red española de investigación en trasplante de órganos que aborde los retos clínicos que permitan mejorar las terapias actuales, mejore la supervivencia de los órganos trasplantados y aumente la calidad y esperanza de vida de los pacientes.

JORDI CANO OCHANDO (*Instituto de Salud Carlos III*)  
ESTANISLAO NISTAL VILLÁN (*Facultad de Farmacia, Universidad San Pablo-CEU*)

## En la actualidad el 20% del total de trasplantes son realizados a pacientes re-trasplantados, lo que contribuye a aumentar la diferencia entre la oferta y la demanda de órganos donados

El trasplante de órganos es la única opción terapéutica para evitar la muerte de personas enfermas que sufren un daño irreversible en uno de sus órganos (hígado, corazón, pulmón, intestino, páncreas y riñón). El trasplante de órganos soluciona un problema de salud pública de primer orden y permite prolongar la vida de miles de personas con problemas severos en algunos de sus órganos vitales.

Desde el año 1992, España es líder mundial en donaciones y en trasplantes realizados, tanto en el número total de intervenciones como en trasplantes por habitante. En el año 2018, España registró un total de 2.241 donantes (48 donantes por millón de habitantes). Esta alta tasa de donación permitió que se realizara un total de 5.321 trasplantes de órganos sólidos: 3.313 renales, 1.230 hepáticos, 321 cardíacos, 369 pulmonares, 82 de páncreas y 6 de intestino delgado. Este alto porcentaje de trasplantes realizados supone un aumento significativo del 10% con respecto al año anterior. Sin embargo, el número de pacientes en lista de espera para recibir un trasplante aumentó en un 35% con respecto al año anterior. Esta diferencia entre la oferta y la demanda de órganos es el problema fundamental del trasplante y principal causa de que cada año mueran más de 100 personas esperando un trasplante en España.

Históricamente, los inmunólogos y médicos especialistas en trasplantes han intentado desarrollar protocolos terapéuticos que bloquean el sistema de defensa de nuestro cuerpo: el sistema inmune. Pero la respuesta del sistema inmune es compleja, ya que ocurre en diferentes fases temporales y es mediada por distintas células. La primera fase de la respuesta inmune es la denominada respuesta innata. Esta respuesta tiene un

tiempo de acción muy rápido y está mediado por células mieloides (macrófagos). La segunda fase de la respuesta inmune es la denominada respuesta adaptativa. Esta respuesta tiene un tiempo de acción más lento, produciéndose después de la respuesta innata, y está mediada por las células linfoides (linfocitos T y B).

En el pasado, los científicos desarrollaron terapias dirigidas hacia la segunda fase del sistema inmune, el sistema adaptativo, debido a estudios llevados a cabo por el Dr. Miller, en 1961, que demostraron que los linfocitos T son necesarios y suficientes para inducir el rechazo del trasplante. En consecuencia, se han desarrollado varios agentes terapéuticos hacia la segunda fase del sistema inmunitario que, a pesar de que han producido resultados importantes, no son perfectas, ya que las tasas de supervivencia a largo plazo de los trasplantes son subóptimas, lo que subraya la necesidad de enfoques adicionales de regulación inmunológica.

Los recientes avances en nuestra comprensión de los mecanismos de rechazo del órgano trasplantado han demostrado que la primera fase de la respuesta inmune, el sistema innato, es el responsable de iniciar el rechazo del trasplante. Estas investigaciones son consistentes con los datos clínicos de hace más de tres décadas, que indicaban que células del sistema inmune innato representan la mayoría de las células en el órgano trasplantado durante los episodios de rechazo severo. A pesar del progreso en el conocimiento de las vías por las cuales los macrófagos promueven el rechazo del trasplante, los mecanismos por los cuales estas células inmunes innatas median la pérdida del órgano trasplantado no se comprenden completamente.



**Fotografía de los ponentes y organizadores del evento.** De izquierda a derecha: James Hutchinson, Rafael Correa Rocha, Estanislao Nistal Villán, Coral Barbas, Estela Paz Artal, Raquel Yotti, José María Medina, Jordi Cano Ochando, Basak Uygun, Willem Mulder, Elisabeth Coll y Joren Madsen.

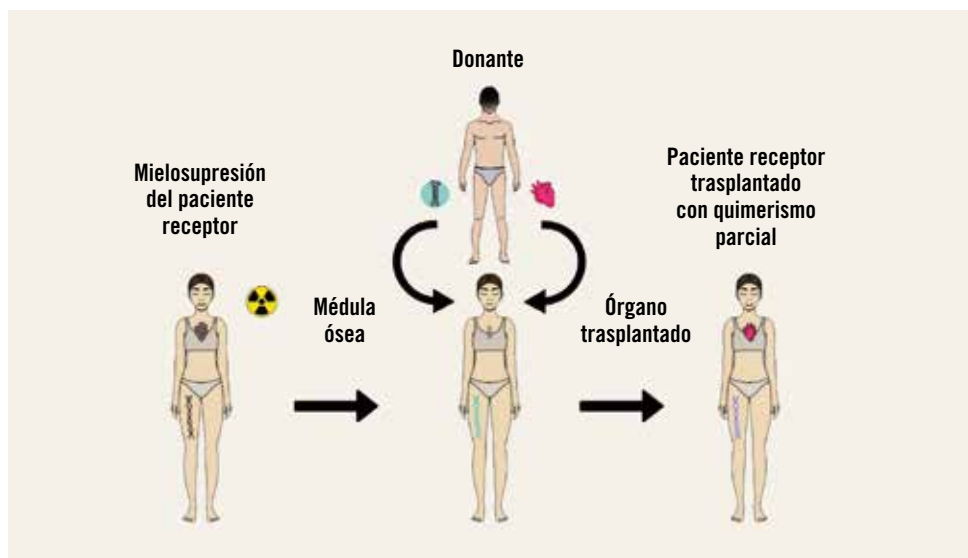
Para inducir tolerancia al órgano procedente de otro cuerpo, los pacientes que encuentran un donante compatible y reciben un trasplante, son tratados diariamente mediante fármacos que previenen el rechazo del órgano trasplantado. Debido al uso de estos fármacos inmunosupresores los resultados de supervivencia de órganos trasplantados a corto plazo es excepcional, con un porcentaje de rechazo por debajo del 10% durante el primer año. Sin embargo, el tratamiento continuado con fármacos inmunosupresores tiene efectos secundarios severos que incluyen el alto riesgo de infección, diabetes, enfermedades cardiovasculares, aparición de cáncer y toxicidad metabólica por fallo renal entre otros problemas, lo que compromete la supervivencia del órgano trasplantado y del paciente a largo plazo. Consecuentemente, solo la mitad de los órganos trasplantados son funcionales 10 años después del trasplante, por lo que una gran mayoría de pacientes trasplantados recibirá un segundo, o un tercer órgano, dependiendo de la edad del paciente trasplantado, a lo

largo de su vida. En la actualidad, el 20% del total de trasplantes son realizados a pacientes re-trasplantados, lo que contribuye a aumentar la diferencia entre la oferta y la demanda de órganos donados.

Existe una necesidad urgente de reducir el uso de fármacos inmunosupresores para mejorar la supervivencia a largo plazo del órgano trasplantado. A pesar de los esfuerzos para utilizar estos agentes inmunosupresores de manera menos tóxica, ningún régimen alternativo ha desafiado seriamente el uso casi universal de estos medicamentos.

### Inducir la tolerancia de un tejido trasplantado

Dentro de los temas que se expusieron en el simposio, el Dr. Madsen, director del Centro de Trasplantes del *Massachusetts General Hospital* en Boston y Co-Director del Centro de Investigación en Trasplantes asociado a la Universidad de Harvard,



**Figura 1: Quimerismo parcial.** El paciente receptor del trasplante recibe una irradiación para eliminar sus células hematopoyéticas. Posteriormente, recibe al mismo tiempo el trasplante de células hematopoyéticas de la médula ósea del donante al mismo tiempo que recibe el trasplante del órgano. Este procedimiento garantiza la ausencia de rechazo al órgano trasplantado por parte del sistema inmune ya que tienen el mismo origen.

expuso resultados sobre las distintas aproximaciones que se han realizado a lo largo de la historia para inducir la tolerancia de un tejido trasplantado en un receptor del trasplante, tanto en modelos animales como en humanos.

El reto de inducir tolerancia radica en tratar de: a) prevenir que un órgano trasplantado de un donante sea reconocido por el receptor como un órgano extraño, o b) inhibir el ataque de la respuesta inmune que trata de eliminar al órgano trasplantado como algo extraño. Para prevenir estos procesos, el uso de distintos agentes inmunosupresores como la Ciclosporina A (CSA), Tacrolimus, Mycofenolato de Mofetilo (MMF) o la Prednisona, buscan prevenir la activación de los distintos componentes del sistema inmune tales como las células T y B. Sin embargo, el uso de por vida de fármacos inmunosupresores en el paciente receptor están asociados a problemas de toxicidad y efectos secundarios como se ha indicado anteriormente y que afectan gravemente a

la calidad de vida y llegan a comprometer la supervivencia del paciente.

### Quimerismo: una estrategia que induce tolerancia en humanos

Una de las posibles estrategias para inducir tolerancia inmunológica y evitar el uso de fármacos inmunosupresores es el quimerismo parcial. Esta estrategia se basa en trasplantar la médula ósea del donante, similar al procedimiento empleado en pacientes con linfomas, junto con el órgano en cuestión. Para esta estrategia de trasplante (Figura 1), tanto la médula como el órgano trasplantado proceden del mismo donante. Además, en el proceso de trasplante se induce la eliminación de las células inmunes del paciente receptor mediante irradiación, al tiempo que se le introducen células hematopoyéticas procedentes de la médula ósea del

## El modelo español de donación de trasplantes ha sido muy exitoso y debe de tener un reflejo o un paralelismo con un modelo eficiente en una red de investigación en trasplantes

donante junto con el órgano a trasplantar (corazón, hígado, riñón...).

Así pues, las células inmunológicas del receptor que reconocen y rechazan el órgano donante son reemplazadas por las células inmunológicas del donante, que no reconocen ni rechazan el órgano trasplantado. Esta estrategia tiene una gran ventaja sobre las técnicas de trasplante actuales y es que el problema de rechazo inmune del órgano trasplantado desaparece. Además, esta metodología previene los problemas derivados de la ingesta diaria y de por vida de fármacos inmunosupresores, como son las infecciones, diabetes, insuficiencia renal o enfermedades cardiovasculares asociadas al tratamiento. Por consiguiente, la esperanza de vida de los pacientes trasplantados de médula ósea y órgano sólido aumenta, al tiempo que desaparece la necesidad de sucesivos trasplantes debidos al fallo del órgano trasplantado con los años.

Sin embargo, una de las posibles consecuencias negativas de la inducción de la tolerancia en el paciente receptor mediante quimerismo parcial, es que las células hematopoyéticas procedentes de la médula ósea del donante reconozcan al receptor del trasplante como extraño, induciendo una reacción inmune denominada respuesta del injerto frente al receptor (GvHD por sus siglas en inglés). Esta respuesta es muy difícil de predecir y generalmente resulta en la muerte del paciente trasplantado. Así pues, los retos a los que se enfrenta el tratamiento de quimerismo parcial para la inducción de tolerancia a trasplantes radican en la complejidad del proceso. El donante del órgano trasplantado es el mismo donante de médula ósea por lo que el proceso implica a varias especialidades clínicas que requieren un alto grado de especialización y de coordina-

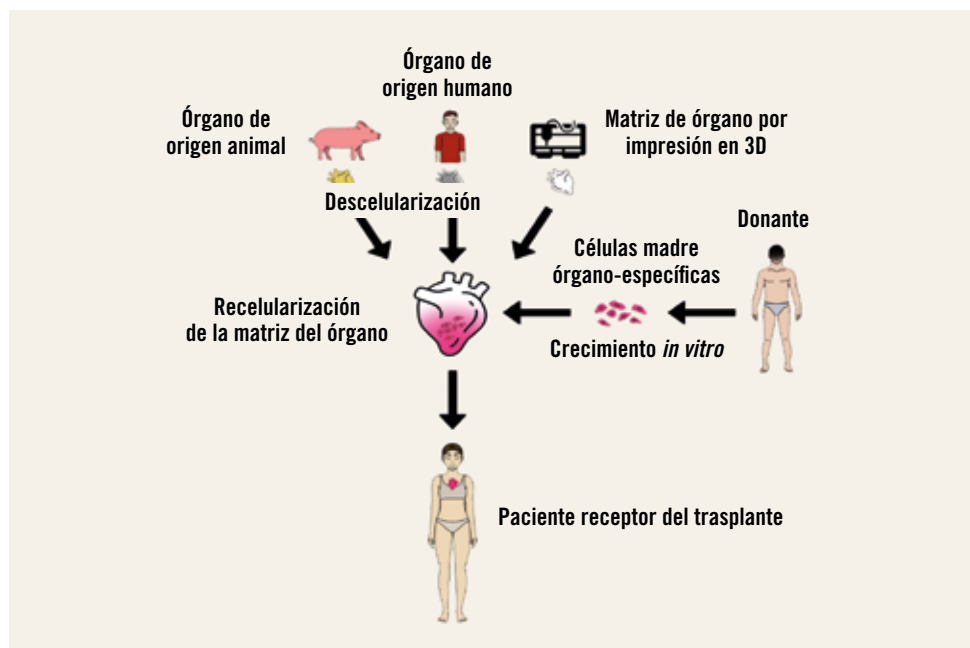
ción. De lograr que la donación de médula ósea sea aceptada por el paciente y no haya complicaciones como la GvHD de manera consistente, esta estrategia lograría el reto de tener un trasplante de órgano permanente sin la necesidad de un tratamiento crónico con fármacos inmunosupresores.

### Bioingeniería tisular: una fuente ilimitada de órganos

La ingeniería de tejidos y la generación de órganos bio-artificiales representan un enfoque prometedor para abordar el problema de la escasez de órganos para trasplante. El desarrollo de órganos generados por bioingeniería a partir de estructuras tridimensionales es una perspectiva innovadora que integra enfoques multitemáticos de áreas como la ingeniería tisular, la biología de células madre y la inmunología del trasplante. Esta tecnología permitiría generar una fuente ilimitada de órganos funcionales para su uso en la clínica, lo que supondría una revolución en este campo de la medicina.

La descelularización-recelularización de órganos (ODR) ha establecido el uso potencial de la matriz extracelular (ECM) para el desarrollo de órganos bioartificiales que han sido trasplantados en modelos animales. Así pues, la incapacidad de producir estructuras tridimensionales de órganos ha sido resuelta recientemente por protocolos de descelularización de tejido, que consisten en la eliminación de todas las células hasta que sólo queda la matriz extracelular del órgano donado. Tras el proceso de descelularización, el órgano donante se reconstituye con células del paciente receptor hasta que está listo para el trasplante. Así pues, la ODR repre-





**Figura 2: Bioingeniería tisular.** La escasez de órganos ha impulsado una línea de trabajo que usa órganos no utilizables de donantes, órganos de animales o estructuras orgánicas impresas con impresoras de 3D como fuentes de matrices para la generación de órganos sanos. Una vez la matriz carente de células se rellena con células viables de un donante, el órgano reconstituido podría implantarse en un paciente y volver a tener su función.

senta una aplicación terapéutica potencial para la generación de una fuente ilimitada de órganos donantes para el trasplante.

Una de las ponencias con las que contamos en el simposio sobre trasplantes fue ofrecida por la Dra. Basak Uygün de la Universidad de Harvard. La doctora Uygün es una pionera en la utilización de órganos humanos no funcionales para aumentar el suministro de órganos trasplantables. En su ponencia, la Dra. Uygün expuso las distintas aproximaciones que se están abordando en la actualidad para la generación de estructuras tridimensionales de hígados humanos. Para la generación de un órgano funcional se puede recurrir a estructuras o andamios sobre los que construir un órgano funcional. Sobre ese andamio es necesario consolidar estructuras celulares que permitan realizar la función que cada célula tiene dentro del tejido. Este proceso no solo tiene

que garantizar que las células se posicionen en los lugares adecuados, sino que también es necesario garantizar una correcta fuente de nutrientes y de oxígeno. Para conseguir esto, es necesario reconstituir los vasos sanguíneos mediante células endoteliales que permitan el tránsito de fluidos.

Existen tres aproximaciones para la generación de estructuras tridimensionales (Figura 2). Una de las posibles estrategias consiste en usar órganos desechados para el trasplante porque el donante se encuentra en parada cardíaca, o porque se ha superado el periodo de isquemia recomendado durante el traslado del órgano. La generación de órganos funcionales, en este caso, implica la eliminación de las células del donante que posteriormente son sustituidas por hepatocitos del receptor en el caso del trasplante de hígado. Como fuente de células que permitan la reconstrucción del órgano se puede

usar células madre específicas del órgano en cuestión y que sean cultivadas en las condiciones adecuadas para que se diferencien en las células funcionales deseadas.

Una segunda posibilidad es usar órganos de animales como fuentes de estructuras sobre las que generar órganos funcionales humanos. En este caso, aunque las células del animal sean funcionales, sería necesario también sustituirlas para prevenir el reconocimiento de estas por parte del paciente trasplantado y sustituirlas por células humanas viables, de la misma manera que la opción que emplea órganos humanos no funcionales expuesta anteriormente. La matriz extracelular está compuesta por materiales inertes al sistema inmunitario como el colágeno, la laminina y la fibronectina, por lo que el uso de órganos descelularizados de cerdo, supondría una fuente ilimitada de estructuras tridimensionales para la generación de órganos bio-artificiales.

Una tercera posibilidad es generar estructuras biológicas mediante impresoras de 3D que sean capaces de recrear, por un lado, una matriz sobre la que colocar las células adecuadas y, por otro, el posicionamiento de las células funcionales en el orden necesario para poder recrear la función deseada. En la actualidad, existen empresas especializadas en la impresión de tejidos bioartificiales por lo que, aunque todavía falten varios años para la disponibilidad de hígados generados a través de la ingeniería tisular, esa brecha se está cerrando quizás incluso más rápido de lo que crece la demanda de órganos.

Este tipo de trasplantes presentan todavía una serie de inconvenientes. En el caso de usar órganos no útiles para uso en trasplante directo de origen humano, la descelularización del órgano reviste una serie de inconvenientes que hacen que dependiendo del hígado y de su estado no sea completa, lo que dificulta uno de los fines que se persiguen al remover las células, como es la reacción inmunológica frente a las mismas.

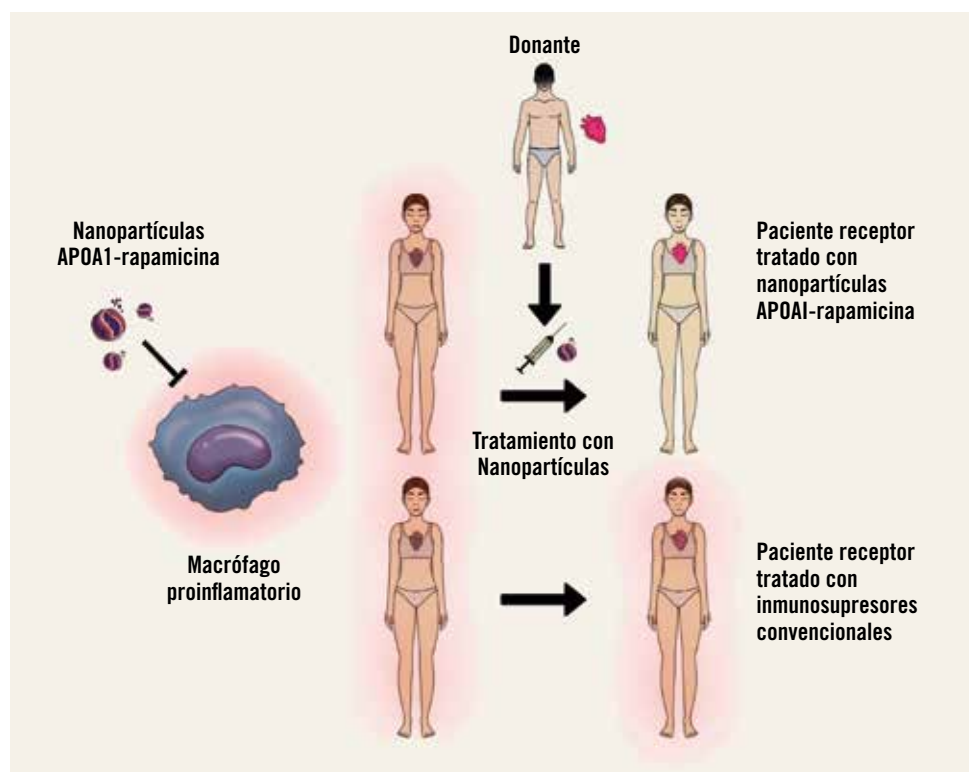
El uso de órganos animales para el

trasplante es un aspecto en el que se lleva trabajando unos años. De hecho, se han conseguido avances muy interesantes en este sentido al lograr la supervivencia, por ejemplo, de trasplantes de cerdo a mono. En este sentido, aunque las dos especies animales son distantes y el rechazo del sistema inmune a otra especie distinta es muy fuerte, el uso de estrategias inmunosupresoras adecuadas permite, al menos en este modelo preclínico, conseguir la viabilidad del tejido trasplantado. En un futuro, es posible que tratamientos inmunosupresores adecuados sean capaces de permitir la tolerancia a este tipo de trasplantes entre distintas especies.

Por otro lado, los procesos de celularización de las matrices de órganos de origen humano o animal no es un proceso simple, ya que un órgano no está formado únicamente por un único tipo de células, sino que se requiere la reconstrucción de una estructura biológica compleja con distintos tipos celulares que ocupen posiciones determinadas en el espacio tridimensional del órgano. De hecho, uno de los problemas que se han observado cuando se ha tratado de implantar este tipo de órganos en modelos animales es que el órgano trasplantado deja de tener ninguna vitalidad a las pocas horas de ser trasferido al animal receptor. Por último, la generación de tejidos mediante impresoras de 3D es un proyecto muy interesante pero que requiere aun un desarrollo en el campo de la bioingeniería muy grande.

### **Nanoinmunoterapia como control de la inmunidad entrenada en trasplantes**

El control de la respuesta inmunológica del paciente frente al órgano trasplantado es uno de los principales retos que se tienen que abordar para lograr la supervivencia de un trasplante. Ya que las terapias inmunosupresoras actuales son causantes de una serie de problemas asociados que terminan



**Figura 3: Nanoterapia tolerogénica.** Los tratamientos tolerogénicos tradicionales implican una inducción de la tolerancia a nivel sistémico que tiene efectos adversos en todo el cuerpo del paciente, más allá del órgano trasplantado. La tolerancia convencional inhibe solamente la respuesta adaptativa frente al trasplante. El uso de nanoterapia órgano específica permitiría la inducción de la tolerancia únicamente en el órgano trasplantado, lo que permitiría prevenir la toxicidad de los tratamientos actuales. El uso de nanopartículas APOA1 cargadas con rapamicina se ha probado como una posible estrategia para conseguir este objetivo. La infusión de esta terapia durante un trasplante induce una tolerancia que se circunscribe principalmente al órgano trasplantado.

por afectar a distintos órganos y funciones vitales del paciente trasplantado, existe una necesidad urgente de reducir o sustituir, el uso de fármacos inmunosupresores actuales para mejorar la supervivencia a largo plazo del órgano trasplantado y del paciente. En la actualidad, ningún régimen de inmunosupresión alternativo ha desafiado seriamente el uso casi universal de estos medicamentos inmunosupresores que se han indicado al principio de este artículo.

Para mejorar la calidad de vida del paciente y eliminar o minimizar los efectos adversos de las terapias inmunosupresoras, se están investigando nuevas estrategias terapéuticas. Una de las líneas más avanzadas

en este sentido es el desarrollo de la nanoterapia órgano-específica. Esta terapia implica el uso de partículas de escala nanoscópica que puedan actuar como vectores o elementos transportadores de fármacos adaptados al órgano en cuestión. En el caso de la nanoterapia tolerogénica, las partículas transportan los fármacos que inducen tolerancia al órgano trasplantado, evitando de esa manera un efecto no deseado en otras partes del cuerpo (Figura 3).

En el Simposio sobre trasplantes contamos con la presencia del Dr. Willem Mulder, catedrático del Departamento de Radiología del Hospital Monte Sinaí en Nueva York, donde dirige el programa de nanome-

dicina en el Instituto de Imagen Molecular y Transnacional. Su trabajo está centrado en el desarrollo de nanopartículas con especificidad diferencial para modular la respuesta inmunológica. El Dr. Mulder expuso distintas posibilidades en el uso de nanopartículas y en concreto una aplicación de estas para suprimir la inmunidad entrenada en el órgano trasplantado.

La inmunidad entrenada hace referencia a la capacidad de las células inmunes innatas de actuar con cierta memoria inmunológica de manera que, bajo ciertos estímulos que se producen durante el trasplante de órganos, los macrófagos entrenados son capaces de inducir la activación del sistema inmune adaptativo y el rechazo del trasplante. Dicha memoria está determinada por modificaciones epigenéticas asociadas al ADN celular y, en concreto, a determinados genes relacionados con la inflamación. El marcaje epigenético consiste en pequeñas modificaciones químicas de las histonas, asociadas al ADN, que condicionan la accesibilidad de proteínas denominadas factores de transcripción a dicho ADN. La fuerza con que el ADN esté asociado a las histonas permite que su información sea más accesible o menos, y pueda ser trascrita y más tarde traducida a proteínas pro-inflamatorias.

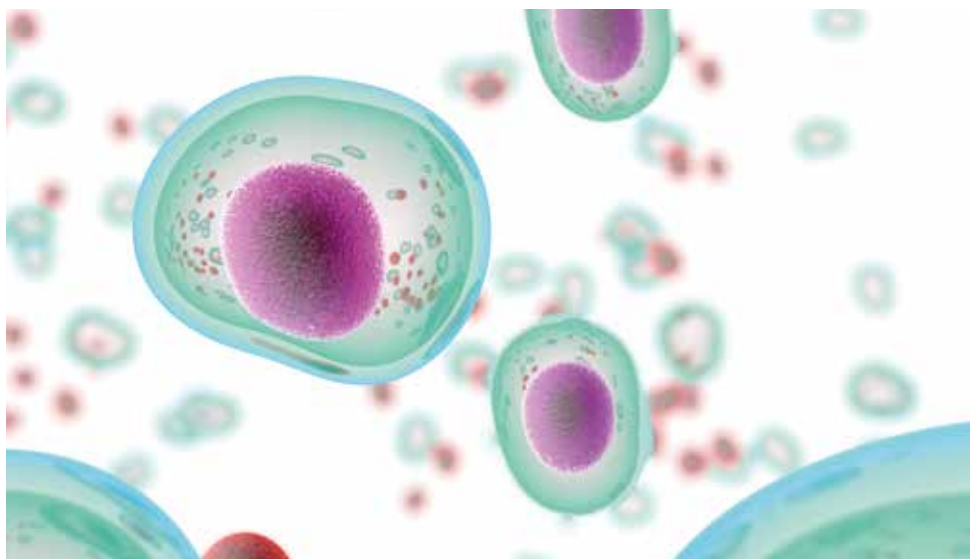
Utilizando un modelo experimental de trasplante de órganos en ratón, el laboratorio del Dr. Mulder ha identificado que las principales células asociadas a la inmunidad entrenada en un órgano son los macrófagos (Figura 3). De esta forma, el control de la respuesta inflamatoria por parte de los macrófagos de un órgano trasplantado puede prevenir el rechazo del trasplante. Para prevenir el entrenamiento de los macrófagos en el órgano trasplantado, el laboratorio del Dr. Mulder ha desarrollado una nueva terapia inmunológica mediante el uso de nanopartículas (partículas de un tamaño menor a 100 nanómetros o 10-10m). Estas nanopartículas están hechas mediante lipoproteínas obtenidas de la sangre denomina-

da Apolipoproteína A1 (APOA1), que son capaces de entrar específicamente en macrófagos y liberar agentes inmunosupresores que controlen la respuesta inflamatoria de manera selectiva en estas células.

Específicamente, el Dr. Mulder introdujo en estas nanopartículas de APOA1 un inhibidor de la proteína mTOR ('mammalian target of rapamycin' por sus siglas en inglés) que bloquea la inmunidad entrenada. Las partículas nanoscópicas resultantes son capaces de prevenir la activación de macrófagos entrenados y prevenir el rechazo de órganos trasplantados. Así pues, esta novedosa nanoimmunoterapia permite la regulación de la respuesta inmune mediante el control de la activación de los macrófagos. Dado que la mayoría de las terapias que regulan el sistema inmune están dirigidas hacia la segunda fase del sistema inmunológico, el sistema adaptativo, los hallazgos suponen una nueva estrategia para el desarrollo de nuevos tratamientos clínicos, eliminando la necesidad de la inmunosupresión continua de por vida de los pacientes trasplantados. Además, la prevención de la inmunidad entrenada es un enfoque terapéutico novedoso que puede ser aplicado para tratar la activación inmunitaria excesiva que tiene lugar en trastornos autoinmunes, afecciones inflamatorias crónicas y alergias.

### **Terapia celular: el uso de las células inmunes con capacidad supresora para inducir tolerancia**

El sistema inmune de nuestro cuerpo cuenta con una serie de instrumentos que impiden la reacción inmunológica frente a estructuras o moléculas propias o frente a las que nos enfrentamos continuamente, pero que no suponen un riesgo para nuestra salud, como por ejemplo el polen o el polvo. De esta manera, el cuerpo humano presenta mecanismos centrales de toleran-



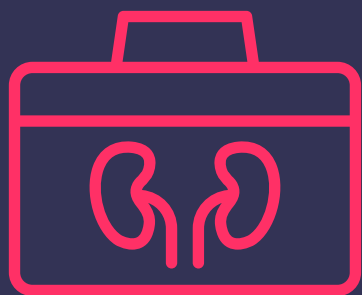
cia que previenen la salida a circulación de células autoreactivas que podrían provocar respuestas autoinmunes. Como segundo mecanismo de control de la tolerancia, existen células en la periferia, como las células T reguladoras y los macrófagos reguladores, que ayudan a mantener la inmunidad homeostática y a prevenir respuestas inmunes indeseadas. Cuando fallan los mecanismos inmunes que participan en el control de tolerancia, podemos desarrollar enfermedades autoinmunes, alergias frente a alimentos o sufrir las consecuencias de una respuesta excesiva o incontrolada del sistema inmune frente a patógenos que puede producir daños tisulares.

La tolerancia inmunológica es uno de los grandes temas en los que se centra la investigación en el trasplante de órganos. Si se lograra educar a nuestro sistema inmune hacia la tolerancia de manera que se permitiera reconocer al órgano trasplantado como un tejido propio, evitaríamos el rechazo de este. Aunque el proceso que induce la tolerancia está bien descrito, existen una serie de interrogantes sobre cómo manipularlo y adaptarlo al campo del trasplante de órganos. Por consiguiente, la investigación

centrada en la prevención de respuestas inmunitarias órgano-específicas proporciona un marco para el desarrollo de terapias celulares dirigidas que promuevan la tolerancia a trasplantes.

En el marco del simposio sobre investigación de trasplante de órganos, el Dr. James Hutchinson, Catedrático del Departamento de Cirugía del University Hospital Regensburg (Ratisbona, Alemania), trabaja en el uso de terapia celular a partir de macrófagos reguladores humanos (Mreg) como una herramienta inmunosupresora complementaria en el trasplante de órganos. Los macrófagos reguladores son un tipo de macrófagos que mantienen su capacidad fagocítica y presentadora, como otros macrófagos, pero a diferencia de estos, las señales que estos emiten para comunicarse con los linfocitos del sistema inmune son señales que previenen que estos se activen y reaccionen frente al tejido trasplantado. El grupo del Dr. Hutchinson ha logrado la manipulación de macrófagos reguladores del donante para su uso en pacientes trasplantados de riñón con resultados prometedores.

La terapia con Mreg humanos ha mostrado resultados clínicos interesantes como



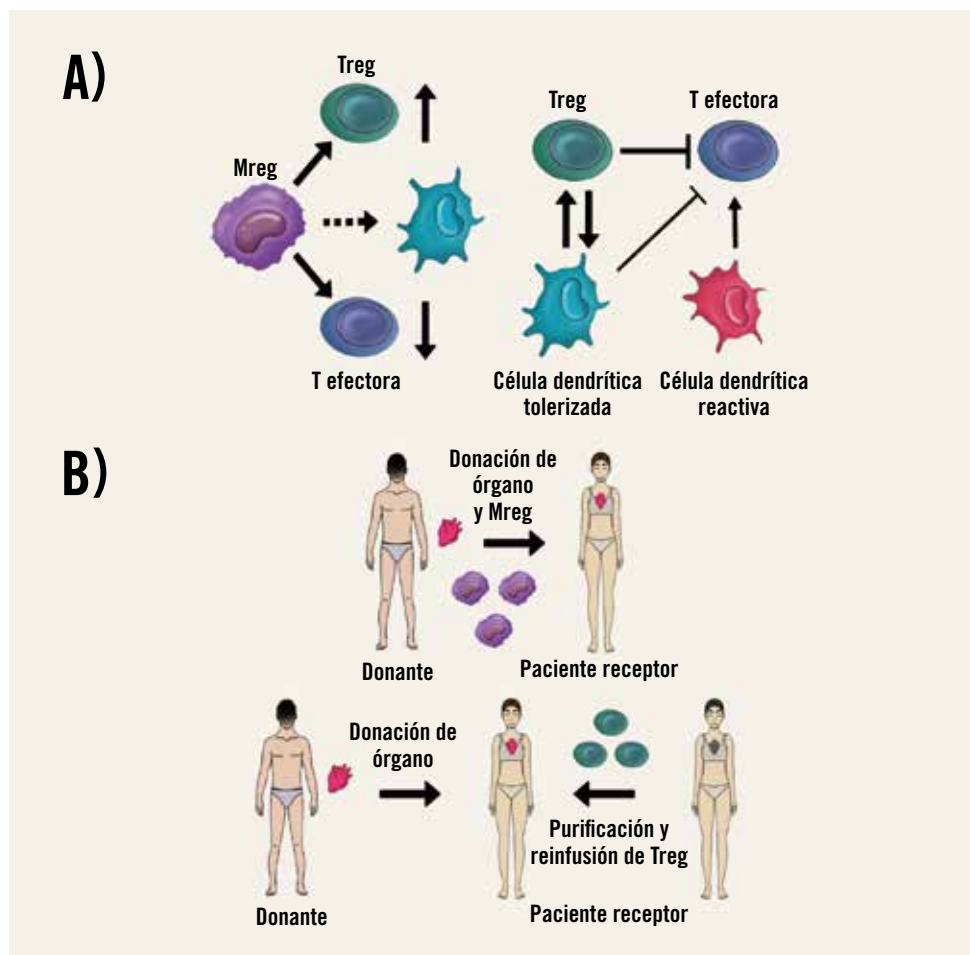
## ORGAN DONATION

una terapia inmunosupresora adyuvante en el trasplante renal de donantes vivos. Los macrófagos reguladores (Mreg) que infiltran el trasplante generan células T reguladoras (Treg) que son indispensables para el establecimiento y mantenimiento de la aceptación de los trasplantes. En parte, esto se debe a la capacidad especializada de los Mreg humanos para convertir las células T antígeno específicas en células Treg, que suprimen la respuesta inmune frente al órgano trasplantado. Así pues, la administración preoperatoria de células Mreg derivadas de los mismos donantes de riñón vivos en los pacientes trasplantados receptores, promueve la aceptación del trasplante (Figura 4). A pesar de que el uso de este tipo de macrófagos asociados al trasplante de un órgano no reviste un riesgo que comprometa la vida de

un paciente, su capacidad tolerogénica debe de ser monitorizada de manera continua ya que los macrófagos presentan una gran plasticidad, pudiendo transformar su fenotipo inhibidor en activador, perdiendo su función inicial. El uso de Mreg en trasplantes permite evaluar el estado inmunológico de los receptores de trasplantes de órganos, y puede abrir interesantes posibilidades para su aplicación futura como terapia en pacientes trasplantados. Actualmente, se está evaluando el tratamiento con Mreg en el ensayo ONEmreg12 (un ensayo clínico de fase I/II) como protocolo para minimizar la inmunosupresión en receptores de trasplante renal ([clinicaltrials.gov: NCT02085629](https://clinicaltrials.gov/NCT02085629)).

Los linfocitos T son los responsables del rechazo celular del injerto, reconocen que las células presentes en el órgano trasplantado son células extrañas al organismo y montan una respuesta celular dirigida a destruir el órgano trasplantado. Además, a través de la liberación de moléculas señalizadoras pueden activar a otros tipos de células como las células B para que produzcan anticuerpos frente al órgano trasplantado que también favorecen su destrucción. Las células Treg son un tipo celular capaz de suprimir la activación y proliferación de los linfocitos T y B, por tanto, podrían prevenir la respuesta inmune responsable del rechazo. De hecho, se ha demostrado que el equilibrio entre células Treg y linfocitos T es el que determina el balance entre la tolerancia y el rechazo al injerto. Sin embargo, este mecanismo natural de tolerancia se ve comprometido en los pacientes trasplantados debido a que las terapias inmunosupresoras empleadas pueden tener un mayor efecto sobre la población Treg, que sobre los linfocitos T a los que va dirigido, destruyendo a las células Treg y alterando el equilibrio adecuado entre Treg y linfocitos T. Por tanto, una estrategia que está despertando un gran interés en la prevención del rechazo es el uso de una terapia celular mediante la infusión de células Treg que permita recuperar y potenciar el me-





**Figura 4: Terapia celular adoptiva. A)** Los macrófagos reguladores (Mreg) juegan un papel importante en la inducción de la tolerancia mediante la estimulación de los linfocitos T reguladores (Treg) y la inhibición de los linfocitos T efectores. Al mismo tiempo que pueden promover un ambiente que mantenga a las células dendríticas en un fenotipo tolerante. Por otro lado, los linfocitos Treg pueden también inhibir a las células T efectores que reconocen y destruyen células del órgano trasplantado. Al mismo tiempo, las Treg pueden participar en el mantenimiento de un fenotipo tolerante en las células dendríticas. El incremento en el número de Treg en comparación con linfocitos T efectores frente al órgano trasplantado determina el nivel de reactividad del sistema inmune frente al trasplante. **B)** En la actualidad, existen dos tipos de terapias celulares: una implica que el donante del órgano done también Mreg, la otra implica la purificación de células Treg del paciente que son reinfundidas en el paciente junto con el trasplante del órgano de un donante.

canismo natural de tolerancia permitiendo la supervivencia indefinida del órgano trasplantado.

En este sentido, numerosos estudios están purificando células Treg del paciente, y tras cultivarlas en el laboratorio para obtener un mayor número, las reincorporan al paciente con el objetivo de restablecer este equilibrio y la tolerancia. Aunque se ha de-

mostrado que esta terapia es segura, su eficacia es muy limitada dadas las dificultades para obtener un número suficiente de Treg y también por la baja calidad de las células Treg empleadas, ya que al provenir de pacientes adultos o al ser cultivadas son células muy diferenciadas y envejecidas.

El doctor Rafael Correa Rocha, director del Laboratorio de Inmuno-regulación del

Instituto de Investigación Sanitaria Gregorio Marañón (IISGM) presentó en el marco del simposio, los esfuerzos realizados por su equipo centrados en el desarrollo de una estrategia alternativa para obtener células T reguladoras (Treg) aptas para uso clínico a partir del timo de pacientes pediátricos. El timo es el órgano donde se desarrollan los linfocitos T y las células Treg, y la novedad de esta estrategia radica en su empleo como fuente de células Treg como alternativa a la sangre, que es el método empleado en los estudios realizados hasta la fecha. La obtención de células Treg a partir del timo permite obtener cantidades masivas de células de altísima calidad y capacidad supresora, lo que permitiría fabricar cientos de dosis de las células del propio paciente (Figura 4B), que podrían administrarse a lo largo de la vida, cuando las condiciones del paciente trasplantado lo requirieran. Además, dado que las Treg se obtienen precisamente del tejido donde se producen, las células presentan un estado muy poco diferenciado o muy “joven”. En este sentido, el Dr. Correa expuso toda la investigación preclínica realizada para desarrollar esta estrategia terapéutica y presentó el ensayo clínico que inician este año para prevenir el rechazo en niños trasplantados de corazón. El ensayo clínico del equipo del Dr. Correa es el único en el mundo donde se usará el timo como fuente de Treg, que posteriormente serán infundidas en el paciente tras el trasplante, y abre una nueva estrategia muy prometedora para prevenir el rechazo aprovechando la capacidad natural de inducir tolerancia de estas células.

### **Red de investigación en trasplantes: un reto del sistema nacional de trasplantes**

España es líder mundial en trasplante de órganos debido a una serie de factores, pero

en ese liderazgo ha tenido un papel esencial el trabajo coordinado de todos los profesionales de la red nacional de donación y trasplantes y la Organización Nacional de Trasplantes (ONT). En el mes de octubre se cumplió el 30 aniversario de la ONT. En los 30 primeros años de actividad de la ONT, se han realizado en los hospitales españoles cerca de 120.000 trasplantes de órganos. Elisabeth Coll, directora médica de la ONT, concretó en la jornada una serie de datos sobre las fortalezas de la Red Nacional de Trasplantes durante estas tres décadas, como son la realización de alrededor de 75.000 trasplantes de riñón, 28.000 de hígado, 9.000 de corazón, 5.000 de pulmón, 2.000 de páncreas y 150 de intestino. A esas cifras hay que sumar los más de 500.000 trasplantes de tejidos y células registrados en nuestro país en este tiempo. En 2018, España alcanzó una tasa de 48,3 donantes por millón de habitantes, muy por encima de la media de Estados Unidos (32,8) y más del doble de la media de la UE (22,2).

En su ponencia, la Dra. Coll expuso que dicho liderazgo en actividad no se traduce en un liderazgo mundial en cuanto a la investigación en dicho campo. La investigación en trasplante de órganos se realiza de forma atomizada en distintos hospitales, centros de investigación y universidades. La información y avances realizados en cada centro dependen de las comunicaciones, seminarios y congresos que ponen en contacto a los distintos grupos que trabajan en este campo. La coordinación de esa investigación no se realiza de una manera uniforme y, por tanto, es una debilidad que requeriría una atención especial. El modelo español de donación de trasplantes ha sido muy exitoso y debe de tener un reflejo o un paralelismo con un modelo eficiente en una red de investigación en trasplantes. Así pues, es necesario fomentar una investigación eficiente que permita mejorar, entre otras cosas, las terapias actuales de inmunosupresión crónica basadas en fármacos, que



no han sido mejoradas en los últimos años y superar las limitaciones existentes en la vida media de los órganos trasplantados.

También informó de la disponibilidad de la base de datos de la ONT como fuente de estudio, a través de las herramientas actuales de comunicación entre profesionales sanitarios, con numerosos datos de donantes de órganos y receptores de trasplante que se han realizado a lo largo de los años, información que podría utilizarse para una mejora de la investigación clínica en trasplantes. El aprovechamiento de esta base de datos nos permitiría convertirnos en una gran potencia en investigación observacional en el mundo, y puede igualmente servir de apoyo para otro tipo de investigación, minimizando esfuerzos a los investigadores, que no deberían recoger y almacenar información ya disponible.

De igual manera, nuevos retos, relacionados con nuevos trasplantes como los de intestino, trasplantes viscerales múltiples, trasplantes asociados a conexiones nerviosas, o los retos de la inmunidad entrenada deben de tener cabida en el espacio de una red de investigación en trasplantes. Es evidente que los ensayos clínicos y la investiga-

ción básica son fundamentales en el avance dentro del campo, pero no debemos, ni podemos cerrar los ojos a los estudios observacionales, mucho más al alcance de la mayoría de profesionales, en su trabajo en el día a día.

Es fundamental organizar la información recogida acerca de donantes, receptores y su evolución, homogeneizarla y ponerla a disposición de nuestra extraordinaria red de donación y trasplante, apoyándonos en las posibilidades actuales en tecnología y comunicación. Así se facilitarán estudios potentes que nos permitan dirigirnos a aspectos concretos y necesarios para seguir innovando e investigando. Además, es una vía en dos direcciones, tener a una red preparada y abierta a la investigación también ayuda a trasladar la investigación básica y experimental a la clínica diaria. Apostar por una sanidad excelente, trabajando en red, abierta a la innovación en el ámbito del trasplante permite motivar a nuestros profesionales al tiempo que beneficia la salud de nuestros pacientes.

*Agradecemos al Dr. Rafael Correa Rocha y a la Dra. Elisabeth Coll sus comentarios y sugerencias en la redacción de este texto.*

# HORIZONTE 2030: PRINCIPALES RETOS

Ante los grandes retos a nivel global que anticipa la tercera década del siglo XXI, la posición de España dependerá de su capacidad de preparación y respuesta.

El objetivo del Seminario convocado en la Fundación Areces, el 19 de noviembre de 2019, concebido como foro de reflexión compartida por destacados especialistas, era precisamente determinar qué temas —problemas, retos, posibilidades— deben considerarse imprescindibles o prioritarios en ese ejercicio de preparación y respuesta. Los convocantes —profesores José Luis García Delgado, José Antonio Alonso y Fernando Becker— entienden que esos temas deberían articular un proyecto amplio de investigación bajo el objetivo de dibujar la realidad española en el horizonte 2030.

Se trataba, pues, en esta convocatoria inicial, de “aflorar” temas y potenciales especialistas, exponiendo los principales datos y coordenadas de lo que hoy se dispone sobre tales obligados focos de atención. No se demanda aún la descripción detallada de soluciones, sino la identificación de problemas y perspectivas de análisis que pudieran ser posteriormente objeto de estudio más detenido.

Sobre estas premisas, el Seminario se articuló en torno a tres sesiones, con tres ponencias cada una. La primera sesión, dedicada a “Desafíos globales”; la segunda, a “Modelo social europeo” y, la tercera, a “España: marco institucional”. Las páginas siguientes resumen los planteamientos de los respectivos ponentes y las aportaciones surgidas del debate posterior en torno a cada uno de estos tres grandes temas<sup>1</sup>.

JUAN CARLOS JIMÉNEZ  
*Universidad de Alcalá*

## Se está consolidando un orden multipolar, con nuevas potencias internacionales más que emergentes, ya emergidas (China, India, Rusia...), que piden paso y reclaman sitio

### Desafíos globales

La primera sesión, “Desafíos globales”, contó con tres ponencias: “Tendencias geopolíticas y sistema de relaciones internacionales”, a cargo de Pol Morillas, “Cambio climático y transición energética”, por Alejandro Caparrós, y “Modelo económico-social. El reto de la desigualdad”, desarrollada por José Antonio Alonso.

La ponencia “Tendencias geopolíticas y sistema de relaciones internacionales” planteó, en primer lugar, la cuestión de si estamos ante un orden internacional desordenado o bien ante un desorden ordenado. Desordenado, por cuanto hay cambios sistémicos; ordenado, en tanto que se constata una fuerte resiliencia de las instituciones internacionales. Probablemente nos hallamos más bien en un *interregnum*, en un momento de incertidumbre propicio para que se produzcan grandes interrupciones. Se está consolidando un orden multipolar, con nuevas potencias internacionales más que emergentes, ya emergidas (China, India, Rusia...), que piden paso y reclaman sitio. Pero el sistema internacional surgido de la segunda posguerra mundial no fue diseñado para esas nuevas potencias, sino que fue concebido como un sistema bipolar, Este-Oeste. A esta multipolaridad contribuye también y decisivamente la retirada de la gran superpotencia, los Estados Unidos (al que ya no le gustan la OTAN ni la UE y abandona los acuerdos multilaterales), y la fase de absoluta incertidumbre que atraviesa Europa, ya sin el referente norteamericano, perdido igualmente el del Reino Unido, y

sin capacidad para saber relacionarse con las nuevas potencias.

Tal vez se asista al final de la *final de la historia*, en tanto que nuevas incertidumbres delimitan el horizonte de futuro. Se han roto algunos de los principales consensos de la posguerra fría, entre ellos el binomio esencial entre desarrollo económico y libertades políticas, en el que ya no encajan experiencias como la de China. Y, ante este desorden, se asiste al auge de distintos movimientos de protesta (neoidentitarios, neonacionalistas, neoproteccionistas..., ¡populistas, en definitiva!), frente a los que se percibe una notable resiliencia institucional. Las instituciones internacionales no están preparadas para su propia reforma y se muestran en gran medida como “no adaptables”. No son capaces de acomodarse a los cambios que pide la ciudadanía y funcionan en modo de “fallo permanente”, creando una falsa ilusión de resiliencia. Se asiste, así, a la imposible reforma de las instituciones internacionales, ante la falta de consensos, y al surgimiento de instituciones alternativas (como las que los países BRICS –Nuevo Banco de Desarrollo– están ya construyendo).

En suma, estamos ante la crisis —y desorientación— del multilateralismo y la consolidación del bilateralismo transaccional de los “hombres fuertes”, reabriéndose el viejo debate poder vs. cooperación. Dentro de esta lógica, el papel de la ONU se muestra muy mermado, debiendo enfrentar a una agenda política internacional contra una agenda propositiva en positivo (como los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS).

Hay además corrientes de fondo que marcan un cambio geopolítico estructural y a escala global. La primera de estas

corrientes, y tal vez la más fuerte, es la revolución tecnológica y digital, generando una disrupción económica prácticamente total y una disociación entre desarrollo económico y desarrollo social. *Cuarta revolución* industrial o tecnológica que se muestra claramente disruptiva en este punto: la riqueza generada no revierte de un modo igualitario en la población y se crean grandes divergencias sociales, ahondándose el hiato entre ganadores y perdedores. La revolución tecnológica está acentuando la concentración de la riqueza (y clústeres cerrados, como Silicon Valley, el área de Shenzhen...), con la traslación política, entre otras consecuencias, de las propuestas populistas.

A esta corriente de fondo se le añade, en segundo lugar, una economía “desnortada”, que no sabe cómo dar respuesta a ese cambio tecnológico, atenazada entre la insuficiencia de la política monetaria y la práctica ausencia de la política fiscal (con las grandes corporaciones multinacionales escapando a las políticas fiscales de los países y al control de las instituciones).

En tercer lugar, está la política exterior de los Estados Unidos y la importancia de sus elecciones presidenciales de 2020: entre el *establishment* del *anti-establishment* (Trump) o la alternativa anti-establishment (Sanders, Warren).

Cuarto, una pregunta: ¿Dónde cabe situar a China en este contexto? Una creciente relevancia externa combinada con contestación interna (Hong Kong) y una compleja relación con otras potencias internacionales.

Ante este panorama, dos dudas añadidas. Una, el papel de África: en positivo (aunque con interrogantes), las ciudades africanas, el dinamismo del “nuevo continente” y el peso demográfico; en negativo, claramente, la cronificación de los conflictos. La otra, la cuestión del clima y su politización: ¿podemos pensar en un nuevo consenso generacional ante un desafío global?

La siguiente ponencia, “Cambio climático y transición energética”, partió de

la necesidad de delimitar bien cuál es el problema y por qué es tan importante. Sin duda, el cambio climático es el principal reto global de la humanidad, con consecuencias decisivas para el hombre (su principal causante, con las emisiones de CO<sub>2</sub>) y grandes riesgos para la biodiversidad: la velocidad del cambio (un hecho incontrovertible) apunta ya a una extinción masiva de especies que no conseguirán adaptarse al nuevo escenario.

Las previsiones del IPCC sobre escenarios compatibles con 1,5°C de aumento de las temperaturas no ocultan la realidad de que muy pronto alcanzaremos seguramente ese límite. El objetivo de dejar de emitir a la altura de 2050 se enfrenta al hecho de que hasta 2030 no vamos a ser capaces de comenzar a reducir emisiones, lo que convierte el esfuerzo de los veinte años siguientes en más intenso si cabe.

No bastan ante este problema las acciones unilaterales. La respuesta global nació en Río 92 con el Convenio Marco de las Naciones Unidas contra el Cambio Climático. El posterior Protocolo de Kioto (1997) estableció obligaciones negociadas para los países desarrollados (UE -8% de reducción de emisiones, España +15%), no así para los países en desarrollo. El Acuerdo de París de 2015 estableció que cada país enviaría sus compromisos de reducción (determinados nacionalmente). La Unión Europea —y España— han fijado compromisos ambiciosos. España, en concreto, propone en el Anteproyecto de Ley de Cambio Climático presentado en febrero de 2019 (justo antes de la disolución de las Cámaras) pasar de un +18% de aumento de las emisiones respecto de 1990 a un -20% en 2030 (y un -90% en 2050).

Desde una visión clásica de la economía (la teoría de juegos), el cambio climático afronta un típico problema de “pasajero clandestino”: en conjunto, lo ideal es que todos los países reduzcan sus respectivas emisiones; pero para cada país es todavía





mejor no hacer nada y que sean los otros los que hagan el esfuerzo (costoso) de reducir las emisiones. Si la teoría predice correctamente, el Acuerdo de París es insuficiente: las Contribuciones Determinadas Nacionalmente no son suficientes para el objetivo de reducir en 2°C el calentamiento global (y ni siquiera en -1,5°C). Este pesimismo a escala mundial se agrava con la retirada de Estados Unidos. Sin embargo, sí podemos ser más optimistas respecto de la posibilidad de que Europa cumpla sus objetivos.

Modelos recientes señalan que la cooperación gradual puede ser una solución, e incluso que el Acuerdo de París podría ser suficiente si se desarrollan los mecanismos cooperativos previstos en los artículos 6 y 9.

Además, hay signos claros de que algunos países sí están dispuestos a reducir unilateralmente sus emisiones: la Unión Europea, en conjunto, en cerca de un 40% para 2030 y en un 80-100% para 2050, siempre respecto a los niveles de 1990; Alemania, en un 55% (2030) y un 95% (2050); en Escocia, la ley presentada por Nicola Sturgeon prevé una reducción del 90% para 2050; y Francia implantó un impuesto a las emisiones de CO<sub>2</sub> en 2014, comenzando en 7€ tCO<sub>2</sub> y creciente hasta los 80€, aunque hoy

congelado en 45€ por las protestas de los “chalecos amarillos”. Esto último nos pone en la pista de los efectos distributivos de las políticas del cambio climático, algo que habría también que considerar en España.

En la alternativa de no hacer nada (la “racionalidad” de Trump) o tratar de cambiar el mundo en 30 años (UE), España puede optar por ir un paso por delante o un paso por detrás, pero siempre dentro de la senda europea. La pregunta es si nuestra estrategia será intentar ir en cabeza para capitalizar los beneficios de los “first movers” (como sucedió años atrás con las renovables, aunque conllevara otros costes) o bien si iremos a remolque del impulso continental. En todo caso, el debate es aún escaso, sobre todo al compararlo con el de otros países europeos.

La sesión se cerró con la ponencia “Modelo económico-social. El reto de la desigualdad”. En ella se planteó, en primer lugar, cómo los “modelos de capitalismo” han ido evolucionando a lo largo del tiempo, y con ellos su lógica distributiva. Así, el *capitalismo clásico* fue corrigiendo su inicial falta de legitimidad moral y conquistando cierta legitimación a través del crecimiento, la eficiencia y la mejora de las condiciones de vida. A partir de la década de 1920, el

## Estamos ante la crisis —y desorientación— del multilateralismo y la consolidación del bilateralismo transaccional de los “hombres fuertes”, reabriéndose el viejo debate poder vs. cooperación

*capitalismo socialdemócrata* (fruto del pacto keynesiano y del consenso de posguerra) puso en marcha poderosas políticas sociales y avanzó en la desmercantilización de los espacios de protección frente al riesgo: surge así y se desarrolla el Estado del Bienestar en distintos países, fundamentalmente tras la segunda posguerra mundial; dentro de esta fase se produce una cierta armonización entre democracia política y democracia económica, lo que implica políticas redistributivas. Por último, desde el decenio de 1980, el *capitalismo neoliberal*, en un contexto de globalización (y mayor inestabilidad), abre el crecimiento a economías emergentes, pero procede a la remercantilización de los espacios de protección (como la asistencia social), la atomización social y la mengua de los espacios públicos, con la parcial sustitución de las políticas redistributivas por el recurso al endeudamiento para mantener el crecimiento y la demanda.

Todo esto ha tenido consecuencias en términos de desigualdad. La evolución cambiante de los factores nacionales e internacionales de la desigualdad exige una interpretación ceñida a las evidencias. En la desigualdad internacional (en los niveles de renta de los distintos países del mundo) ha sido crucial la emergencia de una parte del Sur global (con China muy a la cabeza) para explicar —desde las últimas décadas del siglo XX— una sustancial reducción de la desigualdad entre países. La desigualdad intra-nacional (dentro de los países) ha tenido, en cambio, un reflejo más equívoco en el índice Gini: la reducción de esta desigualdad ha revertido en el último período. En suma, países menos desiguales desde el punto de vista de su nivel de rentas, pero poblaciones, dentro de estos países, donde

las desigualdades de renta han aumentado en el entorno temporal más reciente, tanto en el mundo desarrollado como entre los países emergentes, y las expectativas de futuro (2050) apuntan a un mayor aumento.

Se asiste, así, a una nueva morfología de la desigualdad en el interior de los países. Hay una nueva desigualdad basada en los extremos de la distribución de la renta, en particular en el de los más ricos, que son los que ganan principalmente. Al tiempo, se ha reducido el “espacio de confort” de las clases medias de los países desarrollados, como atestigua el conocido gráfico del elefante de Milanovic.

Factores causales de todo ello son la alta concentración en la propiedad del capital, tanto en lo que tiene que ver con el crecimiento de las rentas del capital respecto de las del trabajo como con la concentración del capital en manos de las grandes empresas globales; la composición del patrimonio de las clases ricas, vinculado principalmente a los activos financieros; la combinación por parte de estas de los rendimientos del capital y del trabajo, merced a su concentración de capital humano; la elevada “endogamia” social en la formación de las familias, y el creciente peso de la transmisión intergeneracional de la riqueza (herencia). Todo ello, en un entorno de pérdida de peso de los sindicatos, segmentación del sistema educativo de excelencia, pérdida del efecto progresivo de la fiscalidad y limitación del gasto social.

Hay que estar atentos, por último, a las tendencias en algunos factores de riesgo, tanto en el seno de los países como a escala internacional. Tanto más, en un período de bajo crecimiento económico, debilitamiento del empleo, creciente endeudamiento y proteccionismo. En el interior de los países,

destacan como factores de riesgo la progresiva atomización social y la mercantilización de los espacios privados y públicos, la configuración de los espacios de acción colectiva como suma de respuestas individuales (de “redes de usuarios”) que propician las nuevas tecnologías, y la formación de élites (el “assortative mating” entre los ricos, la segmentación de la educación). Y, a escala internacional, se erigen en factores de riesgo el preocupante rumbo del África Subsahariana, las dificultades para la provisión de los bienes públicos globales en un entorno de alta desigualdad, y las consecuencias del retorno a la unilateralidad y el nacionalismo, sin que se hayan creado los resortes institucionales para gobernar las interdependencias y la globalización.

Las tres ponencias dieron lugar a un conjunto de intervenciones de los participantes en el Seminario —y de respuestas, en su caso, por parte de los ponentes— que enriquecieron desde distintas perspectivas los temas planteados y dieron lugar a un vivo debate. De esas intervenciones se pueden entresacar algunas ideas de interés, sistematizadas en torno de los tres grandes ejes de la sesión, si bien muchas de ellas abarcan transversalmente más de uno de ellos.

Sobre la geopolítica y las relaciones internacionales:

- Por primera vez vemos que acceden a la condición de potencia global hegemónica países que no se encuentran aún entre los más desarrollados.
- China puede ser el primer ejemplo mundial de ruptura entre el crecimiento económico y el progreso liberal y democrático. ¿Se conformará la población china con un capitalismo autoritario?
- Los problemas actuales hay que leerlos más que en una clave multipolar en una clave multiescalar.
- Hay graves problemas de percepción en nuestra sociedad, agravados por la creencia ciega en lo que transita por las

redes sociales: un tuit puede cambiar la diplomacia global.

- Frente al desorden internacional, hay dos formas de “crear orden”: el conflicto (que da lugar a un nuevo paradigma) y la cooperación e interdependencia. Hay mucha interdependencia en el mundo, lo que puede evitar el conflicto global.
- Los actores (instituciones) nacionales e internacionales tradicionales están muy confusos (o casi desaparecidos, como los sindicatos) y sobrepasados por el cambio.
- ¿Qué nuevas regulaciones son necesarias, no solo en el terreno del cambio climático?

Sobre el cambio climático y sus implicaciones:

- España está muy expuesta al cambio climático (y se ha trabajado muy poco hasta ahora la pedagogía del medio ambiente).
- Hay que adaptarse: antes de dar marcha atrás al calentamiento global hay que frenar las tendencias actuales.
- España “cumple” con los compromisos climáticos, pero a costa de trasladar producción (deslocalizando sus industrias más contaminantes, como otros países desarrollados) a algunos de los países donde más se contamina.
- Hay dos tipos de perdedores del cambio climático: los perdedores derivados de la política de cambio climático y sus efectos redistributivos; y los perdedores de la “no política” y de sus secuelas, como la desertificación (particularmente en África, o en escenarios como el que ha dado lugar a la guerra de Siria).

Sobre el modelo económico-social (y la desigualdad):

- La actual revolución tecnológica e industrial no es probablemente tan distinta de las anteriores.
- Hay que prestar más atención a los perdedores (de la tecnología, de la globalización y del cambio climático).

- Lo más importante de la desigualdad es cómo influye en la legitimidad de las instituciones. La desigualdad deslegitima a las instituciones que gobiernan la sociedad. Hoy fallan los ascensores sociales.
- Hay que atender al problema (internacional) de la segmentación fundado en una formación segmentada.
- ¿Es posible recuperar derechos sociales en el nuevo marco global?
- ¿Retroceder en la globalización?: la clave está en ver que hay partes de la globalización en las que hay que avanzar, y otras en las que hay que devolver poder a los Estados y conceder más espacio a las políticas nacionales.
- La gobernanza de la globalización: ¿cómo se puede gobernar la fiscalidad a escala global?

### Modelo social europeo

La segunda sesión, dedicada a “Modelo social europeo”, comprendió las ponencias sobre “Demografía”, a cargo de Elisa Chuliá, “Cambio tecnológico, formación y empleo”, expuesta por Juan Mulet, y “El modelo europeo de bienestar social”, preparada por Rodolfo Gutiérrez con la colaboración de Ana Guillén.

La ponencia “Demografía” partió de un hecho que tal vez no se subraya siempre: la demografía del último siglo es una historia de éxito<sup>2</sup>.

Entender la situación demográfica en la que se encuentra cualquier sociedad requiere indagar en la evolución reciente de su fecundidad, su mortalidad y sus movimientos migratorios; por tanto, en su historia social de *longue durée*. La explicación de los cambios demográficos y su valoración requiere una mirada historiográfica. Por otra parte, las proyecciones, aun siendo necesarias, han de tomarse con precaución, teniendo muy en cuenta los supuestos en los que

se basan y las implicaciones (de orden no estrictamente demográfico) que la realización de tales supuestos podría tener.

Aunque la actual estructura, por edades, de la población de todas las economías avanzadas difiere significativamente de la existente hace medio siglo, en el caso de aquellas sociedades europeas que tras la Segunda Guerra Mundial pasaron a integrar la Europa occidental, el cambio demográfico ha sido particularmente consistente e intenso, provocando, en general, lo que convencionalmente se ha dado en llamar “envejecimiento de la población”. Este fenómeno se refleja en el aumento de la edad media de la población y de la proporción de la población a la que se ha solido definir como “mayor” (por haber superado los 64 años).

Las ganancias en longevidad han sido en los últimos cien años (y siguen siendo) casi lineales en las economías avanzadas (en torno a 2,5 años en la esperanza de vida al nacer por cada década). La evolución de la natalidad, en cambio, ha resultado más volátil, pero en la mayor parte de las sociedades europeas se ha consolidado un régimen de muy baja fecundidad (esto es, lógicamente, menos preocupante cuando las cohortes en edades reproductivas son voluminosas que cuando son escasas).

Ambos procesos (creciente longevidad y muy baja fecundidad) son históricamente extraordinarios. En cuanto al primero, nunca antes en la historia de la humanidad habían llegado tantas personas a edades tan avanzadas. En cuanto al segundo, Livi Bacci, tomando como indicador la relación entre niños de 0-4 años y adultos de 30-24 años (sus progenitores teóricos), concluye que en los dos últimos siglos de historia europea no se han dado “tasas de crecimiento potencial” de la población tan bajas como las observables a principios del siglo XXI (para encontrarlas, habría que retroceder hasta la Alta Edad Media, cuando las sociedades europeas eran asoladas por plagas). A su juicio, “lo que realmente importa en el *largo plazo*



es el proceso de renovación y reproducción de la sociedad, y su crecimiento potencial”.

No obstante, el cambio de la composición por edades de la población plantea problemas en el *corto y medio plazo*, particularmente en aquellas sociedades que cuentan con potentes sistemas de transferencias intergeneracionales. En principio, la capacidad de mantener esos sistemas se deteriora cuando el tamaño de las generaciones cambia tan intensamente, aumentando el de las receptoras de recursos con respecto a las de contribuyentes.

Históricamente, los cambios demográficos han suscitado respuestas adaptativas de la sociedad y la economía. Pero mientras las sociedades y las economías se adaptan, la gente que protagoniza esas adaptaciones suele perder bienestar. El Estado puede contribuir a facilitar esa adaptación, pero también puede ralentizarla y empeorar la situación (por ejemplo, descuidando la atención al problema y no actuando a tiempo).

En todo caso, sería importante que todos (individuos, familias, empresas, organizaciones sociales y Estado) cobraran conciencia de que la situación demográfica actual, por un lado, responde mejor a las preferencias de la sociedad que ninguna otra en la historia de la humanidad; y, por otro, que resume el logro fundamental de los Estados

del Bienestar, que han impulsado grandes avances en salud pública y en servicios sanitarios, así como en conocimientos científicos favorables a la extensión de la supervivencia; han ofrecido programas de sustitución de rentas en las etapas o circunstancias en las que los individuos no pueden extraer recursos del mercado de trabajo (enfermedad o convalecencia, discapacidad, vejez), y han reducido conflictos sociales. En definitiva, los Estados del Bienestar han restringido la incidencia de factores que históricamente han provocado *shocks* demográficos o crisis de mortalidad (como las epidemias, la pobreza extrema y las guerras).

Cobrar conciencia de estas evidencias implicaría un cambio cultural que podría facilitar la adopción de reformas en la distribución de recursos públicos entre las generaciones; reformas que, en todo caso, habrían de hacerse con mucho cuidado porque podrían debilitar la cohesión social y quebrar expectativas legítimas que hoy día albergan las generaciones de más edad (por ejemplo, la expectativa de percepción de rentas vitales que les protejan contra la pobreza y la dependencia económica no basada en derechos subjetivos).

Aunque a menudo se invocan la promoción de la natalidad y/o la inmigración como métodos para revertir el envejecimiento de

**El cambio climático afronta un típico problema de “pasajero clandestino”: en conjunto, lo ideal es que todos los países reduzcan sus respectivas emisiones; pero para cada país es todavía mejor no hacer nada y que sean los otros los que hagan el esfuerzo (costoso) de reducir las emisiones**

la población, no son expedientes sencillos; además, en sistemas políticos muy polarizados y fragmentados (como el español en la actualidad), las medidas en estas materias no solo resultarían difíciles de aprobar, sino seguramente también temporales y, por tanto, de eficacia limitada.

En suma, no se puede abordar el debate de la demografía —y su incidencia en el Estado del Bienestar— suponiendo que no va a pasar nada, cuando los propios datos del gobierno hablan de una caída en 14 puntos porcentuales de la tasa de sustitución bruta de las pensiones de aquí a 2030 y, entre tanto, los pensionistas quieren blindar su revalorización anual por mandato constitucional.

La segunda ponencia de esta sesión, “Cambio tecnológico, formación y empleo”, se desarrolló a partir de unas primeras distinciones conceptuales.

Sin duda, estamos ya inmersos en una *Economía del Conocimiento*. Esto quiere decir que el conocimiento es el bien —un “bien curioso”— que más determina el desarrollo económico y social, sobre todo en los países más desarrollados.

La *tecnología* es simplemente una “forma de hacer cosas” que ha sido entendida, mejorada o creada gracias al conocimiento. Tiene todo el sentido hablar también de “tecnologías no tecnológicas”, que serán aquellas otras que se basan en conocimiento y que no proceden de las ciencias exactas o naturales. La tecnología en este sentido amplio es el conocimiento que da nombre a esta nueva Economía.

El *cambio tecnológico* es como llaman los economistas a la mejora de la tecnología, en el sentido amplio antes definido, que permite aumentar el rendimiento de los factores de producción. Es, por lo tanto, el resultado

de utilizar más y mejores tecnologías.

Hechas estas aclaraciones conceptuales, hay que subrayar que para basar el desarrollo en el uso de tecnología será necesario, ante todo, disponer de una sociedad ampliamente formada, con muchos y adecuados conocimientos. No solo para crear nuevas y mejores ofertas de productos y servicios, sino también, y esto es muy importante, para que pueda exigirlos una vez que haya entendido su mayor utilidad. La *formación* es la base de la Economía del Conocimiento, a la que España no puede renunciar.

La oferta de estos nuevos productos y servicios será la que demandará *empleo*. La propia tecnología modificará estos empleos en dos sentidos: los hará menos exigentes en habilidades tradicionales, mientras que demandará otras nuevas. Históricamente, la tecnología ha contribuido a reducir el esfuerzo físico y la necesidad de energía; ahora, además, está evitando la participación humana en tareas intelectuales rutinarias. Es muy probable que la tecnología no pueda sustituir a las personas que deberán atender una creciente demanda de servicios personales ni a las que deban diseñar y operar máquinas y misiones cada día más complejas. Estamos abocados a una sociedad dual, una con habilidades de relación para los servicios personales, y otra con elevados conocimientos de todos los tipos de tecnologías. La formación de todas estas personas deberá ser garantizada.

¿Dónde está España hoy? Algunas coordenadas pueden servir para situarnos:

- La educación no está diseñada para este gran cambio. A la mediocridad en los baremos internacionales (como PISA) se



unen las altas tasas de abandono escolar, una falta de distinción entre el Bachillerato y la Formación Profesional y una Educación Superior sin excelencia internacional, entre otros factores.

– La ciencia española es ya de calidad internacional. Pero no se ha avanzado ni en tecnología ni en su aplicación (innovación tecnológica). La producción está tecnológicamente desatendida. Hay que destacar los avances de la política científica mantenida desde 1996 hasta la crisis, así como el brusco frenazo que esta ha supuesto hasta hoy, aquejada del recorte de recursos y la burocratización de la gestión. El resultado es que se ha perdido la trayectoria de convergencia con Europa, particularmente, en el ámbito tecnológico, no tanto en el de la ciencia.

– Nuestros sectores de servicios parecen innovadores, pero hay pocos datos que lo avalen.

– Se ha hecho un gran esfuerzo en infraestructuras de todo tipo (tradicionales y para la Sociedad de la Información).

– Sistema productivo y empleo son dos realidades interconectadas, pero aún no bien conectadas.

En suma, España no parece preparada, a día de hoy, para la Sociedad del Conocimiento, que exige un adecuado sistema productivo y un amplio nivel de formación para producir, exigir y espolpear una oferta de calidad. Al comparar el caso de España con el de Corea del Sur se observa cómo España apostó por ciencia desde el primer momento, mientras que Corea del Sur solo lo hizo cuando ya no podía comprar más tecnología para su innovación. Ahora, ya está claramente por delante de España.

Una tercera ponencia, “El modelo europeo de bienestar social”, vino a cerrar esta sesión dedicada al modelo social europeo.

El modelo social europeo ha constituido parte central del ideal político de la Unión Europea. Un ideal basado en la combina-

ción de los valores de eficiencia productiva, equidad entendida como igualdad de oportunidades y solidaridad colectiva articulada en formas de redistribución. En suma, mercados más cohesión social. El Estado del Bienestar, una contribución civilizatoria europea, constituye el entramado institucional que articula ese proyecto. Un entramado institucional de regulaciones y de intervenciones públicas, pre y redistributivas, que procuran igualar las oportunidades vitales de los ciudadanos y protegerles frente a los principales riesgos sociales. Para España, ha sido uno de los éxitos colectivos de las últimas décadas.

Tras períodos históricos nombrados como Edad de Oro (1945-1975) y Edad de Plata (1976-2007), y tras la Gran Recesión, los Estados del Bienestar europeos vienen enfrentando escenarios pesimistas, que alertan de que la próxima década puede completar su Edad de Bronce. Estos escenarios son de diverso tipo:

– Debilidad del propio diseño institucional de la Europa Social.

– Mayor diversidad en los Estados del Bienestar, tanto a nivel europeo como global. Una diversidad que puede alterar las preferencias y la legitimidad ciudadanas.

– Nuevas tensiones de desigualdad y riesgos de desprotección, motivados por los cambios demográficos (migraciones, diversidad étnica, envejecimiento y formas de familia) y tecnológicos (formas no-estándar de empleo y desocupación crónica, en particular de los no cualificados).

– Pérdida de eficacia redistributiva de impuestos y transferencias, y de capacidad regulatoria de las instituciones de gestión del conflicto laboral.

Más que haberse dado, a nivel europeo, una reducción del esfuerzo en este terreno, se ha producido una “recalibración”, tendente a proteger menos los viejos riesgos y a atender más los nuevos (en pocas palabras,

viudedad frente a dependencia). Y, junto a esto, un cambio en el sesgo del sistema europeo, tradicionalmente basado en la protección pública: algunos países escandinavos están ya entre los que tienen más gasto social privado voluntario. Va ganando terreno, en suma, la mutualización de la previsión.

En el contexto europeo hay también señales de que puede abrirse una década de escenarios más favorables para el desarrollo del modelo social europeo. Proliferan los argumentos y las iniciativas basadas en la convicción de que la llamada *European Social Union* (ESU) no solo es deseable, sino muy necesaria, tanto para el propio proyecto europeo como para los Estados del Bienestar nacionales. Esos escenarios más favorables se podrían ir concretando en dos procesos ya iniciados: uno son las reformas de las instituciones de gobernanza económica; otro, el desarrollo efectivo del Pilar Europeo de Derechos Sociales, enunciado por el Parlamento, el Consejo y la Comisión europeos en 2017. Es esta una línea particularmente interesante, al tratarse más de una nueva regulación que de una transferencia de recursos: la idea es avanzar hacia la mutualización de riesgos.

El Estado del Bienestar español ha tenido un extraordinario desarrollo en las últimas tres décadas. Un desarrollo en los niveles de gasto social público, la extensión de las principales esferas de protección y su efecto redistributivo. Además de los escenarios descritos, el Estado del Bienestar español sigue enfrentando problemas singulares de eficiencia y de equidad, aparte de riesgos evidentes en su sostenibilidad financiera. Esos problemas aún no se reflejan en tensiones de apoyo y legitimidad ciudadanas (ni están tan presentes en el debate público como en otros países europeos), pero podrían crearlas si no se corrigen a medio plazo algunos factores: el paro estructural y el dualismo del mercado de trabajo, que provocan una desigualdad muy específica; la debilidad del sistema de protección de mínimos; las expectativas de un incremento extraordinario

de cuidados de personas dependientes, y, en fin, la coordinación entre los diferentes niveles de gobierno, locales, autonómicos y estatal, aún muy mejorable.

Del debate originado en esta sesión surgieron de nuevo ideas enriquecedoras. Muchas de ellas también aplicables transversalmente a más de una de las ponencias, pero que aquí se sistematizan en torno a sus tres ejes centrales.

Sobre la demografía (y el problema de las pensiones):

- La estructura demográfica española está muy sesgada hacia los mayores, con el impacto electoral que eso supone: ¿Por qué blindar (constitucionalmente) solo las pensiones y no otras prestaciones sociales incluso más importantes para muchos colectivos?
- ¿Por qué no poner en un pie de paridad prioridad presupuestaria el tema del medio ambiente, sin duda de mucha mayor importancia para los jóvenes que para los mayores?
- La productividad está estancada porque —a diferencia del pasado— ahora todas las ganancias de vida van a edades ya no laborales: ¿Tiene sentido hoy la “tiránica barrera” de los 65 años (como edad de jubilación)?
- ¿Es una “tiránica barrera” o una “ansiada meta”, como dicen las encuestas al preguntar por la jubilación en España (a los *baby-boomers*)?
- Migraciones: es preciso regular los flujos migratorios.

Sobre el cambio tecnológico, la formación y el empleo:

- Un factor a no olvidar: lo que más incentiva a la innovación es el mercado.
- Al examinar el caso de Corea del Sur —comparado con España— se comprueba cómo allí, a diferencia de aquí, son las empresas las que invierten de forma muy mayoritaria en I+D. Y, además, para ellos

la educación es fundamental, y eso les ha permitido asimilar mejor la tecnología.

– Hay que hacerse a la idea de que no todo el mundo puede ser universitario: hay que abrir otros cauces (Formación Profesional). Tampoco hay que perder de vista el gran problema de la educación: el abandono escolar. Con una Formación Profesional como la alemana no tendríamos las actuales tasas de abandono escolar en España.

– Nuestra enseñanza fomenta muy poco la creatividad: exceso de memorística.

– ¿Sufre la educación en España un sesgo contrario a la formación STEM que nos retrasa? Por otro lado, en el tema de las publicaciones científicas, es preciso reforzar la autonomía de los grupos de investigación.

– Nada se entiende de los lentos avances de la productividad en España y del escaso esfuerzo y resultados tecnológicos si no es teniendo presente la escasa dimensión de la empresa española y el minifundismo que impiden dar el salto de la innovación y la internacionalización. No se apuesta por las empresas medianas tecnológicas.

– En España la empresa mediana es la que necesita más de la tecnología: la política tecnológica debería orientarse más a esa mediana empresa tecnológica. Hay que eliminar las barreras que impiden en España saltar por encima de los 50 empleados.

– Tampoco ayuda nuestra estructura sectorial: estamos en sectores muy poco intensivos en conocimiento, ciencia y tecnología.

– Para una buena (y es muy necesaria) colaboración público-privada hace falta que el sector privado explicita claramente lo que quiere y necesita. En España, además, la miopía política no ayuda a las alianzas público-privadas. No hemos dado con mecanismos adecuados.

– Sin estrategias tecnológicas por parte de los Ministerios competentes no ten-

dremos auténtica política de innovación. Por otro lado, la compartimentalización de las Administraciones es un problema en España para avanzar en el cambio tecnológico. También la compra pública innovadora, mal abordada (e incentivada).

– Fallan los eslabones entre la creación y la transferencia de tecnología. Se publica mucho, pero las patentes son escasas.

Sobre el modelo europeo (y español) de bienestar social:

– El bienestar del siglo XXI va a ser (debería de ser) muy distinto del bienestar del siglo XX.

– Se camina en todas partes hacia la mutualización (en los sistemas de bienestar).

– En el País Vasco sí se ha desarrollado el sistema de prestación social complementaria, lo que puede servir como referente de interés.

– La cultura “igualitarista” en España está más extendida que en Europa.

– En la ruptura que se ha producido en el “pacto generacional” los más perjudicados son los jóvenes (aunque la clase política solo mire hacia los jubilados y la revalorización de sus pensiones).

– Tal vez el futuro del trabajo sea hoy pesimista y problemático (en España y en todo el mundo). Pero el trabajo del futuro puede ser muy bueno, a poco que sepamos acertar cuáles son esos trabajos. La naturaleza del trabajo sin duda va a cambiar.

### **España: marco institucional**

La tercera y última de las sesiones del Seminario, en torno de “España: marco institucional”, abordó los temas de “Calidad democrática”, con Fernando Vallespín como ponente, “Ante la Unión Europea del próximo decenio”, por Pol Morillas, y “Diseño institucional y territorial de España”, a cargo

**Para basar el desarrollo en el uso de tecnología será necesario, ante todo, disponer de una sociedad ampliamente formada, con muchos y adecuados conocimientos. La formación es la base de la Economía del Conocimiento, a la que España no puede renunciar**

de Benigno Pendás.

La ponencia sobre “Calidad democrática” constató, en primer lugar, cómo España está ubicada en lugares preeminentes al compararla, desde este punto de vista, con otras democracias de nuestro entorno. Por tomar un simple indicador, el más reputado en este terreno, ocupa el lugar 19 dentro de la máxima categoría de las “democracias completas” (*full democracies*, un selecto club de 20 países que apenas representan el 4,5% de la población mundial) a tenor del Índice de Democracia (*Democracy Index*) de la Unidad de Inteligencia de *The Economist*. No muy distinto respecto del rango democrático de España es lo que nos dicen otros indicadores y estudios internacionales, como los de *Freedom House*. Ello desmonta claramente algunas de las acusaciones que se dirigen al orden institucional de nuestro país. No hay un “excepcionalismo” español dentro de las democracias liberales como no sea por su muy reconocida calidad democrática.

Eso no significa, por supuesto, que no haya problemas, y es en estos —en lo que no funciona— en los que hay que centrar la atención. Tres son probablemente los más destacados: dos de ellos, la ingobernabilidad y la territorialidad, se refuerzan mutuamente (hoy estamos bloqueados porque no sabemos cohesionarnos como país); el tercero, de comunicación política, se añade a los anteriores.

El primer gran punto débil es, pues, la gobernabilidad y el nuevo sistema de partidos, que es expresivo de una “deficiencia” ausente en otros países: un modelo de nación que goce del consenso general. En España se ha producido un cambio, no solo en la estructura de partidos, sino, tal vez de un modo

más decisivo, en la organización del poder *dentro* de los partidos, en el sentido de un marcado hiperliderazgo. A esto se une la volatilidad de los votantes: en apenas ocho meses, entre unas elecciones y otras, hemos liquidado el centro político (y ocho millones de personas han cambiado de voto). La consecuencia más inmediata ha sido el aumento de la polarización política. Sin centro político, los extremos —y la discusión política extrema, sobre bases no técnicas sino emotivas e identitarias— van a pasar a formar parte de nuestra “normalidad” diaria.

España carece hoy de un “plan de país” que pueda considerarse —o sentirse— como más o menos consensuado: no hay un “relato” en el que una mayoría de españoles se sienta reconocido. La cuestión principal es cómo construir un relato de España que sea verdaderamente integrador. Teniendo en cuenta, como punto de partida, que nuestra Constitución no es “militante”, no impone un modelo de Estado, no hay nada en ella que no pueda ser reformado.

Cómo re-vertebrar el Estado nos lleva al otro problema señalado, la territorialidad: lo más urgente, en este punto, es resolver la cuestión catalana; y hacerlo yendo más allá de preguntarnos simplemente si lo que se hace en Cataluña es legal o ilegal. No podemos seguir quemando pólvora en debates culturales e identitarios en vez de en los graves problemas socioeconómicos que deben ser afrontados sin dilación. Hay un problema de fracaso relativo del sistema de organización territorial del poder en España, pero también derivado de la polarización partidista en torno al eje identitario, e, igualmente, un riesgo claro de caer en el cantonalismo. Para evitarlo hace falta, ante

todo, liderazgo: líderes capaces de trascender de los intereses inmediatos de sus partidos, tal y como sucedió durante la Transición (Suárez, Carrillo, González...). Hay que aprender a hacer concesiones, como entonces. Hoy, en cambio, no son los ciudadanos los que siguen a los líderes, sino estos, investidos de un hiperliderazgo interno en sus partidos, los que siguen —a través del dictado de las encuestas— a sus seguidores. Cuanto más hiperliderazgo partidista, más hipoliderazgo social, para el cambio.

La tesis que aquí se sostiene es que España no ha sido capaz de elaborar un relato de sí misma una vez que la crisis económica puso en tela de juicio los logros de la Transición y comenzara la puesta en marcha del procés en Cataluña. Esto ha derivado en la absurda idea de que hay dos formas de entender España, una de derechas y otra de izquierdas, que a su vez se superpone sobre la que elaboran los nacionalismos radicales.

Por último, hay en España un problema grave de comunicación política. Las redes sociales arrastran a los políticos, y no hay criterios de autoridad que permitan distinguir entre decisiones basadas en razones y basadas en presiones. Un tuit anónimo es más fiable que la opinión de un experto. ¿Habría sido posible la Transición con las actuales redes sociales? Cabe dudarlo.

La segunda ponencia, “Ante la Unión Europea del próximo decenio”, se preguntó qué es la *Europa geopolítica*: ¿Un simple lema o algo más? La Unión Europea será un actor geopolítico relevante solo en la medida en que consiga aunar su poder económico con un poder significativo de defensa y seguridad. Esto es, siempre que gane soberanía ante los grandes retos geopolíticos actuales (Estados Unidos, China, Rusia, África), rodeada como está de agentes si no hostiles, sí claramente retadores.

Frente a esto, y desde hace al menos una década, la UE está haciendo “micro-management” en la gestión de sus crisis solapadas en estos años (económica, de mi-

graciones, de desafección ciudadana...), en particular la del Brexit, que ha consumido demasiadas energías a costa del proyecto europeo de largo plazo. De crisis a crisis, sin abordarlas en profundidad ni mirar al futuro. Hay fatiga. Europa afronta la ausencia de una visión compartida, sobre todo con las dudas de Italia y la desaparición del Este como socio fiable dentro de una lógica de poder.

Tras el Brexit, ya sin el Reino Unido en el triángulo de poder europeo (y sin candidatos a reemplazarlo), se asiste a una amenaza constante de bloqueo en el Parlamento y a estrategias para aislar al adversario.

La nueva Comisión Europea, de la que habrán de salir nuevos liderazgos, ha de afrontar la reforma de los instrumentos de acción exterior: intergubernamentalismo y supranacionalismo. Actuando de consuno, la lucha interinstitucional entre Consejo, Comisión y Parlamento Europeo, la ausencia de una visión compartida, la lógica transaccional y la amenaza de bloqueo llevan a una política de Mínimo Común Denominador que debe ser superada.

En este contexto, España tiene que saber articular un sistema de alianzas flexibles (variables) dentro de Europa, más que tratar de ligarse de forma rígida al núcleo duro de los dos grandes (Alemania y Francia). Y debe de aprovechar su posición para ampliar su presencia en los niveles intermedios de la administración europea, más allá de la obsesión por los cargos de mayor rango político y mediático.

La tercera ponencia de la sesión, “Diseño institucional y territorial de España”, constató cómo nos movemos entre el realismo político y la ingeniería constitucional. En un contexto universal, no hay que olvidarlo, en el que corren malos tiempos para la democracia representativa. Para recuperar la confianza de los ciudadanos hay que dar pasos graduales en la buena dirección, sin generar expectativas imposibles. Y, ante todo, hay que buscar elementos para el consenso

y eludir los debates estériles.

En el plano institucional, hay que afrontar la “fatiga de materiales” —dicho en términos ingenieriles— que sufre hoy la Constitución de 1978. Un enunciado nada exhaustivo, sino simplemente enunciativo, de propuestas abarcaría la revitalización de la actividad parlamentaria; la necesaria reforma del Senado; la mejora de la imagen del Poder Judicial y del Tribunal Constitucional; quitar incentivos a la “cartelización” de la política; la valoración objetiva de las Administraciones independientes; la actualización de los derechos fundamentales para la era tecnológica, y el reforzamiento de la apuesta por la integración europea. Más cautela, en cambio, en relación con la reforma del sistema electoral, a partir de una defensa, con matices, de la ley D’Hont (que ha permitido representatividad en condiciones muy complicadas).

En todo caso, estando obviamente interrelacionados el diseño institucional y la organización territorial, la atención se centró en esta segunda, verdadero “problema existencial” de la España que mira al horizonte de 2030.

Tenemos, ya se ha dicho, una democracia plena. Pero la debilidad fundamental de España se da en el plano territorial. Sobre la base, hay que subrayarlo, de un Estado de las Autonomías que podemos calificar de exitoso y que ha funcionado particularmente bien para la España profunda y abandonada. Pero que necesita de ajustes y modificaciones. En algunos casos se trata de problemas (políticos) susceptibles de negociación a partir de un enfoque técnico: tal es el caso de la delimitación de competencias; la mejora de las fórmulas de cooperación entre el Estado y las Comunidades Autónomas (donde se incluiría igualmente la ya citada reforma del Senado, que, aunque cumple su papel, no es suficiente) y, por supuesto, la financiación autonómica, de la que —inexplicablemente— todos se quejan, de donde se infiere que debe de haber un problema.

Pero Cataluña se erige como el gran problema “existencial”, con una influencia determinante en la legitimidad del sistema. Es, podríamos decir, lo único que pone en cuestión la España del 78. Pero no es la España constitucional la que ha roto las reglas del juego, sino el independentismo político. Un problema que hay que afrontar desde la soberanía única (no desde la falacia de Cataluña y España) y el respeto a la Constitución y a la ley como principios no negociables. El Estado de las Autonomías ya hace diferencias territoriales, y no solo por las Comunidades forales; de modo que explorar en la diferencia (hasta límites razonables) puede ser una fórmula de transacción. Siempre, claro está, con interlocutores adecuados, condición necesaria para cualquier proceso de negociación.

Sobre la mesa hay ya propuestas autonómicas (de mejora del actual sistema), federales y confederales (que tocan ya el ámbito de la soberanía). En todo caso, hay dos condiciones para negociar —además de la paciencia eterna—: que sirva para algo y que se haga con una mínima lealtad para garantizar el futuro. Lo que aquí se propone, en suma, es propugnar una defensa eficaz de la España constitucional. Más Ilustración y menos romanticismo.

Esta tercera sesión contó igualmente con las aportaciones de los participantes en el debate subsiguiente, sistematizadas aquí, de nuevo, en torno a los tres grandes *leitmotiv* de las ponencias:

Sobre la calidad democrática:

- La partidocracia no es un problema específico de España, pero sí muy acusado.
- Las elecciones primarias no han ayudado precisamente a introducir más democracia en nuestros partidos políticos. Hay que ser críticos con la reforma llevada a cabo dentro de ellos.
- El problema del liberalismo es la falta de tolerancia: ya no se respetan las opiniones del otro.



Sobre el futuro de la Unión Europea:

- ¿Por qué es hoy tan difícil que surjan verdaderos líderes en Europa? Añoramos a Delors.
- Tal vez dos causas: el excesivo escrutinio político (sometido a la permanente presión de las redes sociales) y la falta de un proyecto que lo respalde (iniciativas políticas desde el gobierno europeo).
- No obstante, algunos destellos luminosos: Draghi, Barnier, Merkel.

Sobre el diseño institucional y territorial de España:

- España, al compararla con otros países, puede ser definida, de hecho, como un Estado Federal. Así se nos ve desde el extranjero.
- Faltan elementos de integración y de cohesión para mejorar el sistema político.
- La Ley D'Hont es parte del ADN de la Transición.
- El nacionalismo siempre tiene como fin último la independencia. Es muy ingenuo pensar en términos de lealtad.
- ¿Hay posibilidad de acabar con la obsesión del “café para todos”? ¿Qué fue del Pacto Fiscal?

\* \* \*

No puede hablarse, en fin, de conclusiones cerradas, pues no era tal el objeto del Seminario, sino abrir el debate y aflorar problemas, retos y posibilidades, como los reflejados en las páginas previas. Con todo, ha quedado patente, por una parte, que necesitamos un relato (y un proyecto) de país que sirva para aprovechar las muchas potencialidades de España; y, por otra, que tenemos que reaccionar ante los retos planteados en los distintos ámbitos que han sido aquí abordados (formación, medio ambiente, digitalización, desigualdad, inclusión, previsión activa...). Sabemos, no obstante, que no es sencillo, y menos en España: ni lo es consensuar políticas y hacerlas temporalmente consistentes, ni lo es que debates y ar-

gumentos como los aquí expuestos trasciendan de la esfera académica al plano político y de la opinión pública. Ojalá este Seminario de la Fundación Ramón Areces contribuya de algún modo a ello.

## REFERENCIAS

<sup>1</sup> El Seminario, bajo la dirección y coordinación de los profesores José Luis García Delgado (Universidad Complutense), José Antonio Alonso (Universidad Complutense) y Fernando Becker (Universidad Rey Juan Carlos), que actuaron además como moderadores respectivos de cada una de las tres sesiones, contó con la actuación, como ponentes, de José Antonio Alonso (Universidad Complutense), Alejandro Caparrós (CSIC) Elisa Chuliá (UNED), Rodolfo Gutiérrez (Universidad de Oviedo), Pol Morillas (CIDOB y Universidad Autónoma de Barcelona), Juan Mulet (Doctor Ingeniero de Telecomunicaciones), Benigno Pendás (Universidad San Pablo-CEU) y Fernando Vallespín (Universidad Autónoma de Madrid). Y, como participantes activos en los debates de cada una de las sesiones, Margarita Barañano (Universidad Complutense), Francesc de Carreras (Universidad de Barcelona), Luis Fernández-Galiano (Universidad Politécnica de Madrid), José Antonio Herce (AFI) —cuyas valiosas notas han enriquecido este texto—, Juan Carlos Jiménez (Universidad de Alcalá), Nuria Moreno Manzano (CES de España), Rafael Myro (Universidad Complutense), Luis Oro (Universidad de Zaragoza), Santiago Carbó (CUNEF) y José María Serrano Sanz (Universidad de Zaragoza). Alfredo Pastor (IESE, Barcelona), que excusó su asistencia, remitió por escrito unas notas sobre cuestiones abordadas en las dos primeras sesiones. Estas páginas han sido redactadas a partir de las contribuciones de los ponentes y de las aportaciones de los participantes en los debates, sin que sean atribuibles a ninguno de ellos —salvo al firmante de ellas— las limitaciones y posibles imprecisiones contenidas en el texto.

<sup>2</sup> Los siguientes párrafos transcriben, sin apenas cambios, el resumen aportado por la propia profesora Chuliá.



De izda. a dcha.: S.A.R. el Gran Duque de Luxemburgo; Florencio Lasaga, presidente de la Fundación Ramón Areces y Miguel Ángel Aguilar, presidente de la Fundación Carlos de Amberes.

..... VITRUVIO, 5 .....

LA FUNDACIÓN CARLOS DE AMBERES  
OTORGA SU

**MEDALLA DE HONOR  
A LA FUNDACIÓN  
RAMÓN ARECES**

**E**n un solemne acto presidido por Su Alteza Real el Gran Duque de Luxemburgo, la Fundación Carlos de Amberes hizo entrega de su Medalla de Honor a la Fundación Ramón Areces que fue recogida por Florencio Lasaga, presidente de nuestra Institución.

El acto contó con la presencia de José Guirao, Ministro de Cultura y Deporte, la Embajadora de Luxemburgo, Michèle Pranchere-Tomassini, la Ministra de Medio Ambiente de Luxemburgo, Carole Dieschbourg, el Embajador de Bélgica, Marc Calcoen y el Embajador de Países Bajos, Jan Versteeg, entre otras personalidades.

Miguel Ángel Aguilar, presidente de la Fundación Carlos de Amberes, expresó “la gratitud imperecedera” de la Fundación que preside por el generoso patrocinio “que nos brinda la Fundación Ramón Areces desde 1993”. Destacó que “toda la trayectoria de El Corte Inglés, de la Fundación Ramón Areces así como la tuya personal, es ejemplo de trabajo bien hecho, de servicio exigente, sin vetetismo ni culto a la personalidad”.

Miguel Ángel Aguilar tuvo palabras de recuerdo hacia Isidoro Álvarez, anterior presidente de la Fundación Ramón Areces, de quien dijo que “era uno de los españoles que nos devolvía el orgullo de serlo” definición que amplió también a Florencio Lasaga “por toda tu trayectoria profesional y empresarial”.

En su discurso de agradecimiento, el presidente de la Fundación Ramón Areces, destacó que la Medalla de Honor de la

Fundación Carlos de Amberes supone una gran satisfacción, “por la distinción que se hace a la Fundación Ramón Areces, a su Patronato, a su Dirección, a sus Consejos Científicos y a todos sus colaboradores”.

Florencio Lasaga elogió la labor de la Fundación Carlos de Amberes de la que dijo “ha prestado memorables servicios a la sociedad durante más de cuatro siglos. Durante su fecunda existencia, tuvo la fortuna de contar con iniciativas innovadoras de sus antiguos Diputados y actuales patronos y en los últimos años con la inquietud y perseverancia de su actual presidente, Miguel Ángel Aguilar, quien conduce con acierto y liderazgo las riendas de esta Fundación, por lo que puede decirse que en Europa es un ejemplo por tan larga trayectoria en labores humanitarias”.

Tras recordar la figura de Ramón Areces a quien calificó de “visionario del comercio y mecenas de tantas inquietudes culturales”, Florencio Lasaga afirmó que “puede decirse que la Fundación que lleva su nombre es hoy uno de los principales impulsores de la Ciencia en nuestro país”. Finalmente, destacó que la democracia se tiene que asentar sobre una sociedad civil fuerte, comprometida y organizada y sobre unas instituciones sólidas, tanto en el ámbito de lo público como en la esfera privada. “En ese marco institucional –afirmó Florencio Lasaga– figuran las fundaciones, que cada día tienen un mayor protagonismo y desarrollan un papel complementario del Estado en la difusión del conocimiento, en la promoción de la cultura, en la creación de talento, en la ayuda a la investigación, en labores asistenciales o en la aportación de soluciones a problemas colectivos”.



Herbert K. Bennett Charitable Fund  
Dallas, TX

Julie & Eric Borman  
Bloomfield Hills, MI

Charlene J. Brauner  
Tampa, FL

William S. Cain Foundation  
Madison, WI

David & Maxwell Chernoff  
Miami, FL

Edison Friedland & Family  
Naples, FL

Genevieve Boucher & Mitch Garber  
Montreal, Canada

Margaret & Leo Meyer & Hans M. Hirsch  
Foundation

2018-2019

Fundación Ramón Areces  
Spain

Maurice & Yvette Bendahan  
New York, NY

Rosanne Cohen  
Highland Park, IL

Bess & Samuel Ekstein  
Chicago, IL

Albert Engleman  
Prescott, AZ

Abraham Franck  
Edina, MN

Laurie & Steven Gordon  
Los Angeles, CA

Phil & Vivien Green &  
Paul & Toni Platus  
Australia

Louis S., Barry S., & Annab  
Silver Spring, MD

"La Caixa" Foundation  
Spain

Charna & Alan B.  
Boca Raton, FL

LA  
FUNDACIÓN RAMÓN ARECES,  
EN EL  
**MURO DE  
BENEFACTORES**  
DEL INSTITUTO WEIZMANN DE CIENCIAS  
DE ISRAEL

En una ceremonia celebrada el pasado 11 de noviembre, la Fundación Ramón Areces fue inscrita en el muro del Plaza Donor Wall donde se reconocen a las instituciones benefactoras del Instituto Weizmann de Ciencias de Israel. A la ceremonia asistieron Daniel Zajfman, Presidente del Instituto, Raimundo Pérez-Hernández, Director de la Fundación Ramón Areces y el Embajador de España en Israel, Manuel Gómez-Acebo Rodríguez-Spiteri.







**E**l Instituto Weizmann de Ciencias, ubicado en Rehovot, Israel, es una de las instituciones multidisciplinarias de investigación más renombradas del mundo. Las actividades científicas del Instituto Weizmann, que incluyen alrededor de 1.000 proyectos de investigación realizados simultáneamente, figuran en la vanguardia de la actividad científica internacional.

Desde 2014, la Fundación Ramón Areces colabora con la Asociación Weizmann España, que tiene como finalidad difundir en nuestro país las actividades de investigación y divulgación científica

multidisciplinar que, desde su sede de Israel, lleva a cabo el Instituto Weizmann para la Ciencia; promover el intercambio científico entre el Instituto y la colectividad científica, educativa y empresarial de España y fomentar el interés científico entre los estudiantes españoles y promover su posible participación en las actividades de investigación y formación científica en el Instituto Weizmann. En los últimos cinco años, la Fundación Ramón Areces ha programado, en su sede de Madrid, diferentes conferencias y simposios científicos en los que han participado destacados científicos del Instituto Weizmann. Asimismo, ha impulsado un gran acuerdo de colaboración entre el centro de investigación israelí y el Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO). Este acuerdo se ha traducido en la celebración de un gran encuentro internacional sobre cáncer, en España e Israel, con participación de científicos de las dos instituciones líderes mundiales en la investigación del cáncer.

Financiado por la Fundación Ramón Areces, ambos centros están llevando a cabo un proyecto de investigación que pretende descifrar las causas por las cuales los melanomas son capaces de diseminarse por el organismo a partir de tumores de poco más de un milímetro de grosor, así como descubrir biomarcadores que permitan predecir qué pacientes podrán responder (o no) a inmunomoduladores que se están utilizando en la clínica.





AYUDAS A

# DOCE NUEVOS PROYECTOS

DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS SOCIALES

La Fundación Ramón Areces ha hecho entrega de las Ayudas a la investigación en Ciencias Sociales, en su XVIII convocatoria, por un importe total de 432.000 euros (36.000 euros por proyecto). Gracias a ellas, 12 investigadores menores de 40 años podrán realizar sus trabajos durante los tres próximos años en nueve campus españoles. En esta ocasión, han sido seleccionados proyectos de las universidades del País Vasco, Granada, Zaragoza, Autónoma de Madrid, Pompeu Fabra, Islas Baleares, Complutense, Carlos III de Madrid y Universidad a Distancia de Madrid.

Entre otras investigaciones, podemos destacar el trabajo que van a realizar dos sociólogos de la Universidad Autónoma de Madrid, Marta Martínez Matute y Jorge García Hombrados, quienes analizarán los efectos que ha tenido la creación de los Juzgados de Violencia sobre la Mujer y cómo está afectando a la tasa de denuncias y a la incidencia de la violencia de género. Explican sus autores que “los resultados de esta investigación mejorarán nuestro conocimiento sobre si la introducción de la nueva ley ha ayudado a reducir la congestión de los órganos judiciales que tratan estos asuntos y si ha afectado a la probabilidad de que un caso de violencia doméstica sea denunciado”.

Por su parte, Jennifer Graves, de este mismo centro académico, va a estudiar el efecto de las recientes ampliaciones

en el permiso de paternidad en España sobre los resultados del mercado laboral, la distribución de tareas domésticas y el cuidado de los hijos. Indica esta investigadora que “la participación de las mujeres en el mercado laboral ha aumentado en las últimas décadas”. “No obstante, las mujeres siguen soportando una carga mayor de tareas domésticas. A esta mayor carga de trabajo se le ha denominado el ‘segundo turno’, y se la considera responsable de parte de la brecha salarial”, añade Graves.

Muy relacionado con el trabajo anterior se sitúa el proyecto de Lorenzo Ductor, de la Universidad de Granada, quien





va a analizar las diferencias de rendimiento o productividad entre hombres y mujeres. Indica este investigador que el primer paso será constatar si existen esas diferencias para, a partir de ahí, analizar cuáles son los factores que causan esas diferencias en los patrones de colaboración de hombres y mujeres. También en el área laboral, Gianmarco León-Ciliotta, de la Universitat Pompeu Fabra, va a estudiar cuál es la manera más eficiente de incentivar a los trabajadores. Este profesor duda entre si es mejor ofrecer incentivos de progreso profesional o incentivos monetarios por rendimiento.

En el sector sanitario, Judit Vall Castelló, de la Universidad de Barcelona, va a analizar un fenómeno que ha afectado directamente a España en los últimos años: el turismo médico, el practicado por aquellos pacientes que viajan a otro país para recibir tratamiento o para someterse a una intervención quirúrgica. “Concretamente, en 2009, el gobierno español gastó 441 millones de euros en asistencia médica a no residentes y, por este motivo, en 2012 se restringió el acceso gratuito al sistema público de salud a aquellas personas que no residen legalmente en el país. El proyecto se propone analizar la efectividad de la restricción en la disuasión y reducción del turismo médico”, explica esta investigadora.

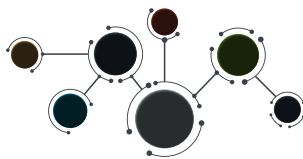
En el campo del márketing, Luis Alberto Casado, de la Universidad a Distancia de Madrid, va a utilizar la Neurociencia para identificar los procesos emocionales y cognitivos implicados en la toma de decisiones de consumo. También explorará si existe una especificidad funcional en el cerebro para este tipo de conducta. A partir de ahí, se podría valorar qué diseño es más conveniente y eficiente para una web y promover la intención de compra online. Más relacionado con la sostenibilidad está la investigación de Amaya de Ayala Bilbao, de la Universidad del País Vasco, quien va a analizar la toma de decisiones y las percepciones de los consumidores al invertir en eficiencia energética en el hogar, en concreto en los electrodomés-



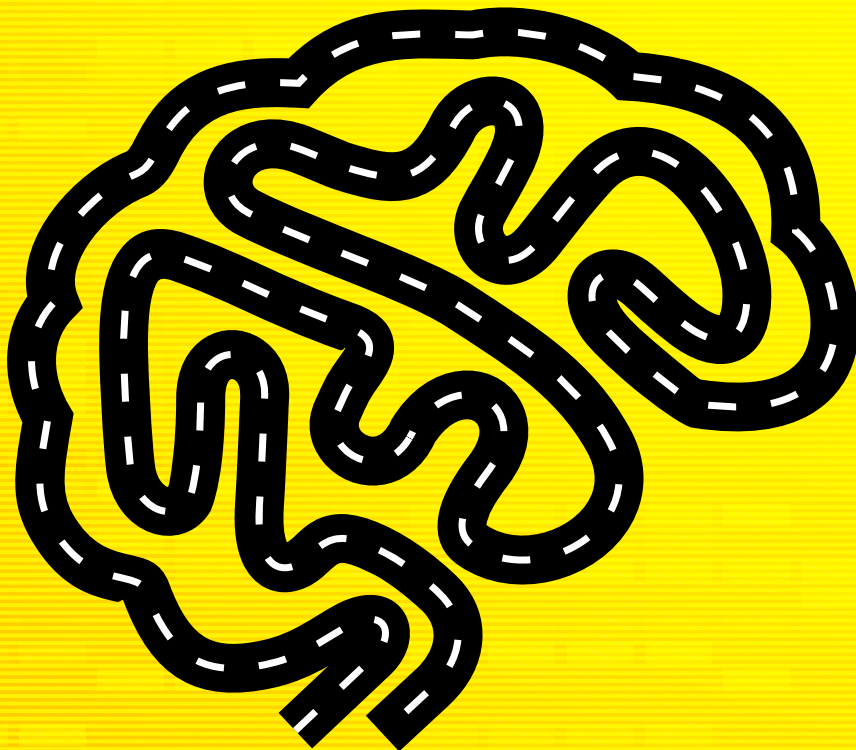
ticos. También vinculado con el medio ambiente, Patrizia Pérez Asurmendi, de la Universidad Complutense de Madrid, quiere estudiar la amplia variedad de indicadores que miden distintas características del desarrollo sostenible. De analizar el alcance de ‘*nudging*’ se ocupará Daniel Navarro Martínez, de la

Universitat Pompeu Fabra. Esta última técnica consiste en la introducción de pequeños cambios en aquellos entornos en los que los consumidores toman decisiones para influir en su comportamiento, aunque sin coartar su libertad de elección.

En el ámbito político e institucional, Pedro Riera Sagrera, de la Universidad Carlos III de Madrid, va a analizar las consecuencias partidistas de los sistemas electorales desde una perspectiva comparada. En el sector financiero, Rafael González Val, de la Universidad de Zaragoza, se propone contrastar empíricamente si las normas de reforma del sector bancario y de protección de los deudores hipotecarios sin recursos y en riesgo de exclusión, realmente han reducido significativamente el número de ejecuciones hipotecarias en el corto plazo. Por su parte, Alfredo Martín-Oliver, de la Universidad de las Islas Baleares, quiere desentrañar los llamados *Credit Default Swaps* (CDS), que surgieron para cubrir riesgos de crédito. “El objetivo de este proyecto es analizar la interacción entre el mercado de CDS y el mercado de préstamos bancarios, con especial énfasis en la renegociación de préstamos”, explica Martín-Oliver.



# **fundacionareces.tv**



Más de 2.000 conferencias magistrales de expertos en Salud, Innovación, Nuevas Tecnologías, Nanociencias, Astronomía, Biotecnología, Ciencias del Mar, Energía, Cambio Climático, Big Data, Economía, Economía de la Educación, Cambio Demográfico, Bioeconomía, Historia Económica...

**FUNDACIÓN RAMÓN ARECES**

Compartimos el conocimiento

Vitruvio, 5  
28006 Madrid  
España

[www.fundacionareces.es](http://www.fundacionareces.es)  
[www.fundacionareces.tv](http://www.fundacionareces.tv)

