



REVISTA DE CIENCIAS  
Y HUMANIDADES

FUNDACIÓN  
RAMÓN ARECES



## DIÁLOGOS

Tomás Palacios y Pablo Jarillo-Herrero

## CONFERENCIAS

David Gross, Sheldon Lee Glashow, Juan Ignacio Cirac,  
Edward Leamer, Sara de la Rica, José Antonio Alonso,  
Juan Luis Arsuaga

NÚM.

16



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 '16

### Edita

Fundación Ramón Areces

### Director

Raimundo Pérez-Hernández y Torra

### Consejo Asesor

Federico Mayor Zaragoza, Jaime Terceiro Lomba, Julio R. Villanueva, Juan Velarde Fuertes, Avelino Corma Canós, Alfonso Novales Cinca, Juan González-Palomino Jiménez

### Director

Manuel Azcona

### Servicio de Publicaciones

Consuelo Moreno Hervás

### Diseño y maquetación

Omnivoros. 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

### Fotomecánica,

Garnacolor S.G.I.

### Impresión,

VA Impresores S.A.

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.

Déposito Legal: M-51664-2009

© 2016 Fundación Ramón Areces

### Síguenos en



## 3 DIÁLOGOS

### Tomás Palacios y Pablo Jarillo-Herrero

*Los españoles que lideran la investigación sobre el grafeno en el MIT*

## 13 CONFERENCIAS

### The enduring legacy of Albert Einstein

*Por David Gross, Premio Nobel de Física en 2004*

### Particle Physics and Cosmology. Useless but Essential!

*Por Sheldon Lee Glashow, Premio Nobel de Física en 1979*

### La luz, los cuantos y las nuevas tecnologías

*Por Juan Ignacio Cirac, Instituto Max Planck de Óptica Cuántica (Garching, Alemania)*

### What ails the global economy?

*Por Edward Leamer, University of California, Los Angeles (UCLA)*

### Las brechas de género en el mercado laboral español y su evolución a lo largo del ciclo de vida

*Por Sara de la Rica, Universidad del País Vasco y FEDEA*

### La lucha contra la desigualdad: comentarios sobre una agenda obligada

*Por José Antonio Alonso, Universidad Complutense de Madrid*

### INVICTUS. El futuro de la especie humana

*Por Juan Luis Arsuaga, Universidad Complutense de Madrid*

## 96 FRAGMENTOS

### Avances en el estudio y tratamiento de las genodermatosis

*Por Fernando Larcher, Universidad Carlos III de Madrid*

### Perspectivas y desafíos de política económica para América Latina

*Por Ramón Casilda, Universidad de Alcalá*

Indicadores comentados sobre el estado del sistema educativo español 2016

La presencia femenina en los gobiernos de países en desarrollo beneficia a las políticas de salud pública y educación

## 123 DESDE LA DISTANCIA

*La opinión de los científicos españoles en el extranjero*

Entrevista a Ana María Cuervo, codirectora del Einstein Institute for Aging Research de Nueva York y exbecaria de la Fundación Ramón Areces

### I+D+i y Biotecnología

*Por David Marcos, Asociación de Científicos Españoles en Japón*

## 132 ÁGORA BLOG

Las ondas gravitacionales y el Premio Nobel de Física

*Por Francisco R. Villatoro, Universidad de Málaga*

Efecto de los residuos de los medicamentos sobre la vida acuática

*Por Ismael Rodea-Palomares, postdoct de la Fundación Ramón Areces en la Universidad de Florida*

## 137 VITRUVIO, 5

Adjudicadas ayudas a 12 nuevos proyectos de investigación en Ciencias Sociales



# TOMÁS PALACIOS Y PABLO JARILLO-HERRERO, LOS ESPAÑOLES QUE LIDERAN LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL GRAFENO EN EL MIT

*Pablo Jarillo-Herrero (Valencia, 1976) y Tomás Palacios (Jaén, 1978) son investigadores, jóvenes y españoles, que trabajan en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en proyectos sobre el grafeno. Ambos coordinaron en la Fundación Ramón Areces un simposio internacional sobre los materiales bidimensionales, aquellos de nuevo desarrollo, como el grafeno, con apenas unos pocos átomos de grosor. Jarillo-Herrero se dedica a la investigación básica y Palacios a la investigación aplicada. Como es habitual en el descubrimiento de nuevos materiales, habrá que recorrer un camino largo, muy largo, hasta que el grafeno forme parte de nuestras vidas. Ambos investigadores se muestran en este diálogo expectantes sobre las posibilidades del nuevo material.*

***Son ustedes insultantemente jóvenes... ¿Están en la mejor edad para producir ciencia?***

**Tomás Palacios:** No lo sé, pero estamos viviendo una etapa apasionante que espero poder prolongarla el máximo tiempo posible.

**Pablo Jarillo-Herrero:** Aunque ya no me considero tan joven, –jóvenes son mis alumnos– opino que sí. Los jóvenes suelen trabajar muy duro y tener mejores ideas. Es necesario apoyarles. Es algo que se hace muy bien y con mucha normalidad en Estados Unidos.

***Dice un proverbio chino que "si quieres a tus hijos, hazles viajar". ¿Recomiendan que los científicos españoles se formen en el extranjero?***

**Tomás Palacios:** Es fundamental adquirir nuevas perspectivas. Conocer cómo se trabaja en instituciones de otros países es muy bueno para abrir los ojos y descubrir cosas nuevas. Cosas que se hacen muy bien en el extranjero y otras que no se hacen tan bien. Siempre se aprende. La fuga de cerebros no debe entenderse tanto como un problema por el hecho de que se vayan. El problema es que no existan mecanismos para incentivar el regreso. Ahí es donde hay que introducir becas, apoyos... para convencer a los que se han ido de las posibilidades que ofrece un país como España.

**Pablo Jarillo-Herrero:** Uno tiene que ir en cada momento al lugar donde, según sus posibilidades, pueda desarrollar mejor sus capacidades. Un estudiante brillantísimo, con ambición, debería intentar trabajar en los mejores centros. Hoy por hoy, los mejores

institutos en todos los campos están fuera de España, aunque haya campos de especialización de muchísima calidad en nuestro país.

**Tomás Palacios:** Pero incluso si uno está en el mejor centro del mundo, pasar una temporada en otro sitio resulta una experiencia muy enriquecedora. En el MIT solemos recomendar a los estudiantes que hagan el doctorado en otras universidades para que descubran por sí mismos otros centros de investigación.

***A propósito, ¿cómo llegaron al MIT?***

**Pablo Jarillo-Herrero:** Tras estudiar la carrera de Físicas en la Universidad de Valencia, hice un máster en la Universidad de California (San Diego), un doctorado en Holanda, y un postdoctorado en Columbia (Nueva York). Ahí me contactaron del MIT por si quería solicitar una plaza. Competí con el resto de candidatos y, finalmente, fui aceptado.

**Tomás Palacios:** En mi caso, estudié Ingeniería de Telecomunicaciones en la Universidad Politécnica de Madrid. En 2002 me trasladé a Estados Unidos para estudiar un doctorado en ingeniería electrónica en la Universidad de Santa Bárbara (San Diego), y en 2006 me incorporé al MIT para dirigir mi propio grupo de trabajo en materiales semiconductores y electrónicos.

***¿Qué diferencias encuentran entre estos centros extranjeros y los que conocen de España?***

**Tomás Palacios:** Estudiantes y profesores brillantes los hay en todas partes. En mi promoción de la Uni-



**Tomás Palacios:** "No es un problema que los investigadores se marchen fuera a conocer otros lugares. El problema es que no haya mecanismos para incentivar su vuelta"

versidad Politécnica de Madrid había gente sobresaliente. Los estudiantes del MIT están convencidos de que pueden cambiar el mundo. Luego, a la hora de la verdad, lo cambiarán o no. Ese espíritu falta en muchas universidades y centros españoles. Esa es la diferencia con los estudiantes de España. Nuestras instituciones tienen que transmitir a los jóvenes que viven en una época realmente importante y que tienen todas las posibilidades para hacer de su vida lo que quieran.

**Pablo Jarillo-Herrero:** Estoy de

acuerdo. En Estados Unidos se apuesta por el talento joven. A mí con 30 años me dieron una cantidad de dinero muy importante para investigar. No tenía un jefe por arriba diciéndome lo que tenía que hacer. Confiaban plenamente en mi capacidad para gestionar ese fondo, para crear un equipo de trabajo de alto nivel y luego, al final como es lógico, me pidieron cuentas. Algunos amigos míos que trabajan en España se quejan de la falta de fondos necesarios para desarrollar su investigación o de un jefe que les impide rea-

lizar ese proyecto... Esto no ocurre en Estados Unidos. Allí nadie limita tus ambiciones. Es un país más individualista, lo cual tiene aspectos positivos y negativos.

**¿Y qué hubiera pasado si hubieran fracasado en su proyecto?**

**Pablo Jarillo-Herrero:** Me hubieran despedido. Después de siete años con el proyecto, el curso pasado tuve que superar una evaluación muy dura. Si no lo hubiera conseguido, me habrían dado un año para buscarme otro trabajo.

**Tomás Palacios:** Entre el 60% y el 80% de los investigadores, al cabo de los años, se tiene que ir y eso no supone ningún trauma. Los criterios son muy claros. No hay nadie más interesado en el éxito propio que uno mismo.

**¿Hay presión por parte de los responsables de los centros de investigación para obtener resultados?**

**Tomás Palacios:** Cada disciplina es diferente. En el MIT, cuando te evalúan, tienen en cuenta el campo y la disciplina en los que trabajas. No es lo mismo dedicarte a la Física básica o a nuevos materiales, que a una actividad más cercana a la industria. La clave no está en establecer patrones de ciencia básica o aplicaciones, sino en entender los distintos campos, comprender la definición de tener impacto científico y perseguir la excelencia en cada disciplina.

**Pablo Jarillo-Herrero:** Ellos eligen a las 20 personas más prestigiosas en tu campo y les preguntan: ¿qué ha conseguido este candidato en siete años? Esas personas tienen que tener una

buena opinión de lo que has hecho para que tu proyecto siga adelante.

**Recientemente visitó la Fundación Ramón Areces el presidente del Instituto Weizmann de Ciencias de Israel, Daniel Zajfman, quien alentaba a no presionar a los científicos en la obtención de resultados inmediatos...**

**Pablo Jarillo-Herrero:** Cuando el éxito se mide por el número de publicaciones uno se preocupa por escribir muchos artículos, con resultados relativamente incrementales que no son grandes resultados. Sin embargo, en los centros de prestigio se mide más la calidad del trabajo y de los resultados que el número de publicaciones. Lo que se evalúa es la excelencia y la calidad frente a la cantidad. En un proyecto de siete años, que puede llegar a durar veinticinco, se debe juzgar si el progreso logrado es destacable o no.

**España ha pegado un salto importante, situándose en la décima potencia en producción de trabajos. ¿Dónde estamos realmente en calidad? ¿Debería de primar más esa calidad?**

**Tomás Palacios:** Resulta muy difícil generalizar porque cada campo es diferente. Estoy de acuerdo con Pablo. Creo que medir la producción científica de un país o de un instituto por el número de artículos publicados no es demasiado útil. Deberíamos preguntarnos cuál es el impacto que ese trabajo está teniendo en la ciencia, en la ingeniería, en la comercialización. En el área del grafeno, España está

situada en primera línea. Depende de todos nosotros y de la sociedad aprovechar esa buena posición inicial para que una vez que los materiales bidimensionales y el grafeno maduren y den beneficios a las empresas, España sea capaz obtener el mayor rendimiento posible.

**Pablo Jarillo-Herrero:** Que no haya ninguna universidad española entre las 100 mejores del mundo y, sin embargo, países más pequeños, como Suiza o Reino Unido, sitúen a varias universidades en el *ranking*, debería ser motivo de reflexión. Se pueden criticar los criterios de elaboración de los *rankings*... pero, lo cierto, es que en ninguno aparecemos entre las 100 mejores. En nuestro país existen pequeñas islas de excelencia y del máximo nivel, pero no hay ninguna universidad, en la que de manera global, se apueste por la excelencia. Debemos ser conscientes de esa realidad, asumirla y analizar cómo mejorarla. Los pasos están claros, pero muchas veces las universidades y los rectores tienen miedo a reconocer la situación. Creo que es necesario ser autocríticos, porque la autocrítica te ayuda a avanzar y a mejorar.

#### **¿Cuáles serían esos pasos?**

**Pablo Jarillo-Herrero:** Apostar por el talento joven, por la excelencia y por la meritocracia. Hay que copiar a las mejores universidades. De los 10 primeros centros del mundo, ocho son de Estados Unidos y dos, ingleses. Muchos estudiantes de doctorado y *postdocs* han pasado por ellas y saben cómo se hacen las cosas allí. Muchas veces no es una cuestión de recursos. Hay universidades españolas que



**Pablo Jarillo-Herrero:** "En centros de prestigio el éxito de las investigaciones no se mide por el número de publicaciones, sino por el impacto real y la calidad de esos resultados"

cuentan con mejores aparatos de investigación que el MIT, pero el problema está en la gente. Si apuestas por la excelencia, y no por los amiguismos ni el nepotismo, se consiguen centros excelentes. En España hay centros muy concretos con un reconocimiento internacional extraordinario, como el Instituto de Ciencias Fotónicas de Barcelona (ICFO). En diez años, se

**Tomás Palacios:** "En el campo del grafeno, España está situada en primera línea. Hay que aprovechar esa posición"

ha convertido en un instituto puntero, con investigadores internacionales. Si se pudiera replicar ese modelo en la universidad, tendríamos un campus entre los 50 mejores del mundo. Hay que ser valiente y proponerlo.

**Tomás Palacios:** En el MIT, el porcentaje de profesores y alumnos estadounidenses es muy bajo. En el ICFO, el porcentaje de españoles es muy bajo. Es fundamental establecer mecanismos para atraer a los mejores científicos, españoles, o no.

**Los ponentes del simposio sobre los materiales bidimensionales celebrado en la Fundación Ramón Areces comentaban que los investigadores que están trabajando en este campo del grafeno pertenecen a su generación, pues este material se descubrió hace 10-15 años.**

**Pablo Jarillo-Herrero:** Efectivamente, se trata de una generación joven. Pero también tenemos a uno de los grandes expertos mundiales en este campo, Francisco Guinea, que pertenece a otra generación. Ha habido investigadores de otras generaciones anteriores a la nuestra que han sabido engancharse a estos proyectos.

**Ustedes trabajan conjuntamente y en colaboración, uno dedicado a la**

**ciencia aplicada y otro a la básica. ¿Cómo es ese trabajo? ¿Cómo se entienden?**

**Pablo Jarillo-Herrero:** Recuerdo un proyecto que fue interesante en el que teníamos a dos estudiantes trabajando conjuntamente (uno de Tomás y otro de mi equipo) en el que demostramos de una forma simple que los dos iban en la misma dirección. Publicaron dos artículos en los que se cruzaron las firmas. Hay que reconocer que no siempre ocurren esas sinergias.

**Tomás Palacios:** Donde la colaboración puede resultar más exitosa es a la hora de discriminar tecnologías. El equipo de Pablo está trabajando al máximo nivel, pero es justo decir que el 90% de su investigación nunca va a tener un impacto directo o una repercusión directa en aplicaciones comerciales. Nosotros intentamos estudiar ese 10% restante en el que los resultados tienen una probabilidad mayor de ser útiles en aplicaciones.

**¿Podemos empezar a considerar el grafeno la piedra Rosetta de los materiales?**

**Pablo Jarillo-Herrero:** No lo llamaría piedra Rosetta. Es el primer material bidimensional que estudiamos y que ha servido de ejemplo para posteriores materiales de este tipo. Hemos

aprendido cómo investigarlo, cómo mejorarlo y ahora todas esas recetas se están copiando para otros materiales. Gracias al grafeno estamos avanzando en el resto de materiales.

**Tomás Palacios:** No sería la piedra Rosetta pero sí la primera letra del alfabeto.

***¿Y qué podemos esperar de aquí a diez años del grafeno y del resto de materiales bidimensionales?***

**Tomás Palacios:** Es una pregunta muy difícil. No creo que nadie en la historia de la tecnología haya podido predecir el futuro de esa manera. Cuando se descubrió el primer transistor de silíceo, los inventores no fueron capaces de decir lo que iba a permitir (Internet, telefonía inalámbrica...) Es imposible predecir el futuro a 20 o a 30 años vista. Quizás a 5 años, pero la bola de cristal no es muy cristalina. Eso es así porque estamos muy influidos por lo que vemos a nuestro alrededor. Nuestro subconsciente está inspirado por las aplicaciones que conocemos en el presente. Igual de difícil fue predecir la revolución biotecnológica en la que nos encontramos o lo que ha supuesto Internet. Las aplicaciones del grafeno pueden estar de una u otra manera relacionadas con cosas que vemos. Formará parte de todo tipo de objetos como mesas o ventanas, hará que los GPS funcionen en túneles y edificios, será útil para cámaras de visión nocturna... Todo ello puede verse en un horizonte de cinco u ocho años. Pero, más allá, el grafeno puede permitirnos generar un nuevo microsistema más cercano a las células biológicas. Estamos trabajando en células artifi-



ciales del mismo tamaño que nuestras células pero con grafeno.

**Pablo Jarillo-Herrero:** Al inventor del láser le dijeron que su descubrimiento no serviría para nada, que era algo muy bonito, pero que se dedicara a otra cosa. Y ya ves, ¿dónde estaríamos hoy sin el láser? Cuando se inventaron los relojes atómicos más precisos, la gente no se podía imaginar que eso iba a permitir los GPS o que podríamos localizar desde satélites cualquier cosa en la Tierra con dos centímetros de exactitud... ¡Es tan difícil predecir lo que sucederá...! Normalmente de lo que nos acordamos es de aquellas aplicaciones y revoluciones que son radicalmente distintas a las que había antes.

**Tomás Palacios:** Lo que provoca una revolución es la intersección de dos tecnologías revolucionarias. Casi seguro que el grafeno por sí solo va a tener importancia, pero el grafeno unido a otra cosa que se está desarrollando en paralelo va a cambiar nuestra sociedad. El láser semiconductor necesitó que se descubriera la fibra óptica y que se necesitara un

**Pablo Jarillo-Herrero:** "Las instituciones privadas son mucho más flexibles a la hora de destinar recursos para la investigación"

**Tomás Palacios:** "Lo que provoca una revolución es la intersección de dos tecnologías revolucionarias"

láser para mandar la información por la fibra óptica. Eso es lo que ha posibilitado la telefonía móvil, Internet...

**Ya hay una hoja de ruta para la industria... ¿Qué pasos se están dando?**

**Pablo Jarillo-Herrero:** Debemos empezar a diseñar ya esa hoja de ruta aunque todavía no sepamos cuál va a ser la aplicación revolucionaria del grafeno. Si no se hubiera seguido investigando con el láser no se hubiera complementado con la fibra óptica, que llegaría más tarde. Las dos tecnologías podían haber muerto. Hay que seguir trabajando. Seguir ampliando la frontera del conocimiento y la tecnología y esperar a que llegue ese estudiante, seguramente muy joven, que dé con la idea genial de cómo hacer las cosas, y que coincida con otro estudiante –seguramente también joven– en otro sitio, con otra idea genial y que salte el bombazo. Todo eso te tiene que pillar trabajando. Debajo de la palmera no ocurren estas revoluciones.

**Tomás Palacios:** Las hojas de ruta siempre son útiles si se dibujan con

lapicero, que puedas borrar y corregir según avanza la investigación.

**La relación del MIT con la Fundación Ramón Areces. ¿Cómo valoran ese esfuerzo de instituciones como la nuestra que se acercan al MIT? ¿Qué podríamos hacer para fomentar aún más la investigación científica?**

**Pablo Jarillo-Herrero:** El MIT mantiene relaciones de colaboración con muchas instituciones privadas. Este tipo de filantropía es habitual en Estados Unidos y permite la existencia de centros de excelencia. Yo hice un postdoctorado gracias a la Fundación Ramón Areces, por el que estoy muy agradecido. Hace falta más apoyo por parte de instituciones privadas, mucho más flexibles a la hora de destinar recursos para la investigación que los organismos públicos. Hace unos años, la Fundación Moore, creada por uno de los fundadores de Intel, desarrolló un programa de apoyo en ciencia física básica para la investigación en nuevos materiales. Este programa duplicaba el presupuesto anual del Gobierno de Estados Unidos en ese

campo. Si esto lo hubiera hecho el Gobierno, no lo habría podido hacer tan rápido y apostar por la excelencia de una forma tan focalizada como lo hizo la Fundación Moore en este caso. Estas instituciones también tienen un papel muy importante en proyectos de investigación como los de enfermedades raras, que interesan poco a las compañías porque no van a obtener beneficios por resolver un problema que solo afecta a mil perso-

nas. Hay mucha gente en España con recursos que si los dedicara a ciencia básica obtendría mayores beneficios para la sociedad que los que obtiene en otros campos.

**Tomás Palacios:** Nosotros como españoles estamos muy orgullosos de la colaboración entre la Fundación Ramón Areces y el MIT. Haremos todo lo que podamos y un poquito más para que ese apoyo repercuta en la sociedad española.



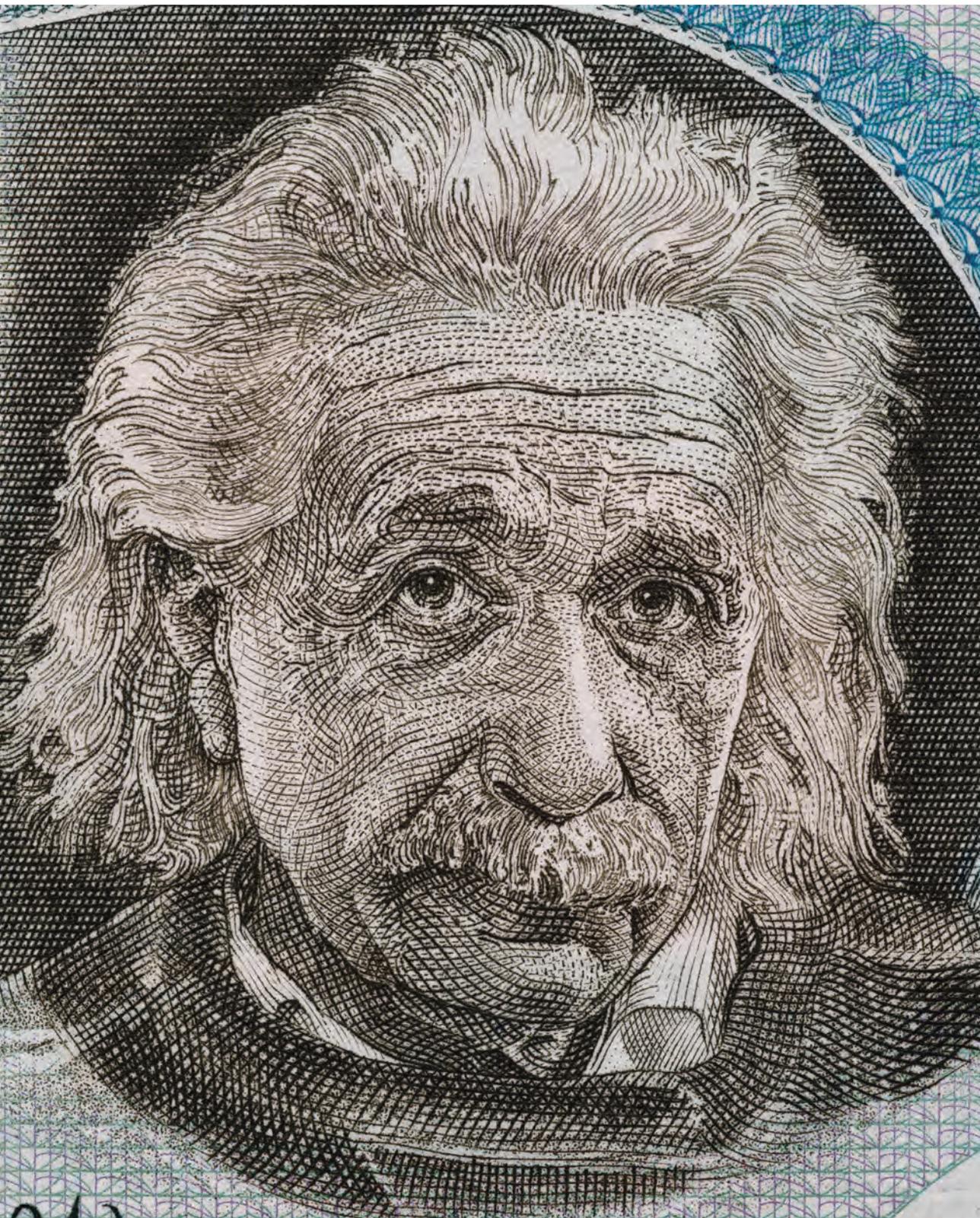
#### **Tomás Palacios**

Nacido en Jaén en 1978, Tomás Palacios se convirtió en 2006, con tan solo 28 años, en uno de los docentes más jóvenes en la historia del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Allí impartió clases como profesor asociado de ingeniería electrónica y lidera un equipo en investigación aplicada de nuevos materiales bidimensionales como el grafeno. Ingeniero de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Madrid, es doctor en Telecomunicaciones y en Ingeniería Eléctrica. Entre otros reconocimientos, se encuentra el Presidential Early Career Awards for Scientists and Engineers, que está considerado el galardón más importante dirigido a investigadores jóvenes que entrega el Gobierno de Estados Unidos.



#### **Pablo Jarillo-Herrero**

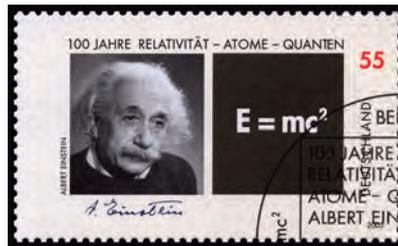
Pablo Jarillo-Herrero (Valencia, 1976) llegó al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en 2008 para dar clases como profesor de Físicas y liderar un equipo de trabajo en ciencia básica sobre nuevos materiales bidimensionales como el grafeno. Antes, había pasado por la Universidad de Valencia, donde estudió la carrera de Físicas; por la Universidad de California (San Diego), donde realizó el doctorado; por la Delft University of Technology, donde hizo un postdoctorado becado por la Fundación Ramón Areces; y por la Universidad de Columbia en Nueva York. Entre otros premios, podemos recordar el NSF Career Award (2008), el Alfred P. Sloan Fellowship (2009), el David and Lucile Packard Fellowship (2009) y el Presidential Early Career Award for Scientists and Engineers (PECASE, 2012).



# THE ENDURING LEGACY OF **ALBERT EINSTEIN**

Por DAVID GROSS

*Premio Nobel de Física en 2004*



*En el marco de la celebración de los 100 años de la Relatividad General el profesor David Gross, Premio Nobel de Física en 2004, fue invitado por la Fundación Ramón Areces y la Real Sociedad Española de Física para hablar del legado de Einstein. La revolución einsteniana cambió para siempre la forma en que concebimos el espacio-tiempo y todavía conforma la investigación actual en la frontera de la Física fundamental y de la Cosmología.*

## *If it had not been for the war, the astronomers would have said, "Ah! Einstein was wrong"*

Albert Einstein is a hero to many of us. To me, as a child, the story of his contributions was an enormous inspiration. Over the years, Einstein made for me, personally, a transition from a god-like figure to a colleague. I continually read about Einstein, his works, his letters, his papers, and the more I learn about him, the more I feel that he is one of us: a theoretical physicist and a colleague more than a god, but a colleague with extraordinary capabilities and extraordinary influence on the history of science.

In 1905 he published five papers, three of which totally changed physics. One proved the existence of atoms, by providing an undeniable proof with the explanation of Brownian motion. One, for which he won the Nobel Prize, explained the photoelectric effect. Using Max Planck's the idea of quantized energy packets to show that if light consists of particles, photons, you could explain the photoelectric effect. And finally, the one for which he is most famous was special relativity.

Special relativity was a new view of mechanics and of the theory of electromagnetism that was not so much new physics, but a new way to visualize and think of space-time and the symmetries of nature. What Einstein really did in that famous paper, theory of special relativity, was to revolutionize the way we think of symmetry. His great advance was to put symmetry first, and to regard principles of symmetry –the invariance of the laws of physics under various transformations like rotations or translations– as the primary feature of nature that constraints the allowed dynamical laws.

Faraday and Maxwell in the 19th century explained electricity and magnetism. The culmination of that was Maxwell's theory of electromagnetism, which introduced the concept of a field that permeates space and which obeyed specific equations. Einstein's theory of special relativity was embodied in those equations, but nobody recognized that. What Einstein showed was that the transformation properties –the properties of the electromagnetic field– were not to be derived from Maxwell's equations, as most of the great physicists of the time thought, but rather were consequences of an underlying deep symmetry that largely dictate the form of the equations. After Einstein, physicists began to operate on the presumption that first come symmetry and then dynamics consistent with that symmetry –some profound change of attitude.

The great physicists of that age recognized this revolution, though to some extent they thought Einstein cheated. He was assuming the underlying properties of space and time and the symmetries of space and time, which they were trying to derive from Maxwell's equations. This change of attitude forever changed the way we think of symmetry and nature, and much of the progress in fundamental physics over the last century has been expanding our notions of the symmetries of nature. Einstein introduced what we call Lorentz's equations, because Lorentz had derived these symmetries from Maxwell's equations. Einstein put them first. They predicted later, with quantum mechanics, the existence of antiparticles and antimatter. The symmetries of flavor, of the basic constituents of matter, led the way to the standard model



David Gross

of particle physics, which is based on local gauge, or so called gauge symmetries.

The other contribution, in 1905, which was profound and amplified by mathematicians shortly after, was the unification of space and time. Space and time are the most fundamental of our physical constructs, the framework in which we describe physical reality, but space and time are very strange concepts. They are not things that you directly feel or observe, if you think about it. And if you ask yourself, "When did I learn about space and time?" You will realize that all of us constructed a model, a very simple model of physical reality, when we were infants as our brains were developing. In order to crawl across the room and get the toy on the other side, we learned to represent the world in terms of positions of objects in space and we learned that things change in time. But space and time, until Einstein, were separate. And in this special theory of relativity, space and

time were, in effect, unified into space-time. Most importantly, Einstein explained that in this way of looking at space and time, there is not an absolute notion of simultaneity.

Before Einstein, there was the idea that time existed in the same form everywhere in the universe and that given two events one was in the past, one was in the future, one was perhaps now. But that notion disappeared with special relativity where you can have two events, A and C –those are events, things that happened at a given place or a given time– and is meaningless to say that A happened before C or A happened after C. Different observers would observe that C happened first and then A, or other observers see that A happened first and then C. For some events which cannot communicate, because nothing can communicate faster than light, there is an absolute limit on the velocity of propagation of information, and there is no meaning to simultaneity, a profound change on our notion

of time and space. We continue to revise, to be forced to revise, our notions of space and time. For example, today one of the main questions facing particle physics is if there are new symmetries of space and time. And new symmetries have been invented or discovered on our theoretical framework and speculated on by theorists for the last few decades. The most exciting of which go under the name of supersymmetry, which are transformations or rotations in what we call super-space, which is a space with extra-dimensions of a strange form that you measure with coordinates that are not ordinary numbers but anti-commuting numbers and the multiplication law depends on the order of multiplication. And that has a beautiful generalization of ordinary space and a generalization of ordinary theories that combines and unifies particles of different nature and which we are looking to discover at the LHC (Large Hadron Collider) at CERN in Geneva, and might be discovered any day now.

### **What happens if you suddenly move the sun?**

In 1905, after Einstein's success in re-expressing the theory of electromagnetism as a consequence of the deep symmetries of space and time, there were two outstanding issues, one of which was evident to all the theoretical physicists who observed Einstein's new way of looking at things, and that was how to reconcile Newton's theory of gravity with special relativity. Special relativity said that signals cannot propagate faster than the speed of light. In Newton's theory of gravity, the Earth orbits around the sun because the sun exerts a gravitational pull on the Earth –it keeps it in orbit. What happens if you suddenly move the sun? First, the Earth will change because the distance between the Earth and the sun will change. But how long will it take for the Earth to know that? In Newton's theory, that occurs immediately. That is in complete contradiction

with Einstein's theory of special relativity which says that no information –the position of the sun– can be transmitted instantaneously. It has to be transmitted with the speed of light. Newton's theory of gravity and Maxwell-Faraday's theory of electromagnetism contradicted each other. They could not both be right. This was understood by all the physicists of the time and many people tried to reconcile Newton's theory of gravity with special relativity. Einstein, of course, knew that and was motivated to reconcile this contradiction, but he had another goal in mind after 1905, and that was to extend his principle of relativity to accelerated observers.

Einstein's theory of special relativity was not based on Galileo's principle that two observers, two physicists, one at rest and one moving in a train with constant velocity see the same physical phenomena. There is no preferred observer. Any observer moving at a constant velocity cannot tell whether he is moving, he gets the same result as if he was at rest in a room. But what does it mean to be at rest with respect to what? The principle of special relativity was based on that idea and the finite propagation of signals, the finite velocity of propagation of signals. But Einstein did not like the fact that there was something special about observers moving at a constant velocity with no acceleration. He wanted to extend the principle of relativity to accelerated observers. This was its own special goal, not shared by others who were more concerned with this contradiction. Many people tried to solve the first problem, but Einstein was concerned also with the second issue. And already in 1907, he wrote the fundamental paper on his theory of gravity, which took another eight years to complete, where he argued that the principle of relativity should apply to systems that are accelerated with respect to one another.

Now, that is not obvious at all because when you are accelerated –when the train hits

another train and rapidly comes to rest— you know that you have been accelerated. You feel a force. You feel something when you are accelerated. The reason he felt that this might be correct is based on a principle which he realized was the secret to gravity at this point in time: the principle of equivalence. The principle that gravitational mass and inertial mass are identical. This is not an easy principle. In fact, if we go back in history to Aristotle, Aristotle was convinced that heavy bodies fall faster than light bodies. If you drop a piece of iron and a feather, obviously the feather comes down slower. Children usually believe Aristotle, and Aristotle was not really a scientist in the sense that he did not subject his obvious thoughts to experimental verification. But he believed that heavy bodies fall faster. Galileo, who was perhaps the first true physicist in a modern sense, disagreed. There is this story everybody has heard, but historians do not believe, that Galileo discovered that all bodies fall with the same acceleration by dropping bodies from the Tower of Pisa. Galileo was a great experimentalist but an even greater theorist. And in the Dialogue of the Great Two Systems of the World—which is a wonderful book—he explains this to Simplicio, and Simplicio says, "Did you actually do the experiment? Did you actually drop these bodies and verify that all bodies fall with the same acceleration?" And as an arrogant or a very good theoretical physicist, Galileo said, "No, and I do not need too. As without any experience," which he meant experiment, "I can affirm that it is so because it cannot be otherwise."

### **Einstein knew this, of course**

Let's assume that we had taken a heavy body, a heavy piece of iron, and a smaller lighter piece of iron or anything else and we drop them. According to Aristotle, the heavy body will fall with a bit larger acceleration, will reach the ground first. Then Galileo said, "Well, let's make out of this heavy object and this light

object, put them together, glue them together and make what we call a heavy-light object. Now what will happen?" Well, Aristotle would say, "Look, this is heavier. The heavy body falls faster than the light body. But the light body is falling slower, so it will hold the heavy body back and they will compromise. And what will happen will be somewhere in between." "But then," says Galileo, "let's just erase this line and regard this as an even heavier body. Well, it should then fall the fastest." This is inconsistent unless all bodies fall with the same acceleration, in which case it doesn't matter whether you put them together. That argument that all bodies therefore must fall at the same acceleration is pretty convincing, otherwise you would arrive at this contradiction. So Galileo's principle, which he enunciated in The Dialogues, was that all bodies fall at the same acceleration or in modern terms you would say that the gravitational mass on which gravity pulls is the same as inertial mass, which retards acceleration. Therefore, ratio is one and all bodies will fall with the same acceleration.

This principle—the principle of equivalence of gravitational and inertial mass—was well known to Newton when he formulated a theory of gravity. I do not know that he fought very deeply about why that had to be, but it was true and it has now been measured to be true to one part in a trillion. It is amazing! The history of physics goes along with measuring and testing our ideas, sometimes to one part in a trillion. Newton knew this from Galileo, and he did himself experiments to test the equivalence principle to one part in a thousand. Then Bessel and Eötvös, in modern times Dicke and others, also tested this principle. Einstein knew this, of course, but he recognized that this must hold the secret to gravity. Why should the thing that gravity acts on and the inertia mass of an object be the same to such a large accuracy? And then in 1907, he describes sitting at his desk at the patent office where he worked at, and thinking and dreaming, suddenly having an idea. This

## *Einstein actually never accepted the final theory of quantum mechanics, and believed that his approach to deducing gravity from classical considerations would prevail*

idea is usually called nowadays the elevator thought experiment. Einstein liked thought experiments that he could perform in his head, much like Galileo did in his head. Although actually Einstein said, "What happens if a man falls off the roof and does an experiment—some kind of physics experiment—as he is falling freely in space?" He argues that in that case, the man will not feel gravity. "Well, if I drop this and I'm falling in the elevator, I am falling and this pointer is falling, what I see is that the pointer doesn't fall with respect to me. We are both falling with the same acceleration. Therefore, I say that there is no gravity acting on me. Conversely, if I am accelerated upwards in an elevator, all of you must have felt this, you feel that there is an extra force in acceleration on you compared to when you are at rest".

So Einstein's thought experiment was to consider two systems; the elevator side going up (S1), being accelerated up or a rocket being accelerated up, and an observer in space (S2), away from the Earth, with no gravity at all. Just the rocket being accelerated up and an observer at rest on the ground in an almost uniform gravitational field, the gravitational pull of the Earth. So, S1 was accelerated upwards with acceleration  $G$ . S2 is at rest, but in a field which gives an acceleration downwards of minus  $G$ . What Einstein said was, "As far as we know, the physical laws with respect to S1 do not differ from those with respect to S2, based on the fact that all bodies are equally accelerated in the gravitational field." "At our present state of experience, we have no reason to assume that these systems differ from each other in any respect and in the discussion that follows, we shall assume the complete physical equivalent

of the pull of gravity, a gravitational field, and a corresponding acceleration of the reference system." This was in this paper in 1907. This is the famous equivalence principle, and Einstein said, "This was the happiest thought of my life," because he realized at that point that this had to be the secret to gravity. This had to be also the secret to comparing of observers that are accelerated with respect to one another. And from 1907 forward, he tried to deal with those two problems of constructing a relativistic theory of gravity and of extending his principle of relativity to all observers, not just those moving with constant velocity, and never deviated from that path.

Other physicists trying to construct a relativistic theory of gravity knew about the equality of gravitational or inertial masses, but they did not regard that as so important. And they constructed relativistic theories of Newtonian gravity, but they were wrong. Einstein paid no attention to those attempts, except to say that they were wrong because they violated the principle of equivalence. Einstein's main feature as an amazing scientist was his stubbornness and his ability to recognize the important clues that turned out to be at the heart of new physics. And this was one of them. But the road he had to follow to the final form of this theory was very long and difficult with many wrong turns and mistakes and failures.

The equivalence principle and this approach to explaining gravity were formulated in 1907 and, until 1912 he was not sure how to extend it beyond constant acceleration and homogeneous gravitational field. That

was not easy and he only, in 1912, realized that the dynamics here must be described by the fabric, the metric, of space-time. That was a revolutionary idea, but it was very difficult to incorporate that in correct mathematical form. It did not happen until November 1915, when he finally arrived at Einstein's equations that describe Einstein's theory of general relativity, the equivalence, in some sense, of all observers and the dynamics of gravity.

In November of 1915, Einstein presented four or five papers to the Prussian Academy. Every week he would go to the Prussian Academy, by that time he was in Berlin, and each time he would present a paper. The third paper contains the final form of the equations. Einstein was always aware of experimental observations, measurements and facts, and it was absolutely crucial for him to try to test these ideas with observations. He already had proposed in 1907, based on the equivalence principle, that light would be bent by matter. That light passing by the star would be deflected. He predicted that stars close to the rim of the sun would be deflected by 0.87 degrees. That actually is wrong and was based on an incomplete understanding of his ideas. He was very lucky that World War I broke out in 1914. Because by 1914, people were already planning to measure the deflection of light that Einstein had predicted. In that sense, Einstein was lucky because, if it were not for that, the observation of a solar eclipse, the deflection of light would have shown that he was off by a factor of two. If it had not been for the war, the astronomers would have said, "Ah! Einstein was wrong." By the time he had published the right result, it would have been a correction.



David Gross

It would not have been as dramatic as it was when it finally was confirmed in 1919 after the war. This is the confirmation that made Einstein worldwide famous.

In November 2015 he was able to calculate, based on his new and final theory of gravity, the anomaly that had existed for a long time—more than 100 years—in the measurement of the advance of the perihelion, the orbit of Mercury around the sun, which disagreed with Newton's theory of gravity by a very small amount. Einstein knew, and everyone else—all other physicists—knew about this disagreement and there were many other attempts to explain it. Einstein had also calculated this advance of the perihelion of Mercury back in 1912 and got the wrong answer with a preliminary version

of his theory that wasn't satisfactory anyway. And in November, when he finally worked out the equation, he was able very rapidly to do the correct calculation right on the nose. And for him, that must have been an amazing moment and confirmation of his theory. So these were presented before he actually presented the final form of the equations. He also had another prediction, the redshift, the phenomena that the frequency of light is affected by the position in the gravitational field, so it can be different at different heights. That, of course, is the effect which is now necessarily used by our GPS systems, which otherwise would be off by quite a bit if they didn't incorporate this effect of the change in time or frequency in the gravitational field.

The first enduring Einstein's legacy is the fact that space-time is not just unified as in the special theory, but that it is dynamical. It is a physical object that responds to energy and matter, curves, and is a dynamical aspect of nature. The second is physical cosmology; the ability to describe the cosmos, the universe, as a dynamical object. And finally, Einstein's ultimate goal -unrealized yet- of a unified theory of all the forces. The first ingredient that was already there from the equivalence principle and in final form in Einstein's equations is the realization that space-time is dynamical. In a final formulation, it was the curvature of space-time, the bending of space-time -the way you would take a piece of paper that is flat and you bend it to form a sphere- that gives rise to gravity. So, in Einstein's version of gravity, mass or energy -for example the mass of the sun- curves space-time and the planets move in geodesics -move along curves of minimal length in curved geometry- which can be interpreted as moving in response to gravitational force. This theory of general relativity, or Einsteinian gravity, of course contains Newtonian gravity as a good approximation. That is why, when we send rockets to the moon, we do not have to use

general relativity. We use Newton's equations. Of course, one of Einstein's guiding principles was that whatever theory he came up, that embodied the equivalence principle and general relativity, must agree with Newtonian gravity in most ordinary situations, as it does. But it has new features.

Now, in Einstein's theory, if you shake the sun, the sun which curves space-time sets up a wave in space-time and that propagates the information to the Earth that the sun has moved. And some eight minutes later -which is how long it takes for the light, or for gravity waves, to go from the sun to the Earth- the Earth will change its motion. These gravitational waves are an essential ingredient of a theory of gravity that is consistent with the propagation of waves, of the influence of forces from one point to another. The history of gravitational waves is long -100 years long. They were hard to describe. At various points, some people argued that they do not really exist. Even Einstein was confused at times. As you all know, it is only this year that in a marvelous tour de force of experimental brilliance, gravitational waves have been directly observed by LIGO, an experimental set-up with two large interferometers located in Livingston (Louisiana) and Hanford (Washington) in the United States, which recorded last year what appears to be a violent event that happened 1.3 billion light years ago, when two black holes merged in a rather energetic merger and set off gravitational waves rippling through the universe. This is the waveform detected at the two LIGO sites in complete agreement with the calculations that were done essentially using Einstein's equations of what would happen when black holes collide a hundred years later. The first but not the last, just the beginning, of a gravitational wave detection which is going to give us a new way to see the universe not with waves of light, but waves of gravity, waves that ripple in the metric fabric of space-time.

## **It was only 100 years ago**

It was only 100 years ago, right after Einstein wrote down his equations, that a brilliant German mathematical physicist, Schwarzschild –who at that time was in the trenches in the eastern front and died shortly after of disease– found the first exact solution of Einstein's equations which describes the gravitational field outside a massive object but also predicts the existence of black holes. Black holes are essentially concentrations of mass that are so strong, so dense, that light cannot escape from them. It falls back. So they are black, at least classically. Einstein would not accept it, ever until his death. It is partly an illustration that even geniuses like Einstein, who could create new ideas, new theories, are not able to accept the consequences of their own deep discoveries. Astronomers resisted the idea of the existence of black holes. They said, "Well, we've never seen one." Of course, the black holes, by definition, cannot be seen so easily, but they exist. Nobody has seen a black hole, but they are now recognized to be real astrophysical objects and, from a theoretical point of view, even more interesting subjects of thought experiments of the type that Einstein loved so much. Especially after Stephen Hawking realized that in quantum theory, black holes must radiate.

Black holes are now accepted by everyone, including astronomers, to be abundant throughout the universe and detected. You can see them indirectly. There are pictures of the Milky Way as seen in the infrared with orbits of stars going around a point which is pretty black, nothing is coming out of that point, no radiation, and you can use this to measure the mass of the black hole at the center of our galaxy –which weighs about a million times the mass of the sun. There are also the nuclei of gamma ray bursts –intense bursts of radiation– that we believe are formed by black holes, which are attracting matter from an accretion disk. It is now believed that every

galaxy has a big black hole at its center and now with LIGO and instruments like that, we are in a position to observe black holes coming together –smaller black holes– throughout the universe. But black holes are very strange objects. Classically, in Einstein's theory, if you drop something into a black hole, you lose all information about it because nothing can come out of the black hole. Nothing can escape, and that is problematic. In quantum mechanics, it means that if you drop these objects together, which are coherently superimposed, and you lose information about what happens inside the black hole, you lose information.

One of the most fundamental principles we have always believed in physics is that you do not lose information. You could of course take a book, for example, burn it and think the information is lost, but not really. If you are very careful, you could collect, the emitted flames of light and ashes and, using the laws of physics, reconstruct the book and the information that it contains. But black holes seem to be, by definition, places where information is lost. And, for many, many years, this situation has posed as one of the biggest conceptual challenges to physics. Is information lost? And what happens if Hawking is right and black holes emit thermal radiation and disappear? Then you have just simply lost information, which contradicts one of the basic principles of quantum mechanics. Then there is the other challenge that physics has been facing since quantum mechanics came along because, somewhat like Newtonian gravity and special relativity, you have two separate physical phenomena that seem incompatible: Einstein's theory of gravity and quantum mechanics.

Einstein actually never accepted the final theory of quantum mechanics, and believed that his approach to deducing gravity from classical considerations would prevail. Well, we do not believe that. Einstein was wrong, but completely understanding the quantum

features of gravity remains a challenge. And it is even worse than just reconciling them. Quantum fluctuations are quantum effects of space-time. In Einstein's theory, the dynamical object is space and time itself, and we say that those effects are enormously big if you get down to the scale where gravity becomes a strong quantum force. So, most of us believe that we must go beyond Einstein's theory. Einstein himself believed that we must go beyond

know the history of the universe. But he knew that his theory was a theory of space-time, so it had to apply to the universe as a whole. And he was very worried that his beautiful theory would fail because nobody before that was able to address this question. He immediately tried a year later –99 years ago– and he wrote to Ehrenfest in February 1917, "From the standpoint of astronomy, I have erected a lofty castle in the air. For me, though, it was a

burning question whether the relativity concept can be followed through to the finish or whether it leads to contradictions. I am satisfied now that I was able to think the idea through to completion." He constructed a model of the universe. "That was reasonable," he thought,

*Black holes are now accepted by everyone, including astronomers, to be abundant throughout the universe and detected. You can see them indirectly*

Einstein's theory. Einstein was convinced and wrote about this quite often that his equations will not remain forever. In physics, nothing specific remains forever. All theories are going to be so far, maybe forever, part of yet bigger and better theories. But Einstein's discovery that space and time itself are dynamical raises the question that we now face about what the real nature of space and time is.

"without encountering any contradictions. Now I am not longer plagued by the problem, while previously it gave me no peace." He was really worried that his theory could fail because, when applied to the universe, it would give nonsense. To Ehrenfest he wrote, "I have perpetuated something again in gravitation theory, which exposes me a bit to the danger of being committed to a madhouse."

### **The second Einstein's legacy**

The second Einstein's legacy is physical cosmology. Before Einstein's cosmology, theories of the universe were the realm of religion and philosophy. They were not scientific. We had no way of addressing the universe by measurement or observation and no theoretical apparatus to do so. But as soon as Einstein formulated the theory of dynamical space-time, the history of the universe became the subject of physics. And for Einstein, this was a source of deep concern because he wanted to understand how apples fall and planets revolve around the sun. He really wanted to

Until that point in time, there were some attempts to construct theories of cosmology but they were based on very little that made sense. That was 100 years ago. Today, we have an amazingly successful quantitative description, measurements, observations and theory of the history of the universe from very early on through 13.7 billion years. We know the age of the universe better than to 1%. We can follow the universe as it develops and, during a period of rapid inflationary expansion, matter is produced, coalesces to form structures, galaxies and stars continue to expand perhaps in an accelerated way. Unbelievable! 100 years of physical cosmology

has given us an unbelievably precise and well-tested description of the history of the universe over 13.7 billion years. Of course, we have no idea how it all began. Some of the tools that have been used to explore this structure of the universe are actually based on another, smaller contribution of Einstein: the fact that matter bends light. You can use that fact to measure matter and use it to map out the distribution of matter in the universe.

So, Einstein was relieved by the fact that when he applied his theory, as we have done in the following 100 years to the study of the universe, it was not nonsensical, but it raised questions. Because if, following Einstein, one says the universe is the history of space-time, that means that history has some kind of beginning and if there is a boundary or an edge to space-time, there is a boundary and the end. In physics, at the fundamental level, there is no distinction between the past and the future. You can reverse the direction of time. We do not have a theory of the beginning; we do not have a theory of the end. Physics has never had to confront that question but now we do, and we do not even know what the rules are.

Einstein spent the rest of his life searching for a unified theory. He always regarded his specific theory as provisional. He looked for something much better, and he had certain goals in mind. One thing Einstein was fantastic at was his prose. He stated the goal, the ultimate goal of physics, better than anyone else has ever stated it. He said, "The supreme test of the physicist is to arrive at universal elementary laws of nature from which the cosmos can be built up by pure deduction." But even stronger, he said, "Nature is constituted so that it is possible to lay down such strong determined laws, that within these laws, only rationally, completely determined constants occur. Everything should be calculable. Nothing should be arbitrary." That is what he searched for, and he tried for 30 years. Einstein

was a brilliant, great physicist, but he also failed over and over again. He would send in papers, just like he did in 1915, every year or two announcing a new version of a unified theory, which was wrong. He never gave up. The same dogged, ambitious, convinced attempt that led to special relativity, general relativity, he applied to a unified theory.

Today, we have made enormous advances in understanding matter –the quarks and leptons, and the forces that act on these quarks and leptons aside from gravity. And we have this incredible theory that is unbelievably successful in explaining ordinary forces and atomic forces and nuclear forces and just about anything we have measured. The amazing thing about that theory is that it also suggests that these forces are unified together with gravity at this scale where space-time is fluctuating – space-time form– at the scale where gravity is strong. Unfortunately, that scale is far beyond present measurements, and we have no direct way of looking to see what goes on. Much like Einstein was faced with the inability to see gravitational waves for 100 years. So, you could not directly test his ideas except in a few cases. This is the difficulty of doing such explanatory fundamental physics. It is very difficult to go from large distances to small distances. The other way is what physics does; you understand what happens at small distances, you can go to large distances. It is very difficult to go from the standard model to the grand unified theory, which we suspect exists. If we had it, it would be easy to go in the other direction. But here, Einstein is a major source of encouragement and warning. He says, "The successful attempt to derive delicate laws of nature along a purely mental path by following a belief in the formal unity of the structure of reality encourages continuation in the speculative direction," which is what he did for 30 years. "The dangers of which, everyone who dares to follow it vividly must keep in sight", which is good warning.

*Einstein was the first and greatest, perhaps of all time, intellectual celebrities. That was partly because physics is so amazing. Astronomy attracts all of us*

One of the attempts in that direction that we have been following for years and years is called string theory, which arose as an attempt to actually explain the strong force between quarks, since they behave very much like fat strings we now understand. That led to string theory, the idea that the basic constituents of matter might be represented as strings instead of point particles. The amazing thing about string theory, or that approach to fundamental constituents of matter, was that it was discovered that closed strings described gravity. That was a very important clue in pursuing this ultimate goal of Einstein to unify the forces of nature - the forces that act between quarks and the force of gravity. It remains the best hope for understanding quantum gravity and, in fact, has succeeded in quantizing gravity. Many people say, "We don't know how to quantize gravity," but we do. We have a way of, at least for simple cases, understanding the quantum mechanical effects using string theory of gravity. And it has given us very important tools to understand both gravity and the non-gravitational forces.

We have now the ability to describe the same physics using strings on the one hand and, on the other hand, ordinary quantum mechanics or ordinary quantum theories like the standard model or like superconductors in ordinary materials. This duality has guided much of the research for the last 20 years and is beginning to address some of the deep conceptual issues like black holes. It turns out that black holes have an analog, in-ordinary nuclear physics. What happens, when you collide two nuclei together to form what is called a quark-gluon plasma is very similar –and that can be produced in the laboratory– to a black hole in curved space-

time. This has become the main tool for trying, on the one hand, to understand the properties of quantum gravity, and, on the other hand, trying to understand in detail the properties of complicated and novel phases of quark matter. It really has solved this question of information loss because this kind of duality relates the strange paradoxical properties of black holes to ordinary physics, which we understand much better. However, the deep issues of what is the nature of space-time remain. We suspect that many of the classical notions of space-time are bound to fail. We suspect that space-time –even dynamical, Einsteinian space-time– is a crude approximation to something underlying it. Space-time is emergent, gravity is emergent and we have many problems because space-time as such has always been such a fundamental ingredient of our picture of physical reality. So Einstein's legacy of dynamical space-time, physical cosmology and unified theory is a legacy that survives the particular equations that were written down 100 years ago as is illustrated by the questions we ask –what is space-time?– and which governs current investigation –what fixes the beginning of the universe, the initial state? And what fixes the dynamics?

Einstein was the first and greatest, perhaps of all time, intellectual celebrities. That was partly because physics is so amazing. Astronomy attracts all of us. We want to understand how the world works and we want to understand the history of the universe. But it is also because of historical circumstances. The Einstein's revolution that overthrew the Newtonian picture of the world happened right after World War I, and people were ready

for some great figure that was not political that offered hope for the future. But it was also because of Einstein and his character. He enjoyed the celebrity to some extent. He also used it, but he used it very well. He is of course an iconic figure. He is the model of what a crazy intellectual physicist is or should be. He traveled widely and met everyone, from Gandhi to Tagore to Chaplin. He also expressed himself and he is so much quoted because his quotations are so incredibly well written. Of course, he interacted continuously, writing often five, six postcards every day to his colleagues discussing the latest developments until he went off in his own direction towards the end of his life. He was worldwide famous in a way that no scientist ever was. And of course, he was deeply embedded in the politics and social movements of his time. He was a pacifist in Germany during World War I, and an outspoken pacifist. He was a democratic socialist, he was a Jew, and he was famously almost assassinated and then expelled from Germany.

There is a marvelous postcard showing Hitler expelling Einstein from Germany. Nazis were really proud of that. They were very disappointed they did not have a chance to do something worse to Einstein, who was abroad, when the Nazis took over and Einstein never came back, but they celebrated his expulsion from the Prussian Academy and from Germany in this postcard. He, of course, went to the United States and he was very involved in politics. He was not a naive person at all and used his celebrity for the causes he believed in including Zionism. He helped to found the Hebrew University. He was asked by Ben Gurion at the end of his life, a year before his death, to become the president of Israel on the death of Weizmann, the first president of Israel. He wisely declined. He is someone that, as a physicist, one can be very proud of such a worldwide celebrity, and was chosen by Time Magazine to be the Person of the Century in

Bio



**DAVID GROSS**

Es profesor de Física teórica y antiguo director del Instituto Kavli de Física teórica de la Universidad de California-Santa Bárbara. Ha sido una figura central en la Física de partículas elementales y de la teoría de cuerdas. Su descubrimiento de la libertad asintótica, con su doctorando Frank Wilczek, condujo a ambos a la formulación de la Cromodinámica cuántica, la teoría de la interacción nuclear fuerte. Esto completó el modelo estándar, que describe las tres fuerzas básicas de la Física de las partículas elementales: la fuerza electromagnética, la débil y la fuerte. David Gross recibió el premio Nobel de Física en 2004 junto con David Politzer y Frank Wilczek por ese descubrimiento. Ha hecho también contribuciones fundamentales a la teoría de supercuerdas, una floreciente estructura que introduce la gravedad dentro del esquema cuántico.

the year 2000. So I think that it is also a legacy that is worth remembering of how someone can use his fame and his celebrity to good ends throughout his life.





▲ が点灯したら  
ただちに使用を  
中止してください

cm  
inch



# **PARTICLE PHYSICS AND COSMOLOGY.**

## **USELESS BUT ESSENTIAL!**

Por SHELDON LEE GLASHOW  
*Premio Nobel de Física en 1979*



*Sheldon Lee Glashow, premio Nobel de Física en 1979, impartió la conferencia de clausura de un simposio de dos días –organizado en colaboración con la Academia Europaea y Ciencia Viva– sobre la figura de José Mariano Gago (1948-2015), físico que fue ministro de Ciencia y Educación en Portugal y promotor de la cooperación internacional en Física de partículas. A sus 83 años, Sheldon Lee Glashow demostró conservar una vitalidad, una oratoria y una didáctica de viejo profesor de la Universidad de Harvard. Utilizó la ironía e interpeló al auditorio continuamente como si fuera un grupo de alumnos escépticos sobre la utilidad de la materia que les estaba impartiendo. Aseguró que muchos de los avances en ciencia básica fueron considerados inútiles por muchos durante muchos años. Pero el tiempo ha dado la razón a esos científicos.*

## *The discoveries of particle physics are useless, but we would have waited much longer for electric motors, x-rays, and radios*

Particle physics and cosmology are generally regarded as useless sciences. The discovery of gravitational waves, for example, was a great discovery but gravitational waves will never be used for anything much except discovering sequences about the universe; they are pretty useless, but they are essential.

One of the things that José Mariano Gago was concerned about was the universality of science and of education. He was responsible for developing science education in Portugal, and he was certainly responsible for getting Portugal into CERN. There are 39 countries involved at CERN's ATLAS experiment, 44 at Fermilab, 43 at CERN's CMS experiment. Many, many countries collaborate with one another to do fundamental and useless experiments pursuing endeavors that will not lead to solutions to societal problems in any direct fashion. Professor Gago was also very much concerned with the development of science in general, but physics in particular in Europe. It was the Americans that dominated fundamental physics throughout the 1950s and 60s, and part of the 1970s. Europe, simply devastated by the war, could not afford to keep up with America. The French in particular were very upset that they could not make these discoveries because they could not afford to pursue research at that time.

However, over the past 50 years many things happened. In 1961 Spain joined CERN. Goldstone discovered Goldstone bosons; Cabibbo did his thing; Gâteaux proposed his theorem; and Peter Higgs and a variety of other mostly Europeans invented the Higgs boson. The GIM mechanism was invented

by three people, but two of them were Europeans. In 1973, Gargamelle made one of its most fundamental discoveries. It is a bubble chamber at CERN and discovered the weak neutral current. Quite useless, that is it won't be used for anything except understanding nature. The Germans at DESY observed the gluon jets in 1974. CERN discovers W and Z bosons in 1983. In 1985, José Mariano Gago joined the CERN council. In 1986 Portugal joined CERN. CERN sees direct CP violation in kaon decays, culminating in the discovery of the Higgs boson in 2012.

Gago must have been delighted that so much useless science was being done in Europe. But think of how useless these things are. Does it really matter that the universe is expanding? Does it affect you? I do not think so. A cosmic background radiation (CBR) was discovered quite accidentally in 1965. It has been very important to further understand the universe. Many other experiments were done to study in the greatest detail the CBR, and it has told us a great deal, it has given us a great deal of useless information. Who cares that there are three neutrinos?

The discoveries of particle physics are useless, but we would have waited much longer for electric motors, x-rays, and radios. Röntgen, for example, was fooling around with Geissler tubes, with cathode rays, and quite by accident, he discovered X-rays and made a world-famous picture of the bones in his wife's hand. X-rays became notorious immediately. Women were afraid that doctors could see inside their bodies, which is exactly true, et cetera.



Sheldon Lee Glashow

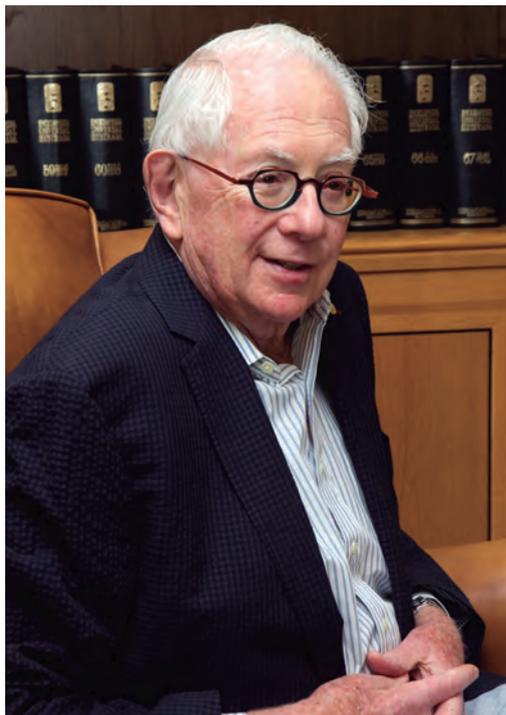
Suppose the German government had said to Mr. Röntgen, "Stop wasting your time and go find a probe for bullets in wounds." I do not think he would have come up with X-rays. He might have come up with some interesting medical device but not X-rays. In a recent issue of *The Journal of the American Academy of Sciences*, it was written, "The predominant driver of the GNP (Gross National Product) growth has always been scientific research." Virtually every bit of progress that has been made has resulted from discoveries made with no application in mind. And the most successful and widely adopted model for sustaining the research endeavor is one in which the basic research is primarily funded by the government. This is especially relevant today in Spain. It is a disaster for fundamental science, but more to the point, it will be a disaster for the GNP of Spain, something that does concern us.

Curiosity-driven searches for fundamental knowledge are and have always been at least

as effective as direct searches for solutions to specific societal problems. For example, the discovery of giant magnetoresistance effect allowed computers to have gigabyte memories beginning some 20 years ago. Or the general theory of relativity, who would have thought that the general theory of relativity would have played a key role in the development of GPS? Without a knowledge of general relativity, there could not have been the Global Positioning System (GPS).

Useless discoveries can be important, or from scientists who hone their skills in useless things, like Leon Lederman. He is the guy who discovered the second neutrino and won a Nobel Prize. But after he won his Nobel Prize, he spent his time improving the quality of the education of science teachers in Illinois, rather in the spirit of Dr. Gago.

Quantum mechanics was another example of useless science in its time, when it was developed by Niels Bohr and the young people



who listened to Niels Bohr, like Einstein. Einstein was a young man, Heisenberg, Schrödinger, Paul Dirac, a whole list of other

*Basic scientific research has enabled most of the technological and medical marvels of modern life*

people who were fooling around, trying to understand what it is that holds the atom together and what the rules are that explain the spectral lines of different elements, and they had a lot of fun. They were really literally fooling around and having big parties at Copenhagen. What they developed by the late 1920s also was quantum mechanics and relativistic quantum mechanics indeed. They had loads of fun puzzling out the basic science of atoms. But they made no patents,

no startups, no non-compete agreements, and they made no product, and no money. Yet today, quantum mechanics is responsible for a third of the world's GNP or so. So it pays to fool around a little bit.

Radioactive isotopes were discovered in 1912 or so, and they are widely used. Radio waves certainly seemed useless in 1888, but by 1925 we had the first commercial radio stations in the United States. Holography, transistors, integrated circuits, optical fibers, cryptography, public key cryptography (PKC) –which was an application of number theory– high T superconductors, quantum manipulation, and again, more or less useless stuff that all turned out to be terribly important.

### **You have got to wait**

The photovoltaic effect discovered in 1839. The fact that light can make electricity means that solar panels can work. In 1905 the photoelectric effect meant that we do not have photographic film anymore. We have digital cameras. X-ray diffraction, general relativity, matter waves. Matter waves made possible electron microscopes. Nuclear fission led to carbon dating, charge-coupled devices, buckyballs, graphene. Buckyballs have some useful applications for drug delivery systems. Graphene will become very important in the future.

However, you have got to wait. You make a fundamental discovery like the giant magnetoresistance effect, and it took only three years before we had gigabyte drives. Radio waves through telegraphy took eleven years. And from photovoltaics to solar panels

took over a century. The waiting time has to do with lots of things, like necessity. We did not really need solar panels until we realized what we are doing to the world with burning fossil fuels. War led to the development of atomic bombs, which incidentally led to nuclear power, which will be an important contributor to defending us against climate change in the future; or like missing technology, we could not have GPS until we had satellites as well.

The same thing happens with fundamental discoveries compared to prediction. Electrons were predicted just a few years before they were discovered. Neutrons, twelve years before they were discovered. Charmed quarks took twelve years. Mesons were predicted by Yukawa back in 1934, but it took fourteen years to see the first mesons. Photons were identified by Einstein and they were confirmed as particle-like systems some twenty years later. He had to wait for his Nobel Prize until the 1920s because nobody wanted to believe in relativity. Radio waves, et cetera, W and Z bosons, neutrinos. They were proposed in 25 years before they were found. Higgs bosons, even more. Gravitational waves, over 100 years. Things do not always happen very quickly. You have got to be patient.

Who could imagine that neutrons would lead to carbon-free nuclear power? Who would imagine that general relativity would make GPS possible? Who could imagine that positrons would lead to PET (Positron Emission Tomography) scanners? Who could imagine that neuron number theories would lead to online gaming? Who could imagine that large prime numbers would enable Automates Teller Machines (ATMs)? Who could imagine that photoelectrons would yield digital photography? Who could imagine that jellyfish would provide a very useful biochemical marker? Who could imagine that blue lasers would become the keys to LED lighting. Nuclear magnetism would give us

MRI (Magnetic Resonance Imaging) scanners, and who could imagine that the discovery of uranium isotopes would tell us the age of the Earth? So there can be useful discoveries resulting from useless discoveries.

Originally there was a competition between England and United States to make the first particle accelerators, and it was partly won by England and partly won by the States. The English invented one kind of particle accelerator and the American, the cyclotrons. Today, there are 30,000 particle accelerators in the world but only a few accelerators are devoted to useless science. However, the majority are doing very useful things like medical therapy research and diagnostic like making isotopes, INM (Integrated Nutrient Management) protection, computer chip manufacturer, trace element detection, corrosion and erosion studies, metallurgy, radiation processing, etc.

Another Nobel Laureate, Carlo Rubbia, has been involved in designing nuclear power plants that are initiated by accelerators. As soon as you turn off the accelerator, everything stops. There is no possibility of a meltdown or explosion. Another potentially useful application of particle accelerators is to divert them into energy storage devices. There is an awful lot of energy stored in the magnets of the Large Hadron Collider (LHC). You can simply use it as a storage device for electricity storing, so that the electricity made from solar panels in the daytime can be used at night. So there are applications and there are potential applications.

There are different types of accelerators, like the LEP (Large Electron Positron Machine) accelerator, which was a predecessor of the Large Hadron Collider at CERN. The LEP accelerator was an electron-positron collider, so electrons and positrons were made to go around the 27-kilometer long ring. And in the



process of going around the ring, they lose a lot of energy. They radiate energy because, as we learned long ago, accelerated electrons radiate light and that synchrotron radiation was a problem in building the LEP accelerator and operating it because it required a lot of electricity. Eventually, it was realized that synchrotron light is extremely useful and it is used for all manner of things today. Many countries, including Spain, have their own synchrotron light sources.

There are a lot of Nobel Prizes that have emerged from research done from synchrotron light sources. They are used for neurochemistry, nanoscience, pharmacology, cancer therapy, molecular biology, material science, imaging crystals, ribosomes, proteins, viruses, analysis of strains, cracks, and erosion in physical objects and made objects, paleo-entomology, biochemistry, archeology. You name it, synchrotron light sources play

a role. These are useful applications of what started off as a perfectly useless project in particle physics.

G. H. Hardy wrote, back in 1940, "...there is one science [number theory] at any rate, and that their own, whose very remoteness from ordinary human activities should keep it gentle and clean." Tell that to the National Security Agency, which hires pure mathematics students, who are trained on number theory because number theory is essential for cryptography, and cryptography is very important to the United States security and United States military. But aside from its military and industrial applications, its applications for encryption and decryption are used to make electronic money for gambling, telephone encryption, network and email security, ensuring data integrity, secure trading, concert hall acoustics, ATMs, error correcting codes, secure data transmission for banks and financial industry, for the military, for governments, and for people. So, yeah, number theory, the most useless form of mathematics is not really so useless. It joins particle physics and cosmology.

Particle physicists are versatile. For example, Allan Cormack was the Chairman of the Physics Department at Tufts University and he did lots of experiments combining computational science with accelerators. He used Harvard's cyclotron to study the inner structure of watermelons and other such exciting objects. Through that procedure, he developed what became known as the CAT scanner, Computer Assisted Tomography. There was another chemist in England who did the same thing, and the two of them shared the Nobel Prize in Physics. Walter Gilbert was a student of Abdus Salam, who was another useless physicist. Very important, however, for the development of education in lesser developed countries and he also founded the Institute of Theoretical Physics in Italy.

Walter Gilbert was a theoretical physicist, and he wrote some really important things in basic physics. Then he also taught and he was a terrible teacher. But then he went off and became a biologist, and he made world shaking discoveries in biology. He won the Nobel Prize in Chemistry. He was the co-founder and first CEO (Chief Executive Officer) of Biogen. He is now a rich man, rather a philanthropist. He has given a lot of money back to Harvard, and he has become a well-known art photographer.

Paul Ginsburg was a string theorist. We wrote a paper together in the 1980s called “Desperately Searching for Superstrings”, and we were not very respectful towards our superstring colleagues at that time or since. He also developed a system which made it possible for physicists throughout the world to submit their articles to an archive –which is available everywhere free of charge– doing away with the system of pre-prints that used to exist, which favored places that were on the list. And not all small countries, for example, could afford to be on that list. Today, everyone has access to everything in physics, something which drives some people in America, some conservative politicians, crazy. Because all of the science that is pure science, that is supported by the federal government is available to everyone worldwide, as it should be.

Leon Lederman discovered the fifth quark too. Andre Sakharov was a theoretical physicist, who made major contributions to cosmology and particle physics. He won the Peace Nobel Prize for his defense of human rights and he was instrumental in convincing the Soviet government to sign the nuclear test ban.

Basic scientific research has enabled most of the technological and medical marvels of modern life. But that is not at all what

Bio



### **SHELDON LEE GLASHOW**

Es actualmente el Profesor Metcalf de Matemáticas y Física en la Universidad de Boston. Recibió el Premio Nobel de Física en 1979 por sus aportaciones a la teoría de la interacción débil y electromagnética unificada entre partículas elementales, incluyendo, entre otras cosas, la predicción de la corriente neutra débil. Según la física moderna, existen cuatro fuerzas fundamentales en la naturaleza. La interacción electromagnética es una de ellas. La interacción débil –responsable, por ejemplo, de la desintegración beta de los núcleos– es otra. Gracias a las contribuciones hechas por Sheldon Lee Glashow, Abdus Salam y Steven Weinberg en 1968, estas dos interacciones se unieron a una sola, llamada *electroweak*. La teoría predijo, por ejemplo, que la interacción débil se manifiesta en “corrientes débiles neutras” cuando ciertas partículas elementales interactúan.

Es miembro de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos.

motivates most of those who pursue the disciplines of cosmology and particle physics. However, that is not why we do it. Rather, as heirs to nature's splendors, we find that our duty is to try as best we can to understand the nature of all things, great and small, from the birth, the evolution, and the fate of the universe, to the tiniest building blocks of matter, and to the rules they must obey.



# **LA LUZ,**

## **LOS CUANTOS Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS**

Por JUAN IGNACIO CIRAC

*Director en el Instituto Max Planck de Óptica Cuántica  
(Garching, Alemania)*



*La luz ha jugado un papel fundamental en el desarrollo de la Física cuántica. Desde los primeros descubrimientos de Max Planck sobre su naturaleza corpuscular y los cuantos de energía, hasta los desarrollos más profundos de la electrodinámica cuántica, la luz ha estado presente en la mayoría de los descubrimientos que dieron lugar a la revolución cuántica del siglo pasado. La luz también forma parte fundamental de las nuevas tecnologías cuánticas que se están desarrollando actualmente en el campo de la comunicación, la informática, y la simulación. En una conferencia, dictada con motivo del Año Internacional de la Luz, Ignacio Cirac abordó todos estos temas, así como otros avances científicos que han sido posibles gracias a nuestro dominio de la luz.*

*\*Transcripción libre de la conferencia por Cristina Ramos y Manuel Azcona*

*Somos capaces de parar los átomos de tal forma que prácticamente no se mueven. Y eso da lugar a una nueva frontera. Aparecen nuevos estados de la materia, estados que no son ni el sólido, ni el líquido ni el gaseoso, sino completamente distinto*

Antiguamente se pensaba que podíamos ver un objeto porque *algo* salía de nuestros ojos. Ese *algo* palpaba el objeto, lo tocaba y volvía a entrar dentro de los ojos. La luz no era importante en aquellos tiempos. Adquirió protagonismo en el siglo XVII cuando se empezó a considerar que veíamos porque la luz penetraba en nuestros ojos. Así se inició el debate sobre el origen y las propiedades de la luz. Para unos científicos, como Christian Huygens, la luz era como las olas del mar y estaba formada por ondas. Para otros, tenía que estar hecha de pequeñas partículas.

En el siglo XVIII Thomas Young demostró experimentalmente el carácter ondulatorio de la luz. Un siglo más tarde, Maxwell propuso y verificó que la luz estaba formada por ondas electromagnéticas. La luz era campos eléctricos y campos magnéticos que oscilaban con el tiempo. Quedaba así muy clara la naturaleza de la luz y quedaban muy claros casi todos los experimentos que se realizaban con ella. Existía una idea global de lo que la luz era: ondas electromagnéticas que, dependiendo de la velocidad de oscilación, nos dan el color. Se sabía que nuestros ojos solo podían distinguir una pequeña fracción de esos colores. De esta manera, en conjunto con otras teorías que se habían desarrollado durante el siglo XIX, como la teoría de la mecánica o la teoría de la termodinámica, parecía que la Física quedaba completada.

Sin embargo, había experimentos que no eran capaces de explicarla. "La radiación

de un cuerpo caliente", era uno de ellos. Si calentamos al rojo vivo un cuerpo metálico como el hierro sabemos que emite luz y esa luz tiene cierto color. De hecho, se vuelve rojo. Si lo calentamos más, se volverá amarillo. Dependiendo de la temperatura a la que ponemos nuestro material, el color cambia. Las teorías existentes hasta entonces nos decían que ese color no podía corresponder al que se observaba experimentalmente. Había experimentos que contradecían los desarrollos teóricos por lo que se consideraba que había un concepto erróneo en cuanto a la caracterización de la luz. Eso fue lo que dio lugar a la Física cuántica. De hecho, en el año 1900 Max Planck propuso que para explicar por qué cambia de color un cuerpo cuando se le somete a altas temperaturas, había que volver a lo que nos decía Newton dos siglos antes: había que considerar que la luz estaba formada por partículas, (partículas que, más tarde, Einstein denominaría fotones) –una idea que rompía completamente con todos los esquemas que teníamos de la luz.

Max Planck se propuso encontrar la interpretación teórica. Sabía que el problema era fundamental para la Física. Su interpretación e hipótesis no eran arbitrarias. Su teoría, que tenía en cuenta que la luz estaba formada por fotones, permitió explicar experimentos anteriores. (Einstein, de hecho, no recibió el Premio Nobel por el desarrollo de la teoría de la relatividad, sino por explicar uno de estos experimentos teniendo en cuenta el concepto de los fotones). La teoría de Planck impulsó



Ignacio Cirac

una reinterpretación de la luz y de la materia. Abrió el camino a nuevos experimentos y a nuevas teorías. Niels Bohr estableció que los átomos tenían una forma muy específica, y cada vez que uno de estos átomos, que tenía un electrón dando vueltas en una órbita, pasaba de una órbita a otra, emitía un fotón de luz y, por lo tanto, las órbitas también tenían que tener unas energías determinadas. La energía que se perdía o ganaba al pasar de una órbita a otra correspondía a la energía que se llevaba ese fotón o que se absorbía por parte del átomo.

Louis De Broglie estableció que los electrones, los átomos, los protones, se podían comportar como luz y se podían hacer experimentos similares a los que se hacían con la luz, pero ahora con partículas, con materia. Schrödinger y Heisenberg desarrollan su teoría, según la cual, se podía deducir todo y predecir todos los experimentos. Es la teoría que conocemos como la mecánica cuántica

tradicional, más tarde generalizada por Dirac, por incorporar la relatividad en ella. Esa teoría explica de qué estamos hechos, hasta las partículas más pequeñas, las partículas elementales; cómo las partículas elementales forman los núcleos; cómo los núcleos con las partículas elementales forman los protones, los neutrones; cómo los neutrones y los protones forman núcleos; cómo los núcleos forman átomos; cómo los átomos se combinan unos con los otros para formar moléculas; cómo las moléculas se juntan con otras para formar materia. Todo lo que vemos a nivel microscópico hasta niveles muy grandes viene explicado por esta nueva teoría que es la Física cuántica.

Pero el desarrollo de la Física cuántica tenía un precio. Había que explicar el experimento de interferencia de Thomas Young teniendo en cuenta que la luz está formada de fotones y que el diagrama de interferencia se ve incluso cuando hay un solo fotón (por lo

## *Hoy en día se puede enviar información utilizando criptografía cuántica a distancias del orden de 10 kilómetros con un gigabit por segundo*

que no puede ser que los fotones interaccionen los unos con los otros). Y uno puede pensar en muchas formas y en muchas interpretaciones y darse cuenta de que el error está en la interpretación. No se podía interpretar los fotones con esta idea clásica de que son pequeños objetos, sino que había que dar una nueva interpretación de la Física cuántica.

La Física cuántica es muy precisa. De hecho, es la teoría más precisa que conocemos. La teoría dice que el valor de una constante vale 1,001278 con 12 dígitos, y si uno hace un experimento con luz o con materia, lo mide con esa precisión y obtiene esos 12 dígitos.

Una vez desarrollada la teoría de la Física cuántica, Dirac y otros investigadores, estudiaron cómo interaccionaba la luz y sus fotones con la materia dando lugar a la electrodinámica cuántica. Esto permitió entender, por ejemplo, que los electrones con la misma carga se repelen y con distinta carga se atraen. La electrodinámica cuántica también nos dice que la luz es algo muy extraordinario. Nos puede hacer pensar que si, por ejemplo, apagamos todas las luces y nos quedamos a oscuras, tenemos un vacío, no hay nada. Sin embargo, la Física cuántica nos dice que si uno elimina todos los fotones y mide la electricidad, mide el campo eléctrico o mide el campo magnético, comprobará que es un valor distinto de cero. Cuando no hay fotones, cuando no hay luz, todavía hay campo eléctrico. Es lo que llamamos las fluctuaciones del vacío. El vacío no es la nada, el vacío tiene algo y ese algo es capaz de ejercer una influencia que po-

demostramos medir. De hecho, Lamb midió, por eso recibió el Premio Nobel, que la energía de las órbitas de Bohr es un poquito distinta a la que le precedía la mecánica cuántica, debida a que está el vacío, y ese vacío, ese campo eléctrico, esas fluctuaciones de campo eléctrico que existen en el vacío, modifican un poco la órbita y cambian la energía. Se hizo una predicción, se midió, y se demostró que el vacío no es la nada, sino simplemente, la ausencia, por ejemplo, de fotones. Pero sigue habiendo campo eléctrico y campo magnético.

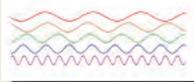
### **El descubrimiento del láser**

En los años 50 del siglo pasado, otro de los hitos fue el descubrimiento del láser. En la luz que emite un láser tenemos a la vez cero fotones o uno, o dos o tres fotones. Tenemos varios universos y en cada uno de estos universos hay un número distinto de fotones. Todos estos fotones están ahí. Si medimos cuántos fotones están llegando a cualquier sitio, como tenemos muchos de ellos, habrá fluctuaciones; a veces mediremos muchos, a veces mediremos pocos. Si se hace el experimento con un láser, se detectan fluctuaciones en la intensidad, en el número... Se puede mejorar el láser pero las fluctuaciones siempre existirán porque existen estas superposiciones, que son las responsables de muchas propiedades extraordinarias de los láseres.

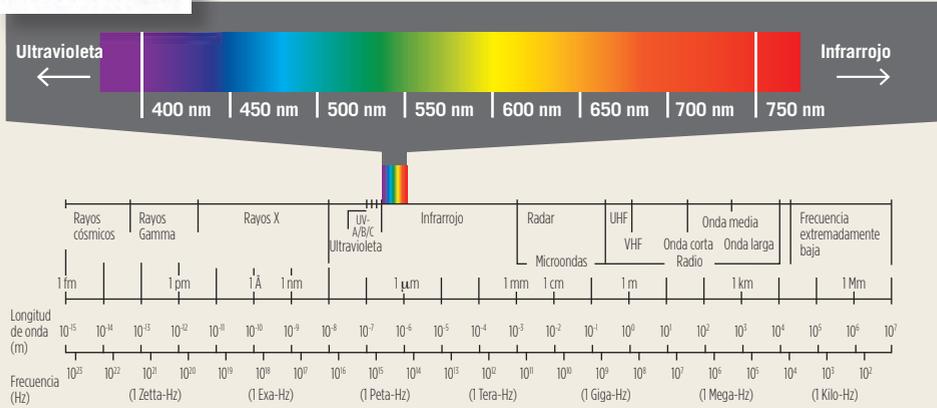
En los años 60, Bell, se preguntó si realmente la naturaleza podía ser tan extraña como la Física cuántica predice. Según la Física cuántica, una partícula puede hacer dos

# La luz

## Ondas electromagnéticas



### Espectro visible por el ojo humano (Luz)



cosas a la vez. Puede ir por la izquierda y por la derecha al mismo tiempo. Su universo, de alguna forma, se desdobra en dos, en tres o en cuatro. Es algo que nos parece extraordinario. En nuestro mundo macroscópico no vemos que una persona pase por dos sitios a la vez o por dos agujeros a la vez. Sin embargo, en el mundo microscópico se observa este tipo de fenómeno. Uno podría pensar que se trata de una equivocación nuestra, que estamos utilizando una teoría errónea; que las predicciones son correctas pero nuestra interpretación es errónea. Bell se planteó que si existían estas superposiciones, podrían demostrarse en un experimento. Ese experimento tardó varios años en realizarse. Clauser y Aspect lo hicieron en los años 80. Resultó que los experimentos solo podían ser explicados teniendo en cuenta la existencia de esas superposiciones. Los experimentos se siguen haciendo. Se han hecho en muchas ocasiones y, en particular, durante el último año se ha hecho un experimento de los que llaman definitivos, los experimentos libres de *loopholes*, experimento que no tiene otra interpretación. Estamos completamente seguros de que estas

superposiciones existen. La naturaleza es así de extraña.

Todos estos fenómenos que se explicaron, que se estudiaron sobre la naturaleza de la luz (la capacidad de hacer interferencias, la capacidad de modificar la estructura del átomo por el vacío, la capacidad de producir láseres) han dado lugar a muchas nuevas tecnologías.

En el Instituto Max Planck de Óptica Cuántica utilizamos la luz para explorar nuevas fronteras, para ir a situaciones límite en las cuales no se ha explorado antes. Utilizamos la luz para enfriar la materia, para enfriar átomos, y para enfriarlos a temperaturas que no existen en ningún otro sitio del universo, a no ser que haya una civilización como la nuestra capaz de enfriar como somos capaces de enfriar nosotros. En los laboratorios somos capaces, utilizando láseres, utilizando luz, de llegar a temperaturas de nano Kelvin, es decir, a 0,000000001 Kelvin. Somos capaces de parar los átomos de tal forma que prácticamente no se mueven. Y eso da lugar a una nueva frontera. Aparecen nuevos estados de la materia,

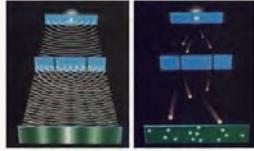
## La luz: onda o partícula

$$E_{\text{fuente}}$$

$$E_{\text{izq}} + E_{\text{der}}$$

$$I(x)$$

$$|E_{\text{izq}}(x) + E_{\text{der}}(x)|^2$$



$$|\psi\rangle$$

$$|\psi\rangle_{\text{izq}} + |\psi\rangle_{\text{der}}$$

$$P(x)$$

$$|\psi\rangle_{\text{izq}}(x) + |\psi\rangle_{\text{der}}(x)|^2$$

**¡La partícula, pasa por los dos agujeros a la vez!**  
**¡Lo mismo ocurre con electrones, átomos, moléculas!**

estados que no son ni el sólido, ni el líquido ni el gaseoso, sino completamente distinto.

Podemos utilizar láseres también para comunicarnos de manera más segura. Utilizando las propiedades cuánticas de la luz podemos encriptar mensajes. Estamos intentando verificar que la física cuántica también se cumple en objetos cada vez mayores. El récord mundial del objeto más grande en el que se ha observado que una partícula pase por dos sitios a la vez, tiene del orden de 10.000 átomos. Bueno, pues queremos hacerlo con tamaños cada vez mayores para ver hasta dónde podemos llegar, porque a lo mejor en algún momento la física cambia. Como no lo hemos explorado antes puede dar lugar a un fenómeno que no conocemos, y ese fenómeno puede tener aplicaciones. También utilizamos la luz para hacer medidas más precisas, para hacer fotografías más rápidas que sean capaces de ver el movimiento de una manera desconocida hasta ahora. O también utilizamos láseres de luz que son tan intensos que pueden, prácticamente, poner la energía que hay en una zona del Sol en una zona de nuestro laboratorio y, por lo tanto, atravesar otra frontera y ver fenómenos que no se han observado anteriormente.

## Los relojes atómicos y las medidas de precisión

Hay relojes que conocemos muy bien: el reloj del sol, el reloj de pared y el reloj que llevamos en la muñeca. Estos relojes miden todos el tiempo y tienen algo en común, están basados en un movimiento periódico. Como el Sol da vueltas alrededor de la Tierra de una manera prácticamente constante, podemos utilizar ese hecho para construir un reloj de sol, de tal forma que cada vez que está a cierta altura, la sombra se va a producir en un sitio y sabremos que tenemos una hora, y cuando se mueve a otro sitio se va a producir en otro sitio, y al día siguiente va a pasar lo mismo. Con el reloj de la pared pasa lo mismo. Tienen un péndulo que va oscilando y cada vez que oscila hace un clic, y eso puede ser, por ejemplo, el paso de un segundo. Hacemos que cada segundo se mueva alguna de las manecillas y cada 60 pasos de una manecilla de los segundos se mueva el minutero, etcétera. Los relojes que llevamos en la muñeca también están basados en un movimiento periódico, están hechos de cuarzo o de otros materiales. Este cuarzo vibra de una manera muy precisa. Estas vibraciones, que son muy rápidas, del orden de 10 elevado a 10, dan millones de oscilaciones por segundo, son muy constantes



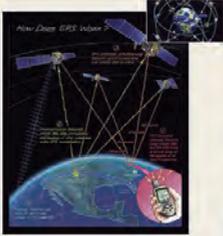
y nos permiten construir relojes que son muy precisos y se retrasan, por ejemplo, en torno un segundo al año. Estos relojes, por otro lado, no son perfectos. Uno sabe que el Sol, dependiendo de la época del año, está más arriba o más abajo, y la sombra no es perfecta. Los péndulos tampoco son perfectos porque el tiempo que tarda en oscilar depende de la longitud del péndulo. Cuando el péndulo es más largo tarda más tiempo en oscilar; cuando el péndulo es más corto oscila más rápido. Así que si construimos un reloj que tenga un cierto péndulo por la temperatura o por cualquier otra cosa, podría estirarse o encogerse un poco, y el tiempo se medirá de manera distinta. Por lo tanto, no va a ser un reloj perfecto. Y de hecho, si construimos dos relojes, la longitud de sus péndulos no va a ser exactamente igual, y una pequeña fluctuación hará que esos relojes cuenten el tiempo de una manera distinta. Con el cuarzo pasa exactamente lo mismo. Dos cuarzos si están tallados de una manera un poquito distinta, van a oscilar de una manera un poquito distinta, y eso va a hacer que haya retrasos o que haya adelantos.

La pregunta es ¿cómo podemos hacer relo-

jes todavía más precisos que éstos? Y ahí es donde entran los relojes atómicos, que son los relojes más precisos que hay hoy en día. Éstos se retrasan una parte en 10 elevado a 18, es decir, en 1.000.000.000.000.000.000 segundos se retrasan un solo segundo. Unos están basados en iones de aluminio, un reloj atómico en el que el átomo es el aluminio, y éstos están basados en átomos de estroncio. ¿Y cómo funcionan estos relojes atómicos? La idea es muy sencilla, es la misma que tenemos con todos los relojes: tenemos que buscar un movimiento oscilatorio que se repita, un movimiento periódico que sea perfecto, o tan bueno como sea posible, y en el que podamos contar: cada vez que pase por un lado que dé un clic. ¿Cuál es un movimiento muy bueno? Pues el de las ondas electromagnéticas. Es decir, si realmente las ondas electromagnéticas oscilan en el campo eléctrico, y si esa oscilación es perfecta y es periódica, pueden producir un reloj. Así que si tenemos las ondas que teníamos antes y elegimos un color, la oscilación tendrá una frecuencia, y si tenemos ahora algo que cada vez que la oscilación sea máxima y haga clic, tendremos un reloj. ¿Cuál es el problema? El problema es que la luz que tenemos no tiene

## Relojes atómicos

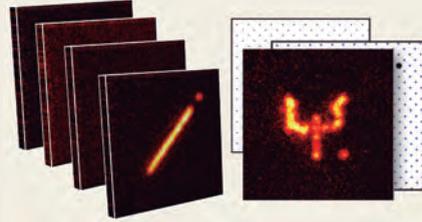
### Aplicaciones



- Medidas precisión
- Tests teorías física
- Astrofísica
- Navegación espacial
- Sincronización redes
- Mercado financiero
- ...

## Átomos fríos

### Observación y manipulación de átomos, de uno en uno



un solo color, tiene muchos colores a la vez y, entonces, se producen fluctuaciones. Pero podemos utilizar un átomo. Y por eso se llaman relojes atómicos. Lo que hacemos es utilizar la luz para iluminar un átomo, provocando la excitación del átomo y que el electrón pase de una órbita a otra. Pero esa excitación solo se produce si la luz tiene el color adecuado, si tiene la energía adecuada: solo se produce si la energía de la luz es la equivalente a la que adquiere el átomo al pasar de una órbita a otra. Así que si iluminamos continuamente los átomos y vamos viendo si los átomos son excitados o no, algo que se puede monitorizar, y si en algún momento cambia el color de la luz, nos daremos cuenta de que los átomos no son excitados como deberían ser excitados. Lo que podemos hacer es, entonces, cambiar la frecuencia de la luz. Y de esa forma podemos tener constantemente un láser que está produciendo la luz de un solo color. El hecho de que tenga un solo color está relacionado con que este átomo de aquí, que en un caso es de aluminio, en otro caso de cesio, etc., tiene unas órbitas determinadas. Como estas órbitas son las mismas, solo dependen del átomo. Si tengo aquí un átomo de cesio y tengo otro átomo de cesio en otro sitio, va a ser exactamente igual; eso es lo que nos dice el modelo de Bohr y lo que nos dice la Física cuántica. Si

ahora utilizo un átomo para fijar el color de la luz y utilizo otro átomo en otro sitio para fijar la luz y que sea del mismo color, pues esa luz va a ser exactamente la misma. Por lo tanto, la oscilación va a ser exactamente la misma y la precisión en la medida va a ser perfecta.

¿Para qué se utilizan los relojes atómicos? Para muchas cosas. Por ejemplo, para el posicionamiento y la navegación, para los GPS, para los satélites. Si uno quiere saber dónde está, lo que puede hacer es lo siguiente: estos relojes están sincronizados, tienen el mismo átomo todos ellos, por lo tanto, tienen el mismo tic, o sea, son relojes que hacen el tic a la vez, y cada uno de ellos envía señales constantemente a la Tierra. Esas señales tienen un número y se va codificando qué número de señal llega. Entonces, sabiendo qué número nos ha llegado de cada sitio, podemos saber cuál es la distancia de nuestro sitio hasta el satélite. Y ahora, por triangulación, si sabemos de varios sitios a qué distancia estamos, podemos saber dónde estamos. Y así funciona el GPS, de manera simplificada.

También se pueden hacer medidas de precisión. Se pueden hacer pruebas de otras teorías de la Física con estos relojes. Sabemos que, según la teoría de la relatividad general,

## Attosegundos

**Ultra-corto = ultra-potente:**  
aceleradores de partículas

Láseres ultracortos separan  
los electrones de los átomos



Plasmachannel  
~ 1-3 mm

aceleración de electrones

de la que este año también celebramos 100 años, los relojes tienen que moverse, tienen que hacer un tic de manera distinta dependiendo del campo gravitatorio. En Astrofísica se utilizan relojes atómicos mucho más precisos, ya que en navegación espacial, si uno quiere enviar una nave a Júpiter, tiene que saber dónde está exactamente Júpiter, y no es tan sencillo porque está muy lejos.

En la luz óptica, la que vemos, ocurren 1016 oscilaciones por segundo. Desgraciadamente no existe ningún sistema electrónico que pueda moverse tan rápidamente. Para eso se ha desarrollado el "peine de frecuencias". El "peine de frecuencias" envía luz a un lugar donde hay dos espejos. La luz empieza a rebotar, a dar vueltas. Una parte de la luz sale hacia delante y, otra, rebotada hacia detrás. Y se puede ver, en términos de la interferencia, que la luz que se transmite, la luz que pasa al otro lado, solo puede tener ciertas frecuencias. El peine de frecuencias nos permite movernos desde frecuencias con una precisión muy exacta y fue inventado por John L. Hall y Theodor W. Hänsch (Ted Hänsch trabaja en nuestro instituto), y por ello les dieron el Premio Nobel en el año 2005.

Los "peines de frecuencia" se pueden utili-

zar, por ejemplo, para medir la presencia de planetas fuera de nuestro sistema solar, los exoplanetas. Los planetas no emiten luz, son las estrellas cercanas al planeta las que emiten luz. Cuando un planeta se mueve cerca de una estrella, simplemente por el movimiento que tiene el planeta, la gravedad crea una pequeña oscilación en la estrella, pequeñísima, porque el planeta es mucho más pequeño que la estrella. Esa oscilación hace que la luz emitida por la estrella cambie de color. El "peine de frecuencias" mide ese cambio tan pequeño de color "y", por lo tanto, se puede saber que hay un planeta allí dando vueltas alrededor, cuál es el periodo, etcétera.

## La criptografía

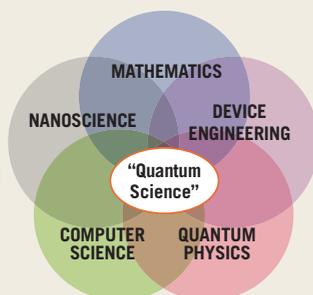
La comunicación cuántica también utiliza la luz para poder enviar información secreta de un sitio a otro. La criptografía es una ciencia que existe desde hace muchísimo tiempo. Hoy en día cada vez que vamos al banco y sacamos dinero o compramos algo por Internet, se encripta nuestra información para que nadie pueda leer por el camino el número de la tarjeta de crédito. El problema es que, en principio, esa encriptación es susceptible de ser descifrada por alguien que no esté autorizado. La comunicación cuántica permite enviar información de un sitio a otro de tal forma que nadie la pueda leer. ¿Por qué? Porque se envían fotones de un sitio a otro. Los fotones codifican esa información. Los fotones se envían en superposiciones. Se envían a la vez en cero y en uno, el cero y el uno de estos fotones es simplemente la dirección en la que oscila el campo eléctrico, pero como son partículas cuánticas, pueden hacer las dos cosas a la vez. De tal forma que si alguien intenta leer el mensaje, colapsa el estado de esos fotones, destruye esa superposición y alguien que esté en el otro lado puede darse cuenta de que otra persona está leyendo el mensaje. Hoy en día se puede enviar información utilizando criptografía cuántica a distancias del orden de 10

## Computación cuántica

El paso siguiente a la nanociencia.

Preparación para la nueva "revolución cuántica".

Los primeros resultados ya están aquí.



Aplicaciones:

- Informática
- Comunicación
- Medidas de precisión
- Sensores
- Nuevos materiales
- ...

kilómetros con un gigabit por segundo. Y ya existen varias empresas que venden sistemas criptográficos cuánticos.

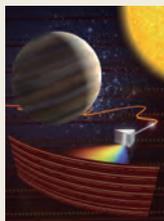
Sin embargo, no podemos hacer que la criptografía ocurra a distancias mayores, solo a distancias de 10 kilómetros. La razón es muy sencilla: estos fotones se envían por una fibra óptica hecha de material y de átomos, que a veces absorben los fotones. Para hacer sistemas criptográficos que funcionen a distancias de 100, 1.000 o de 10.000 kilómetros, debemos utilizar repetidores cuánticos. El objetivo final sería tener estaciones criptográficas cuánticas separadas unos 10 kilómetros cada una de ellas, de tal forma que los fotones llegasen de un sitio a otro y que esos fotones, de alguna forma, simplificasen esa información de un sitio a otro. Y, en particular, la forma en la que funcionan estos repetidores cuánticos es a través del teletransporte cuántico. No hay información pasando por ningún sitio entre medias. Nadie se tiene que fiar de los repetidores, sino solo entre el inicio y el final.

### Enfriar átomos

La tecnología de la luz hace que hoy en día podamos atrapar y enfriar átomos. Es posi-

ble, por ejemplo, tener un átomo en una zona del espacio completamente aislado. Y esto no es tan sencillo, porque en cualquier zona del espacio hay millones y millones y millones y millones de átomos que se mueven a 1.000 kilómetros por hora, pero es posible no solo aislar un solo átomo, sino que no se nos vaya utilizando la luz, porque la luz empuja. Así que lo que se puede hacer es poner luz que venga de un lado y luz que venga del otro lado de tal forma que si se mueve para un lado, lo empuje para un lado, y si se mueve para el otro lado, lo empuje para el otro lado. Y de esa forma somos capaces de que no se caiga el átomo, pues pesa. De esta manera, estos átomos también se pueden enfriar utilizando la luz y el fenómeno Doppler alcanzando temperaturas de  $10^{-9}$  Kelvin. Y una vez que tenemos esos átomos enfriados, se pueden hacer muchas cosas con ellos. Por ejemplo, obtener nuevos estados de la materia como el condensado de Bose-Einstein, que no es ni sólido, ni líquido, ni gaseoso, sino es algo completamente distinto descrito por las propiedades de la Física cuántica, que tiene propiedades completamente distintas. O se pueden hacer experimentos en los que podemos ver los átomos y los podemos mover para hacer una figura con ellos, o podemos, incluso, escribir una raya, hacer un punto.

## Espectroscopía de alta precisión



### Peines de frecuencias

La calibración del espectrógrafo HARPS proporciona una precisión extraordinaria para estudiar el movimiento de planetas y estrellas.

Y, por último, con estos átomos se están construyendo simuladores cuánticos. Realmente es sorprendente que hoy en día, cuando queremos construir un avión o una casa, no tenemos que construir el avión y probarlo para ver si va a volar o si no va a volar. Eso se hacía antes. Hoy en día podemos escribir las ecuaciones que describen el avión, el perfil de las alas, etc., y podemos comprobar con un simulador si va a volar o si no va a volar. Lo mismo pasa con edificios. No tenemos que construir el edificio para ver si se va a caer o no. Sabemos predecirlo porque existen simuladores. Sin embargo, si a mí me dan 100 átomos con electrones y me preguntan que si esos átomos van a conducir la electricidad o no, no sabría qué responder. Y la razón que hay es que estos átomos, cuando interactúan entre ellos, siguen las leyes de la Física cuántica, y el poder simular las leyes de la Física cuántica nos cuesta muchísimo. Podemos simular cinco, diez átomos, pero cuando pasamos de unas pocas decenas de átomos no sabemos cómo hacerlo, y existen algunas propiedades, unos fenómenos de la naturaleza que no entendemos porque no somos capaces de simular el comportamiento de estos átomos. Y un simulador cuántico no es otra cosa que algo que simula el comportamiento cuántico de las partículas.

## Bio



### JUAN IGNACIO CIRAC (Manresa, 1965)

Se licenció en Física fundamental en la Universidad Complutense de Madrid en 1988 y obtuvo el doctorado en 1991. Profesor titular de la Universidad de Castilla-La Mancha desde 1991 hasta 1996. Profesor de Física teórica en la Universidad de Innsbruck (Austria) desde 1996 hasta el 2001. Miembro de la Sociedad Max Planck desde 2001, es desde ese mismo año director en el Instituto Max Planck de Óptica Cuántica (Garching, Alemania).

Experto en computación cuántica y sus aplicaciones en el campo de la información, su línea de investigación se centra en la teoría cuántica de la información. Según sus teorías, el ordenador cuántico revolucionará el mundo de la información, y será posible, asimismo, una comunicación más eficaz y una mayor seguridad en el tratamiento y transmisión de datos.

Es miembro correspondiente de las Academia de Ciencias Austríaca y numerario de la Española, así como de la Sociedad Americana de Física. Su trabajo ha sido objeto de numerosos galardones, entre los que destacan el Premio Felix Kuschenitz de la Academia Austríaca de Ciencias en 2001, el Quantum Electronics de la Fundación Europea de Física en el 2005, el Premio Príncipe de Asturias a la Investigación Científica y Técnica en 2006, el Premio Nacional de Investigación Blas Cabrera en 2007, el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento y la Cultura en Ciencias Básicas 2008, la medalla Franklin 2010, la Medalla Niels Bohr 2013, el Premio Wolf en 2013 y, recientemente, el Premio de Física Teórica de la Ciudad de Hamburgo.



# WHAT AILS THE GLOBAL ECONOMY?

Por EDWARD LEAMER

*University of California, Los Angeles (UCLA)*



*El Producto Interior Bruto de Estados Unidos creció un 3% durante los casi 40 años comprendidos entre 1970 y 2007. La tasa del 3% no tiene el mismo carácter científico que la de 9.8 metros por segundo, pero es casi tan prevalente como ésta. Sin embargo, tal comportamiento parece haberse abandonado por completo y con carácter permanente tras la crisis de 2008/2009. Actualmente, el crecimiento potencial de Estados Unidos parece situarse en un 2%, no un 3%, lo cual genera importantes dificultades para el mercado de trabajo. Y no es solo Estados Unidos quien parece haber entrado en una nueva era. La propia economía global parece tambalearse. ¿Qué está sucediendo? ¿Cómo podemos ocuparnos del creciente número de personas mayores en las economías desarrolladas con cifras de crecimiento tan modestas? De todo ello habló Edward Leamer en su conferencia en el marco de un ciclo organizado conjuntamente con IE Business School.*

## *The 21st century is moving workers off the factory floors into intellectual services, and that works for the selected few*

The U.S. economy and the global economy have undertaken or have experienced a change that is just as dramatic as if we all went weightless without realizing the cause of it. The global economy is floating around in a way that it never has before, and we economists really have to work hard to figure out what is going on.

The U.S. economy for 40 years from 1965 until 2005 grew at the rate of 3%. It is very remarkable that a human system would create a constant that was operative for such a long period of time, but the alarming thing is that we are now totally outside that quarter. We are growing at a 2% rate, a very steady 2% rate. Our forecasters have to really worry about, and the forecasts that are really important are contributions to pension funds. Organizing a pension fund when you have 2% growth is entirely different from organizing a pension fund when you have 3% growth. One of the main problems that the world faces is aging, in the United States, Europe, and much of Asia, and 2% growth creates great difficulties for all of us taking care of those larger and larger elderly population. It matters not only just for GDP, but also for the U.S. labor market. The labor market looked like it was troubled in the early 1990s, because we did not have a real recovery. We are crawling along the bottom of that corridor, and then we had a surge of job market activity in the internet rush from 1997 until 1999 when there was heavy investment in equipment and software related to the internet. But then we bumped out of that corridor, and we never got back in, and now we are way out of the corridor. It

is worse in the labor market than it is in GDP. And so, something is fundamentally different. It is a totally different world around, and the unemployment in the advanced development countries has been sticky at the high side. And then down at the bottom are the retail sales, which have turned negative on our global basis. We are starting to worry about having an economic recession, which we do not think is in the cards, but surely retail sales are very weak.

The equity markets have had a pretty good week thanks to the receding of the Brexit scare, but they are troubled as well. We had strong equity markets following the 2008 downturn, but now they are globally worried about what is coming next. It seems like a very different world, and the expected rate of growth is critical. Most governments have made promises based on the notion that they were going to have at least 3% growth. But those promises will be hard to keep when they only get 2% growth, in particular in terms of retirement liabilities. The U.S. government has at least \$100 trillion worth of unfunded liabilities. Some say that the figure is even higher, like \$200 trillion worth of liabilities for social care and Medicare, and those liabilities would be a lot. They are going to be hard to bear even if we had 4% growth, but with 2%, they're going to be very quickly unbearable. Equity prices would be a whole lot stronger if we have some really significant growth.

But the thing I really worry about is labor market, particularly for our young workers in the United States, and other locations as



Edward Leamer

well, including Europe. It is that first job that is absolutely critical. And we are not getting enough economic growth to support the workforce development that occurs when these young kids get their first jobs, and finally our democracies are at risk as well. We create a bifurcated outcome, with a few people who do exceptionally well and others, almost everybody, who is behind; that is not healthy for democracy.

We need to really dig into what is going on, and make sure that we take the appropriate public policies in order to deal with the fact that it is not like before anymore. We need a new set of policies appropriate to the new world that we are in. We have been here before. Roughly speaking, we were growing at 3% from 1947 until 2005, except for the '60s which was a high growth era, and then we transitioned to this very sluggish 2% growth at the end. To understand why 2% is different from 3% and why do we enter a period of weaker growth, the first step might

be to look closely at the '60s and figure out what it was about the '60s that allowed the United States to have such a healthy economy. Maybe it was just the reversal of what is going on today. In fact, I think that is the case. The U.S., and almost all of Europe and much of Asia, is experiencing a transition from an industrial to a post-industrial world. The growth in the Industrial Age attracted resources to manufacturing. After World War II, the southern countries had relatively large fractions of their workforce in agriculture, and you can move those workers out of the farm and onto the factory floors, that were the places that had the highest growth in Europe. The latest example is China, which has been able to successfully attract manufacturing, as it was the case in the United States over all of the whole 20th century. We had the economic growth that we did because of the success of expanding manufacturing and providing good jobs to our workforce in manufacturing. It was a solution. If you were in charge of the government in the 20th century, your job

*We have this new competitor on the scene, which is the robot or the microprocessor, which are changing dramatically the nature of the labor market because robots can memorize, and regurgitate, and get A's on all the traditional tests that we tend to give in an educational institution*

was to make your community attractive to manufacturers, and that requires logistics, infrastructure, and appropriate level of human capital development, appropriate level of education. That is not true anymore, and now manufacturing is a problem, meaning that those communities that are very manufacturing based are finding their employment levels ever declining, and with nothing to replace it.

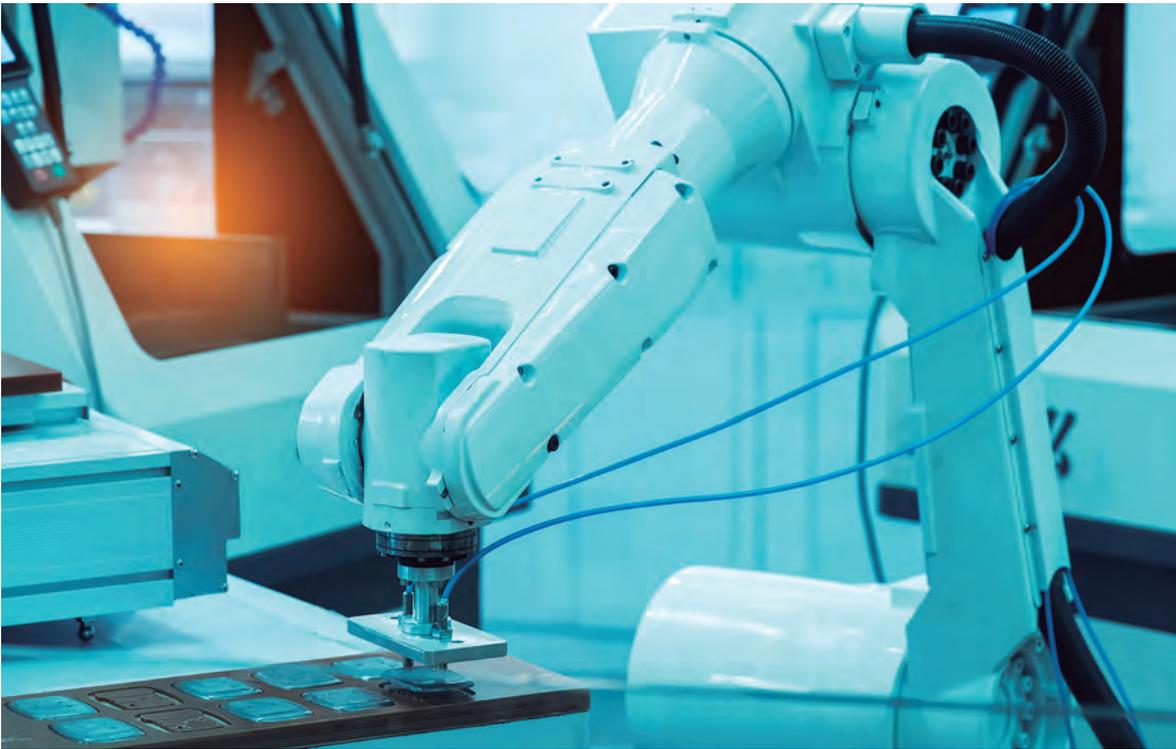
In a post-industrial period, you rely on the expansion of intellectual services, like finance or entertainment. But now, we have this new competitor on the scene, which is the robot or the microprocessor, which are changing dramatically the nature of the labor market because robots can memorize, and regurgitate, and get A's on all the traditional tests that we tend to give in an educational institution. They can do that better than most people. Therefore, training was a solution (by training, I mean like Pavlov training the dogs to salivate at just the right time –that is the way many of our educational institutions worked in the 20th century), but it does not work anymore. We need to have a creative, problem-solving, analytical-thinking workforce, and that requires a very substantial change in our educational system.

And then, secondly, the other big problem is the aging of the advanced developed countries. We are going to have lower growth, a working-age population, higher dependency ratios as all of our countries have more and more elderly that have to be taken care of, and it is not just

true for the United States. Many countries carry the future liabilities for taking care of the elderly on an off-shore balance sheet like that debt. We need to put that on our personal balance sheets, meaning that we have got to save more as individual nations in order to prepare for the aging of our elderly population, in order to prepare for taking care of them. The reality is that we need to save a lot more, particularly in a low rate of return environment with low GDP growth, and with lots of spending late in life. Those three things add up to the need for much more savings in most countries, and certainly in the United States.

### **These are fundamental structural changes**

These are fundamental structural changes. The 20th century was moving workers off the farms into the factory floor. The 21st century is moving workers off the factory floors into intellectual services, and that works for the selected few. Some people are looking for a job or working at McDonald's, and then we have this Goldman Sachs representative signaling what he thinks of you, an inappropriate image there, but that seems like the reality. The 20th century equipment made us all more productive at physical tasks, which is what happened in manufacturing. The 21st century equipment works extremely well for the naturally talented, those who can use the personal computer to create value, which is a small sliver of humanity. And everybody else is competing with robots, doing the mundane, repetitive, codifiable jobs. We use robots to

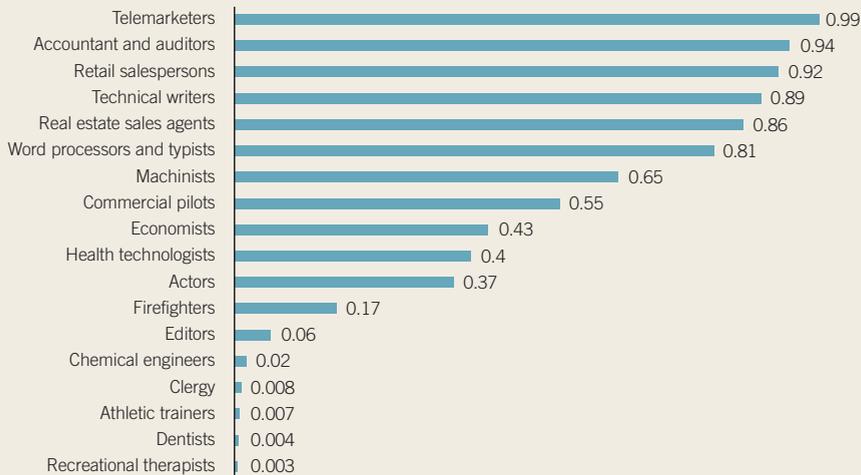


refer to manual activity, but the real force of computers is in the intellectual activities.

On other issue, we were having demographic transitions in the '60s. One of the reasons we had exceptional growth is because we had the baby boomers who were forming families, and building the suburbs, buying automobiles, buying houses. Today, we have the retirees who are more worried about Medicare and Social Security than being able to save enough to buy a new home. It is a totally different dynamics that drives the economy when you have the elderly doing the driving as opposed to the young people of the '60s. Demographics definitely matter. And then, the U.S. has this growing income inequality, and inevitably it is going to cause problems politically. I did not expect it would show up in this election, but this election had two candidates both of whom are focusing on the symptoms of the problem but not the causes. That would be Bernie Sanders and Donald Trump.

One interpretation is that 2008-2009 downturn was a financial crisis. Rogoff and Reinhart argue that after every financial crisis you have a decade of bad economic growth. They do not explain why, but a possible explanation is bad debt. The problem with bad debt, housing debt in the United States, is that the losses in houses are not automatically marked to market. They do not accrue to any particular balance sheet. There is this long, painful struggle to decide who is going to bear the losses in residential real estate. Is it the homeowners? The homeowners have what are known as a non-recourse loans where they can simply turn over the house to the bank, and turn the losses over to the bank. The third party that plays a role is the taxpayers. We have had several years of discussions about who owns that bad debt –the bad housing debt– that was created in 2006 and 2007. However, it has been too long to continue to blame the financial sector for the sluggish growth. I think it has more to do with real investment and real jobs than it has to do with

## Probability Robots Will Take Your Job In Next 20 Years, 1=Certain



BUSINESS INSIDER

Source: The Economist,  
The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation?

the struggles at the financial sectors to some extent. Some people think it is a measurement problem, and if GDP is measured correctly, then there is no problem. That we are actually growing at 4% or 5%. It is certainly true that the internet causes measurements problems for assessing GDP because so much of it is given away for free, and the intellectual services are hard to measure, too. If you are measuring manufacturing and you are building Model Ts, all you have to do is count the number of cars as they are produced to decide how much real output there is. But if you think about movies, each movie is a distinct product. And you might pay the same amount for observing a movie, but how much real value did you get from that movie compared to the last movie that you saw? It is very difficult to talk about real output when it comes to intellectual services like movies. There are definitely measurement problems, but if it was just measurement of

GDP and output, employment would not be such a terrible problem. People would still be working, but they just would not have their output measured so much.

One reason that demographics matter is that in developed countries there is a very sharp increase in earnings in the first 10 or 15 years of experience. That is a force for GDP growth, because if you have got a bunch of new workers who have not got their first job yet, they are going to learn a lot on that job, and you are going to have that addition to GDP as a consequence. That profile is rather different in the developing countries, and one of the reasons that you have lower GDP per capita in developing countries is they do not have a steep age experience profile. That is definitely a force, but the one that is actually statistically more important is the employment of population. If you have a workforce that is young, and aging into that



middle-age category, you are going to have a lot more people employed, and therefore higher GDP growth. But if you have people who are in that prime age group ending at around 50 or 64 years of age, with a high employment to population ratio, then they soon will start to get older. We would then have a huge drop in employment-to-population ratio, and economic growth will get slower. Both of these play a role in the economic outcome in the United States. There is no question that the demography matters as far as GDP growth is concerned, as far as the labor market is concerned, and even more so in many other countries. In particular, China is going to have a disastrous situation within the next decade with regard to its elderly population.

### **The critical issue**

Every recession has some temporary layoffs followed by recalls, and some permanent

displacements. This latest recession has a record number of permanently displaced workers. By temporary layoffs I mean that if you are working in an automobile factory in California, and you get laid off in a recession, that might not be very troubling because you know you are going to get recalled to that same job soon enough. Within a year or two years, you typically would get recalled doing the same job in the same location. That is the normal shape of most recessions, but the permanent displacements have this feature in which you have the job in California and then it is over. You are never going to get that job again. And the problem with this worker is in order to get rehired, that person has to probably have a new location, move somewhere, has to acquire new skills, and most of all has to have new aspirations, because the job they are going to is not going to pay as well as the job that they have. That is the story of the industrial

heart belt of America, where all those manufacturing jobs are. When they go away, they do not come back, and what happens is that the young kids move away in search of better opportunities. What is left is aging communities. And this fellow who had a middle-class job working in a manufacturing facility ends up being a gardener in Texas, and that is a difficult transition. That problem is not treated by fiscal or monetary policy. You can have the lowest interest rates in the world, and what you got to do is workforce development. You have to train and educate that worker so that that person can do better than being a gardener in Texas, and get something that is more suited to their higher aspirations.

There are a lot of communities in California, in the eastern counties, that were very dependent on building new homes, and that is not going to come back. Additionally, robots and microprocessors are taking jobs of the normal workers, and those workers are not going to get recalled, because instead the robots get the jobs when things get healthier. The enterprises that I know in California, at the depths of the recession were producing 70% of their peak output with 50% of their workforce. That is a productivity improvement that occurs in these economic downturns. Because of that productivity gained, you do not have to hire everybody back. We need workforce development. We cannot do fiscal or monetary policy and expect to bring those jobs back. We have got to bring new skills to deliver market opportunities for those workers who are displaced.

The critical issue is whether the equipment is a compliment or a substitute for the workers. Whether people use the equipment or operate the equipment, or compete with equipment. The forklift is a good example



of the equipment that eliminates genetic ability. No matter how strong you are, with a little bit of training on the forklift, you can lift enormous weights, and therefore get paid high, high rates, and equal. What happened in manufacturing in the 20<sup>th</sup> century is that most of the equipment had this feature that eliminated the unique abilities that people had. They were treated as interchangeable parts, but they were hugely productive compared to what the same workers were earlier. There was a de-skilling of manufacturing that was done in artisan shops in the pre-industrial era. As an alternative example, there is the microphone. The microphone adds to people's productivity, because 400 years ago your audience was limited to maybe a thousand people if you could talk or sing loud enough, but the microphone allows you to sing to the whole globe where your song is recorded and communicates to everybody. It is a huge improvement in productivity, but it has a vast differential effect between people



**INTELLIGENCE \*\***

**ARTIFICIAL  
INTELLIGENCE**

who can sing and those who cannot.

It is Detroit versus Hollywood. Detroit is a top-down, hierarchical, relatively egalitarian town with a lot of decent jobs, middle-class jobs. Hollywood is totally different. It is a bottom-up, entrepreneurial, innovative, creative community with a few people who make enormous amounts of money, and lots of people working as waiters in Los Angeles restaurants, hoping that they are going to be discovered some day. The world that most labor markets are moving into is one in which there are a few real winners, and all other people are left out. And education and effort are not enough. You have got to have the talent as well. It means that a compensatory education is not going to offset the natural inequality. Very uncomfortable idea in America where the economy and the politics is all built on the idea that if you work hard, you are going to get ahead. And the problem is that that might not be true for 90% of the

people anymore. 10% can work hard with their talent. Other people are going to be competing with robots.

This is important for your education. We are talking about computers that over the next four or five years are going to have huge improvements in artificial intelligence. A computer is just carrying out the code that somebody provided to it. That is mimicking intelligence. It is not real intelligence; it is pre-program responses that seem like it is intelligence. And most of our education systems are focused on doing exactly that, creating artificial intelligence which is the ability to memorize and regurgitate versus creative thinking and analytical thinking problem solving. That is real intelligence. Our schools need to switch from doing artificial intelligence to doing real intelligence, and that is a difficult thing. In fact, they

do not like to do that. It is experiential, it is a conversation where that knowledge and understanding is created. It is much easier for a faculty to give a lecture and pass out an exam, and have graded by a machine perhaps. Have it multiple choice, but we do not need that anymore. We need real intelligence.

### **But who is saving?**

In recessions, we get cost cutting in which hours are cut back much more rapidly than output. Then we turn around and have economic growth again with both hours and output growing, but when we get back to that same level of hours as we began, we have more output. That is the productivity gains that occur in the cycles. Because of cost cutting when the expansion is going well, we do not need to worry about the productivity of the workforce. To lay off workers who are less productive is regarded as disruptive to the workplace, so that hard decision is



postponed until the recession comes, and then firms jump on the opportunity to trim and improve their workforce at that time. That is the productivity gain that we get from a recession.

It is as if there was a line in Human Resources departments. A long line of humans saying I would like that work and a very long line of robots saying I will do it cheaper and better and more reliable. The cross-cutting cycles are important, but the most important thing is that in the 20th Century, the trend was more output and more hours, very predictably upward in that direction. In the 21st Century, it has been all output and no hours. There's been no growth in hours worked in the US economy for a decade and a half. This is just saying humans are not necessary anymore. We do not need them. We are going to stick with the same level of workforce, same hours that we had 15 years ago, and we will still be able to grow the economy. That is the microprocessor. This is a probability that your job will be taken over by a robot in 20 years. The long-term forecast in the US is particularly very troubled. The reason is that we are going

to edge into a period in which there is almost no growth. Another decade from now, we will have a period in which there is no growth in the working age population.

Regarding savings, as we got older, we spent less and less, and retirement was a period of relatively low spending compared to the peak spending years. We could have a savings plan that is appropriate to that lifetime spending profile. But the reality is we are in a totally different profile with a huge spike-up late in life, and that is public expenditures from Medicare that are designed to extend life another day or two. It is hugely expensive. But the big thing from an economic standpoint is, if you had to pay your own retirement benefits and your own health benefits late in life, you have to save a heck of a lot more with the lifetime spending profile as it is now, compared to the way it was back in the '60s. Although that spending might not be on your personal balance sheet in the United States, it is on your balance sheet through the federal government. We, as a nation, need to recognize that we have entered into a low-growth era with 2% growth and that we need

to have a very serious increase in savings in order to fund those liabilities. Otherwise, we are going to have to tax the heck out of the young people when they are making money, when they are earning.

But who is saving? Households spend savings quite a bit less. Businesses through retained earnings have been doing about the same. There is no fundamental change in business behavior when it comes to savings. State and local governments are doing a little bit dissaving, but the big problem is Uncle Sam. There is very little difference between Uncle Sam and Uncle Demetrius. They are both borrowing heavily from the bond markets and spreading the money out to their friends. In the Greek case, it was friends of the government, and in the United States, it is the elderly. The bond market was totally unaware that there was a difference in default and delinquency risk between Germany and Greece because Greece was able to borrow at the same rate as the Germans were borrowing their sovereign debt. It was priced the same until suddenly it changed its mind, and that is the big risk going forward because some day, the bond markets are going to think that Uncle Sam is not worthy of a decent credit rating. When that happens, there is going to be a very severe economic downturn, a global economic downturn, but particularly severe in the United States.

We need much higher national savings because of low income rates, growth rates, lower rates of return on investment, and much more spending opportunity late in life. We desperately need new workforce development, much greater savings, more public spending on the young, less on the old. I think that we are having a kind of fiscal child abuse in the United States. We need to start taking care of our future and taking care of our young and part of that is infrastructure. We are letting our infrastructure deteriorate, and

## Bio



### **EDWARD LEAMER**

Es profesor J. Medberry Chauncey de Gestión, profesor de Economía y profesor de Estadística en la UCLA. Es miembro de la Academia Americana de las Artes y las Ciencias, y miembro de la Sociedad Econométrica. Investigador asociado del National Bureau of Economic Research y profesor visitante en el Fondo Monetario Internacional y la Junta de Gobernadores del Sistema de Reserva Federal.

Ha publicado más de 100 artículos y cuatro libros. Esta investigación ha sido financiada por becas continuas durante más de 25 años de la National Science Foundation, la Fundación Sloan y la Fundación Russell Sage.

Los intereses de investigación recientes del profesor Leamer incluyen el Acuerdo de Libre Comercio de América del Norte, el desmantelamiento del estado de bienestar sueco, la integración económica de Europa del Este, Taiwán y la China continental, y el impacto de la globalización en la economía de EE. UU.

quality of life infrastructure is more important than it ever was for economic growth because these mobile, entrepreneurial, innovative young people are looking for locations that are pleasant to live: San Francisco, Seattle, and Austin. So governments would be wise to worry about quality of life infrastructure as well as the logistics infrastructure, which were not so important in the Industrial Age.



# **LAS BRECHAS DE GÉNERO**

## **EN EL MERCADO LABORAL ESPAÑOL Y SU EVOLUCIÓN A LO LARGO DEL CICLO DE VIDA**

Por SARA DE LA RICA

*Universidad del País Vasco y FEDEA*



*La profesora de la Universidad del País Vasco y de FEDEA, Sara de la Rica, detalla en este artículo las principales conclusiones de su trabajo sobre las brechas de género en el mercado laboral español, que presentó el pasado mes de mayo en la Fundación Ramón Areces en una conferencia en el marco de la IX Reunión Científica de COSME, el subcomité de la Asociación Española de Economía encargado de evaluar y promocionar el estado de las mujeres dentro de la profesión económica.*

## *Las brechas de género crecen con la edad, particularmente hacia la edad de los 30-34 años y, en la mayoría de los casos, a partir de ese momento se mantienen constantes*

La evidencia empírica señala que en la mayoría de países desarrollados, las diferencias en el mercado de trabajo entre hombres y mujeres se están estrechando tanto en participación laboral, como en número de horas trabajadas, tipo de ocupaciones que desempeñan e incluso en la remuneración. Como Claudia Goldin (2004) describe en su artículo titulado "*The Quiet Revolution of Women*", las mujeres han ido modificando su apuesta con respecto al mercado de trabajo de modo vertiginoso en los últimos 40 años: su participación laboral era muy escasa a mediados del siglo pasado, pero su apuesta por la adquisición de capital humano fue siendo gradual pero imparable a partir de los 60, lo que claramente, junto a otros factores, como el desarrollo del sector servicios, fueron facilitando la incorporación de la mujer en el mundo laboral. La conciliación entre la vida familiar y laboral ha sido durante décadas un problema que provocó el abandono laboral de las mujeres al entrar en la maternidad. Sin embargo, la apuesta decidida de las mujeres por incorporarse al mercado laboral, junto con el creciente nivel educativo alcanzado, que en estos momentos supera ya al de sus homólogos varones, han provocado que las diferencias con respecto a los hombres se estrechen notablemente en numerosos parámetros. Sin embargo, la situación no es todavía equitativa por género y, en particular, las diferencias salariales son todavía notables. Además, un aspecto relevante, que ha sido tratado relativamente poco en la literatura y que es precisamente el foco de este trabajo es que las brechas salariales, tanto en participación laboral como en salarios, crecen con la edad. Este será precisamente el aspecto que será tratado en profundidad en este trabajo.

Numerosas teorías tratan de modelizar la existencia de diferencias salariales por género en media –desde la discriminación por prejuicio, o la discriminación estadística hasta las diferencias en negociación o aversión al riesgo. Sin embargo, pocas teorías justifican un crecimiento de las diferencias salariales con la edad. Entre las existentes, podríamos destacar dos líneas de investigación: La primera se centra en diferencias en capital humano: las mujeres, por razones fundamentalmente familiares, acumulan menor capital humano que sus homólogos varones. Esta menor acumulación sobre todo se centra en menor experiencia laboral –bien trabaja menos horas o interrumpe su participación laboral en ciertas etapas de la vida laboral. A medida que las diferencias en experiencia laboral crecen, las diferencias salariales crecen también dado que los salarios reflejan, aunque fuera de modo imperfecto, la productividad laboral (Erosa, Fuster y Restuccia (2016), Manning & Swaffield (2008).

Otra teoría que también justifica la brecha de género creciente con la edad se centra en la segregación ocupacional de las mujeres: al entrar en la maternidad, las mujeres tratan de buscar ocupaciones que permitan una mejor conciliación entre la vida laboral y familiar, y estas ocupaciones, si bien tienen ventajas en cuanto a horarios o flexibilidad laboral, en general ofrecen salarios menores (Manning & Swaffield (2008), Goldin (2014), Gicheva (2013). Por último, otra línea de investigación que justifica el crecimiento de las brechas de género por edad arguye una diferencia de comportamiento en etapas laborales tempranas. Los hombres cambian de trabajo más frecuentemente que las mujeres a la búsqueda de



Sara de la Rica

un mejor empleo (*job shopping*), y esto provoca diferencias salariales en los primeros años que no se recuperan luego a lo largo de la vida laboral (Manning & Swaffield [2008]).

En el presente trabajo, presentaré, en primer lugar, brechas de género en participación laboral, y, posteriormente, en salario/hora en España así como su variación con la edad. Para ello utilizaré cohortes sintéticas a las que se sigue en el tiempo, lo que permitirá observar cambios a lo largo de la vida de cada cohorte, así como diferencias en comportamiento de distintas cohortes en las mismas etapas del ciclo de vida. Posteriormente, trataré de especular si la evidencia mostrada es o no consistente con algunas de las teorías mencionadas anteriormente.

### **Brechas de género en participación laboral a lo largo de la vida: evidencia descriptiva**

Para mostrar las brechas de género en

participación laboral disponemos de información proveniente de las Encuestas de Población Activa (EPA). La EPA se realiza trimestralmente a alrededor de 60.000 hogares españoles desde mediados de los 70. A partir de la información que revelan es posible construir diferentes cohortes (grupos de personas nacidas en el mismo año o intervalo de años), y medir determinados indicadores, en este caso, brechas de género en participación laboral, de individuos representativos de cada cohorte y observar así los cambios en dichos indicadores a lo largo del ciclo de vida.

Como la tabla 1 refleja, para medir la brecha en participación laboral de hombres y mujeres en diferentes edades de la cohorte nacida, por ejemplo, en 1960, es preciso hacer uso de numerosas olas de la EPA: En concreto, se utiliza la EPA de 1987 (2º trimestre, en nuestro caso) y se computa el ratio de participación laboral de mujeres sobre hombres de 25-29 años, que es precisamente la cohorte nacida en 1960. Asimismo, la brecha en participación

Cohortes	25-29 años	30-34 años	35-39 años	40-44 años	45-49 años
Nacidos en 1960	1987	1990	1995	2000	2005
Nacidos en 1965	1990	1995	2000	2005	2010
Nacidos en 1970	1995	2000	2005	2010	2015
Nacidos en 1975	2000	2005	2010	2015	
Nacidos en 1980	2005	2010	2015		

**Tabla 1.** Información sobre las olas de la EPA utilizadas para recabar información sobre brechas de género para diferentes cohortes a lo largo de la vida.

laboral de esa misma cohorte se obtiene de la EPA de 1990, siempre que se escoja el grupo de individuos entre 30-34 años, y así sucesivamente. Hemos calculado estas brechas de género en participación laboral para cinco cohortes, que van desde aquellos nacidos en 1960, y que tienen en consecuencia 56 años en 2016, hasta la cohorte más joven, nacida en 1980, y que en 2016 tiene 36 años (para esta cohorte no tenemos todavía la participación laboral en edades más avanzadas, y de ahí que la brecha en participación laboral existe solo para edades relativamente jóvenes).

Una vez obtenida esta información, el gráfico 1 presenta las brechas de género en participación laboral en diferentes edades y para las cinco cohortes mencionadas. Este gráfico reproduce dicha brecha de género para dos colectivos: El panel de la izquierda incluye todos los individuos, independientemente del nivel educativo. Por el contrario, el panel de la derecha reproduce las brechas de género para el grupo de individuos con estudios superiores (FP superior o formación universitaria).

Se observan varios hechos interesantes en el gráfico 1: en primer lugar, si comparamos las diferentes cohortes para todos los individuos (panel izquierdo), se observa una reducción muy clara en las brechas de género a medida que observamos a las cohortes más jóvenes (línea roja) frente a las más mayores (línea azul). La brecha de género se ha reducido sustancialmente para todas las edades. En segundo lugar, se observa que para todas las cohortes la brecha de género crece hasta los 30-34 años y luego va decreciendo ligeramente. Se produce una forma de U en la brecha de género, y el aumento en la misma coincide con la etapa en la que la mujer entra en la maternidad, que es a partir de los 30 años. Es también interesante hacer notar que para la cohorte más joven –la nacida en 1980, la brecha de género se ha reducido hasta el 10% y la variación con la edad es muy pequeña.

Por el contrario, al observar el panel derecho, en el que únicamente se consideran personas con estudios superiores, la evolución de las brechas de género presenta una dinámica bien diferente: en primer lugar, al comparar

## Brechas de género en participación laboral - España

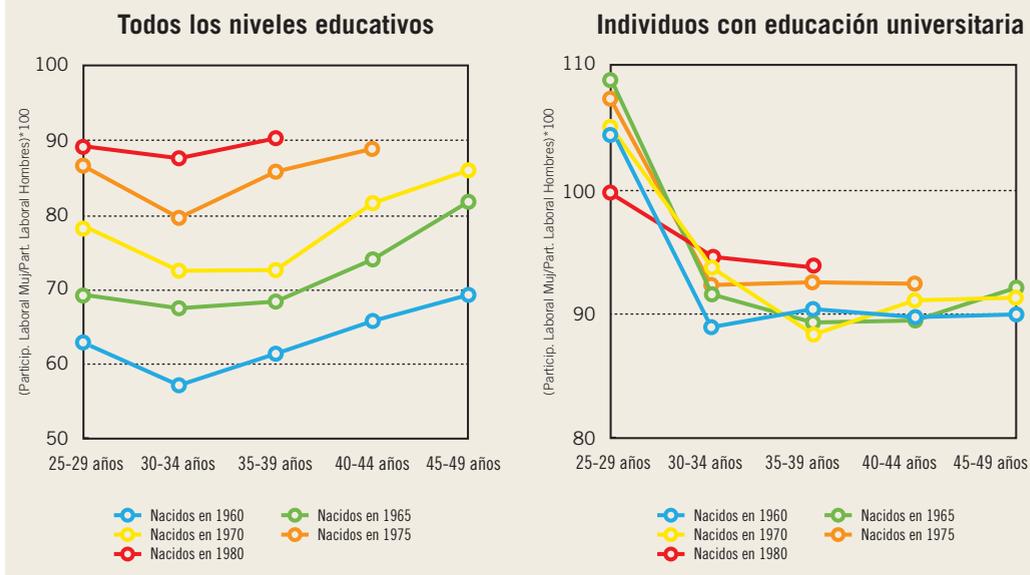


Gráfico 1.

las diferentes cohortes se observan cambios mínimos, para todas ellas la brecha de género es nula (o incluso positiva para las mujeres) a los 25-29 años, es decir, a la entrada de la vida laboral, pero crece claramente hacia la edad de 30-34 años hasta el 10%. A partir de ahí, prácticamente se mantiene estable en ese 10% con la edad. La evolución de las brechas de género para este colectivo tiene más una forma de L que una forma de U.

### Brechas de género en salarios a lo largo de la vida: evidencia descriptiva

Respecto a la brecha salarial de género en España, la obtención de información para diferentes cohortes y a diferentes edades es más complicada. La información más completa puede obtenerse a partir de las diferentes olas de la Encuesta de Estructura Salarial

(EES)-1995, 2002, 2006, 2010. Dado que solo existen cuatro olas por el momento<sup>1</sup>, es posible recoger información salarial sobre individuos representativos de dos cohortes en 4 momentos diferentes. En particular, y tal y como muestra la tabla 2, de los datos disponibles se puede obtener información salarial, y en consecuencia, brechas de género para dos cohortes, la nacida entre 1960-65 y la nacida entre 1968-1972 en los cuatro intervalos de edad que la tabla 2 señala.

Utilizando esta información, se presentan a continuación las brechas de género en salarios-hora para dos colectivos: todos los trabajadores (panel izquierdo), y trabajadores con estudios universitarios (panel derecho). Restringimos el análisis a trabajadores que trabajan a tiempo completo y en empresas de más

<sup>1</sup> Los microdatos de la ola de 2014 todavía no están disponibles para el público.

Cohortes	23-27 años	30-35 años	37-42 años	41-46 años	45-50 años
1960-65		EES-95	EES-2002	EES-2006	EES-2010
1968-72	EES-95	EES-2002	EES-2006	EES-2010	

**Tabla 2.** Información sobre las olas de la EES utilizadas para recabar información sobre brechas de género en salarios para diferentes cohortes en diferentes edades.

de 10 trabajadores, puesto que para EES-95 y EES-2002 no existe información de empresas más pequeñas.

El gráfico 2 presenta las brechas de género para las dos cohortes mencionadas y en diferentes edades: La interpretación de los valores ahí representados es como sigue: si observamos a todos los trabajadores (panel izquierdo) en la cohorte nacida entre 1968-1972 (línea rosa), que de hecho es la única para la

universitarios, la brecha salarial de género a los 23-27 años asciende al 20%, crece hasta el 27% a la edad de 37-42 años y sigue creciendo hasta el 35% a la edad de 41-46 años.

En consecuencia, la brecha salarial de género para los trabajadores con estudios superiores es superior a todas las edades que la de todos los trabajadores, y la razón de dicho resultado hay que buscarla en los diferentes sesgos de selección de cada colectivo: la parti-

participación laboral de las mujeres con estudios superiores es mucho más alta que la de mujeres con menor nivel educativo y, en consecuencia, dentro de este último colectivo, quienes deciden trabajar son posiblemente aquellas cuyos salarios son más elevados.

*Las mujeres promocionan menos que sus homólogos varones a la edad de 30-34 años, lo que ciertamente explica el crecimiento en la brecha salarial desde la entrada en el mercado laboral hasta esa franja de edad*

que se dispone de información para los cuatro intervalos de edad señalados en los ejes de abscisas, las mujeres entre 25-29 años reciben un salario hora que es un 17% menor al de los varones de su misma edad. Esta diferencia salarial asciende al 25% a la edad de 37-42 años, y a partir de ahí se mantiene constante. Si atendemos a la brecha salarial de esa misma cohorte pero para trabajadores con estudios

### **Teorías sobre la evolución de brechas de género salariales a lo largo del ciclo de vida: evidencia empírica**

En esta breve sección se realiza un breve resumen de la evidencia empírica encontrada sobre las dos teorías más utilizadas para justificar el incremento de la brecha salarial por género con la edad:

## Brechas de género en salarios hora (España) -EES- 4 olas

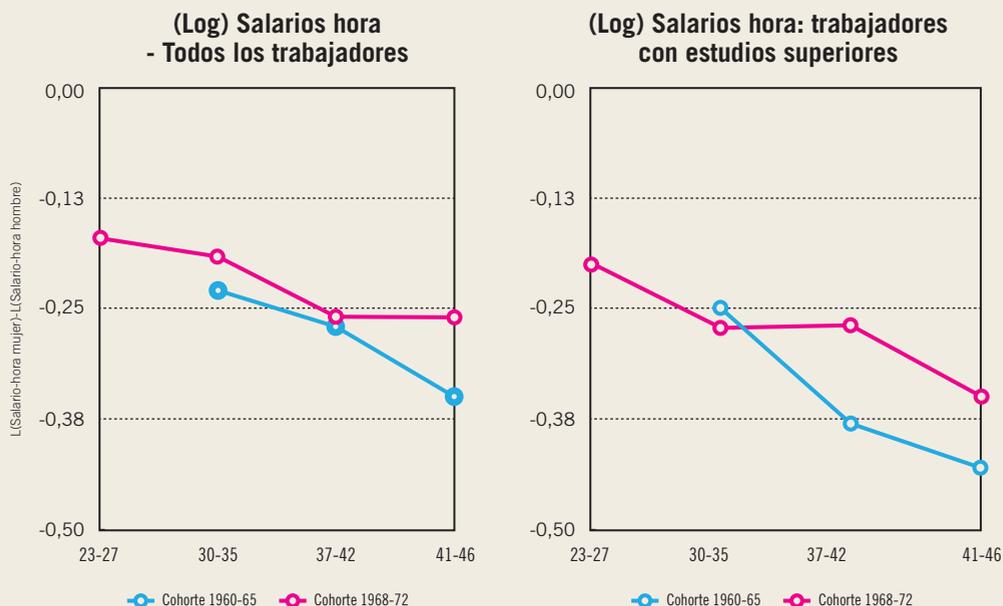


Gráfico 2.

### 1. Brechas salariales por diferencias en la acumulación de capital humano: horas y experiencia laboral:

Erosa, Fuster y Restuccia (2016) tratan de contrastar si la diferencia en horas trabajadas a lo largo de la vida entre hombres y mujeres en USA puede ayudar a explicar las brechas salariales observadas. Utilizando la NLSY79 de Estados Unidos (New Longitudinal Survey of Youth-79), documentan en primer lugar una diferencia muy apreciable en la oferta laboral de hombres y mujeres. Construyen un modelo en el que se toman decisiones sobre fertilidad, oferta de trabajo y acumulación de capital humano. En este modelo, se supone que los niños imponen una reducción en las horas trabajadas para las mujeres. Los autores calibran el modelo para que describa el patrón de la economía de Estados Unidos, y sus resultados concluyen que las diferen-

cias en horas trabajadas explican prácticamente la totalidad de la brecha salarial encontrada a lo largo del ciclo de vida.

Esta evidencia, sin embargo, no se encuentra para Reino Unido. Manning y Swaffield (2005), usando la British Household Panel, que permite seguir a hombres y mujeres durante los 10 primeros años de experiencia laboral, documentan lo siguiente: en primer lugar, encuentran una brecha salarial de género nula a la entrada del mercado laboral, pero crece notablemente en los 10 primeros años. Tratan de contrastar si las diferencias en horas trabajadas e interrupciones laborales permiten explicar estas diferencias crecientes, y documentan que, como máximo, estos factores explicarían solo la mitad de la brecha salarial encontrada a los 10 años de experiencia laboral.

## 2. Brechas salariales por segregación ocupacional

La segregación ocupacional de mujeres en puestos de trabajo más "conciliables" con la vida familiar implica una elección por parte de las mujeres de trabajos comúnmente denominados *low-track jobs*, frente a otros, que requieren mayor dedicación y disposición del trabajador para con el puesto de trabajo, y que comúnmente se denominan *fast-track jobs*. En los primeros, los salarios presentan en general perfiles salariales con la edad mucho más horizontales que en los segundos. La evidencia empírica sí parece encontrar una notable segregación de hombres y mujeres en ocupaciones diferentes Manning y Swaffield (2005), Goldin (2014) y Gicheva (2013). Sin embargo, posiblemente, si bien la segregación ocupacional parece ser un factor determinante de las diferencias salariales entre hombres y mujeres a diferentes edades, por sí mismo no explica la totalidad de las diferencias. En cualquier caso, sin duda alguna, es uno de los factores que es preciso tener más en cuenta para entender las brechas salariales de género crecientes con la edad.

### **Factores determinantes del incremento de la brecha salarial de género en España: trabajadores a tiempo completo con estudios superiores**

En esta sección se construye un pseudo-panel con las cuatro olas disponibles de la Encuesta de Estructura Salarial para la cohorte nacida entre 1968-1972. Tal y como se ha presentado en la sección 3, es posible observar a individuos representativos de esa cohorte en cuatro momentos diferentes del ciclo de vida. El objetivo de esta sección es tratar de entender los factores que determinan ese crecimiento observado en la brecha de género con la edad.

Para ello, la Encuesta de Estructura Sa-

larial ofrece una información que es posible explotar en este trabajo, que es la desagregación del salario hora en sus dos componentes fundamentales: salario base, que refleja la categoría ocupacional del trabajador y, por otra, los complementos salariales, que reflejan pagos por antigüedad, peligrosidad, turnos y/o bonos. La suma de estos dos componentes conforma el salario ordinario total de cada trabajador (los pagos extraordinarios están excluidos del análisis). En media, en España, el salario base asciende aproximadamente al 65% del salario ordinario total, mientras que el 35% restante corresponde a complementos salariales. Esta descomposición, sin embargo, es muy heterogénea por sectores de actividad y categorías ocupacionales.

El gráfico 3 presenta el salario base y los complementos salariales mensuales medios para la cohorte nacida entre 1968-1972 para hombres y mujeres separadamente. En el gráfico se aprecian algunos datos interesantes: en primer lugar, que para todas las edades las mujeres reciben en media un menor salario base y menores complementos salariales que los hombres. Además, ambas diferencias crecen con la edad, pero crecen relativamente más las diferencias en los complementos salariales que en el salario base.

Hasta el momento, solo se han mostrado diferencias salariales medias entre hombres y mujeres, tanto en salarios hora, como en salario base y complementos salariales en diferentes momentos de la vida para una cohorte determinada. Sin embargo, estas diferencias pueden deberse, entre otros factores, a diferencias en composición de hombres y mujeres o incluso al tipo de trabajo que tienen.

Sin embargo, dado que disponemos de información individual de cada trabajador con respecto a estos atributos, es posible ir "depurando" las brechas salariales para cada edad de diferencias en características personales,

### Salario base mensual y complementos salariales - Trabajadores a tiempo completo con estudios superiores (cohorte 1968-72)

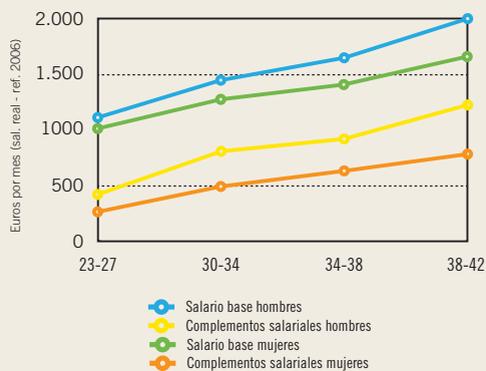


Gráfico 3.

así como de los empleos, e incluso de la posible segregación ocupacional. De esta manera, es posible atribuir las diferencias salariales para cada edad a diferentes factores. Dicha depuración consiste en estimaciones salariales de cada uno de los tres componentes mencionados (salario hora, salario base y complementos salariales –una vez transformados en logaritmos–) sobre diferentes variables explicativas. La brecha salarial viene captada por el coeficiente del indicador de género en cada una de las diferentes estimaciones, que condiciona por diferentes factores.

En particular, el gráfico 4 presenta el coeficiente de la variable "mujer" de diferentes regresiones en las cuales se estima el salario hora total, cada una de las cuales controla por diferentes controles. Para cada tramo de edad presentado en el eje de abscisas se realiza una estimación diferente. Dichos coeficientes representan la brecha de género en cada tramo de edad, tanto no condicionada como condi-

### Brecha salarial de género en salario hora - Trabajadores con estudios superiores que trabajan a tiempo completo (cohorte 1968-72)

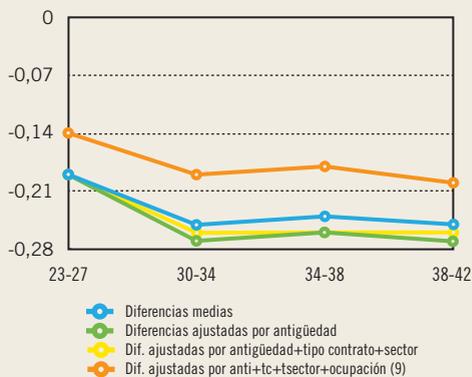


Gráfico 4.

cionada por factores como la antigüedad, el tipo de contrato, el sector de actividad y/o la ocupación<sup>2</sup>.

Los resultados más destacables de este gráfico 4 son los siguientes: diferencias en antigüedad, tipo de contrato y sector no contribuyen en nada a explicar la evolución de la brecha salarial de género con el ciclo de vida. Por el contrario, una vez que se depuran diferencias en ocupaciones (se han considerado 9 categorías ocupacionales), es cierto que la brecha salarial se reduce de modo muy notable, aunque no desaparece. En particular, la línea naranja revela las diferencias salariales entre hombres y mujeres (para cada tramo de edad) que tienen la misma antigüedad en el trabajo, mismo tipo de contrato, mis-

<sup>2</sup> Quiero hacer notar que otros demográficos que suelen incorporarse en las regresiones salariales, como educación o tipo de jornada, están ya controlados, dado que la muestra sobre la que se trabaja son trabajadores con educación universitaria que trabajan a jornada completa.

### Brecha salarial en salario base (hora) a lo largo del ciclo de vida (cohorte 1968-72) - Trabajadores a tiempo completo con estudios superiores

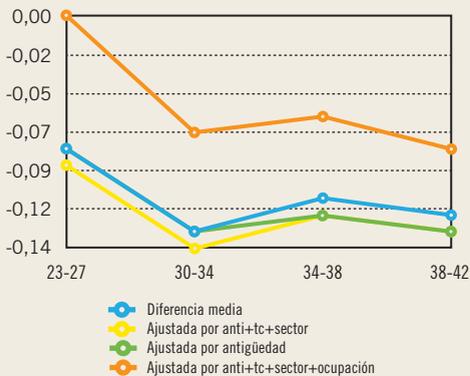


Gráfico 5.

mo sector de actividad (industria, servicios, construcción) y misma ocupación (9 posibles categorías). Estas diferencias salariales ascienden al 14% a favor de los hombres a la entrada del mercado laboral, y crecen hasta el 19% para la edad de 30-34 años. A partir de ese momento se mantienen más o menos constantes en esa cuantía.

Los gráficos 5 y 6 presentan un análisis similar, pero para cada uno de los componentes salariales antes mencionados, i. e. salario base y complementos salariales.

Con respecto a la brecha de género en el salario base, el gráfico 5 destaca un hecho interesante, y es que incluso cuando comparamos hombres y mujeres con la misma antigüedad, mismo tipo de contrato, trabajan en el mismo sector y en la misma ocupación (línea naranja), las diferencias en el salario base, si bien al inicio de la vida laboral son inexistentes, sin embargo, para la edad de 30 años, han alcanza-

### Brecha salarial en complementos salariales (hora) a lo largo del ciclo de vida (cohorte 1968-72) - Trabajadores a tiempo completo con estudios superiores

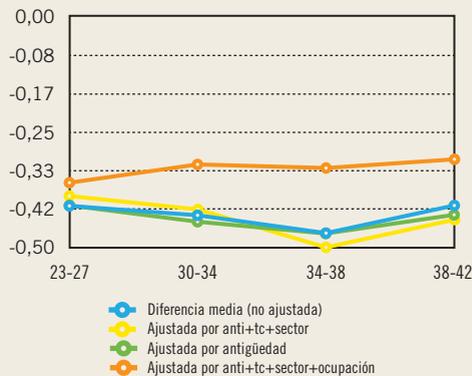


Gráfico 6.

do un 7% a favor de los varones. A partir de ese momento, esa brecha se mantiene constante en el 7% en el componente del salario base. Dado que el salario base refleja la categoría ocupacional de los trabajadores, este resultado indica que las mujeres, en los primeros 8-10 años de vida laboral, promocionan en menor medida que sus homólogos varones hacia ocupaciones mejor pagadas. Esta es sin duda una de las razones que justifican la brecha salarial creciente con la edad que hemos destacado desde el primer momento. Lo que este resultado no permite concluir es si esa menor promoción hacia ocupaciones mejor pagadas es una decisión de las mujeres, en cuyo caso sería voluntaria, o de los empresarios, en cuyo caso sería involuntaria. Desafortunadamente, con los datos de los que disponemos, no es posible determinar este punto.

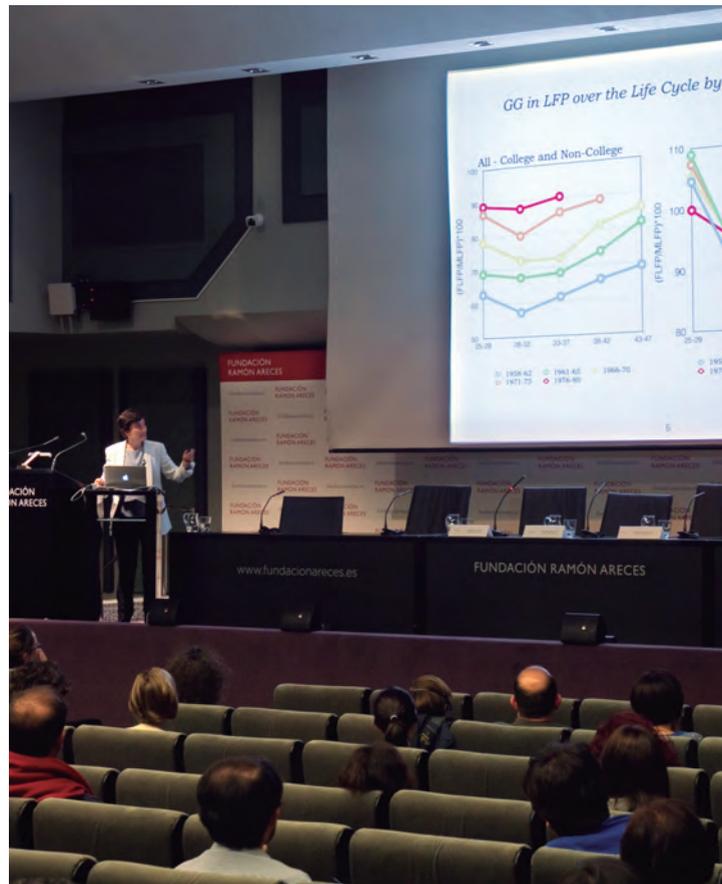
Finalmente, el gráfico 6 presenta el mismo tipo de análisis pero para el componente de complementos salariales.

El gráfico 6 indica, en primer lugar, que las diferencias en los complementos salariales entre hombres y mujeres muy similares y que trabajan en empleos muy similares (línea naranja) alcanzan el 35%, y se mantienen más o menos en los mismos niveles a lo largo de la vida laboral. Estas diferencias no pueden deberse a diferencias en antigüedad, ya que se controla por diferencias en dicha variable. Además, dado que entre trabajadores con estudios superiores los complementos por turnos son ciertamente mínimos, la conclusión que este resultado permite alcanzar es que las mujeres cobran menores retribuciones en términos de bonos que sus homólogos varones.

¿Por qué las mujeres reciben menos bonos que sus homólogos varones? Quizá una parte al menos de estas diferencias estriba en una segregación a nivel sectorial. Los bonos son muy habituales en sectores de servicios como finanzas, y muy poco habituales en otros como educación, sanidad u otros. La segregación por sexo en estos sectores es muy notable, dado que el sector de las finanzas es fuertemente masculino, mientras que el de educación o sanidad es fuertemente femenino. Si bien hemos incluido la variable "Sector de actividad" en la estimación, la desagregación abarca únicamente 3 sub-sectores, que son industria, servicios y construcción. No es posible, con los datos de los que disponemos, realizar una desagregación mayor para las cuatro olas de la EES y, en consecuencia, no es posible confirmar esta hipótesis, que creo que ayudaría a entender estas diferencias.

## Reconciliación entre los resultados y las teorías

Para terminar, cabría tratar de reconciliar



Sara de la Rica

los resultados encontrados sobre las brechas de género para España con algunas de las dos teorías que justificarían estas diferencias.

En este sentido, podemos preguntarnos si la brecha de género creciente con la edad podría deberse a diferencias en capital humano: lo cierto es que no es fácil de reconciliar esta teoría con las diferencias importantes que observamos incluso a la entrada del mercado laboral, donde las diferencias en experiencia laboral no existen, y sin embargo, la brecha salarial existe y alcanza el 14% para hombres y mujeres MUY similares y que trabajan en empleos también muy similares.

Por otra parte, en la teoría del capital humano, se suele diferenciar entre capital humano general y capital humano específico. El



último normalmente lo aproximamos por la variable "antigüedad" en el trabajo, y los resultados indican que una vez que se controla por tener la misma antigüedad en el trabajo actual, las brechas de género, así como su perfil creciente con la edad permanecen. En consecuencia, no parece que la razón fundamental que explicaría estas brechas de género crecientes con la edad pueda atribuirse a diferencias en capital humano.

En segundo lugar, cabría preguntarse si la evidencia presentada sería consistente con la teoría de la segregación ocupacional, por la cual las mujeres, a partir de los 30 años, que es cuando entran en la maternidad, se dirigen hacia ocupaciones más conciliables con su vida familiar, pero que tienen salarios más bajos. La evidencia muestra que entre un cuarto y un tercio de la brecha salarial (en salarios hora) se explica por la segregación ocupacional. Por otra parte, la evidencia mostrada con

las brechas salariales de la variable "Salario base" que define precisamente la categoría ocupacional, revela que las mujeres promocionan menos que los varones hacia categorías ocupacionales mejor pagadas, dado que sus salarios base crecen menos con la edad que la de los varones. Esto sería compatible con una segregación ocupacional voluntaria para mejor compatibilizar la vida familiar con la vida profesional, pero también con una segregación ocupacional involuntaria, en la que la mujer no promociona porque no se le permite. Podría suceder que los empresarios prefieran no promocionar a mujeres hacia mejores ocupaciones debido precisamente por situarse en las edades centrales de la maternidad. Esta diferencia en las razones de la segregación ocupacional no puede contrastarse con los datos de los que disponemos y, en consecuencia, ambas posibilidades quedarían abiertas.

## Conclusiones

En este estudio se ha presentado evidencia de las brechas de género en España, tanto en participación laboral como en salarios-hora. Dicha evidencia indica que las brechas de género crecen con la edad, particularmente hacia la edad de los 30-34 años y, en la mayoría de los casos, a partir de ese momento se mantienen constantes. La diferencia en participación laboral se ha estrechado sensiblemente para las cohortes más jóvenes y, particularmente, para el colectivo de personas con estudios universitarios, no supera el 7% en ningún momento del ciclo de vida.

Con respecto a la brecha salarial, este estudio se centra en el colectivo de trabajadores con estudios superiores y que trabajan a tiempo completo, para disponer de una muestra de trabajadores con una fuerte vinculación con el mercado de trabajo. Para ese colectivo, y centrándonos en la cohorte nacida entre 1968 y 1972, se observa una brecha salarial en

el salario hora del 20% a favor de los hombres a la entrada del mercado laboral, brecha que asciende hasta el 27% a la edad de 37-42 años y sigue creciendo hasta el 35% a la edad de 41-46 años. Para entender el porqué de estas brechas salariales, se ha descompuesto el salario hora en sus dos componentes principales, salario base y complementos salariales. Los resultados indican, en primer lugar, que las mujeres promocionan menos que sus homólogos varones a la edad de 30-34 años, lo que ciertamente explica el crecimiento en la brecha salarial desde la entrada en el mercado laboral hasta esa franja de edad. Por otra parte, las mujeres reciben un 35% menos de retribución en cuanto a complementos variables, que son fundamentalmente diferencias en bonos, y que al menos, en parte, podría deberse a una segregación de género en sectores de actividad.

Para terminar, quisiera destacar que si bien es cierto que las brechas de género en participación laboral sí que se están estrechando en España, fundamentalmente entre el colectivo de personas con estudios superiores, sin embargo las diferencias en salarios están muy lejos de eliminarse. Incluso considerando hombres y mujeres muy similares que tienen el mismo tipo de contrato y trabajan en la misma ocupación, las diferencias salariales a la entrada ascienden a un 14% a favor de los hombres, y crecen hasta el 19% hacia la edad de los 30-34 años.

Bio



### SARA DE LA RICA

Es catedrática de Economía en la Universidad del País Vasco. Su investigación se centra en temas de género y mercado de trabajo, análisis económico de la inmigración, educación, e instituciones del mercado de trabajo. Es también directora de la Cátedra FEDEA "Fuentes Quintana" de Investigación del Banco de España-FEDEA, coeditora de la revista científica IZA Journal of European Labor Studies, miembro del Consejo Asesor de ANECA, e investigadora asociada del CREAM (Centro de Investigación del Análisis de la Inmigración, Londres) y el IZA (Instituto de Investigación del Mercado de Trabajo, Bonn). Ha sido presidenta de la European Society of Population Economics (2012) y de COSME (2012-13). Sus investigaciones han sido publicadas en numerosas revistas científicas internacionales, como Journal of Human Resources, Labour Economics, Journal of Population Economics, Economic Inquiry, Industrial and Labor Relations Review, y un largo etcétera.

### Referencias

Erosa, A., L.Fuster, y D. Restuccia (2016), "A quantitative theory of the gender gap in wages", *European Economic Review* 85 (2016) 165-187.

Goldin, Claudia (2006), "The Quiet Revolution That Transformed Women's Employment, Education, and Family" *AEA papers and Proceedings*, Richard Ely Lecture.

Goldin, Claudia, (2014), "A Grand Gender

Convergence: Its Last Chapter", *American Economic Review*, 104(4): 1091-1119.

Gicheva, Dora (2013), "Working Long Hours and Early Career Outcomes in the High-End Labor Market" *Journal of Labor Economics*, vol. 31, no. 4.

Manning, A. y J. Swaffield (2008), "The Gender Gap in Early-Career Wage Growth", *CEP Discussion Paper* No 700 (July).



# LA LUCHA CONTRA LA DESIGUALDAD: COMENTARIOS SOBRE UNA AGENDA OBLIGADA

Por JOSÉ ANTONIO ALONSO

*Catedrático de Economía Aplicada de la Universidad Complutense (ICEI),  
miembro de UN Committee for Development Policy*



*La segunda edición de Views, el Encuentro Internacional de Políticas de Desarrollo que organizan Mujeres por África, la Fundación Ramón Areces y la Universidad Complutense, abordó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y la construcción de sociedades incluyentes: la lucha contra la desigualdad. Views es un foro diseñado para el análisis y el debate de los temas y tendencias globales en este ámbito. José Antonio Alonso, catedrático de Economía Aplicada de la Universidad Complutense (ICEI), miembro de UN Committee for Development Policy, y coordinador de este segundo encuentro reflexiona sobre la desigualdad.*

## Desde 1990 hasta la actualidad cerca de las tres cuartas partes de los países para los que existen datos han visto incrementado su nivel de desigualdad interna

El 25 de septiembre de 2015, en Nueva York, 193 países reunidos en la Asamblea General de Naciones Unidas decidieron aprobar la *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Se trata de una Agenda que convoca a los países a un esfuerzo compartido para los próximos quince años, orientado a promover modelos de desarrollo incluyentes y sostenibles a nivel nacional e internacional. En su resolución los países firmantes reconocieron estar resueltos a poner fin a la pobreza y el hambre en todo el mundo de aquí a 2030, a combatir las desigualdades dentro de los países y entre ellos, a construir sociedades pacíficas, justas e incluyentes, a proteger los derechos humanos y promover la igualdad entre géneros y el empoderamiento de las mujeres y las niñas, y a garantizar una protección duradera del planeta y sus recursos naturales. La Agenda, compuesta por 17 objetivos y 169 metas, es comprensiva y ambiciosa, y se ha definido desde su origen como universal, emplazando a todos y cada uno de los países, a sus gobiernos y a sus sociedades, a una acción transformadora de gran calado.

Una de las dimensiones claves de la nueva Agenda es la que se refiere a la lucha contra las desigualdades y por la construcción de sociedades incluyentes. Es este un aspecto nuevo en la agenda de desarrollo, cuya oportunidad y relevancia aparecen marcadas por el ascenso que los parámetros de desigualdad están adquiriendo en buena parte de los países y regiones del mundo. Incluso en países como los de la OCDE (España entre ellos), en los que los niveles de cohesión social eran comparativamente elevados, se ha producido un perceptible y generalizado incremento de la des-

igualdad. Tras 1980, en una secuencia gradual en el tiempo que se ha visto acelerada como consecuencia de la reciente crisis, se ha producido, de manera simultánea, un deterioro comparado en las condiciones de vida de amplios segmentos de la población más pobre, un tendencial adelgazamiento de las clases medias y una anómala concentración de renta y riqueza en los extremos más ricos de la distribución. Todo ello ha generado un extendido sentimiento de malestar social, que ha dañado las condiciones de gobernabilidad democrática de los países y amenaza las posibilidades de progreso en el más inmediato futuro.

Para tratar de responder a este problema, la *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* dedica su objetivo 1 a combatir la pobreza absoluta y relativa en todos los países del mundo, el objetivo 5 a promover la equidad de género y su objetivo 10 a reducir la desigualdad en y entre los países. Además, otros objetivos, relacionados con la salud, la educación, el medio ambiente o la gobernanza, incorporan metas orientadas a atender las necesidades de los sectores más pobres y a mejorar la equidad en el acceso de la población a los servicios sociales básicos. De hecho, la totalidad de la agenda viene permeada por un principio básico, enunciado como *leaving no one behind* (no dejar a nadie atrás), que sintetiza el propósito básico de combatir aquellas fuentes de exclusión y marginación social que están detrás de alguno de las manifestaciones más lacerantes de desigualdad.

Incorporar la dimensión de la lucha contra la desigualdad en la agenda de desarrollo comporta desafíos notables, tanto de orden



José Antonio Alonso

conceptual como práctico. No todos los sectores de opinión comparten juicio acerca de los patrones distributivos que cabe considerar deseables, ni sobre los instrumentos que se deben poner en uso para alcanzarlos. Es, pues, importante alentar el análisis y el debate sobre el tema, tratando de clarificar su relevancia y de asentar espacios de consenso cada vez más amplios sobre los que erigir la acción pública. Por suerte, un creciente grupo de relevantes académicos, instituciones internacionales y centros de opinión han reparado en la crucial relevancia de este aspecto, aportando en los últimos años clarificadores estudios e informes. El presente artículo pretende contribuir muy modestamente a ese debate a través de cinco breves comentarios que, en buena medida, descansan en las conclusiones de esa literatura especializada.

## 1. Un objetivo nuevo y complejo

Tradicionalmente, la agenda de desarrollo ha solido articularse en torno a los objetivos

de poner fin a la pobreza y al hambre, como expresiones más inequívocas y lacerantes del subdesarrollo. Aquí conviene hacer una previa clarificación conceptual. Por pobre se entiende aquel segmento de la población que no alcanza una mínima capacidad de ingreso o de gasto, que es el que define el umbral de pobreza. Ese umbral puede determinarse en relación con unos mínimos vitales absolutos, de carácter universal, como los que define el Banco Mundial en su concepto de pobreza extrema, o puede estar relacionado con el nivel de vida propio de cada país (generalmente una proporción de la mediana), generando así el concepto de pobreza relativa. Por su parte, la desigualdad hace referencia a cómo se distribuye la renta (o la variable que se considere) en el total de la población, siendo más desigual cuanto más concentrada esté. De lo dicho se desprende que el concepto de pobreza remite a un grupo de población y se define a través de una variable dicotómica: se es pobre si se está por debajo del umbral y no se es pobre en caso contrario. La desigualdad contempla al con-

## Los altos niveles de desigualdad dañan las posibilidades de crecimiento de una economía

junto de la población (no a un segmento) y se expresa a través de una variable continua (una sociedad puede ser más o menos desigual).

Pues bien, la agenda de desarrollo tradicionalmente ha prestado más atención a la pobreza que a la desigualdad. La agenda de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, vigente entre 2000 y 2015, ilustra esta concepción. El propósito más central de aquella agenda era combatir la pobreza extrema a escala internacional, entendiéndola como un fenómeno multidimensional que no solo se expresa en las limitaciones de ingresos de las familias, sino también en otro tipo de carencias extremas relacionadas con la educación, la salud y otros derechos básicos de las personas. Pese a que en la Declaración del Milenio, propuesta por el secretario general de Naciones Unidas, Kofi Annan, se aludía a la necesidad de proteger los derechos humanos y combatir las desigualdades, para caminar hacia un mundo más equitativo, sostenible y pacífico, lo cierto es que ese aspecto no pasó a formar parte de los ocho Objetivos del Milenio.

Habrà que esperar casi una década, para que la mirada de analistas, activistas sociales y decisores políticos identifiquen el incremento de las desigualdades como un problema de la máxima relevancia, que requiere ser afrontado a través de un esfuerzo concertado a escala internacional. Tuvieron un papel crucial en llamar la atención sobre este fenómeno una serie de estudios, muy bien documentados y de alto impacto mediático, que se publicaron en los últimos cinco años. Entre ellos, los debidos a Thomas Picketty, *Capital in the Twenty-First Century*, Richard Wilkinson y Kate Pickett,

*The Spirit Level. Why more equal societies almost always do better*, Anthony Atkinson, *Inequality: What can be done*, François Bourguignon, *The Globalization of Inequality*, o Branco Milanovic, *Global Inequality: A new approach for the age of globalization*.

También los organismos internacionales, como el Banco Mundial, el FMI o la OCDE, contribuyeron a la tarea aportando estudios e informes para identificar tendencias, debatir sus causas y explorar sus efectos. En algunos casos, como la OCDE, ese ejercicio se hizo de forma reiterada, emitiendo en los últimos siete años hasta seis informes referidos a la desigualdad. El hecho de que alguna de estas instituciones, como el FMI, haya sido en el pasado tradicionalmente refractaria a este tipo de temas no hizo sino añadir peso a su más reciente preocupación por los perversos efectos de la desigualdad. Y, en fin, no han faltado instituciones procedentes del sector privado que se han sumado a esta llamada de atención acerca de los riesgos que comporta el proceso de acrecentadas fracturas sociales en el interior de los países. El propio Foro de Davos, punto de encuentro de las elites política y económica internacionales, dedicó parte de sus debates de su edición de 2016 a este tema.

La coincidencia en el diagnóstico no se trajo, sin embargo, en una sencilla traslación de ese objetivo a la agenda internacional de desarrollo. Durante el proceso de gestación de la Agenda 2030, hubo debates serios acerca de si procedía incorporar la lucha contra las desigualdades como uno de los objetivos compartidos y, en caso de aceptarse, cómo podían plantearse las metas para que fuesen



asumibles por todos. El hecho de tratarse de un objetivo nuevo, otorgaba limitados precedentes sobre los que asentar el acuerdo. Pero, más allá de este hecho, se ponía en evidencia que se trataba de un objetivo complejo, sobre el que era difícil construir consensos. ¿A qué se podía deber este hecho?

Para contestar a este interrogante, permítaseme llevar el razonamiento a una analogía simple. Si en una encuesta abierta a la población procediésemos a preguntar cuál es el nivel de pobreza deseable en una sociedad, probablemente la respuesta sería unánime: cero. El ideal compartido de toda sociedad es conseguir que no haya ni una sola familia que tenga que vivir por debajo del umbral de la pobreza extrema (entendiendo que éste define niveles de consumo mínimos para la supervivencia). Ahora bien, si la pregunta fuese cuál es el nivel de desigualdad deseable para la sociedad, es probable que no encontrásemos similar consenso. Serían muy pocos los que apostasen por una sociedad en la que to-

dos tengan lo mismo, de forma simétricamente igual, cualquiera que sea el mérito de cada cual; y serían pocos, si es que alguno, los que reclamasen indiferencia frente a la progresiva concentración de recursos en torno a una elite crecientemente selecta y enriquecida. En la zona gris que media entre esos dos extremos se situaría la mayoría, pero muy probablemente con matices muy diferentes según los casos, en función de la posición, ideología o convicciones del interlocutor.

Apuremos la analogía y supongamos que debemos traducir en términos cuantitativos el objetivo de la lucha contra la desigualdad y apelamos para ello al índice de Gini. Como es sabido, se trata de uno de los indicadores de más amplio uso para estimar la desigualdad, que se expresa en un rango que va desde cero (cuando todos los miembros de una sociedad tienen exactamente lo mismo) a 1 (cuando la desigualdad es máxima, porque todo lo acapara un único miembro). A escala internacional, los países presentan índices de Gini que van

## *La desigualdad acentuada incide sobre los niveles de salud y bienestar de las personas, afectando a su equilibrio emocional y a los niveles de estrés con los que viven*

desde niveles próximos a 0,25, propio de las sociedades más equitativas, como Eslovenia, Suecia, Islandia o la República Checa, hasta niveles superiores al 0,65 de los países más inequitativos, como Sudáfrica o Seychelles. ¿Sería posible encontrar un nivel de Gini que pudiera postularse como óptimo universal aplicable a todos los países? Difícilmente, ya que las preferencias sociales respecto a la equidad (y los grados de tolerancia frente a la desigualdad) son muy diversos según los países que se consideren.

Esta indeterminación no hace sino reflejar el hecho de que tras la desigualdad se encuentran factores explicativos que admiten muy diversa valoración. Existe un amplio consenso al juzgar como reprochables las *desigualdades horizontales*, es decir, aquellas que se producen entre colectivos humanos, basadas en factores de identidad (mujeres y hombres, blancos y negros, urbanos y rurales, etc.). Se juzga, con razón, que semejantes desigualdades solo pueden encontrar su fundamento en la exclusión o marginación que sufren algunos colectivos, lo que contradice principios básicos de orden democrático. La situación es más compleja, sin embargo, cuando el juicio remite a la *desigualdad vertical*: es decir, la que se produce entre individuos en el seno de una población. En este caso, el juicio que nos merezca la desigualdad está altamente condicionado por las causas que la provocan. La desigualdad se tornará más aceptable cuando se supone que se deriva de los méritos, el esfuerzo o las capacidades desplegadas por un individuo; en este caso se entiende que la desigualdad es funcional al progreso del conjunto del colectivo social. Por el contrario, se

considera que esa desigualdad es injustificable cuando en su origen se identifica una distribución manifiestamente asimétrica de oportunidades, vinculada a fenómenos de marginación o exclusión de cualquier tipo. Como en el caso del colesterol, existe, por tanto, una desigualdad “sana” y otra manifiestamente “perversa”: el problema es que no siempre se sabe con certeza dónde está la frontera entre ambas.

Hay quien piensa que esa frontera puede trazarse apelando a la diferencia que existe entre desigualdad de oportunidades y desigualdad de resultados. Mientras la primera es claramente reprobable, la segunda no debiera suscitar especiales motivos de preocupación. Cuando las oportunidades se brindan a todos de modo equitativo, las diferencias de resultados se entienden que están necesariamente asociadas al diferente esfuerzo, capacidades o mérito de cada cual. La distinción realizada puede parecer sugerente, pero la realidad es más compleja que la idea que brinda esa simple segregación: como revelan los estudios de modo reiterado, el grado de aprovechamiento de las oportunidades viene condicionado por los previos niveles de desigualdad de resultados acumulados en el tiempo. Por apelar a un ejemplo ampliamente estudiado hace ya mucho tiempo por Michael Young en *The rise of meritocracy*: las posibilidades de aprovechamiento de las oportunidades educativas vienen altamente condicionadas por los niveles de renta y cultura de las familias a las que pertenecen los estudiantes. Así pues, incluso para que puedan aprovecharse las oportunidades de manera equitativa, es necesario corregir previamente las desigualdades de resultados de las que se parte.



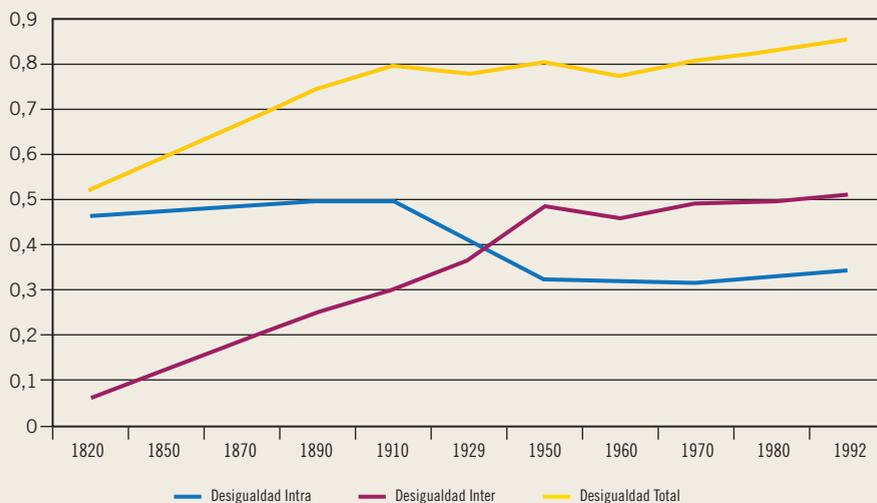
Todo ello reafirma la complejidad del objetivo de luchar contra las desigualdades y las dificultades que encierra su traducción a una agenda convenida a escala internacional. No obstante, el hecho de que no exista un criterio normativo universal acerca de lo que debiera entenderse como desigualdad óptima no impide que las sociedades identifiquen hasta qué punto la desigualdad existente se acomoda a aquello que se considera socialmente deseable. Como nos recuerda Amartya Sen, en su libro *Idea de la Justicia*, el hecho de que no exista un marco normativo universal acerca de lo que se supone es una sociedad justa no impide que la ciudadanía conozca y dirima de modo democrático cómo avanzar hacia niveles superiores de justicia. De igual modo, aunque no dispongamos de un criterio único y compartido acerca de la distribución óptima de la renta, podemos debatir acerca de cómo nos acercamos a los niveles de equidad que consideramos deseables. Tal es lo que se propone la Agenda 2030, convocando a todos a un ejercicio colectivo de búsqueda efectiva de mayores niveles de equidad.

## 2. Una tendencia preocupante

Si pese a la complejidad que encierra su tratamiento, la lucha contra las desigualdades se ha abierto espacio en la Agenda 2030 de Desarrollo es porque existe una opinión cada vez más compartida acerca de, primero, la preocupante tendencia que parece seguir el fenómeno y, segundo, los efectos perversos que sobre el conjunto del cuerpo social puede llegar a tener. Veamos en este epígrafe el primero de los aspectos mencionados, dejando para uno posterior el análisis de las consecuencias.

Por lo que se refiere a la tendencia seguida por el fenómeno, conviene que, de antemano, hagamos algunas precisiones conceptuales distinguiendo entre la desigualdad global, desigual entre países y la desigualdad en el interior de los países. Por *desigualdad internacional (o entre países)* se entiende la que existe entre los niveles de renta *per cápita* promedio de los países a escala mundial. En ese caso se está asumiendo que el conjunto de ciudadanos de un país (por ejemplo, España) queda adecuadamente representado por el nivel de

## Evolución de la desigualdad intranacional, internacional y global (coeficiente de Theil)



Fuente: Bourguignon y Morrison (2002), "Inequality among world citizens: 1820-1992, *American Economic Review* 92 (4)

Gráfico 1.

renta propio de su ciudadano representativo (la renta *per cápita* promedio). Es claro que esto es una abstracción, dado que no todos los individuos en el seno de un país tienen similar renta: la *desigualdad en el interior de los países* trata de captar este hecho. Por último, la *desigualdad global (o entre ciudadanos)* es la resultante de sumar ambas desigualdades (la existente entre países y la que existe entre ciudadanos en el seno de cada país).

La distinción realizada es pertinente ya que la evolución de cada uno de estos conceptos ha seguido tendencias distintas. François Bourguignon y Christian Morrison ofrecen una perspectiva integrada de la evolución de estas tres dimensiones de la desigualdad, desde 1820 hasta casi la actualidad (gráfico 1). Pues bien, la desigualdad entre países ha seguido una tendencia creciente hasta finales de la década de los noventa del pasado siglo. Desde entonces, las desigualdades parecen haberse corregido, como consecuencia del

progreso experimentado por una amplia relación de países en desarrollo. Esa corrección es más acusada si la renta *per cápita* promedio de cada país se pondera por el peso relativo de sus respectivas poblaciones, debido muy especialmente al intenso crecimiento experimentado por economías de alta carga poblacional, como China e India. En todo caso, este proceso es compatible con la apertura del arco de la distribución de la renta entre los extremos de la distribución: es decir, la relación entre los países más ricos y los más pobres del planeta.

La tendencia seguida por la desigualdad en el interior de los países es notablemente diferente. Parte de niveles muy elevados en las sociedades estamentales de comienzo del siglo XIX, esos niveles se ven notablemente corregidos en el período inmediatamente posterior a la II Guerra Mundial, acompañando el desarrollo del Estado del Bienestar y las revoluciones socialistas en el Este de Europa. Finalmente,

a partir de 1980 se observa un rebrote muy generalizado de las desigualdades en el interior de los países, entre ellos en buena parte de los que forman la OCDE.

Como resultado del comportamiento de estas variables, la desigualdad entre ciudadanos a escala global sigue una tendencia alcista, que se prolonga, con ligeras interrupciones, a lo largo del siglo XIX y buena parte del XX. Esa tendencia, no obstante, parece haberse estabilizado en el final del pasado siglo, como consecuencia del retroceso, ya comentado, en los niveles de desigualdad entre países. En todo caso, el nivel que todavía presenta la desigualdad entre países y, sobre todo, el incremento de la desigualdad en el interior de los países es lo que motiva la preocupación creciente entre un número cada vez más amplio de analistas. Especialmente, si se tiene en cuenta que algunos de ellos, como es el caso de Thomas Picketty, augura que esa tendencia ascendente seguirá su curso, a menos que se tomen medidas correctoras, haciendo que se transite desde un capitalismo basado en el mérito a otro de tipo patrimonialista, donde la acumulación de riqueza de la generación precedente condicione las posibilidades de progreso de la generación subsiguiente. En este caso, como el propio Picketty, sugiere estaremos ante un modelo social en el que “el pasado devora al futuro”.

Sea como sea ese futuro, lo cierto es que desde 1990 hasta la actualidad cerca de las tres cuartas partes de los países para los que existen datos han visto incrementado su nivel de desigualdad interna. Y como la OCDE recuerda, la relación entre el ingreso del 10% más rico y el 10% más pobre de la población ha pasado en los últimos cinco lustros de ser siete veces mayor a ser nueve veces mayor. Se trata, pues, de una tendencia altamente generalizada, que requiere ser adecuadamente explicada. Ha de advertirse, sin embargo, que no existe coincidencia plena a la hora de

identificar los factores explicativos de ese incremento de la desigualdad, ni tampoco en el peso que se deba dar a cada uno de ellos. No obstante, hay cuatro factores que emergen como los más relevantes. Expuestos brevemente:

- En primer lugar el efecto de la globalización sobre la dispersión salarial. La más plena integración en el mercado mundial de los países en desarrollo, y muy particularmente de China, incrementó de forma notable la disponibilidad de mano de obra de baja cualificación en el mercado mundial, lo que alimentó una tendencia al deterioro de los salarios más bajos. Al tiempo, los crecientes niveles de competencia internacional alimentaron un desplazamiento de la oferta hacia productos más intensivos en tecnología, lo que estimuló la demanda de personal cualificado, incrementando con ello los salarios de la población trabajadora más cualificada. Este cambio en la demanda tecnológica de la producción ha tendido a ampliar la prima salarial atribuible a los niveles de formación de los trabajadores. Como resultado de todo ello se abrió el arco de la retribución salarial, acentuando la desigualdad en el seno de la propia fuerza de trabajo.

- En segundo lugar, alimentado por la influencia del pensamiento neoliberal y por las nuevas condiciones de competencia que imponen los mercados internacionales, se ha producido una visible mengua de la actividad redistributiva del Estado en la economía. Por una parte, se han reducido los niveles de progresividad de los sistemas fiscales, tanto a través de la reducción de los tipos marginales de imposición de la renta como eliminando figuras impositivas relacionadas con el patrimonio o las sucesiones. Al tiempo, la elevada movilidad de capitales ha hecho que la imposición sobre la renta de sociedades se haya atenuado

## *Es notablemente oportuno que la comunidad internacional haya incorporado la lucha contra las desigualdades en la agenda de desarrollo*

notablemente, en parte como mecanismo para atraer nuevas inversiones. Si esto sucede por el lado de los ingresos, por el lado de los gastos ha habido también una disminución de la capacidad del Estado para garantizar derechos y prestaciones sociales. Uno y otro factor debilitaron la capacidad que los Estados tienen para corregir las tensiones distributivas.

- En tercer lugar, se han producido cambios institucionales importantes en la regulación de algunos mercados –particularmente el laboral y el financiero–, que han contribuido a incrementar la desigualdad. Por lo que se refiere al mercado laboral, se ha tendido a alentar procesos de flexibilización que han dado lugar a nuevas figuras contractuales, a las que se asocia una menor retribución, seguridad en el empleo y cobertura de derechos sociales. Nació así en los países desarrollados un nuevo segmento de trabajadores precarios, a los que el empleo no les garantiza la exclusión de la pobreza. Al tiempo, el elevado nivel de desempleo, especialmente entre los sectores más jóvenes, y la presencia de esas nuevas figuras contractuales tendieron a debilitar la capacidad negociadora de la fuerza de trabajo, en relación con las empresas. Como consecuencia, se ha producido una caída de la cuota correspondiente a los salarios en el PIB, mientras asciende la asociada a la retribución de los capitales.

Un proceso similar de desregulación vivió el mercado financiero en buena parte de los países. Ese proceso, unido a un activo proceso de innovación financiera,

acentuó el creciente peso de ese tipo de actividades en el conjunto del PIB. Buena parte del patrimonio de las clases más pudientes se desplazaron hacia los activos financieros, alimentando un proceso de acumulación de fortunas en el extremo más elevado de la distribución. El premio Nobel Joseph Stiglitz ofrece en su libro *The Pricing of Inequality* un análisis iluminador del efecto que sobre los niveles de desigualdad tuvieron los cambios en el mercado financiero.

- Por último, la más reciente crisis ha contribuido a acentuar las tendencias al aumento de la desigualdad, muy particularmente en los países de la UE. Al menos, a través de dos vías. La primera de ellas es la derivada del incremento de los niveles de desempleo de las economías afectadas, que ha generado un amplio sector social expulsado del mercado laboral y sin capacidad para acceder a rentas. La prolongación del desempleo, ha hecho, además, que en algunos casos parte de esos sectores quedasen ajenos a todo mecanismo de cobertura del seguro de desempleo. La segunda vía es la que deriva del recorte de los gastos sociales a que ha dado lugar la terapia de austeridad impuesta de manera generalizada en la región. El recorte en las prestaciones y en los servicios sociales repercutió muy centralmente en los sectores más pobres, incrementando los niveles de desigualdad. Como el propio FMI reconoce, la desigualdad aumentó en casi la mitad de una muestra de 27 economías avanzadas y emergentes de Europa que emprendieron ajustes fiscales en el período 2007-2012.

### 3. Efectos de la desigualdad

La desigualdad en el interior de los países parece seguir, pues, una tendencia creciente en el tiempo, lo cual resulta preocupante. Pero, para dimensionar adecuadamente esa preocupación es conveniente aludir a los efectos sociales nocivos que se derivan de la desigualdad, un campo en el que las conclusiones de los análisis son cada vez más firmes.

Conviene señalar que, en el pasado, la atención de los analistas se había centrado en estudiar los efectos que el crecimiento generaba sobre los niveles de desigualdad de los países. Una referencia obligada en este ámbito es la del premio Nobel Simon Kuznets, cuyo artículo de 1955, *“Economic growth and income inequality”*, ha pasado a ser uno de los más referenciados de la historia. En él Kuznets sugiere la existencia de una relación entre ambas variables en forma de U invertida: las primeras etapas del desarrollo solían venir acompañadas de un incremento de la desigualdad, que tendía a corregirse posteriormente a medida en que un país alcanzaba niveles superiores de madurez económica. La literatura posterior tendió a eliminar el carácter obligado de esa relación, advirtiendo acerca de la diversidad de situaciones que es posible encontrar en la trayectoria de desarrollo de los países.

Ahora bien, lo específico de la literatura actual es que no trata tanto de estudiar la relación entre nivel de desarrollo y desigualdad cuanto de la relación de sentido inverso, indagando acerca de los efectos que los elevados niveles de desigualdad pueden tener sobre las posibilidades de desarrollo de un país. En este ámbito las relaciones sugeridas son múl-



José Antonio Alonso

tiples, pero hay tres que resultan de especial relevancia:

- En primer lugar, los altos niveles de desigualdad dañan las posibilidades de crecimiento de una economía. Los canales a través de los que expresa esta relación son diversos: la elevada desigualdad daña la dotación disponible de capital humano (educación y salud de las personas), limita el dinamismo y estabilidad de la demanda, acentúa la exclusión de los sectores más pobres respecto a los mercados de capital e incrementa los costes asociados a la inestabilidad y al conflicto social. Son muchos los estudios que validan estas relaciones, pero acaso una buena síntesis pueda encontrarse en dos trabajos muy recientes: el informe de la OCDE *In it together*.

*Why less inequality benefits all*, que vino precedido del trabajo de Federico Cingano “*Trends in income inequality and its impact on economic growth*”, en la propia OCDE; y los recientes trabajos promovidos por el FMI, debidos a Ostry, Berg y Tsangarides, “*Redistribution, inequality and growth*” y a un equipo liderado por Era Dabla-Norris, “*Causes and consequences of income inequality*”.

- En segundo lugar, la desigualdad acentuada incide sobre los niveles de salud y bienestar de las personas, afectando a su equilibrio emocional y a los niveles de estrés con los que viven, al tiempo que deteriora el capital social y relacional existente en el seno de los países, reduciendo los niveles de confianza en los que descanza la interacción social. Todo ello tiene su traducción no solo en peores parámetros promedio de salud de las personas, sino también en males asociados a la delincuencia, la desestructuración social, los embarazos prematuros o el incremento de la drogadicción, entre otros. La ilustración más sugerente de estas relaciones la proporcionan, con toda suerte de evidencias, Richard Wilkinson y Kate Pickett en *The Spirit Level. Why more equal societies almost always do better*.

- Por último, la acentuada desigualdad, especialmente cuando va acompañada de baja movilidad social, es un importante factor de corrosión de la calidad institucional. A medida que se debilita la cohesión social, se dañan los niveles de legitimidad de las instituciones, deteriorando las condiciones de gobernabilidad de los países. El efecto perverso de la desigualdad sobre la calidad de las instituciones aparece de forma nítida en el estudio que el autor de estas líneas publicó junto con Carlos Garcimartín, en el libro *Acción colectiva y desarrollo: el papel de las instituciones*.

En suma, la preocupación por el ascenso de la desigualdad está justificada, no solo por su tendencia ascendente, sino también por la naturaleza de sus efectos.

#### **4. La inequidad de género: una desigualdad estructural y persistente**

Como se ha señalado, en las últimas décadas se ha producido un incremento generalizado de la desigualdad en el interior de los países, pero existe una inequidad que ha estado siempre ahí, una desigualdad estructural que recorre la historia humana y que tiene efectos dañinos de amplio alcance: es la desigualdad de género, la que se produce entre hombres y mujeres. El ser humano está sexualmente diferenciado, lo cual no debiera constituir problema si no fuera porque esa diferencia ha sido fuente en la historia de desigualdades recurrentes entre el hombre y la mujer. Unas desigualdades que se expresan en los ámbitos doméstico, laboral y social, y que condicionan las posibilidades de realización de las capacidades, derechos y libertades de las mujeres.

Estamos refiriéndonos a una desigualdad de tipo horizontal, que se asocia a la identidad sexual de las personas. Teóricamente, sobre este tipo de desigualdades es más fácil generar un consenso que las entiendan como reprobables. Aun así, y a pesar de los avances registrados en las últimas décadas, lo cierto es que la desigualdad de género parece presentar una extraordinaria resistencia a ser definitivamente eliminada. Incluso en aquellos países en los que se acometieron reformas legislativas para garantizar la igualdad de derechos entre hombres y mujeres, el peso de los roles sociales y de las instituciones que los reproducen otorgan una innmerceda capacidad de resistencia a este tipo de inequidad. Los datos son bien expresivos de esta desigualdad estructural: la brecha salarial entre hombres y mujeres es en Europa del 16% (en España se sitúa en torno al 18%), el porcentaje de parlamentarias mu-

## Evolución del índice Gini de América Latina



Fuente: G. Andrea Cornia (2014), *Falling inequality in Latin America*, Oxford University Press

Gráfico 2.

eres apenas alcanza en la OCDE al 27% y, en fin, una de cada tres mujeres en el mundo ha padecido violencia física o sexual a cargo de sus parejas o de otros hombres.

La corrección de este tipo de desigualdad, además de sustentarse en el reconocimiento pleno de la igualdad de derechos, constituye una de las medidas positivas de mayor impacto sobre el conjunto social, en correspondencia con el papel central que las mujeres desempeñan en el ámbito familiar y en el espacio colectivo de articulación del tejido social. Potenciar la libertad, formación y autonomía de las mujeres conduciría a modelos de familia más responsables y estructuradas, a mejores niveles de nutrición y más elevadas tasas de escolaridad de los niños y niñas, a países económicamente más cohesionados y dinámicos y a sociedades más pacíficas y responsables. Son todos estos efectos externalidades positivas que se derivarían de poner fin a la

desigualdad de género: un tipo especialmente ominoso de desigualdad.

### 5. Las desigualdades pueden y deben corregirse

A lo largo de este artículo se ha mencionado, de forma reiterada, que asistimos a un período de generalizado incremento de la desigualdad. Esa afirmación admite, sin embargo, un matiz: ha habido regiones, muy particularmente América Latina y Asia meridional, en las que, sin embargo, la desigualdad en este último tramo histórico ha descendido. El caso más espectacular es el de América Latina que, aun partiendo de elevados niveles de desigualdad, ha logrado reducir su índice de Gini en casi 7 puntos entre 2002 y 2014, tal como apunta Giovanni Andrea Cornia en *Falling inequality in Latin America* (gráfico 2). Si ha habido regiones que han podido reducir la desigualdad, es bueno reparar en

las políticas que han puesto en marcha para conseguirlo. Probablemente, no todas ellas sean aplicables a otros contextos, pero la evidencia revela que ese objetivo es alcanzable y que hay respuestas que parecen ser eficaces.

A este respecto, pareciera haber cuando menos cuatro áreas de la política pública que se revelan como especialmente eficaces para corregir las desigualdades existentes. Señaladas brevemente:

- En primer lugar, resulta clave para corregir la desigualdad alentar el crecimiento económico, con capacidad para generar empleo de calidad. El activo productivo, generador de rentas, más accesible para los sectores más empobrecidos de la sociedad es su fuerza de trabajo. Por eso, el empleo es la principal –si no la única– fuente de rentas de las familias más pobres. De ahí que sea clave estimular el empleo si se quiere atenuar la desigualdad. Ahora bien, los procesos de reforma del mercado laboral han conducido en muchos países a la existencia de trabajadores con empleo, pero en condiciones de pobreza. De ahí que sea clave que el dinamismo económico descansa en un modelo productivo capaz de generar empleo de calidad. En el caso de América Latina, aunque no se lograron transformaciones productivas de ese tipo, al hilo del crecimiento económico del período se produjo un incremento del empleo, una mejora de sus niveles de formalización y de cobertura social y una elevación (en algunos países duplicación) de los salarios mínimos, lo que contribuyó poderosamente a impulsar la corrección de las desigualdades previas.
- En segundo lugar, es necesario invertir en educación, haciéndola accesible –y con parámetros de calidad– para el conjunto de la población. A través de la educación se democratiza ese activo cru-

cial en las economías modernas que es el conocimiento, haciendo que las personas puedan acceder a empleos de mayor calidad y retribución. El sistema educativo es una de las palancas más poderosas de movilidad social y de potencial corrección de las desigualdades. Para ello, debe evitar su segmentación, impidiendo que la oferta formativa de calidad quede constreñida a los centros privados, solo accesibles para los sectores sociales más acomodados. También en este caso podemos observar el efecto que este factor tuvo en América Latina, dada la importante inversión en educación que se hizo en la región desde mediados de los años 1990, tal como revelan Nora Lustig, Luis F. López-Calva y Eduardo Ortiz-Juárez en *“Deconstructing the decline in inequality in Latin America”*, publicado por el banco Mundial. Aún así, permanecen algunas debilidades de sus sistemas educativos, que se manifiestan en la dispersión en los niveles de calidad y en la estratificación de la oferta formativa.

- El tercer factor tiene que ver con la capacidad de la política pública para poner en marcha mecanismos correctores de la desigualdad, mejorando la universalidad y la calidad de los servicios sociales prestados y de los mecanismos de protección social. Aquí son importantes las dos caras del proceso: la capacidad recaudatoria de su sistema impositivo y la solidez y orientación de los gastos. En los países europeos hemos asistido a un debilitamiento de ambos flancos, lo cual ha repercutido forzosamente sobre la capacidad redistributiva del Estado. En América Latina se ha producido en el período, en primer lugar, una mejora de la capacidad recaudatoria, en virtud no solo del tono expansivo del ciclo económico, sino también de reformas impositivas que elevaron el esfuerzo fiscal y le añadieron algunas dosis (diferentes según los casos) de progresividad. En corresponden-

cia, se produjo también un incremento del gasto social, lo que permitió corregir algunos de los déficit que la región acumulaba en ese ámbito desde la década de 1980.

- Por último, es importante también poner en marcha mecanismos más focalizados que ayuden a corregir factores específicos de exclusión o de marginación social. Aunque se garantice la prestación de servicios universales, siempre habrá colectivos marginados, con dificultades para acceder a las prestaciones. A ello alude el concepto de “*leaving no one behind*”. Pues bien, también en esto la región de América Latina tiene experiencias dignas de ser analizadas: en este caso a través de las transferencias condicionadas. Un programa de ayuda a las familias más pobres, en el que el acceso a los recursos queda condicionado al logro de ciertos requisitos asociados con la educación y la salud de los hijos, para tratar de romper de este modo el ciclo intergeneracional de pobreza. Pese a que este tipo de programas movilizaron recursos limitados, lograron algunos éxitos que deben ser reconocidos.

## Consideración final

La *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* abre una ventana de oportunidad para que los países, de una manera concertada, identifiquen los riesgos que comporta asistir inactivos al proceso de tendencial crecimiento de las desigualdades y pongan en marcha políticas que tiendan a revertir esa tendencia. En las páginas previas hemos tratado de argumentar: i) que, pese a ser un objetivo complejo, es notablemente oportuno que la comunidad internacional haya incorporado la lucha contra las desigualdades en la agenda de desarrollo; ii) que solo si se activan medidas correctoras, se podrá corregir una tendencia que parece llamada a acrecentar la desigualdad; iii) que las consecuencias de ese proceso pueden ser

**Bio**



### JOSÉ ANTONIO ALONSO

Doctor en Ciencias Económicas y catedrático de Economía Aplicada en la Universidad Complutense de Madrid. Fue director de Cooperación Económica, en el Instituto de Cooperación Iberoamericana; y vicerrector en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo. Es vocal experto del Consejo de Cooperación para el Desarrollo y miembro del Committee for Development Policy de ECOSOC, de Naciones Unidas. Tiene trabajos publicados en revistas especializadas como *Applied Economics*, *Journal of Post Keynesian Economics*, *European Journal of Development Research*, *Journal of Development Studies*, *Journal of International Development*, *Revista de Economía Aplicada*, *Revista de la CEPAL*, *Papeles de Economía Española*, *Principios*, *Revista de Economía Política*, *International Journal of Development Planning Literature* o *Información Comercial Española*, entre otras. Sus líneas de investigación se centran en crecimiento y desarrollo y relaciones económicas internacionales.

notablemente dañinas para la convivencia y el progreso de los países; y iv) que hay posibilidad de corregir esas tendencias poniendo en marcha diversas medidas relacionadas con el empleo, la educación, la fiscalidad y el gasto público. Ahora corresponde a cada sociedad y a cada país calibrar estas respuestas y definir sus preferencias respecto a la equidad, como bien público que a todos afecta.



# **INVICTUS.**

## **EL FUTURO DE LA ESPECIE HUMANA**

Por JUAN LUIS ARSUAGA

*Catedrático de Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid*



*Parecería que hoy en día los científicos no se meten en política. ¿Es cierto que no quieren saber nada de ella y que prefieren permanecer apartados, en la intimidad del laboratorio, con sus frascos; o en lo más profundo del bosque, espiando a los animales; o en el observatorio astronómico, apuntando a las estrellas? Esta actitud se consideraría tal vez digna de elogio. Los investigadores a lo suyo, sin distraerse, que no levanten la cabeza del microscopio. Pero, ¿qué es lo suyo? ¿Hay algo que realmente sea exclusivamente suyo, que les pertenezca tan solo a ellos? Lo que los científicos descubran, ¿quién lo utilizará? ¿Es el científico, al fin y a la postre, solo una máquina (la más refinada, eso sí) del laboratorio?*

*La nueva técnica de edición genómica, que permite cambiar la programación de cualquier especie (y subrayo lo de “cualquier especie”), resucita sin duda viejos debates, y la experiencia aprendida de los anteriores puede resultar muy instructiva*

Pero si miramos retrospectivamente veremos que no siempre fue así. Por el contrario, sería extraño este silencio actual de la Ciencia —de ser cierto—, esta renuncia declarada a participar en el debate intelectual de nuestro tiempo (y no me refiero a la pequeña política, la de las facciones, sino a la grande, la de las ideas sociales). Hubo un tiempo no lejano, la primera mitad del siglo XX, en el que los científicos eligieron hablar, o se vieron obligados a hacerlo por las dramáticas circunstancias en las que vivieron. ¿Pero cuándo las circunstancias de la Historia no han sido dramáticas?

Los científicos pensadores de aquel momento que más me interesan son los que estudiaban la evolución y se hacían preguntas en voz alta, no solo sobre nuestro pasado y sus causas (y estas serían las preguntas científicas, las que se podían publicar en las revistas profesionales), sino también sobre el futuro, sobre la posibilidad que brindaba la Ciencia de acelerar el “progreso” de nuestra evolución (e impedir, en consecuencia, el estancamiento o incluso el retroceso del *Homo sapiens*). ¿Era lícito dejar el mañana de la Humanidad en manos de las fuerzas naturales, cuando tanto se había avanzado, en todos los campos, en el dominio de las mismas? El porvenir de la especie se debatía sobre todo en los libros, y es ahí adonde hay que ir a buscar las ideas.

Pero antes, un poco de ambientación. Hay que imaginarse a los científicos en el marco de los *colleges* de las universidades inglesas

o americanas, en los laboratorios de la Rusia soviética, en las trincheras de las dos guerras mundiales, o en el Madrid sitiado de la Guerra Civil. Aún es posible visitar algunos de estos lugares, porque apenas han experimentado cambios, como por ejemplo la Residencia de Estudiantes de Madrid y las salas que fueron sus antiguos laboratorios.

Un nombre que no puede dejar de citarse en este contexto es el del grandísimo biólogo inglés Julian Huxley (1887-1975), hermano, por cierto, de Aldous Huxley (1894-1963), el autor de la novela *Un mundo feliz*, como se tradujo en España su libro *Brave New World* (cada vez me parece que estamos más cerca,





Juan Luis Arsuaga

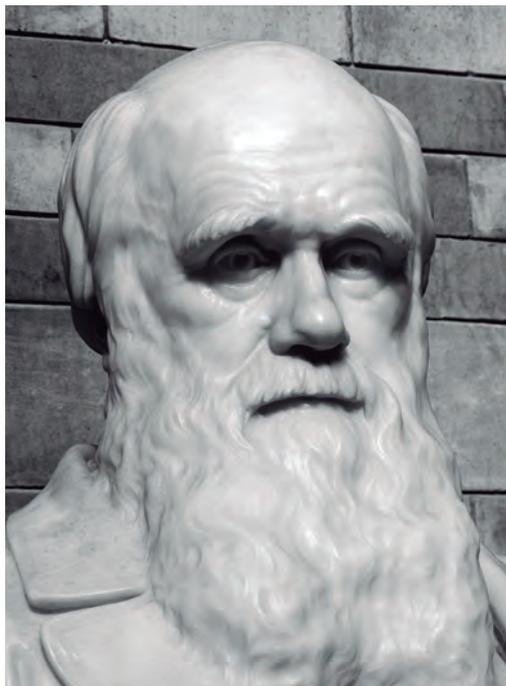
con nuestra sociedad de consumo, de la distopía que describe Aldous, aquella en la que los individuos aceptarían con alegría el destino de esclavos felices que les ha sido asignado).

Julian Huxley publicó ensayos importantes en los primeros años cuarenta del siglo pasado (en plena Segunda Guerra Mundial y mientras Londres era bombardeado sin piedad por los nazis). En ellos sostenía que la parte más importante de la evolución biológica había concluido, porque los animales (y demás seres vivos) estaban demasiado encajonados y constreñidos en sus respectivos cauces evolutivos como para que pudieran apartarse de ellos, de tal modo que ya no cabía esperar ninguna sorpresa en el futuro. Es decir, la “creatividad” de la evolución habría caído tanto a causa de la especialización, que es posible predecir que no habrá seres vivos muy diferentes de los actuales dentro de millones de años.

La excepción a esta regla sería el ser huma-

no, la más “generalizada” de las criaturas, que precisamente por no haberse especializado conserva todo su potencial evolutivo. Según Julian Huxley, los humanos representaríamos la punta de lanza de la Vida y la única posibilidad de avance verdadero en el futuro. Julian Huxley creía, obviamente, en la idea de progreso en la evolución, es decir, en que hay una corriente central y “ascendente” de mejora, de perfeccionamiento, de la que nosotros representamos la vanguardia actual (como nuestros antecesores lo fueron antes en la carrera de relevos que es un linaje evolutivo).

Esta posición que nos adjudica la evolución –en el extremo “superior” del eje principal– supone, asimismo, una enorme responsabilidad, porque seríamos –según el pensamiento de J. Huxley– los humanos quienes deberíamos impulsar ahora el proceso. Si nuestra especie desapareciera o perdiera energía (y una Guerra Mundial, con las bombas nazis cayendo sobre las cabezas de los londinenses, no invitaba al optimismo) sería el final de la His-



toria de la Vida (en el sentido de que el progreso se detendría para siempre y la evolución perdería su capacidad “innovadora”).

Mientras todo esto pasaba en Londres, un paleontólogo americano llamado George Gaylord Simpson (1902-1984) razonaba de otra manera a miles de kilómetros. Aunque admiraba a J. Huxley como científico, no estaba muy seguro de que la evolución fuera “progresiva”, ni siquiera de que hubiera una manera científica –objetiva– de medir el grado de progreso de una especie cualquiera, ni de comparar dos especies para ver cuál de ellas es la más “avanzada” (la “mejor”, por decirlo directamente).

Tampoco estaba de acuerdo Simpson con J. Huxley en que todas las especies animales estuvieran ahora demasiado especializadas como para poder producir novedades evolutivas, excepto la nuestra. La inteligencia –pensaba Simpson– podría volver a surgir a partir de primates vivos (simios) cercanos a nuestra especie si las bombas acabaran con todos los

humanos. Incluso otros grupos de mamíferos conservan el potencial para generar especies inteligentes.

Simpson no creía que producir la inteligencia humana fuera el destino final de la evolución (incluso si ésta se volviera a repetir desde el principio, o desde alguna época intermedia), pero sí le parecía que la encefalización –incremento relativo del cerebro– es una característica que puede tener valor adaptativo en sí misma. Es decir, la inteligencia no es el argumento central de la evolución, pero puede muy bien ser uno de los temas principales.

En todo caso, Simpson descartaba que la nueva especie inteligente que pudiera surgir si desapareciera la nuestra (o todos los primates, o todos los mamíferos, o todos los tetrápodos, etc.) fuera exactamente un *Homo sapiens*, porque en la evolución –aunque la selección natural sea el mecanismo fundamental que la impulsa– hay mucho de imprevisible, de accidente, de circunstancia, de contingencia. En esencia, lo que Simpson pensaba es lo mismo que creo yo.

J. Huxley y Simpson fueron dos de los principales creadores del neodarwinismo, un movimiento que supuso la actualización del darwinismo original con la incorporación de los avances que se habían producido desde Darwin en muchas áreas de la biología, como la genética, la paleontología, la ecología, la biogeografía, etc. Pero Julian Huxley (sir Julian Huxley) fue algo más que un investigador científico y ensayista. Fue el primer director de la UNESCO y miembro fundador del World Wildlife Fund. Un conservacionista y un filántropo convencido. Aunque también fue presidente de 1959 a 1962 de la British Eugenics Society, la Sociedad Británica de Eugenesia.

El neodarwinismo reivindicaba la vigencia de la selección natural como fuerza principal impulsora de la evolución, como Darwin ha-



bía defendido un siglo antes. Charles Darwin concibió la idea de este mecanismo, o ley natural, observando la selección artificial, la que llevan a cabo los criadores de animales y los agricultores para producir razas y variedades mejores (en el sentido de que rinden un mayor servicio a los consumidores humanos). Pues bien, ¿no se podría recurrir a la selección artificial, pero esta vez aplicada a la propia “raza humana”, para producir un nuevo tipo de sociedad? ¿Para “mejorar” a nuestra especie?

La selección artificial se basa en el control de la reproducción, que consiste en escoger solo a determinados individuos de cada generación para fundar la siguiente generación. Cualquier intento de “mejorar” a nuestra especie tendría que pasar por controlar la reproducción. En eso consiste la eugenesia.

Interviene ahora en esta historia un científico e idealista americano, llamado Hermann Joseph Muller (1890-1967), que fue premio Nobel de Fisiología (o Medicina) en 1946.

Muller se dedicaba a la genética. Entre 1933 y 1937 vivió en la Unión Soviética, de donde tuvo que salir (o más bien huir) por razones científico-políticas en las que no nos podemos enredar ahora, pero que se resumen en que Stalin perseguía con saña a los compañeros rusos del laboratorio de genética de Muller. De Moscú pasó a Madrid, donde estuvo un tiempo, en plena Guerra Civil, formando parte de las Brigadas Internacionales. Solo sé que trabajó entonces con el médico canadiense Norman Bethune investigando en la trasfusión de sangre. Cuando vio que la República se terminaba buscó a dónde ir. A Rusia no podía volver. Huxley le ayudó para ser admitido en la Universidad de Edimburgo como investigador invitado.

Al final de su estancia en la URSS (en 1936), Muller publicó el libro titulado *Out of the Night*, a partir de reflexiones de años anteriores. Muller era gran partidario de la eugenesia y calculaba que con los métodos de la época se podrían obtener 50.000 hijos de



un mismo padre (¡o más, si se perfeccionaban las técnicas!). ¿Qué mujer no querría llevar en sus entrañas un hijo de Lenin o de Darwin?, se preguntaba Muller. A Stalin no lo mencionaba como posible gran reproductor. El dictador comunista llegó a leer el manuscrito de Muller, pero no le gustó. Stalin era más partidario de la educación (la programación mental o lavado de cerebro) que de la biología para cambiar a la sociedad.

La idea de la eugenesia, que tantos partidarios tuvo en su momento, fue abandonada por todo el mundo y no se ha vuelto a oír hablar de ella. Pero eso no quiere decir que hayan terminado para siempre los debates bioéticos, o de ética científica en general. En el propio campo de la genética, la nueva técnica de edición genómica, que permite cambiar la programación de cualquier especie (y subrayo lo de “cualquier especie”), rescita sin duda viejos debates, y la experiencia aprendida de los anteriores puede resultar muy instructiva.

Me parece, además, que no es cierto que los

científicos del último medio siglo largo –el que yo he conocido– se hayan despreocupado de todo aquello que no sea el objeto directo de su investigación. Simplemente –pienso– nos falta perspectiva histórica para apreciarlo. Pero ya tenemos la suficiente como para saber que después de la eugenesia otros debates intelectuales recorrieron las aulas y los laboratorios en los que se estudiaba la evolución y la naturaleza humana. Aparecen nuevos nombres (y nuevos libros), de los que citaré solo algunos de los autores del campo de la biología y de la evolución que más me han influido personalmente o que más me ha impresionado, aunque no compartiera del todo su pensamiento: Konrad Lorenz, Jacques Monod, Stephen Jay Gould, Edward O. Wilson, Richard Dawkins...

Para terminar. Hermann J. Muller acababa su *Out of the Night* con un poema que condensa sus pensamientos. Es de Edwin Markham y se titula *To Young America*, aunque Muller aclara que debería ser entendido como dedicado a toda la Humanidad. El poema finaliza con estos versos:

*The world is a vapour, and only the Vision is real  
Yea, nothing can hold against Hell  
But the Winged Ideal*

El ideal alado. Muller era un idealista equivocado. Pero su libro se titulaba *Out of Night* y yo prefiero el poema titulado *Invictus*, que empieza con esas mismas palabras: *out of the night*. Su autor, William Ernest Henley, no era –físicamente– un superhombre, aunque sí un gigante de espíritu. Sufrió tuberculosis de niño y le fue amputada una pierna. Se dice que es el personaje John Silver el Largo de la Isla del Tesoro de su amigo Robert Louis Stevenson. El presidente sudafricano Nelson Mandela encontraba consuelo e inspiración en el poema *Invictus* durante sus largos años de cárcel:

*Out of the night that covers me,  
Black as the pit from pole to pole,  
I thank whatever gods may be  
For my unconquerable soul.*

*In the fell clutch of circumstance  
I have not winced nor cried aloud.  
Under the bludgeonings of chance  
My head is bloody, but unbowed.*

*Beyond this place of wrath and tears  
Looms but the Horror of the shade,  
And yet the menace of the years  
Finds and shall find me unafraid.*

*It matters not how strait the gate,  
How charged with punishments the scroll,  
I am the master of my fate,  
I am the captain of my soul.*

\*\*\*

Fuera de la noche que me cubre,  
Negra como el abismo de polo a polo,  
Agradezco a cualquier dios que pueda existir  
Por mi alma inconquistable.

**Bio**



### **JUAN LUIS ARSUAGA**

Es catedrático de Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid. Director del Centro UCM-ISCIII de Evolución y Comportamiento Humanos. Miembro de la Academia de Ciencias de EE. UU. y de la Real Academia de Doctores de España. Codirector de las Excavaciones en la Sierra de Atapuerca (Burgos), Cueva del Conde (Asturias) y Pinilla del Valle (Madrid). Autor de más de 80 publicaciones en revistas científicas incluidas en el Journal of Citation Reports (JCR), como Nature, Science y PNAS. Autor de 9 libros de ensayo y divulgación científica, entre los que se cuentan títulos como *La especie elegida*, *El collar del neandertal* y *El enigma de la esfinge*.

En las feroces garras de la circunstancia  
Ni me he estremecido ni he llorado en voz alta.  
Bajo los golpes de la suerte  
Mi cabeza sangra, pero no se inclina.

Más allá de este lugar de furia y lágrimas  
Es inminente el Horror de la sombra,  
Y sin embargo la amenaza de los años  
Me encuentra y me encontrará sin miedo.

No importa cuán estrecha sea la puerta,  
Cuán cargada de castigos la sentencia.  
Soy el amo de mi destino:  
Soy el capitán de mi alma.

(Versión de Juan Carlos Villavicencio)

## AVANCES EN EL ESTUDIO Y TRATAMIENTO DE **LAS GENODERMATOSIS**



En el simposio internacional *Enfermedades raras de la piel: de la clínica al gen y viceversa* se trataron los avances más significativos en el campo de las genodermatosis. Intervinieron expertos nacionales y extranjeros con ponencias que versaron sobre diagnóstico avanzado, caracterización molecular y abordajes terapéuticos novedosos. Muchos de los trabajos que se mencionan y referencian en esta revisión han sido llevados a cabo por algunos de los expertos participantes en el simposio.

Los avances en genodermatosis se deben, en gran medida, a este nuevo impulso. En los próximos años veremos los frutos de estos avances pero para ello debe seguir promoviéndose la inversión en ER tanto pública como privada.

POR FERNANDO LARCHER  
*División de Biomedicina Epitelial. CIEMAT*  
*Departamento de Bioingeniería. Universidad Carlos III de Madrid*  
*Fundación Instituto de Investigación Sanitaria de la Fundación Jiménez Díaz*

Las enfermedades hereditarias raras de piel, conocidas también como **genodermatosis**, representan en su conjunto una parte relevante de la patología y clínica dermatológica. Las genodermatosis constituyen alrededor del 8% del conjunto de enfermedades raras (ER). Las bases genéticas de alrededor de 400 genodermatosis, en su mayoría enfermedades monogénicas, han sido dilucidadas lo cual permite una clasificación precisa, su diagnóstico molecular y, hasta cierto punto, la comprensión del mecanismo patogénico (1). Sin embargo, a pesar de este conocimiento, en la inmensa mayoría de los casos no existen tratamientos curativos sino fundamentalmente paliativo. Como en otros tipos de enfermedades raras, a menudo las consecuencias de las genodermatosis para el paciente son devastadoras y/o estigmatizantes. Las genodermatosis se agrupan en: a) trastornos de la adhesividad epitelial, b) de la queratinización/cornificación, c) de la pigmentación, d) de la reparación del ADN, e) del tejido conectivo, y f) displasias ectodérmicas (2). Debido a la imposibilidad de abarcar todas las genodermatosis, esta revisión brinda ejemplos relevantes de los diversos subtipos.

### **α) Trastornos de la adhesividad epitelial**

#### **La membrana basal**

Los queratinocitos del estrato basal de la epidermis se adhieren a la dermis a través de estructuras multiproteicas complejas. Destacan los hemidesmosomas que junto con los filamentos de anclaje de la lámina basal y las fibrillas de anclaje de la dermis forman la zona de unión dermo-epidérmica (DEJZ, del inglés Dermal-Epidermal Junction Zone) (3) (figura 1). La disfunción o deficiencia de las proteínas que forman estas estructuras da origen a los trastornos de adhesividad.

#### **Epidermólisis Bullosa o ampollosa**

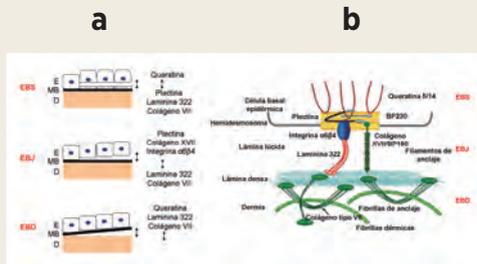
La Epidermólisis Bullosa (EB) es tanto clínica como genéticamente un grupo heterogéneo de enfermedades hereditarias de la piel. Está considerada una enfermedad genética rara, ya que se estima que su incidencia en la población es inferior al 0,05%, concretamente en torno a 1 de cada 50.000 nacimientos. Se caracteriza por la erupción de ampollas en la piel y en las mucosas de forma espontánea o por traumatismos mínimos. Este incremento de la fragilidad de la piel se debe a mutaciones en genes que codifican varias proteínas estructurales, intra o extracelulares, responsables de mantener la adhesión dermo-epidérmica y la resistencia mecánica del tejido en las regiones donde se encuentran (4). La EB se clasifica en tres categorías principales en función del nivel ultraestructural al que se forma la ampolla (5).

- EB Simple (EBS), se caracteriza porque la formación de la ampolla es intraepidérmica y es debida a mutaciones en los genes que codifican para la queratina K5, queratina K14 o plectina.

- EB Juntural (EBJ), es un grupo heterogéneo con una amplia variación clínica incluyendo formas letales. En este caso la fractura tiene lugar en la lámina lúcida de la zona de unión dermo-epidérmica y se debe a mutaciones en los genes que codifican para las cadenas  $\alpha 3$ ,  $\beta 3$ , y  $\gamma 2$  de la laminina 322, la integrina  $\alpha 6\beta 4$  o el colágeno XVII.

- La EB distrófica (EBD) se caracteriza porque la formación de la ampolla tiene lugar en la dermis, concretamente en la sublámina densa de la zona de unión dermo-epidérmica. Puede heredarse como autosómica dominante o autosómica recesiva, y es la forma de EB más frecuente. Todas las formas de EBD se deben a mutaciones en el gen COL7A1 que codifica para colágeno de tipo VII (6-10) que forma las fibrillas de anclaje.

## Estructura de la membrana basal y alteraciones en la Epidermólisis Bullosa



**a.** Izquierda: Nivel estructural al que se forman las ampollas en cada una de los tipos de Epidermólisis Bullosa. En La Epidermólisis Bullosa simple (EBS) la ampolla se forma a nivel intraepidérmico, en la Epidermólisis Bullosa juntural (EBJ) la ampolla se forma a nivel de la unión dermo-epidérmica y la Epidermólisis Bullosa distrófica (EBD) se caracteriza por presentar la ampolla a nivel de la dermis. **b.** Derecha: proteínas que se tiñen con inmunofluorescencia por encima y por debajo de la ampolla. **b.** Esquema de la zona de unión dermo-epidérmica en el que se indica la región afectada en cada uno de los tipos de Epidermólisis Bullosa. Flechas, ampolla, MB: membrana basal, E: epidermis, D: dermis.

Figura 1

Se ha visto que con frecuencia, los pacientes de distintas formas de EB poseen parches de piel clínicamente normal. Este fenómeno que se conoce como mosaicismo de reversión se debe a una segunda mutación que corrige la mutación patogénica en algunas células madre de la epidermis (11).

En una reciente clasificación de las patologías de fragilidad dermo-epidérmica (12) también se incluye otra enfermedad con características similares a las epidermólisis bullosas pero que posee rasgos distintivos, el Síndrome de Kindler (SK; OMIM 173650) que es una genodermatosis con un patrón de herencia autosómico recesivo, un fenotipo complejo y una patogénesis que todavía no se comprende completamente. El único gen que se conoce asociado al Síndrome de Kindler es el FERMT1 (codifica para la

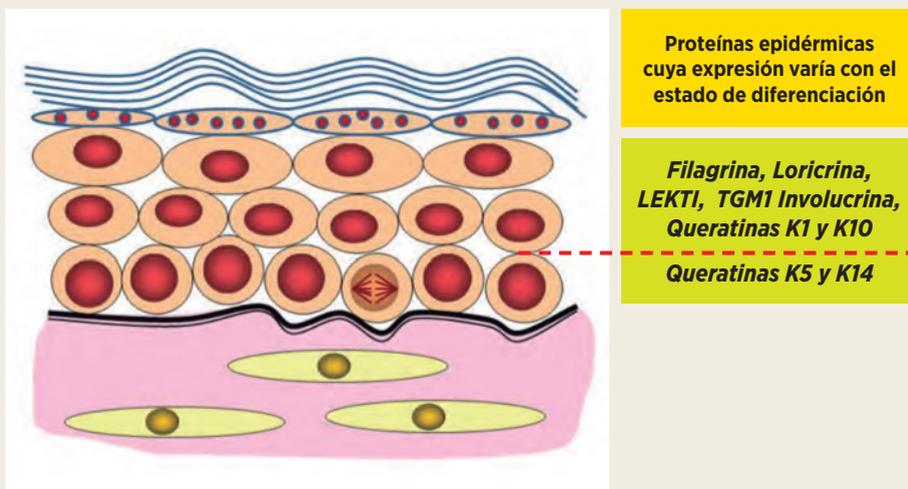
proteína Kindlina-1, un componente de las adhesiones focales en los queratinocitos del estrato basal). Esta enfermedad es la primera genodermatosis causada por un defecto en la unión estructural entre el citoesqueleto de actina, los contactos focales y la matriz extracelular.

## b) Enfermedades de la queratinización

### Diferenciación epidérmica

La epidermis se autorrenueva permanentemente gracias a la proliferación y la diferenciación de sus células, los queratinocitos, que incluyen también la población de células madre epidérmicas. En la epidermis pueden distinguirse cuatro capas o estratos: basal, granuloso, espinoso y córneo (figura 2). En condiciones normales, la proliferación celular tiene lugar en la capa de células basales. Los queratinocitos sufren un proceso de diferenciación, destinado a producir una barrera de protección contra agresiones físicas, químicas y biológicas así como evitar la deshidratación. Esta diferenciación, molecularmente compleja aunque bastante bien caracterizada, se asocia con un ascenso de los queratinocitos a lo largo de los distintos estratos y una diferenciación terminal que finaliza en su desprendimiento desde el estrato córneo. En condiciones normales este proceso de renovación celular dura entre 4-6 semanas en piel humana. Los procesos espacio-temporales de proliferación y diferenciación epidérmica están sometidos a una compleja regulación molecular (13). Cuando los queratinocitos diferencian y, por tanto, pierden su capacidad proliferativa, migran desde el estrato basal al estrato espinoso, donde se sustituye la expresión de las queratinas K5 y K14 por las queratinas K1 y K10 (14,15). Además de las queratinas, existen otras proteínas estructurales y enzimas sujetos a regulación durante la diferenciación y que se utilizan

## Diferenciación de la Epidermis



A medida que los queratinocitos migran hacia los estratos más superficiales de la epidermis cambia la expresión de proteínas. Así, la expresión de queratinas típicas del estrato basal como las K5 y K14 se sustituye por las queratinas K1 y K10. Otras proteínas como involucrina, transglutaminasa 1 (TGM1), LEKTI, filagrina y loricrina se van sintetizando a medida que progresa la diferenciación.

Figura 2

como marcadores epiteliales. Una de estas enzimas es la transglutaminasa que facilita el entrecruzamiento de proteínas del estrato córneo como la involucrina, precursor de la envuelta celular cornificada y sintetizada en las capas superiores del estrato espinoso (16). En el estrato granuloso dejan de sintetizarse queratinas y se inicia la producción de otras proteínas como filagrina y loricrina, consideradas como marcadores de diferenciación terminal (17-18) (figura 2). También se producen importantes cambios en la composición lipídica de las células epidérmicas.

Los desórdenes genéticos de la queratinización/cornificación agrupan a una larga lista de enfermedades en las que la diferenciación epidérmica está alterada produciendo en mayor o menor medida alteraciones

de la función barrera. Una clasificación consensuada, que excede este espacio de introducción y antecedentes, ha sido recientemente publicada por un grupo de expertos en el área (19-20). Varios trastornos de la queratinización se agrupan dentro de las Ictiosis (Ichthyos = pez) debido al aspecto escamoso de la piel, que comprenden un grupo de enfermedades relativamente frecuentes, caracterizadas por un exceso de estrato córneo epidérmico. Fuera de la condición de enfermedad rara encontramos a la *Ictiosis vulgaris* con una alta incidencia (1 en 250 nacimientos) cuyo defecto subyacente es una alteración de la proteína filagrina, que provoca cambios en los aminoácidos de la piel encargados de la retención de agua. La *Ictiosis ligada al cromosoma X* afecta casi exclusivamente a varones con una incidencia

estimada alta, de 1 por cada 2.000-6.000 nacimientos. El defecto genético comporta un déficit de la enzima sulfatasa esteroidea, una proteína codificada por el gen *STS* localizado en el cromosoma X (Xp22.32). Otro grupo es el de las ARCI (Autosomal Recessive Congenital Ichthiosis) (20) entre las que se encuentra la *Ictiosis lamelar* (LI, OMIM 242300) una forma de ictiosis, autosómica recesiva con una incidencia aproximada de 1 por cada 300.000 nacimientos. Está causada por mutaciones en el gen que codifica para la transglutaminasa 1 (TGM1), una enzima fundamental en el ensamblaje del estrato córneo. Otro tipo es el Síndrome de Netherton (NS; OMIM 256500), una ictiosis sindrómica (21) de carácter autosómico recesivo que se caracteriza por manifestar eritroderma exfoliativo generalizado e ictiosis ya en los primeros días de vida. La gravedad de la ictiosis oscila desde una sequedad leve a grave con descamación que puede llegar a ser desfigurante. El NS también se acompaña generalmente de dermatitis atópica y de una anomalía capilar característica (tricornexis invaginada o “pelo de bambú”). Otras manifestaciones clínicas incluyen retraso en el crecimiento y en el desarrollo. La piel de pacientes con NS muestra un fenotipo similar al de la psoriasis (21). El NS está causado por mutaciones de pérdida de función en el gen *SPINK5* que codifica para el inhibidor de serín-proteasas LEKTI (ver figura 2). La deficiencia en LEKTI resulta en una mayor actividad de un tipo de proteasas, las kalikreínas KLK-5, -7 y -14, así como de otra proteasa epidérmica elastasa 2 (ELA2) que resultan en una descamación exacerbada facilitando la entrada de microbios y alérgenos y generando señales de daño (22).

### c) Trastornos de la pigmentación

#### Albinismo oculocutáneo

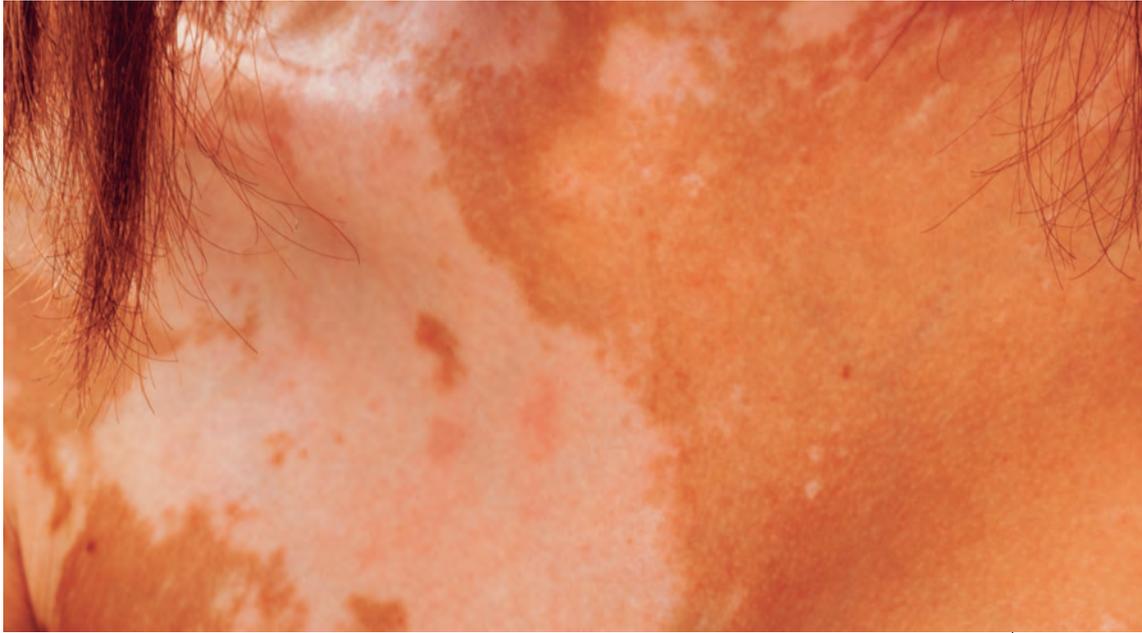
El albinismo (OMIM 203100) es el

trastorno genético de la pigmentación más frecuente. Es una enfermedad autosómica recesiva por déficit de la enzima tirosinasa, lo que da lugar a incapacidad para la síntesis de melanina tanto en la piel como en el pelo y los ojos. El pelo es blanco, los ojos azulados y la piel blanca, muy sensible al sol. Además del problema de pigmentación cutánea los pacientes tienen fotofobia y disminución de la agudeza visual.

### d) Trastornos de la reparación del ADN

#### Xeroderma pigmentoso

La radiación ultravioleta, en particular la comprendida entre los 280 y 320 nm o UVB, es el principal causante de daño al ADN de las células cutáneas. En condiciones normales ese daño puede repararse eficientemente mediante diversos mecanismos pero existen enfermedades como el Xeroderma pigmentoso (XP) en las que la reparación está deteriorada. El XP está causado por mutaciones en 8 genes implicados en la reparación del ADN. Siete de estos genes, de XPA a XPG (ERCC5), están implicados en la reparación por escisión de nucleótidos (NER). XPV o POLH, codifica para la DNA polimerasa  $\eta$ , que es necesaria para la replicación del ADN con daños inducidos por radiación UV. Su patrón de transmisión es autosómico recesivo. La gravedad y edad de aparición de los signos clínicos son muy variables y dependen de la exposición a la luz solar y del gen implicado. Los pacientes tienen un riesgo aumentado en más de 10.000 veces para desarrollar un cáncer de piel no-melanoma y unas 2.000 superior para padecer un melanoma antes de la edad de 20 años. La enfermedad se manifiesta en dos formas. Alrededor del 80% de los pacientes muestran hipersensibilidad a la radiación UV. Aproximadamente el 20% tiene también una enfermedad neurodegenerativa progresiva. Tiene una prevalencia



estimada de 1/1.000.000 en EE. UU. y Europa, con cifras más elevadas en algunos países (como Japón, África del Norte y Pakistán), especialmente en comunidades con un alto grado de consanguinidad.

El diagnóstico se basa en síntomas clínicos y se confirma mediante pruebas celulares de reparación defectuosa del ADN y la hipersensibilidad a la radiación UV. Los pacientes deben evitar la exposición al sol. No existe un tratamiento curativo para el XP pero puede incrementarse la esperanza de vida evitando la exposición al sol y realizando un seguimiento periódico para diagnosticar y tratar los cánceres de piel. Los trastornos neurológicos asociados suelen presentar una evolución progresiva, lo que puede resultar en una reducción de la esperanza de vida.

### e) Enfermedades del colágeno

El colágeno no es una proteína única sino una familia de proteínas relacionadas

que comprende al menos 19 miembros identificados hasta la fecha. Se dividen, tradicionalmente, en dos categorías: los colágenos fibrilares, que adoptan una distribución estriada y son los colágenos I, II, III, V y XI y los colágenos no fibrilares que no se organizan en fibrillas. Las cadenas constituyentes de los colágenos conocidos están codificadas por 30 genes diferentes, dispersos en el genoma humano. Algunos colágenos se codifican a partir de diferentes genes. Los colágenos se nombran utilizando números romanos, según el orden de su descubrimiento. El colágeno dérmico de tipo I es el más abundante. Las alteraciones tanto en genes específicos de los distintos colágenos o de enzimas que participan en su síntesis dan lugar a diversas enfermedades genéticas del colágeno.

#### Síndrome de Ehlers-Danlos

Bajo este síndrome se agrupan diversas enfermedades hereditarias (tipo I a X), algunas de herencia autosómica dominante, otras autosómica recesiva y otras ligadas al cromosoma X, cuya base patogénica común es una alteración en la biosíntesis del colágeno.



no y cuyas características clínicas consisten en hiperextensibilidad articular (luxaciones) y cutánea. Algunos de los subtipos de Ehlers-Danlos tienen asociadas alteraciones oculares (microcornea, escleróticas azules, desprendimiento de retina), periodontitis severa (tipo VIII) o prolapso mitral (tipo III). Se han podido identificar los mecanismos moleculares responsables de algunos de los distintos tipos de síndromes de Ehlers Danlos: tipo IV (mutaciones en el gen del colágeno de tipo III). Tipo VI (mutaciones homocigotas y heterocigotas del gen de la lisil hidroxilasa), de herencia autosómica recesiva. Tipos VIIA y VIIB (mutaciones de los genes del procolágeno de tipo I) y VIIC (déficit de procolágeno N-proteinasa). Tipo IX (mutaciones en el gen MNK).

#### f) Displasias ectodérmicas

Comprenden un grupo heterogéneo y amplio de patologías genéticas que afectan al desarrollo del ectodermo, capa embrionaria que forma la piel y sus anejos (cabello,

uñas, dientes, glándulas sudoríparas). La displasia ectodérmica (DE) afecta y se distribuye de forma uniforme en los diferentes grupos étnicos. La más frecuente es la displasia ectodérmica hipohidrótica (DEH, OMIM 305100), cuya prevalencia se estima en 1/5.000-10.000 recién nacidos vivos, y se caracteriza por hipotricosis (escasez de vello corporal y de pelo en cuero cabelludo), hipohidrosis (sudoración disminuida), e hipodoncia (ausencia congénita total o parcial de dientes). Las manifestaciones clínicas en las DE van a depender de la afectación de los distintos derivados ectodérmicos. Dentro de la diversidad de DE, existen dos formas más frecuentes que se diferencian según el grado de sudoración que presenta el paciente: la forma hipo/anhidrótica o Síndrome de Christ-Siemens-Touraine y la forma hidrótica o Síndrome de Clouston. La DEH es una enfermedad genéticamente heterogénea, con distintos tipos de herencia. La DEH más frecuente es la recesiva ligada a X secundaria a mutaciones en el gen EDA1 (Xq12-q13.1), que codifica la ectodisplasia, un miembro de la familia del factor de necrosis tumoral (TNF). Mutaciones en el gen EDAR (2q11-q13) que codifica el receptor EDA o en el gen EDARADD (1q42.2-q43) que codifica el dominio asociado a EDAR causan las formas de DEH autosómica dominante y recesiva. Hasta la fecha, se han descrito más de 100 mutaciones diferentes en EDA1, más de 30 en EDAR y varias en EDARADD. Recientemente también se han identificado pacientes de DEH con mutaciones en el gen WNT10A con la misma frecuencia que en EDAR (23). Actualmente se estima que estos 4 genes explican más del 90% de los casos de DEH. Más recientemente se ha publicado un caso asociado a una delección en el gen TRAF6. La forma de displasia ectodérmica hidrótica o síndrome de Clouston afecta al pelo y las uñas, mientras que los dientes y la sudoración son normales. Se debe a mutaciones en el gen GJB6, que se localiza en el locus 13q12, y codifica la pro-

## Distintas estrategias terapéuticas en fase experimental y/o clínica para EBDR



\* Los abordajes terapéuticos (se indican con asterisco) están encaminados a reponer la expresión de colágeno VII.

Figura 3

teína conexina Cx30. El patrón de herencia es autosómico dominante y afecta a los dos sexos de igual forma.

### Misceláneos

Aunque no pertenecen a los subgrupos antes mencionados de las genodermatosis existen entidades con potencial maligno tales como el Síndrome de Gorlin-Golz o síndrome del carcinoma basocelular nevoide (SBN, OMIM 109400) caracterizada por defectos en el desarrollo embrionario (usualmente a nivel esquelético, neurológico, ocular y genitourinario) y susceptibilidad al desarrollo de tumores, especialmente carcinomas basocelulares múltiples. El síndrome de Gorlin es una genodermatosis de herencia autosómica dominante debida a mutaciones en el gen PTCH (PTCH1) que en muchos casos ocurren de novo. En este grupo con susceptibilidad al cáncer tenemos también el Melanoma hereditario cuya causa está asociada principalmente a muta-

ciones en el gen que codifica para el supresor tumoral CDKN2A/p16INK4a.

### Nuevas terapias para las genodermatosis

Tal como se ha comentado, la gran mayoría de las genodermatosis no tienen tratamientos específicos sino sintomáticos. Algunas genodermatosis como la EBDR son actualmente el paradigma de enfermedad en pos de tratamientos efectivos. Éstos fueron revisados por el autor en su ponencia en el reciente simposio internacional *Enfermedades raras de la piel: de la clínica al gen y viceversa* patrocinado por la Fundación Ramón Areces (ver más abajo) y se exponen en este apartado.

El déficit de C7 en la EBDR hace que la reposición de esta proteína sea, por tanto, el *leitmotiv* de la mayoría de los abordajes tera-

peúuticos actuales para EBDR. A continuación se resumen algunos de los protocolos en fases clínicas o cercanas a la clínica encaminados a la reposición de C7 (figura 3).

**Terapia proteica:** La reposición proteica directa de C7 por vía local o sistémica se presenta como una opción válida en base a los resultados de estudios preclínicos robustos (24, 25) pero por ahora no se han llevado a cabo ensayos clínicos.

**Terapia celular:** El C7 es sintetizado tanto por los queratinocitos epidérmicos (o mucosos) como por células mesenquimales como los fibroblastos dérmicos. El C7 sintetizado se secreta y tiene la capacidad de dirigirse con facilidad hacia su localización habitual en la membrana basal. Este concepto es importante a la hora de diseños terapéuticos basados en manipulación genética o celular ya que no es estrictamente necesario que todas las células produzcan C7 sino que exista un suministro mínimo suficiente que garantice la adhesividad dermo-epidérmica. Se están investigando y ensayando a nivel clínico abordajes celulares locales o sistémicos que incluyen el trasplante de médula ósea, así como la inyección e infusión de células madre mesenquimales alogénicas con un grado de eficacia moderado (26, 27).

**Terapia génica.** La piel es, posiblemente junto con el sistema hematopoyético, el tejido que permite modificación genética *ex vivo*, y trasplante de las células manipuladas incluyendo la población de células madre epidérmicas. Mavilio y colaboradores en Italia demostraron la viabilidad y la eficacia del tratamiento de la Epidermólisis Bullosa juntural (EBJ) en un paciente mediante el trasplante autólogo de injertos de piel procedentes de células madre epidérmicas genéticamente corregidas *ex vivo* con un vector retroviral (28, 29). La EBDR es también susceptible de abordajes similares. De hecho, varios laboratorios incluyendo el del autor han demostrado, en diferentes sistemas pre-clínicos, la corrección exitosa de

células de piel (queratinocitos y fibroblastos) de pacientes EBDR con vectores virales integrativos (retro y lentivirus) portadores del cDNA de *COL7A1*. A día de hoy estos estudios preclínicos se han plasmado en dos ensayos clínicos que se están llevando a cabo en Stanford, EE. UU. (con trasplante de láminas de queratinocitos modificados) y otro con trasplante de piel bioingenierizada modificada a comenzar próximamente en Francia donde participa el grupo del autor ([www.genegraft.eu](http://www.genegraft.eu)). Por otra parte se están llevando a cabo ensayos clínicos en EE. UU. e Inglaterra para evaluar el efecto de inyecciones intradérmicas de fibroblastos EBDR autólogos modificados genéticamente para que expresen C7. En el capítulo de Terapia génica podemos incluir también recientes trabajos demostrando, en modelos animales, un efecto terapéutico de ARNs antisentido para inducir la exclusión de exones (*exon skipping*) portadores de las mutaciones del gen *COL7A1* (30, 31).

**Edición génica.** Como consecuencia del impresionante y rápido desarrollo en el campo de las nucleasas dirigidas a secuencias específicas en el genoma, se ha impulsado un campo terapéutico basado en la corrección *in situ* del defecto genético causal de la enfermedad. Estas técnicas implican una edición de las secuencias nucleotídicas mutadas. La mayoría de las mutaciones del gen *COL7A1* son intrafamiliares (32) aunque en España se ha encontrado un alto grado de recurrencia de una mutación específica que consiste en la inserción de una C en la posición 6527 en el exón 80 (mutación c6527insC) que afecta principalmente a pacientes de Andalucía y Extremadura (33). Así pues, una estrategia dirigida a corregir esa mutación puede ser útil para muchos pacientes. Este tipo de mutaciones puede ser abordadas mediante edición génica facilitada por nucleasas tipo TALEN o CRISPR/Cas9 (34). Hasta ahora el único laboratorio que ha conseguido una corrección por edición en clones de queratinocitos



EBDR ha sido el del autor (35). Si bien esta corrección se consiguió en células inmortalizadas, nuevas evidencias indican que es factible también en células de pacientes.

#### Otras estrategias terapéuticas

Además de los abordajes destinados a reponer el C7, se están estudiando aproximaciones farmacológicas que tratan de paliar el grave problema de la fibrosis y sus consecuencias en EBDR. En este sentido, ya se están probando drogas como el Losartán con la que se ha visto un importante efecto terapéutico en modelos animales de EBDR (36).

### La problemática de las genodermatosis en España

En los últimos años, las ER en su conjunto han pasado a tener un reconocimiento y repercusión inéditos previamente en esferas sociales, políticas y sanitarias gracias a la acción fundamental de las asociaciones de pacientes y otros organismos sin ánimo de lucro. Esta nueva consideración de las ER ha permitido incrementar los fondos destinados a su investigación. En su nuevo programa, H2020, la UE potencia la investigación en ER de manera formidable. En España, los programas de investigación 2013-2016,

han seguido esa línea con las restricciones locales. La iniciativa CIBER-ER ([www.ciberer.es](http://www.ciberer.es)) del Instituto de Salud Carlos III que agrupa a un número importante de laboratorios que investigan en ER ha sido fundamental para el progreso del campo. En cuanto a las enfermedades raras de piel, además del trabajo de un número muy limitado de centros en los que se investiga sobre ellas, es destacable también la labor de las asociaciones de pacientes como DEBRA España (Epidermolísis), la ASIC (Ictiosis) o la ANSEDH (Ehler Danlos y colagenopatías) en el apoyo a los afectados y en la difusión del problema. Sin embargo, hay también aspectos negativos en el campo como la falta de financiación pública específica para el diagnóstico molecular y de centros hospitalarios de referencia. No obstante, en el caso de la EB, el servicio de Dermatología Pediátrica del Hospital La Paz de Madrid está en vías de conseguir ese estatus.

#### REFERENCIAS

- 1) Leech SN, Moss C. A current and online genodermatosis database. *Br J Dermatol* 2007; 156: 1115-1148.
- 2) <http://en.wikipedia.org/wiki/Genodermatosis>
- 3) Masunaga, T. Epidermal basement membrane: its molecular organization and blistering disorders. *Connective tissue research* 47, 55-66 (2006).
- 4) Fine, J.D. Inherited epidermolysis bullosa. *Orphanet journal of rare diseases* 5, 12 (2010).
- 5) Fine, J.D., et al. The classification of inherited epidermolysis bullosa (EB): Report of the Third International Consensus Meeting on Diagnosis and Classification of EB. *J Am Acad Dermatol* 58, 931-950 (2008).
- 6) Bruckner-Tuderman, L., Ruegger, S., Odermatt, B., Mitsuhashi, Y. & Schnyder, U.W. Lack of type VII collagen in unaffected skin of patients with severe recessive dystrophic epidermolysis bullosa. *Dermatologica* 176, 57-64 (1988).
- 7) Bruckner-Tuderman, L., Mitsuhashi, Y., Schnyder, U.W. & Bruckner, P. Anchoring fibrils and type VII collagen are absent from skin in severe recessive dystrophic epidermolysis bullosa. *J Invest Dermatol* 93, 3-9 (1989).
- 8) Tidman, MJ and Eady RA. Evaluation of anchoring fibrils and other components of the dermal-epidermal junction in dystrophic epidermolysis bullosa by a quantitative ultrastructural technique. *J Invest Dermatol* 84, 374-377 (1985).

- 9) Hovnanian, A., et al. Genetic linkage of recessive dystrophic epidermolysis bullosa to the type VII collagen gene. *J Clin Invest* 90, 1032-1036 (1992).
- 10) Jarvikallio, A., Pulkkinen, L. & Uitto, J. Molecular basis of dystrophic epidermolysis bullosa: mutations in the type VII collagen gene (COL7A1). *Hum Mutat* 10, 338-347 (1997).
- 11) Pasmooij AM, Garcia M, Escamez MJ, Nijenhuis AM, Azon A, Cuadrado-Corrales N, Jonkman MF, Del Rio M. Revertant mosaicism due to a second-site mutation in COL7A1 in a patient with recessive dystrophic epidermolysis bullosa. *J Invest Dermatol.* 2010; 130: 2407-11.
- 12) Fine JD, Bruckner-Tuderman L, Eady RA, Bauer EA, Bauer JW, Has C, Heagerty A, Hintner H, Hovnanian A, Jonkman MF, Leigh I, Marinkovich MP, Martinez AE, McGrath JA, Mellerio JE, Moss C, Murrell DF, Shimizu H, Uitto J, Woodley D, Zambruno G. Inherited epidermolysis bullosa: updated recommendations on diagnosis and classification. *J Am Acad Dermatol.* 2014; 70: 1103-26.
- 13) Kalinin, A.E., Kajava, A.V. & Steinert, P.M. Epithelial barrier function: assembly and structural features of the cornified cell envelope. *Bioessays* 24, 789-800 (2002).
- 14) Fuchs, E. Epidermal differentiation: the bare essentials. *The Journal of cell biology* 111, 2807-2814 (1990).
- 15) Watt, F.M. Terminal differentiation of epidermal keratinocytes. *Current opinion in cell biology* 1, 1107-1115 (1989).
- 16) Roop, D.R., Hawley-Nelson, P., Cheng, C.K. & Yuspa, S.H. Keratin gene expression in mouse epidermis and cultured epidermal cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 80, 716-720 (1983).
- 17) Rice, R.H. & Green, H. Presence in human epidermal cells of a soluble protein precursor of the cross-linked envelope: activation of the cross-linking by calcium ions. *Cell* 18, 681-694 (1979).
- 18) Dale, B.A., Holbrook, K.A., Kimball, J.R., Hoff, M. & Sun, T.T. Expression of epidermal keratins and filaggrin during human fetal skin development. *The Journal of cell biology* 101, 1257-1269 (1985).
- 19) Traupe H et al. Revised nomenclature and classification of inherited ichthyoses: results of the First Ichthyosis Consensus Conference in Sorèze 2009. *J Am Acad Dermatol.* 2010 Oct; 63:607-41.
- 20) Oji V, Traupe H. Ichthyosis: clinical manifestations and practical treatment options. *Am J Clin Dermatol.* 2009;10(6):351-64.
- 21) Judge M R, Morgan G, Harper J I. A clinical and immunological study of Netherton's syndrome. *The British journal of dermatology* 1994; 131: 615-621.
- 22) Brattsand M, Stefansson K, Lundh C, Haasum Y, Egelrud T. A proteolytic cascade of kallikreins in the stratum corneum. *J. Invest Dermatol.* 2005; 124: 198-203.
- 23) Cluzeau C, Hadj-Rabia S, Jambou M, Mansour S, Guigue P, Masmoudi S et al. Only four genes (EDA1, EDAR, EDARADD, and WNT10A) account for 90% of Hypohidrotic/Anhidrotic Ectodermal Dysplasia cases. *Hum Mutat* 2011, 32:70-72.
- 24) Woodley DT, Wang X, Amir M, Hwang B, Remington J et al Intravenously Injected Recombinant Human Type VII Collagen Homes to Skin Wounds and Restores Skin Integrity of Dystrophic Epidermolysis Bullosa *J Invest Dermatol.* 2013; 133(7): 1910-1913.
- 25) Wang X, Ghasri P, Amir M, Hwang B, Hou Y, Khilili M, et al. Topical Application of Recombinant Type VII Collagen Incorporates Into the Dermal-Epidermal Junction and Promotes Wound Closure *Mol Ther.* 2013 Jul; 21(7): 1335-1344.
- 26) Petrof G, Lwin SM, Martinez-Queipo M, Abdul-Wahab A, Tso S, Mellerio JE, Slaper-Cortenbach I, Boelens JJ, Tolar J, Veys P, Ofuya M, Peacock JL, Martinez AE, McGrath JA. Potential of Systemic Allogeneic Mesenchymal Stromal Cell Therapy for Children with Recessive Dystrophic Epidermolysis Bullosa. *J Invest Dermatol.* 2015;135: 2319-21.
- 27) Perdoni C, McGrath JA, Tolar J. Preconditioning of mesenchymal stem cells for improved transplantation efficacy in recessive dystrophic epidermolysis bullosa. *Stem Cell Res Ther.* 2014; 5:21.
- 29) De Rosa L, Carulli S, Cocchiarella F, Quaglino D, Enzo E, Franchini E, Giannetti A, De Santis G, Recchia A, Pellegrini G, De Luca M. Long-term stability and safety of transgenic cultured epidermal stem cells in gene therapy of junctional epidermolysis bullosa. *Stem Cell Reports.* 2013, 26; 2(1):1-8.
- 30) Turczynski S, Titeux M, Tonasso L, Décha A, Ishida-Yamamoto A, Hovnanian A. Targeted Exon Skipping Restores Type VII Collagen Expression and Anchoring Fibril Formation in an In Vivo RDEB Model. *J Invest Dermatol.* 2016 Aug 3 doi: 10.1016/j.jid.2016.07.029.
- 31) Bremer J, Bornert O, Nyström A, Gostynski A, Jonkman MF, Aartsma-Rus A, van den Akker PC, Pasmooij AM. Antisense Oligonucleotide-mediated Exon Skipping as a Systemic Therapeutic Approach for Recessive Dystrophic Epidermolysis Bullosa. *Mol Ther Nucleic Acids.* 2016 Oct 18;5(10):e379.
- 32) Dang N and Murrell DF. Mutation analysis and characterization of COL7A1 mutations in dystrophic epidermolysis bullosa. *Exp.Dermatol.* 2008; 17:553-568.
- 33) Cuadrado-Corrales N, et al. A prevalent mutation with founder effect in Spanish Recessive Dystrophic Epidermolysis Bullosa families. *BMC Med Genet.* 2010 Sep 29;11:139.
- 34) Calos MP. Genome editing techniques and their therapeutic applications. *Clin Pharmacol Ther.* 2016 Oct 26. doi: 10.1002/cpt.542.
- 35) Chamorro C, Mencia A, Almarza D, Duarte B, Büning H, Sallach J, Hausser I, Del Rio M, Larcher F, Murillas R. Gene Editing for the Efficient Correction of a Recurrent COL7A1 Mutation in Recessive Dystrophic Epidermolysis Bullosa Keratinocytes. *Mol Ther Nucleic Acids.* 2016 Apr 5;5:e307.
- 36) Nyström A, Thriene K, Mittapalli V, Kern JS, Kiritsi D, Dengjel J, Bruckner-Tuderman L. Losartan ameliorates dystrophic epidermolysis bullosa and uncovers new disease mechanisms. *EMBO Mol Med.* 2015; 7(9):1211-28.

# PERSPECTIVAS Y DESAFÍOS DE POLÍTICA ECONÓMICA PARA **AMÉRICA LATINA**



La Fundación Ramón Areces acogió la III Jornada conjunta con el Fondo Monetario Internacional: *Perspectivas y desafíos de política económica para América Latina* (19-10-2016)<sup>1</sup>. Los coordinadores de la misma, Ramón Casilda y Nicolás Magud, reunieron a académicos, expertos del sector privado, del sector público y del propio Fondo Monetario Internacional, encabezado por el responsable del Informe, Alejandro Werner, director del Hemisferio Occidental, para analizar y valorar la coyuntura de América Latina, así como las opciones de política económica presentes y futuras.

POR RAMÓN CASILDA BÉJAR  
*Instituto de Estudios Bursátiles e Instituto Universitario  
de Estudios Latinoamericanos. Universidad de Alcalá*

## Las principales economías de América del Sur acusan las importantes rebajas de los precios de las *commodities*, principalmente petróleo, gas, metales y minerales

Las presentaciones, comentarios y consiguientes debates de la jornada se centraron en el ajuste macroeconómico y la reversión en el ciclo de términos de intercambio, comparando el reciente cambio con los procesos históricos. También, se analizaron el rol de los efectos de derrame provenientes de la desaceleración de la economía china en los mercados emergentes, así como el rol de la inmigración. Y todo ello, dentro de la desaceleración del crecimiento mundial, en gran parte causado por las economías más avanzadas, pero también por la desaceleración de China, que tanto contribuye a reducir el crecimiento global, sino también a los precios de las *commodities*, que afectan notablemente a la región, encontrándose encaminada por primera vez desde la crisis de la deuda de 1982-1983, a dos años consecutivos.

Finalmente, en el marco de la discusión de políticas económicas, se trataron los aspectos fundamentales de la integración comercial para el desarrollo económico con especial énfasis en la Alianza del Pacífico, el Mercosur y la reciente asociación del Transpacífico, aspectos estos que a tenor de los últimos acontecimientos tanto en Europa como en EE. UU. por las posturas e ideas de sus candidatos presidenciales, son del máximo interés.

El FMI, en el actualizado Informe (octubre, 2016)<sup>2</sup>: *Las Américas: Perspectivas económicas*, prevé que la región toque fondo en 2016, para registrar una recuperación moderada en 2017. Si bien, la menor demanda externa y la persistencia de los bajos precios de las *commodities*, continuarán afectando las perspectivas regionales, cuyo PIB se contraerá en 2016 el -0,6%, para en 2017 crecer un 1,6%<sup>3</sup>, y continuar expandiéndose en 2018, aunque ello dependerá en gran

medida de la fortaleza de los mercados externos y la capacidad de abordar los desafíos macroeconómicos.

El Informe enmarca certeramente lo que en estos momentos preocupa altamente en América Latina y el Caribe: ¿Se prolongará el actual frente frío? Poner el foco sobre esta temática, en momentos tan álgidos para la región, sin dudas es de indudable interés, especialmente para aquellos que en nuestro país siguen puntualmente la situación de la economía latinoamericana.

### Situación y perspectivas de política económica

La situación económica de América Latina muestra como los países se enfrentan a la necesidad de encontrar un equilibrio entre el estímulo económico, por una parte, y la estabilidad financiera, por otra, sin descuidar las demandas sociales y la lucha contra la pobreza. Esta tarea en el contexto actual no resulta nada fácil, y requiere esfuerzo, claridad de visión y equidad.

América Latina, que se encuentra en un momento decisivo, nuevamente enfrenta una disminución del Producto Interno Bruto que se contraerá el -1,1% en 2016, luego de un descenso de alrededor de medio punto porcentual en 2015. Esto marca la primera recesión bianual en más de tres décadas. Para 2017, se prevé que crezca un 1,8% y continúe expandiéndose en 2018, aunque ello dependerá en gran medida de la fortaleza de los mercados externos y la capacidad de abordar los desafíos macroeconómicos.

Los países vienen registrando un com-

portamiento desigual y, es más, las perspectivas de crecimiento a corto plazo se han bifurcado. La mitad Norte (México, América Central y el Caribe) crecerá a un ritmo razonable del 2,5%, mientras que América del Sur se contraerá más de un 2%, como consecuencia de la fuerte recesión de Brasil (-3,8%) y Venezuela (-8,3%). Esta recesión ocurre tras una década de un prolongado auge de precios de las *commodities*, generadoras de grandes ganancias en términos de intercambio que elevaron el crecimiento de los países sudamericanos a un promedio alrededor del 5,5% durante el período 2003-2011<sup>4</sup>.

Como se destacó durante la Jornada, las principales economías de América del Sur acusan las importantes rebajas de los precios de las *commodities* (principalmente petróleo, gas, metales y minerales), que continúan sin recuperarse, no esperándose cambios significativos, de producirse estarán determinados por la demanda de China, aunque no es previsible. Esta situación, unida a la existencia de un sistema económico con baja productividad, falta de dinamismo tecnológico, exportaciones poco diversificadas y con bajo valor añadido, quedó enmascarada durante el superciclo<sup>5</sup>, que originó un giro hacia las actividades primarias extractivas, generalmente con escaso valor añadido.

Finalizado el superciclo, quedaron al descubierto las “debilidades” de la estructura productiva, la competitividad y dependencia exportadora de la región<sup>6</sup>. Por tales motivos, las continuadas referencias a esta situación, se deja notar no solo en la caída de la producción, sino también en la inversión, el empleo y en la disminución de los flujos de capitales. Los crecientes déficits y, en algunos casos, los mayores niveles de deuda y la consiguiente reducción del margen fiscal han limitado la posibilidad de utilizar el gasto público como instrumento contracíclico, obligando adoptar políticas monetarias más estrictas. Además, muchos países, especialmente los exportadores ne-



tos, han sufrido un importante *shock* en sus términos de intercambio. Actualmente, la mayoría de los países han dejado que su tipo de cambio se ajustara a este *shock*, lo cual ha ayudado a moderar el ajuste de la cuenta corriente, sobre todo teniendo en cuenta que el persistente deterioro de los términos de intercambio se prevé que continúen en el mediano plazo.

Como indica el Informe (octubre, 2016), la flexibilidad cambiaria ha reportado marcados beneficios a la región, y dada las cambiantes tendencias mundiales debería seguir siendo la primera línea de defensa ante *shocks* adversos, y en muchos casos ya no es evidente la necesidad de una posición de política monetaria contractiva, dado que la inflación y las expectativas inflacionarias están retornando a sus niveles meta. Es más, con riesgos aun apuntando a la baja, los países deberían aprovechar el entorno financiero mundial favorable para recomponer sus defensas fiscales, pero preservando los gastos de capital y las erogaciones sociales de importancia crítica. La incertidumbre acerca de la duración del entorno financiero global favorable plantea riesgos para la región, mientras que las vulnerabilidades del sector financiero y empresarial merecen un monitoreo más cercano.

## América Latina está preparada para incorporar un nuevo modelo de crecimiento económico dinámico y sostenible

Teniendo en cuenta los repetidos resultados decepcionantes de crecimiento y las consiguientes revisiones a la baja de los pronósticos, incluidos los correspondientes al mediano plazo, que apuntan un crecimiento potencial más bajo en toda la región, se necesitan políticas estructurales —como cerrar las brechas de infraestructura, mejorar los resultados de educación, incentivar la participación femenina en la fuerza laboral y mejorar el entorno empresarial y el Estado de derecho— para estimular el crecimiento a medio plazo y diversificar las economías reduciendo su dependencia exportadora de las *commodities*<sup>7</sup>.

Las anteriores afirmaciones pueden interpretarse como un tiempo histórico, que señala el fin del ciclo basado en las *commodities* y, por consiguiente, del modelo de crecimiento adoptado. Por tanto, se presenta una extraordinaria oportunidad, para diseñar, impulsar y poner en marcha, un “nuevo modelo de crecimiento económico para América Latina”.

### El desafío de un nuevo modelo de crecimiento

América Latina, ante el nuevo ciclo económico mundial, claramente tiene tanto el “desafío” como la necesidad de instaurar un “nuevo modelo de crecimiento económico”. El crecimiento económico es uno de los temas de mayor complejidad y su explicación ha variado según la evolución de los modelos teóricos y su contrastación empírica en el curso del tiempo.

Joseph Schumpeter solía advertir a los economistas que no confundieran crecimiento con desarrollo: “Hay crecimiento cuando la oferta de bienes aumenta, mientras que el desarrollo requiere la introduc-

ción de innovación, no es más cantidad y sí más calidad”. De aquí entonces que no haya necesariamente una relación directa entre crecimiento y desarrollo, ya que una economía puede crecer sin desarrollarse, y teóricamente podría darse un proceso de desarrollo sin crecimiento<sup>8</sup>.

Al respecto, durante la década 1980, los conceptos de crecimiento y desarrollo se distanciaron. El “desarrollo” adquirió una mayor dimensión humana, referida a la distribución del ingreso, a la satisfacción de necesidades básicas como la salud, la educación y la elevación del nivel de vida en general. Mientras que “crecimiento” significa un aumento del tamaño de la economía por la asimilación o adquisición de bienes y servicios. Así, cuando una economía se desarrolla se encuentra mejor cualitativamente, pero cuando una economía crece se hace mayor cuantitativamente. El crecimiento cuantitativo y la mejoría cualitativa podrían seguir caminos diferentes. Las Naciones Unidas admitieron que el crecimiento económico podía producirse incluso sin consecuencias sociales positivas para una determinada sociedad.

De manera que, en toda sociedad y en cualquier momento histórico, coexisten diversos juicios de valor sobre el crecimiento y el desarrollo, muchas veces en conflicto y, como solo un conjunto de estos valores son los políticamente dominantes, son los que definen su ritmo y dirección. Si por razones endógenas o exógenas el grupo social dominante cambia, entonces pueden alterarse las políticas, afectando tanto al ritmo del crecimiento como a la dirección del desarrollo<sup>9</sup>.

El nuevo modelo de crecimiento económico consideramos que debe tener un propósito ambicioso en cuanto a la diversificación de las economías sin renunciar a las exportaciones de bienes primarios o, dicho



de otra manera, no debe estar basado únicamente en la especialización y dependencia exportadora de *commodities*. Aunque es justo reconocer que, durante el superciclo, se consiguieron importantes logros como el descenso de la pobreza, la formación de amplias clases medias, altas reservas internacionales, masiva inversión extranjera tanto recibida como emitida, bajo nivel de deuda pública, inflación controlada y mejores salarios con mayor poder adquisitivo que hacían pensar que los códigos virtuosos del crecimiento económico se habían instalado en la región, y lo hacían para quedarse<sup>10</sup>.

Pero también es justo reconocer que el cambio de ciclo económico mundial, como consecuencia de la crisis<sup>11</sup>, ha disuelto los códigos del superciclo y devuelto la realidad a los países, que se han visto en la necesidad de emprender amplias medidas de ajuste, que por cierto resaltan las “tareas pendientes”. Tareas postergadas y no solucionadas durante el superciclo, que sin demora deben abordarse con decisión dentro del nuevo modelo de crecimiento, para que la región en su conjunto se enganche al nuevo ciclo productivo y competitivo que impone la economía mundial.

Este nuevo modelo de crecimiento eco-

nómico debe basarse en una industrialización alineada con la economía digital del siglo XXI, incentivando la inversión en I+D para mejorar la productividad, la competitividad y el comercio, sin olvidar las infraestructuras tradicionales junto con las nuevas digitales y, definitivamente, mejorar la educación en sus distintos niveles, la sanidad y la distribución de la renta, sin olvidar el inaplazable problema de la pobreza.

De no solucionarse al menos este conjunto de tareas pendientes, dentro de lo que implica el cambio de ciclo económico mundial, América Latina no se subirá en el tren de la modernidad y la competitividad del siglo XXI, caracterizada por las nuevas tecnologías en sus diversas manifestaciones, la innovación en toda su amplitud productiva y el conocimiento que conlleva la economía digital. Todas estas tareas pendientes presionan para que la región tenga un nuevo “modelo de crecimiento económico” en consonancia a las nuevas realidades de la economía mundial.

Si el superciclo resultó generador de ventajas comparativas visibles en el crecimiento económico, también a su vez, produjo asimetrías económicas y conflictos políticos, sociales y ambientales. Tales asimetrías y conflictos marcaron un ciclo de luchas y confrontaciones, centradas en la defensa del territorio, los recursos naturales y el medio ambiente, incluso la discusión sobre los modelos de crecimiento y sus beneficios, así como las fronteras mismas de la democracia. Asimetrías y conflictos que el nuevo modelo debe despejar definitivamente.

Abatido el modelo de las *commodities*, el dilema que se presenta es recuperarlo una vez que sus precios se recuperen y, con ello, alentar nuevamente la reprimarización de la economía, manteniendo baja la diversificación, la industrialización, la productividad y la competitividad, continuando con productos de escaso valor añadido o, por el contrario, alcanzar un consenso entre los

## El nuevo modelo de crecimiento económico de América Latina debe basarse en una industrialización alineada con la economía digital del siglo XXI

agentes económicos y sociales, para instaurar el nuevo modelo de crecimiento económico sostenible.

Instaurar un nuevo modelo no significa eliminar de un tirón los beneficios que suponen las *commodities*, entre otras cosas, porque sería un suicidio sin sentido. Tampoco es contrario en continuar profundizando las relaciones con un socio estratégico de la magnitud de China, en tránsito hacia una economía más volcada en el consumo interno de mayor calidad, lo cual representa una oportunidad para diversificar la economía y las exportaciones con mayor valor añadido. Por ejemplo, la región podría convertirse en un socio estratégico agro-industrial, ya que el país asiático duplicará sus importaciones de productos básicos e intermedios hacia 2020.

Por tanto, se impone un “cambio de rumbo” para América Latina, si no quiere descolgarse del nuevo ciclo económico mundial, marcado por la economía digital. Si la región desea posicionarse como un jugador de primer nivel global, definitivamente desde sus experiencias anteriores que constituyen un acervo de gran riqueza, debe instaurar un “nuevo modelo de crecimiento”, que requiere hoy más que nunca el consenso de los agentes económicos y sociales, lo que implica el compromiso de la cooperación pública-privada. Los gobiernos y el sector privado, como protagonistas del crecimiento y modernización económica de los países, deberán unirse en torno al nuevo modelo.

América Latina, definitivamente, debe dejar atrás las brechas estructurales históricas, para poner en marcha el “nuevo modelo” que naturalmente será incorporado por los países a distintas velocidades, para hacer frente de manera exitosa al gran desafío de los cambios del ciclo económico que impo-

ne la economía mundial, teniendo muy en cuenta que la economía digital implica una revolución tecnológica, que afecta a la producción y distribución de bienes y servicios, los cuales determinarán la capacidad productiva para competir internacionalmente. Con el agravante de que si estos bienes y servicios, cada vez más, se concentran en las grandes empresas con presencia global, América Latina necesita sus propios campeones globales, por ello el nuevo modelo debe incorporar, con toda la potencia posible, la internacionalización como vector de crecimiento y, dentro de éste, las empresas multilatinas representan su gran palanca.

Este nuevo modelo debe estructurarse a través de un nuevo paradigma tecnológico, como vehículo de las nuevas iniciativas empresariales<sup>12</sup>, que hacen posible una “oleada de desarrollo”. El concepto de “oleada de desarrollo”, según Carlota Pérez, se considera como el proceso mediante el cual un nuevo paradigma se propaga por toda la economía, llevando consigo cambios estructurales en la producción, distribución y consumo, así como cambios cualitativos profundos en la sociedad.

El problema es que la generación de tecnologías avanzadas ocurre fundamentalmente fuera de la región, por lo cual, se requiere construir un “ecosistema científico-tecnológico”, donde resulta esencial la colaboración pública-privada para la creación de sistemas de innovación y producción de mayor tamaño, de manera que los países fortalezcan sus bases científicas-tecnológicas. Sobre este particular, un ejemplo lo constituyen las “startups”, empresas de base tecnológica que demandan sistemas de innovación y producción de mayor tamaño para que, por un lado, los inversionistas estén dispuestos a invertir y, por otro, para



que los países fortalezcan sus bases científicas y tecnológicas, con el objetivo de acortar la brecha digital.

Al respecto, brevemente, señalar dos barreras que dificultan la economía digital. Por la parte financiera, la inversión de los fondos de capital riesgo representan menos del 0,05% del PIB de América Latina, mientras que en Estados Unidos llegan al 0,3% y en Israel casi el 0,4%<sup>13</sup>. Esta baja penetración se debe a que en los países de la región aún persisten los estigmas como la incertidumbre jurídica y la corrupción. Sin embargo, la inversión en I+D ha crecido durante los últimos años, aunque los avances por el momento son pequeños. Los recursos destinados pasaron del 0,63% al 0,74% del PIB entre 2009 y 2014, porcentaje muy por debajo de la media de los países de la OCDE que llega al 2,3%. Otra es la barrera que supone Internet, debido a que la mayoría de las conexiones que ofrecen los países son lentas. La velocidad de descarga promedio en la banda ancha global era en 2014 de 7,3 megabits por segundo, mientras que en los

países de la OCDE alcanzaba los 32,2. Solo Brasil, Chile, México y Uruguay se encuentran por encima del promedio regional<sup>14</sup>.

Por consiguiente, el desafío está servido para la región y su nuevo modelo de crecimiento debe de certificar el “Made in Latin America”, como etiqueta de competitividad y modernidad, que dejaría de asociar a la región con algún libreto imaginario, para convertirla en un verdadero sello de reconocimiento y prestigio mundial.

## Conclusiones

América Latina se enfrenta al panorama económico más sombrío desde el inicio de la crisis, y de continuar con la baja diversificación de su economía, especialización exportadora de las *commodities*, una estructura productiva de baja tecnología, productividad y competitividad, hará difícil que pueda encontrar una salida rápida a la desaceleración económica en la que se encuentra,

y esto sin incluir el problema de la pobreza.

América Latina está preparada para incorporar un nuevo modelo de crecimiento económico dinámico y sostenible, en consonancia con los nuevos tiempos de la economía mundial, donde, como se ha expuesto, la economía digital en todas sus variantes penetra absolutamente en cada uno de los sectores productivos y los servicios.

América Latina debe establecer un nuevo modelo de crecimiento, y no solo para no quedarse atrás en la nueva era económica, sino, también, para que los logros económicos y sociales alcanzados no retrocedan ni se pierdan. Por tanto, le exige estar a la altura de los tiempos si desea salir al encuentro de esquemas económicos más competitivos y más equitativos en materia de acceso a las oportunidades de los ciudadanos del siglo XXI.

De cómo se llevaría a cabo este modelo y a qué velocidad será adaptado por los distintos países, es algo que no puedo contestar. Sí es necesario un período de transición y, muy seguramente, no habrá un proceso único de transición. Serán diversos los procesos de transición que, a pesar de tener características comunes, se diferenciarán sustancialmente entre uno y otro país, tanto por el año en el que comenzará, como por el nivel de profundidad de las reformas necesarias.

Lo que sí puedo decir es que el modelo debe ser portador de una fuerte “visión de crecimiento”, una meta ambiciosa que cuente con el compromiso de los líderes empresariales, políticos y sociales, de cara a establecer y consensuar los mecanismos para la necesaria colaboración pública-privada. Esta fuerte visión de crecimiento debe ser plural con el fin de que participen todos los actores involucrados: partidos políticos, agentes económicos y sociales, de manera que atraiga las mejores energías para demostrar al mundo que es una región activa, innovadora y transformadora, capaz de estar al frente de los países emergentes y de la nueva economía mundial.

## PIES DE PÁGINA

<sup>1</sup> Para mayor detalle de la Jornada puede consultarse [www.fundacionareces.es](http://www.fundacionareces.es)

<sup>2</sup> FMI (abril, 2016): *Informe Las Américas: Administrando transiciones y riesgos*. Departamento del Hemisferio Occidental. Washington.

<sup>3</sup> FMI (octubre, 2016): *Informe Las Américas. Perspectivas económicas*. Departamento del Hemisferio Occidental. Washington.

<sup>4</sup> Banco Mundial (abril, 2016): *El ciclo de las commodities en Latinoamérica. Espejismos y dilemas*. Informe semestral de la Oficina del Economista en Jefe del Banco Mundial para América Latina y el Caribe. Washington.

<sup>5</sup> Los ciclos tienen su auge y su caída, y actualmente estamos presenciando su caída. El ciclo actual se remonta al año 1999, en donde los principales índices de bienes primarios fijaron sus niveles más bajos de 20 años.

<sup>6</sup> Este no es el caso de México, cuyas exportaciones no se concentran en las *commodities*, sino que se encuentran diversificadas en la exportación de manufacturas.

<sup>7</sup> FMI. *Perspectivas económicas Las Américas* (octubre, 2016). Washington.

<sup>8</sup> Ramón Casilda Béjar (2007): *El nuevo enfoque integrador del desarrollo económico latinoamericano desde la responsabilidad social corporativa, las finanzas y el componente ético*. Boletín Económico ICE, N° 2904 y versión actualizada N° 3057.

<sup>9</sup> Para más detalle, véase Ramón Casilda Béjar (2015): *Crisis y reinención del capitalismo*. Editorial Tecnos. Madrid.

<sup>10</sup> El presidente de Colombia, Juan Manuel Santos, en la conferencia magistral pronunciada en la sede de la CEPAL (17-08-2011), afirmó: “Esta puede ser la década de América Latina”. Por su parte el presidente del BID, Luis Alberto Moreno, no tenía duda y así lo expone en su libro (2011): *La década de América Latina y el Caribe. Una oportunidad real*. BID. Washington. Para más detalle, véase Ramón Casilda Béjar (2012): *América Latina emergente*. Editorial Universitaria Ramón Areces. Madrid.

<sup>11</sup> Para un amplio análisis, véase Ramón Casilda Béjar (2015): *Crisis y reinención del capitalismo*. Editorial Tecnos. Madrid.

<sup>12</sup> Precisamente la XXV Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno, celebrada en Cartagena de Indias, Colombia (28, 29 de octubre de 2016), tuvo como lema: *Juventud, “Emprendimiento” y Educación*.

<sup>13</sup> Para un amplio análisis, véase Informe (julio, 2015): *Estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe 2015*. Santiago de Chile.

<sup>14</sup> Para un amplio análisis, véase Informe (julio, 2015): *Estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe 2015*. Santiago de Chile.

INDICADORES COMENTADOS  
SOBRE EL ESTADO DEL  
**SISTEMA EDUCATIVO  
ESPAÑOL 2016**



Las Fundaciones Ramón Areces y Europea Sociedad y Educación han publicado el informe *Indicadores comentados sobre el estado del sistema educativo español 2016*, en el que se recoge los indicadores básicos sobre la educación en España que, tal y como se hizo en la edición de 2015, ordenan, sistematizan y sintetizan información procedente de las principales fuentes de datos nacionales e internacionales, en perspectiva comparada. En la edición de este año, el estudio cuenta con la contribución de 12 expertos en la materia que, en sus comentarios, reflejan las singularidades de la educación en España y proponen líneas de mejora.

## Para reducir el abandono educativo temprano, Carabaña apuesta por alargar el Bachillerato y la FP o hacerlos más fáciles para aumentar la titulación

El informe, que ha sido dirigido por Mercedes Esteban, vicepresidenta de la Fundación Europea Sociedad y Educación, se divide en cuatro apartados. En el primero, dedicado a "La educación en España", han comentado algunos de los indicadores **Julio Carabaña**, **Alejandro Tiana** (rector de la UNED) y **Juan Carlos Rodríguez** (investigador de Analistas Socio-Políticos). Julio Carabaña, catedrático de sociología de la UCM, atribuye la reducción del abandono educativo en España, registrada en los últimos años de la crisis, al incremento de la escolarización más que a las políticas educativas y a la mejora de la titulación, lo cual, "no deja de ser algo positivo, pero es una vía que parece agotada, incluso si la crisis se prolongara". Para reducir realmente el abandono educativo temprano Carabaña apuesta "por alargar el Bachillerato y la FP para aumentar la matrícula, como en Dinamarca, y/o hacerlos más fáciles para aumentar la titulación, como en el resto de los países".

En relación al nivel educativo de la población, Alejandro Tiana afirma que "no podemos considerar que no existan problemas, pero tampoco sería justo ignorar que la educación española ha experimentado en los últimos cincuenta años un avance importante".

Sobre el crecimiento de la FP de grado medio, Juan Carlos Rodríguez señala que "los datos de la evolución, por edades, de la matrícula en los CFGM entre 2007-2008 y 2013-2014, junto con los de la evolución de la vía de acceso, sugieren que la formación profesional de grado medio, hasta hoy, apenas ha ganado en atractivo para los recién graduados en ESO, y que el notable aumento en la matrícula en formación

profesional se debe al retorno de antiguos graduados que abandonaron la enseñanza en tiempos de bonanza económica. Es improbable que ese retorno lo hayan protagonizado quienes, en su momento, no se graduaron. Para estos sigue siendo muy difícil mantenerse en el sistema educativo formal tras la ESO, pues sigue siendo necesario el título de Graduado para acceder a la Secundaria Superior, algo que "encarece" sobremanera este acceso".

En el segundo apartado del informe que aborda "Los recursos educativos", dedicados a la educación en nuestro país, han escrito **Rafael Doménech** (economista jefe de Economías Desarrolladas de BBVA-Research), **Gabriela Sicilia** (UAM), **Mariano Fernández Enguita** (catedrático de sociología de la UCM), y **Miguel Ángel Sancho Gargallo** (presidente de la Fundación Europea Sociedad y Educación).

Rafael Doménech señala que "la educación requiere recursos suficientes y sostenidos, al margen de los vaivenes del ciclo económico, y, sobre todo, administrarlos con mucha más eficiencia de cómo España ha hecho en las últimas décadas".

Gabriela Sicilia sostiene que "resulta imprescindible promover una reforma educativa que incluya la calidad del profesorado como pilar fundamental, algo que hasta ahora no ha sido considerado en ninguna ley de educación. Es esencial atraer a los mejores estudiantes a la profesión y retener a los profesores más efectivos". Por otro lado, apunta que "es necesario revisar los actuales sistemas de formación, selección, evaluación e incentivos de la profesión docente". Por último, considera imprescindible que la gestión del profesorado se sustente en "sistemas de evaluación continua e incentivos



que incorporen medidas del desempeño de la actividad docente y permitan recompensar a los mejores docentes".

Mariano Fernández Enguita, catedrático de sociología de la UCM, llama la atención sobre tres brechas: "a pesar de que no hay brecha digital entre las escuelas (aunque sí desigualdades), la institución escolar no está evitando ni compensando la brecha digital residual que, sin duda, queda entre los hogares". Una segunda brecha se refiere al tipo de contenidos a los "que se accede, si al aprendizaje o al entretenimiento, a usos variados o rutinarios, etc. Esto es lo que se ha dado en llamar la brecha digital de segundo orden". Y, finalmente, concluye que "corremos el riesgo de que una tercera brecha, ésta institucional, entre la escuela y su entorno, el profesorado y el alumnado, agravada tal vez por avatares políticos, impida que la sociedad se sirva de la escuela para cerrar, compensar o mitigar las dos primeras".

Miguel Ángel Sancho, presidente de la Fundación Sociedad y Educación, señala que "la autonomía de los centros en España es muy mejorable aunque no fácil de variar

por la estructura del marco regulatorio. Con independencia del margen de autonomía formal, se debe impulsar e incentivar un liderazgo educativo que la promueva y ejerza en el interior del centro educativo, como consecuencia de una cultura de innovación y mejora continua".

En el tercer apartado, que examina los "Resultados educativos", han aportado sus reflexiones **Ismael Sanz Labrador** y **Luis Pires Jiménez** (economistas de la Universidad Rey Juan Carlos y actualmente en la Consejería de Educación, Juventud y Deporte de la Comunidad de Madrid), **Daniel Santín** (UCM), **José Manuel Cordero** (Universidad de Extremadura) y **Jorge Calero** (Universidad de Barcelona).

Sobre la disminución de la tasa de abandono en España, Ismael Sanz y Luis Pires consideran que "las políticas educativas de mejora de la enseñanza deben incrementar la titulación y reducir la repetición sin disminuir la calidad, concentrándose en los grupos más expuestos a la falta de empleabilidad, como son los jóvenes sin estudios ni titulación". Además, "la mejora de la ca-

## Gabriela Sicilia considera necesario revisar los actuales sistemas de formación, selección, evaluación e incentivos de la profesión docente

lidad educativa permitirá la reducción del abandono temprano, ya que ésta es una variable que refleja bastante bien la calidad del sistema educativo en su conjunto".

Por su parte, Daniel Santín señala que "debería plantearse una ampliación universal de la gratuidad de la educación infantil a los dos años que reduzca las actuales diferencias entre Comunidades Autónomas", y añade que sería recomendable que "la ampliación de la educación infantil para la etapa de 0 y 1 año debería empezar por aquellos colectivos socioeconómicamente más desfavorecidos y a través de programas piloto que permitan la evaluación causal". Y, finalmente, nos recuerda que "la educación infantil tiene un carácter formativo y no meramente asistencial. Es por ello que debería también plantearse la necesidad de evaluar las distintas actividades pedagógicas y lúdicas que se realizan en el aula y con las familias".

José Manuel Cordero afirma que "en el ámbito familiar, actividades tan sencillas como fomentar la identificación de letras o números antes de iniciar la etapa preescolar o el seguimiento de las tareas en primaria pueden resultar de gran utilidad, mientras en el contexto escolar la prioridad pasa por desarrollar metodologías y recursos para atender la diversidad en las clases, ofreciendo profesores y horas de apoyo a aquellos que más lo necesiten. Sin embargo, las medidas introducidas en los últimos años por



muchas Comunidades Autónomas para hacer frente a la crisis han ido en el sentido contrario".

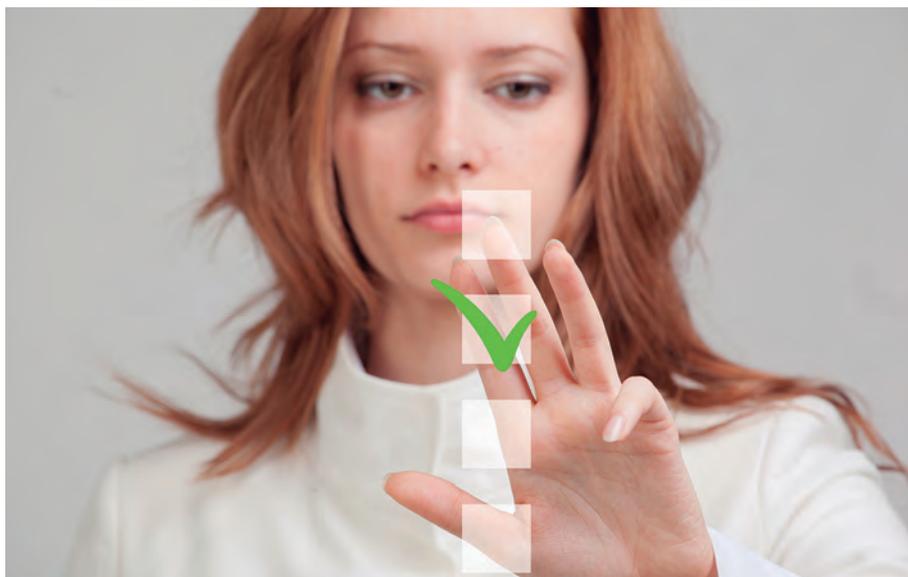
Jorge Calero analizando los datos de la educación de adultos comenta que "la focalización de las políticas de formación hacia los grupos con niveles educativos más bajos, facilitando la ruptura del equilibrio de baja cualificación y baja formación parece, pues, una condición necesaria para el éxito de tales políticas".

En el cuarto apartado del informe, sobre "Educación y empleo", han participado **Luis Garrido** (UNED) y **Florentino Felgueroso** (FEDEA). Luis Garrido considera que, a la vista de los datos de estudio y trabajo, por sexo, de los españoles nacidos en España de 16 a 24 años de edad durante el presente siglo, "las dificultades de empleo han 'forzado' a los adolescentes españoles a retomar el vuelco educativo que descuidaron el primer quinquenio del siglo y que, con toda probabilidad, les ayudará a estar en mejores condiciones para adaptarse a los importantes cambios en la estructura de las ocupaciones que la crisis ha propiciado. Esos importantes incrementos de dedicación a los estudios reglados han compensado en su totalidad la pérdida de empleo producida por la crisis —de los jóvenes españoles de ambos sexos en las edades citadas".

En referencia a los datos de transición de la escuela al mercado de trabajo, Florentino Felgueroso afirma que "la evidencia empírica también muestra que los episodios de paro y precariedad que se experimentan durante los primeros años de su vida laboral tienen un impacto sobre el resto de las mismas, actuando como un 'efecto cicatriz' y afectan, por lo tanto, a la tasa de paro agregada. Por esta razón, hay que darle su justo valor a iniciativas tales como el Sistema de Garantía Juvenil, y mejorarlo con la ayuda de una evaluación permanente".

# LA PRESENCIA FEMENINA EN LOS GOBIERNOS

DE PAÍSES EN DESARROLLO BENEFICIA  
A LAS POLÍTICAS DE SALUD PÚBLICA Y EDUCACIÓN



La eficacia de la ayuda extranjera, los indicadores de la pobreza para orientar las políticas públicas y el papel de la mujer en los países en vías de desarrollo son algunos de los temas que se abordaron en el V NCID Research Workshop, organizada por el Navarra Center for International Development (NCID) de la Universidad de Navarra y la Fundación Ramón Areces, en la sede de la Fundación. En este encuentro internacional sobre economía de desarrollo, expertos de organismos mundiales como el Fondo Monetario Internacional (FMI) y de universidades de siete países presentaron los trabajos más recientes sobre distintos aspectos relacionados con el desarrollo y la pobreza.

Incrementar la presencia femenina en los gobiernos de países en desarrollo tiene efectos positivos en las políticas de salud pública, educación y legislación a favor de las mujeres. Así lo expuso **Sonia Bhalotra**, profesora de Economía en la Universidad de Essex (Reino Unido), quien aludió a las limitaciones de la representación femenina en los gobiernos: "Raramente se presentan como candidatas. Parece probable que no lo hacen porque los líderes del partido no las elegirían. Estos pueden ser reacios bien porque reflejan un sesgo entre los votantes o porque ellos mismos tienen un sesgo".

Como solución para aumentar el número de mujeres en los ejecutivos, señaló que un camino es "el acceso de éstas a la educación y las campañas mediáticas que resaltan su buen desempeño". Apostilló que la creación de cuotas para las mujeres en los gobiernos también puede resultar útil, si bien "las investigaciones han presentado hasta el momento resultados ambiguos a este respecto".

### La pobreza, un problema de derechos básicos y sociales

**Gonzalo Hernández Licona**, secretario ejecutivo del CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, México), se refirió al origen de la pobreza: "Algunos creen que es un problema de falta de conocimiento técnico por parte de la población en pobreza para enfrentar sus retos. Pero la historia muestra con cierta claridad que es más bien un problema de falta de derechos básicos y sociales".

Hernández Licona hizo hincapié en que reducirla "depende tanto de la política social (niños en las escuelas, mejora de viviendas, acceso a salud y seguridad social, así como alimentación), como de la política económica (incremento de ingresos, salarios, empleo, crecimiento económico). La pobreza disminuirá más rápido en la medi-

da en que ambas políticas sean efectivas al mismo tiempo".

**Christiana Anaxagorou**, investigadora predoctoral de la Universidad de Sheffield (Reino Unido), se refirió a la ayuda extranjera a las naciones en desarrollo y ha apostado por una "alianza entre los países donantes y los receptores para compartir información", con el fin de ganar en eficacia. Ésta viene determinada por el comportamiento de los gobiernos y sus decisiones en cómo invertir la ayuda. "Es importante examinar si se gasta como estaba prevista. Eso permite ver qué funciona y qué no, lo que es relevante teniendo en cuenta que todos los años se destinan grandes cantidades de recursos a la ayuda internacional".

En su opinión, "una inversión en la mejora de las instituciones primero, junto con una agenda de transparencia y monitorización de las actividades públicas, constituirían un paso adelante hacia la dirección correcta para garantizar la calidad de las instituciones de los países receptores".

### Objetivos de Desarrollo Sostenible

**Stefania Fabrizio**, del Fondo Monetario Internacional, se centró en los Objetivos de Desarrollo Sostenible y consideró que alcanzarlos requiere desempeñar acciones en el nivel nacional e internacional. "Los gobiernos de los países deben esforzarse por crear un entorno macroeconómico sano y acometer medidas para un crecimiento fuerte y sostenible", argumentó. Expresó que estos esfuerzos deberían centrarse en la construcción de instituciones fuertes para fomentar la confianza de los inversores, reforzar las finanzas públicas, asegurar un gasto público eficiente y bien definido, invertir en infraestructuras, mantener la sostenibilidad de la deuda, desarrollar los mercados financieros y favorecer su acceso a la vez que se salvaguarda la estabilidad financiera,

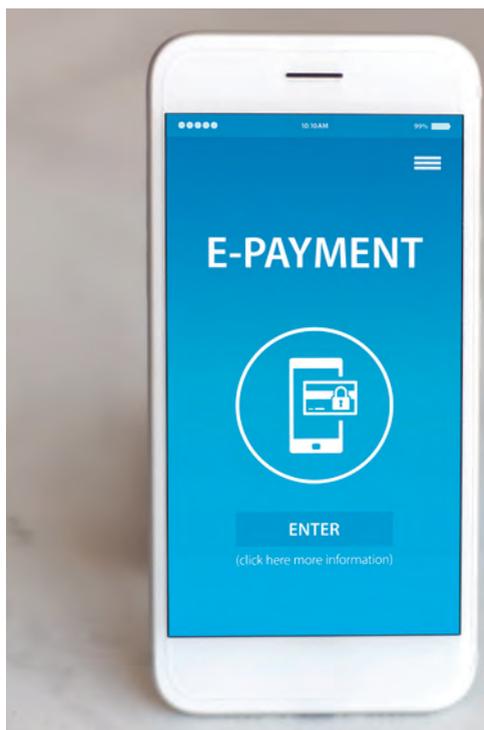
y promover la inclusión y la sostenibilidad medioambiental.

En cuanto a la esfera internacional, dijo que un marco externo propicio con estabilidad económica y financiera, y con comercio y flujos financieros estables, también es crucial para que prosperen los esfuerzos de desarrollo de los países. "Se requiere cooperación internacional para lograr coherencia en las políticas macroeconómicas entre los Estados; para asegurar que las regulaciones financieras en los principales centros financieros se configuran de forma apropiada, son mutuamente consistentes y se implementan con rigor; y para construir una fuerte red de seguridad financiera global que proporcione la confianza de que se pueden atender las necesidades de liquidez no previstas", finalizó.

**Pedro Vicente**, de la Universidad Nova de Lisboa y Novafrica, expuso una investigación sobre la introducción del uso del dinero a través de los teléfonos móviles en el Mozambique rural (dinero móvil). Las limitaciones del acceso a las finanzas en África, junto con la reciente expansión del uso de los móviles en el continente, han creado altas expectativas en la introducción de este tipo de servicios en muchos países africanos. El equipo del profesor Vicente desarrolló un experimento de campo que ha demostrado una tendencia a que el dinero móvil sustituya a las alternativas tradicionales de ahorro y envíos de dinero.

**Irma Clots-Figueras**, investigadora de la Universidad Carlos III de Madrid, presentó una investigación sobre la confianza en las instituciones y la demanda de la población hacia ellas. El trabajo analiza con datos experimentales esta relación: se llevaron a cabo experimentos en los que las personas se unían a distintos grupos dependiendo de su nivel de fiabilidad y podían elegir el nivel de instituciones que preferían.

**Joseph F. Gomes**, investigador del Navarra Center for International Development de la Universidad de Navarra, compartió los



resultados de una investigación en la que ha examinado los ratios de mortalidad materna (MMR) y la brecha entre la esperanza de vida de mujeres y hombres. De acuerdo con aquella, las áreas que tienen más prejuicios por motivos de género poseen niveles más altos de mortalidad materna, ratios más bajos en el descenso de la mortalidad materna y diferenciales de esperanza de vida menos favorables para las mujeres. Asimismo, revela que las sociedades con niveles más altos de desigualdad de género son menos propensas a perseguir resultados sanitarios específicos para la mujer.

**Selim Gulesci**, de la Universidad Bocconi, explicó un trabajo cuyo punto de partida fue una nueva ley implementada en 1998 en Turquía, que provocó que los individuos nacidos después de una determinada fecha fueran más propensos a completar al menos ocho años de escolarización, mientras que los que habían nacido antes acudían a la escuela un lustro. Utilizando la Encuesta

Demográfica de Salud de Turquía correspondiente a 2008, los investigadores mostraron que la reforma incrementó en un año el periodo de escolarización de las mujeres. En un periodo de diez años, este aumento derivó en que las mujeres reportasen menores niveles de religiosidad, mayor derecho de decisión sobre el matrimonio y mayor consumo en el hogar. Encontraron que estos efectos funcionan a través de distintos canales, dependiendo del entorno familiar de la mujer. De acuerdo con los hallazgos, el *paper* sugiere que la educación puede empoderar a la mujer en un amplio espectro de una sociedad musulmana.

“Riesgo de terrorismo y participación política” fue el tema de la intervención de **Hasin Yousaf**, investigador predoctoral de la Universidad Carlos III de Madrid. Expuso los resultados de una investigación en la que analizó el caso de los ataques del 11 de septiembre y su efecto en las elecciones presidenciales de EE. UU. en 2004. Sus resultados mostraban que la amenaza del terrorismo puede acercar a los ciudadanos entre sí y aumentar la participación política y alterar parcialmente sus preferencias políticas.

**Michele Valsecchi**, de la Universidad de Gotemburgo (Suecia), habló sobre “La economía política de la corrupción en la burocracia”. El trabajo presentado identifica los delitos de corrupción entre los burócratas del gobierno local y analiza si su comportamiento corrupto respondía a cambios en los incentivos de los políticos locales que ocupaban el cargo. Con el fin de valorar el efecto de dichos incentivos, el equipo de Valsecchi recogió datos sobre responsables de gobiernos locales en distritos de Indonesia y la variación de su permanencia en el cargo, junto con la existencia de límites en el mandato. Midió la corrupción basándose en un novedoso conjunto de datos sobre casos de delitos. No se encontraron efectos en los burócratas de nivel superior, pero sí un efecto negativo sustancial en los de niveles más bajos.

**Margarita Rubio**, de la Universidad de Nottingham, expuso un *paper* que desarrolla un modelo DSGE para estudiar la implementación de políticas macroprudenciales en países de bajos ingresos. El modelo presenta una economía con dos agentes: hogares y empresarios. Los empresarios son los prestatarios en esta economía y necesitan capital como garantía para obtener préstamos. El regulador macroprudencial usa el requisito de la garantía como instrumento de la política.

**Fidel Pérez Sebastián**, de la Universidad de Alicante, presentó el trabajo “Recursos naturales, descentralización y compartir riesgos: ¿pueden los auge de recursos unificar a las naciones?”. Estudios previos señalan que un impacto fiscal regional positivo, como un auge de los recursos, refuerza el deseo de separación. Sus autores construyeron un modelo que muestra que un recurso inesperado provoca que la nación se centralice.

La jornada finalizó con una conferencia a cargo de **Chris Papageorgiou**, del Fondo Monetario Internacional, titulada “Diversificación de las exportaciones y mejora de la calidad”. Papageorgiou desarrolla nuevas estimaciones de calidad de la exportación, abarcando 178 países y cientos de productos de exportación en el periodo 1962-2010. El estudio concluye que la mejora de la calidad es particularmente rápida durante las primeras etapas de desarrollo de un país. Hay una heterogeneidad significativa entre los países con una tasa de crecimiento de la calidad. En cualquier línea de producto exportado, la calidad converge con el tiempo a nivel mundial. La calidad institucional, las políticas liberales de comercio, las entradas de IED y el capital humano promueven la mejora de la calidad, si bien el impacto varía de un sector a otro. Los resultados de su trabajo sugieren que la reducción de las barreras de entrada a nuevos sectores puede permitir que las economías se beneficien de una rápida convergencia de la calidad.

## *Desde la distancia*

*La opinión de los científicos españoles en el extranjero*

Entrevista a Ana María Cuervo,  
codirectora del Einstein Institute for Aging Research  
de Nueva York y exbecaria de la Fundación Ramón Areces

# “Las colaboraciones entre investigadores enriquecen el trabajo científico”

Por Sonia Villapol

Neurocientífica y Profesora en el Departamento de Neurociencias  
de la Universidad de Georgetown (Washington DC, EE. UU.)

## Desde la distancia

**Ana María Cuervo**, exbecaria de la Fundación Ramón Areces, es actualmente codirectora del Centro de Estudios sobre el Envejecimiento de Nueva York donde ocupa la cátedra Robert y Renee Belfer para el estudio de las enfermedades neurodegenerativas. Es profesora titular de Biología Molecular del Desarrollo y de Medicina. Su grupo de investigación trabaja en el desarrollo de terapias que puedan reparar el daño celular para evitar o retrasar el curso de enfermedades neurodegenerativas.



La Asociación de Españoles Científicos en USA (ECUSA) mantuvo una conversación con ella en la Universidad de Georgetown donde impartió una conferencia relacionada con los sistemas de autofagia como mecanismos de defensa contra el envejecimiento.

**Empezó a estudiar los lisosomas durante su tesis doctoral realizada en el laboratorio del Dr. Erwin Knecht. Más tarde recibió una beca de la Fundación Ramón Areces para trabajar como investigadora postdoctoral en Tufts University en Boston. Durante su etapa en Boston en el laboratorio del Dr. Fred Dice, descubrió el receptor LAMP-2A en los lisosomas, el que sería su primer trabajo publicado en la revista *Science* ¿Fueron estos primeros trabajos los que determinaron su actual línea de investigación?**

Durante mi tesis en el Instituto de Investigaciones Citológicas de Valencia –el actual Instituto Príncipe Felipe– existía la posibilidad de realizar una estancia de verano en un laboratorio en el extranjero. El primer verano fui a Kansas City donde el Dr. Santiago Grisolia tenía un

convenio con esta Universidad. Esa estancia me pareció genial, aunque el tema no estaba muy relacionado con mi tesis. Los tres veranos siguientes estuve en Boston, donde el Dr. Fred Dice había empezado a publicar sobre el transporte de proteínas a lisosomas, es decir, el tema de mi tesis. El Dr. Erwin Knecht –mi director de tesis– le llamó para pedirle que me aceptara en su laboratorio y Fred Dice aceptó. Terminada mi tesis sobre autofagia, conseguí buenas publicaciones, pero aún me faltaba un artículo por terminar. El Profesor Dice me ofreció regresar otro verano para seguir trabajando en autofagia. Pensábamos que tenía que existir un receptor lisosomal y poco tiempo después tuvimos la suerte de descubrir el receptor LAMP-2A<sup>a</sup> uno de los receptores importantes para esta vía de degradación de proteínas y transporte por los lisosomas. De esta manera, en 1995 me uní al laboratorio del

Dr. Dice como *postdoc* donde permanecí seis años más. Desde entonces no he cambiado mi línea de investigación.

### **¿Por qué es tan importante el estudio de la autofagia?**

Las células tienen daños que hay que reparar. La autofagia es uno de los sistemas que elimina el daño. Además es un sistema de reciclado que a la vez produce energía. Las células lo utilizan para mantener la energía y al mismo tiempo para mantener las células limpias. Es un sistema tan básico que casi todas las funciones celulares se ven afectadas. Mi madre decía que *en una casa limpia, todo funciona mejor*. Pues es la misma idea. Si las células están limpias todo es más eficiente. A nuestro equipo le interesa especialmente el envejecimiento. Existen muchas enfermedades relacionadas con el envejecimiento. De joven no padeces Alzheimer, aunque ten-

**Mi madre decía que en una casa limpia, todo funciona mejor. Pues si las células están limpias todo es más eficiente**

gas ya la mutación, o diabetes aunque ya estés consumiendo mucho azúcar. Si conseguimos que en la vejez estos sistemas de limpieza o mantenimiento sean los mismos que cuando teníamos 20 años, creemos que se retrasarían muchas de estas enfermedades.

**Su receptor LAMP-2A<sup>a</sup> que se encuentra en las membranas de los lisosomas, favorece el funcionamiento normal de los sistemas de limpieza de las células. Su regulación representaría un avance impresionante para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas o para mejorar la calidad de vida de las personas mayores ¿es ésta su diana principal?**

Sí, en este momento es la diana principal, aunque los fármacos que estamos actualmente desarrollando no van contra la proteína directamente, sino que intentan aumentarla a nivel transcripcional. Lo que vemos es que si puedes producir el doble, terminarías con la misma cantidad que cuando eres joven, y eso es lo que estamos intentando con los tratamientos.

De momento es el defecto más universal que hemos encontrado en los modelos celulares y animales que hemos estudiado. Genéticamente ya lo hemos reparado en animales.

**¿Cuál de sus trabajos publicados es el que le ha dado más satisfacciones, el más importante o del que se siente más orgullosa?**

Eso es como que elijas entre tus hijos. Siento debilidad por los trabajos básicos porque soy una bióloga celular, pero soy consciente que llaman más la atención los trabajos que pueden tener repercusiones para Parkinson, o para Alzheimer. Ahora estamos haciendo bastantes estudios de metabolismo, en diabetes..., y entiendo que estas publicaciones se lleven más atenciones, porque probablemente van a ser más importantes y con más repercusión si alguna vez conseguimos un fármaco. En cualquier caso, soy una gran defensora de la biología celular básica. Si desconoces cómo funcionan estos mecanismos, no vas a saber cómo funciona de verdad la enfermedad. Por lo tanto, muchos de los artículos más básicos que hemos publicado en el *Journal Biology Chemistry*, por ejemplo, son de los que me siento más orgullosa.

**¿Cuál es la principal conclusión que ha obtenido hasta el momento?**

Los últimos estudios sobre envejecimiento indican que se

pueden cambiar cosas, puedes hacer cambios dietéticos u otros. Puedes aumentar el tiempo en el que la gente esté libre de enfermedades. Conceptualmente, se trata de un cambio muy importante.

**De las enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer, el Parkinson o la enfermedad de Huntington, ¿para cuál cree que encontraremos un tratamiento efectivo antes y cuál será más complicada de tratar?**

Habrán cambios para todas porque los mecanismos convergen. Existen proteínas distintas con efectos distintos porque están en distintas partes del cerebro, pero creo que existe la posibilidad de encontrar algo común. No va a ser algo único y no va a ser universal, para todo el mundo. Si algo hemos aprendido es la idea de "precisión medicine". Está claro que cada persona es distinta. Responde de forma distinta al tratamiento según su edad, su presión arterial, etc. Eso es lo que vamos a tener que ilustrar un poco más. Antes "Alzheimer" no se hablaba con "Parkinson" y ahora muchos pacientes de Parkinson acaban padeciendo Alzheimer. Todas las enfermedades están relacionadas cada vez más. Ya empieza a generalizarse la idea de utilizar una combinatoria de fármacos. Cuando una persona padece una enfermedad neurodegenerativa, suele ser de avanzada edad, por lo tanto también tienen asociadas otras enfermedades como diabetes, tensión alta,

## Desde la distancia

etc. Como científicos siempre tendemos a simplificar el modelo de una enfermedad única. Sin embargo, en los Institutos Nacionales de Salud de EE. UU. ya se está analizando la posibilidad de crear modelos complejos que puedan recapitular varias enfermedades a la vez, y que se parecen más a lo que pasa en la población según envejece. De hecho, hay estudios que muestran que una enfermedad acelera la otra, que diabetes acelera Alzheimer, por ejemplo.

**El envejecimiento es uno de los factores más importantes que requieren máxima atención en investigación científica en los próximos años ya que afectará a un conjunto amplio de la población. ¿Piensa que en un futuro se podría encontrar la clave de cómo modular la autofagia controlando así la respuesta celular y los mecanismos de limpieza?**

Creo que sí. Mi laboratorio está muy interesado en ello. Aunque nos centramos en la búsqueda de medicamentos, se pueden también cambiar los hábitos de vida. Por ejemplo, ayudaría que siguiésemos las recomendaciones dietéticas y los consejos de nuestras abuelas para vivir mejor, como dormir más, alimentarse saludablemente, etc.

**Usted ha sido mentora de decenas de investigadores predoctorales y postdoctorales que han pasado por su laboratorio. ¿Qué deben considerar los jóvenes**

**científicos cuando deciden empezar la tesis doctoral?**

Que tengan la mente abierta. Muchas veces la respuesta a una pregunta que nos formulamos no es la que esperamos, pero en ocasiones es muchísimo más interesante. Los jóvenes investigadores deben ser conscientes de que la ciencia requiere paciencia y no deben desmoralizarse si un experimento no sale como ellos esperaban.

**Carrera científica y emigración son dos conceptos muy asociados, ¿piensa que es un complemento fundamental que los científicos/as españoles/as tengan que pasar una temporada en el extranjero para completar su formación?**

Es bueno. Es una experiencia muy enriquecedora conocer cómo se investiga en otros países y en otros laboratorios. Aunque los reactivos son iguales en todas partes, es bueno conocer los planteamientos de otros investigadores. Puede que sea una de las carreras más universales.

**¿Qué consejo daría a investigadores junior que están empezando sus laboratorios? Y como mentora, ¿cuál sería su mejor consejo?**

Ojalá lo supiera. Siempre digo que los dos primeros años de tu laboratorio son los mejores. Estás lleno de ilusión. Lo importante es hacer caso de tu



Ana María Cuervo

instinto. Llevar a cabo la línea de investigación que te gusta, no la que esté de moda. No la que tenga más financiación. Si haces lo que te gusta al final vas a estar mucho más implicado y serás capaz de resolver cualquier problema que se te plantee.

**¿Cuál es su perspectiva de la investigación de España? ¿Qué necesidades de financiación tiene comparada con EE. UU.? ¿Y cómo augura su futuro en la próxima década?**

Muchos grupos de investigación han pasado por su mayor crisis y han mantenido sus laboratorios y publicado en las mejores revistas, lo que dice mucho a favor de la "cabezonería" española, sobre la manera de hacer las cosas. Pero creo que con un poco más de apoyo se podría hacer mucho más. Nuestro mayor temor es que se pierda una generación de científicos.

## Antes "Alzheimer" no se hablaba con "Parkinson" y ahora muchos pacientes de Parkinson acaban padeciendo Alzheimer. Todas las enfermedades del envejecimiento están relacionadas cada vez más

**¿Se imagina en un futuro cercano investigando en España? ¿Qué es lo que le convencería para regresar?**

Todo el mundo quiere volver. Si existiese una oportunidad para desarrollar allí (en España) nuestra investigación, regresaríamos seguro. Pero la financiación es muy importante. Aquí en Estados Unidos disponemos de recursos que nos permiten formar a científicos españoles que pueden regresar a España para seguir investigando. La falta de recursos es el principal problema. Esperemos que mejoren las cosas. Si toda la gente que se ha formado fuera de España pudiera regresar y tener sus laboratorios, nuestro país sería el mejor país de investigación del mundo, porque muchos españoles que están fuera tienen un gran talento.

**Ha trabajado con científicos**

**en todo el mundo, ¿qué características destacaría de los científicos formados en España?**

Cuando llegué al Albert Einstein para crear mi laboratorio, solo éramos dos españoles, un *postdoc* y yo. Hoy somos más de medio centenar. Creo que eso dice mucho de la calidad de los investigadores postdoctorales de nuestro país. La gente está muy bien formada. Supongo que es el estilo de educación que tenemos en España.

**¿Cuáles son nuestras carencias?**

Depende del laboratorio del que proceden o de lo que han hecho antes. Los *postdocs* que trabajan en mi laboratorio son excelentes. Pero lo que realmente me llama la atención es la falta de confianza que tienen en sí mismas muchas de las científicas españolas, ¡cuando en realidad son excepcionales!

**¿Admira o ha admirado a algún científico/a que le haya servido de inspiración?**

Mi director de tesis, el Dr. Erwin Knecht, quien todavía investiga en su laboratorio de Valencia, y el director con el que hice mi *postdoc*, Dr. Fred Dice, ya fallecido, han sido lo mejor que me ha podido pasar en mi carrera investigadora. Ambos me han enseñado lo importante que son las colaboraciones entre investigadores. Sin duda, las colaboraciones enriquecen el trabajo científico.

### Bio

Ana María Cuervo estudió Medicina en la Universidad de Valencia y en 1994 defendió su tesis doctoral sobre biología celular en el Instituto de Investigaciones Citológicas de Valencia bajo la dirección del Dr. Erwin Knecht. Desde 1995 trabajó como investigadora postdoctoral bajo la dirección del Dr. Fred Dice en la Universidad de Tufts en Boston, donde continuó hasta finales del 2001 cuando se trasladó a Nueva York, estableciendo su propio grupo de investigación en el Albert Einstein College of Medicine. Su grupo continúa estudiando los mecanismos de limpieza y reciclado celular y el efecto de su pérdida de función en el transcurso del envejecimiento, así como enfermedades relacionadas tales como la enfermedad de Parkinson, Alzheimer o enfermedades metabólicas. El objetivo de su grupo de investigación es desarrollar terapias que puedan reparar la limpieza celular para evitar o retrasar el curso de enfermedades neurodegenerativas. Su trabajo ha sido reconocido con más de 20 premios de prestigio internacional. La doctora Cuervo es coeditora jefe de la revista "Aging Cell" y miembro del Consejo Científico del Instituto Nacional en Envejecimiento y del Consejo de Consejos de los Institutos Nacionales de Salud en Estados Unidos.

*Desde la distancia*

*La opinión de los científicos españoles en el extranjero*

Por David Marcos, Asociación de Científicos Españoles en Japón

# I+D+i y Biotecnología



La industria no puede entenderse como un ente estático. Se trata de un sector altamente dinámico y competitivo. La introducción de las TIC no ha hecho sino acelerar aún más el ritmo de evolución. Existen innumerables ejemplos de industrias florecientes hace pocos años que han pasado a ser marginales en el mejor de los casos: los disquetes, las cintas de casete, los CD y DVD, los teléfonos móviles convencionales, etc. Por tanto, no toda la industria es igual. La que realmente aporta valor añadido y con ello más y mejor empleo está necesariamente basada en la I+D+i y la propiedad intelectual.

España presenta un desempeño notable de publicaciones científicas, ocupando el 10º puesto mundial en producción de artículos y el 12º en lo que respecta a su calidad, según el índice H.

La tradición española de ingenieros y científicos es de primer nivel mundial, incluyendo personalidades del calibre de Torres-Quevedo, de la Cierva, Isaac Peral, Ángela Ruiz Robles, Miguel Servet, Ignacio Cirac, Juan Luis Arsuaga, Gregorio Marañón, Valentín Fuster, Sergio Boixo e ininidad de ellos más (me reservo los del campo de la biotecnología para más adelante).

Desgraciadamente, el nivel de **inversión** en I+D no va en consonancia con el nivel de nuestros investigadores. Por muy destacado que sea el nivel de nuestros científicos, no se puede competir con países que invierten porcentualmente el doble y hasta el triple que nosotros en Investigación y Desarrollo. Sin los medios adecuados, el talento emigra a los países con los mejores medios.

Se trata pues de una competición global en la que los perdedores quedarán relegados a ser comparsas a remolque de los países líderes, perdiendo por el camino los mejores empleos. Actualmente, España tiene un enorme trabajo por delante para acercarse a niveles aceptables de inversión en I+D+i a pesar de los tímidos avances.

Los dos retos pendientes del apartado de industria eran el **tamaño** y la **productividad**. Su desempeño de hecho está íntimamente relacionado. *The Economist* cuantifica en un rango del 30%-40% el diferencial de productividad por trabajador entre una compañía/centro de investigación de más de 250 trabajadores y uno de menos de 10.

En España, el porcentaje de empresas de más de 50 trabajadores es significativamente menor que en otros países con más tradición industrial, influyendo negativamente en nuestra competitividad. Las causas de este fenómeno son complejas

pero una política más gradual de incentivos empresariales ayudaría a que las compañías perdiesen ese respeto a contratar al "trabajador 50".

Un caso similar sucede con los centros de investigación españoles. Existe una elevada atomización derivada de que casi cada CCAA dispone de mini-centros dedicados a sectores superpuestos, impidiendo alcanzar una masa crítica necesaria para ser competitivos a nivel internacional. Urge una fusión de centros o bien una distribución equitativa de sectores basándose en criterios técnicos, para conformar unos pocos *cluster* de tamaño y relevancia suficientes.

En resumen, es fundamental para España arropar a los excelentes recursos humanos en los ámbitos de I+D+i e industria, con unos medios e infraestructuras a la altura, atajando las carencias existentes en tamaño, productividad, inversión y estabilidad.

## Desde la distancia

### Biotecnología

En ocasiones, hablar de I+D+i puede parecer etéreo y alejado de nuestra vida cotidiana. Nada más lejos de la realidad. Mi campo de especialización es la biotecnología sanitaria humana y creo firmemente que nada nos iguala más a todos que la salud (o la ausencia de la misma).

España es en líneas generales un país sano. Tenemos la 2ª esperanza de vida más alta del mundo con 83.2 años y somos 5ºs a nivel mundial en HALE o esperanza de vida medida como años totalmente sanos con 72,8 según la OMS, habiendo incluso aumentado en los años de la crisis, lo cual habla mucho y bien de nuestra resiliencia frente a las adversidades.

Todos esos logros no han venido sin esfuerzos. De hecho, su consecución y sobre todo mantenimiento lleva asociado unos costes crecientes, sobre todo en lo que se refiere al gasto en fármacos de origen biológico (en comparación a los tradicionales de síntesis química). Actualmente, el gasto en biológicos a nivel global es de 200.000 millones de USD, representando un 20% de la factura total. En el caso de España, su coste es ya de entre un 40% y un 50% del total, sumando 4.500 millones de EUR anuales.

Anteriormente nombraba algunos de los más destacados exponentes de la ciencia y la ingeniería en España. En biotecnología el nivel es si cabe



David Marcos

mayor: Ramón y Cajal, Severo Ochoa, Mariano Barbacid, Margarita Salas, Joan Massagué, María Blasco, Sabater Pi, Juan Carlos Izpisúa o el doctor Francis Mojica, candidato al Nobel en este 2016 conforman la flor y nata de la investigación en un campo tan exigente. En total, desde España se han solicitado 905 patentes biotecnológicas a nivel mundial en 2015, consolidando la tendencia creciente de los últimos años.

En lo que respecta al apartado empresarial, la Asociación Española de Bioempresas ASEBIO publica anualmente un informe sobre el sector en España. Basándose en sus datos, la facturación total de las empresas que utilizan la biotecnología de una manera u otra es de más de 107.000 millones de EUR o un 10,35% del PIB para un total de 2.742 empresas. Por

lo que se refiere a las empresas cuya actividad principal es la biotecnología, las cifras son 7.591 millones y 628 empresas respectivamente.

Con respecto al tamaño de las empresas, pese a exportar más de 30.000 millones de EUR al año en productos farmacéuticos, España no cuenta con un gigante histórico ejerciendo de cabeza tractora al estilo de Johnson & Johnson en USA, Bayer en Alemania, Novartis en Suiza o Sandoz en Austria. No obstante, existen plantas de producción destacadas de ellas.

Por ello, tiene todavía más mérito la aparición y consolidación del gigante de la biotecnología en España: el grupo Grifols, originariamente especializado en hemoderivados. Con más de 14.500 trabajadores a nivel mundial y una capitalización

**Un futuro mejor pasa necesariamente por más ciencia y más industria, dejando de lado esa tendencia, en ocasiones tan nuestra, a la autoflagelación y a sentimientos de inferioridad cuando nos comparamos con otros países**

superior a los 8.000 millones de EUR, propicia un efecto arrastre muy relevante entre el tejido *biotech* español.

De hecho, en los últimos años han incrementado su actividad de fusiones y adquisiciones tomando participaciones importantes en las empresas biotecnológicas españolas Tigenix, Progenika Biopharma y Araclon. En ese sentido, Grifols es un claro ejemplo de los beneficios de contar con empresas competitivas de suficiente tamaño para el conjunto de un sector.

Otros ejemplos destacados de compañías *biotech* españolas son el grupo Genetrix, fundado en el año 2.000 por la exministra Cristina Garmendia (uno de los más destacados exponentes de la biotecnología a nivel español y europeo), el grupo Zeltia, Sanifit u Oryzon.

En este punto, puedo aportar mi propia experiencia en el sector: en el año 2007 tuve la fortuna de cofundar la compañía Genhelix en lo que supuso uno de los mayores proyectos *biotech* del período 2007-2014. El camino no fue sencillo y la crisis a partir del año 2008 no ayudó.

Con todo y gracias al talento y el tesón de un equipo humano excepcional, el proyecto fue un éxito y en 2014 la compañía fue adquirida por una Big Pharma suiza, consolidando un crecimiento que a día de hoy supone más de 100 empleos de altísima cualificación.

En la actualidad estamos inmersos en el lanzamiento de nuestra nueva compañía DeMa Biotech, la cual confiamos contribuya destacadamente al prometedor panorama *biotech* español.

De hecho, en los últimos años se ha apreciado un claro aumento del interés por parte de inversores tanto nacionales como internacional en el sector, llegando a rondas de financiación de hasta 36 millones de EUR para proyectos independientes. Dichas magnitudes eran inéditas en España hasta fechas muy recientes.

Todo ello conforma un panorama muy prometedor en los años venideros, demostrando una vez más que con el ecosistema adecuado, los investigadores y emprendedores españoles tienen un nivel

que no tiene nada que envidiar a los países de nuestro entorno y a la altura de nuestros ilustres predecesores en el campo.

Debemos pues aprovechar la coyuntura actual, más favorable para consolidar nuestra apuesta por una España más científica e industrial, sinónimo de un país con más empleo, de más calidad y más resiliente. El camino a seguir es claro: más I+D+i, más industria, más *biotech*, más salud y más prosperidad para todos.

Un futuro mejor pasa necesariamente por más ciencia y más industria, dejando de lado esa tendencia, en ocasiones tan nuestra, a la autoflagelación y a sentimientos de inferioridad cuando nos comparamos con otros países. En mi humilde opinión y experiencia se puede y se debe.

Después de todo y como decía Henry Ford "Si crees que puedes hacer algo y que no puedes hacerlo, estás en lo correcto".

### Sobre el autor

David Yeregui Marcos del Blanco es candidato a doctor en Ingeniería de Producción y Computación por la Universidad de León. Es cofundador de Genhelix, Nishibi y DeMa Biotech y ha sido finalista al Premio de Ingeniero Informático del Año de Castilla y León en 2015. Reside en Tokio desde 2006. Contacto: d.marcos@nishibi.es



>>

La gran noticia científica del año 2016 ha sido la primera detección directa de las ondas gravitacionales producidas por la fusión de dos agujeros negros. Sus protagonistas fueron los detectores gemelos del Observatorio de Ondas Gravitacionales por Interferometría Láser, LIGO, situados en EE. UU. Un hito histórico que fue anunciado el 11 de febrero de 2016 en rueda de prensa, aunque la detección tuvo lugar el 14 de septiembre de 2015. Más aún, el 15 de junio de 2016 se anunció la segunda detección directa, ocurrida el 26 de diciembre de 2015. ¿Por qué este logro no ha sido galardonado con el Premio Nobel de Física de 2016?

A principios de octubre muchos aficionados a la Física, incluso muchos comunicadores científicos, afirmaban sin rubor que los padres de LIGO, tres físicos afincados en EE. UU., recibirían el Premio Nobel de Física de 2016. El martes 4 de octubre de 2016 fue un duro varapalo para la mayoría de ellos. Aunque quizás no tanto para Rainer Weiss, del Instituto Técnico de Massachusetts (MIT) en Cambridge, y Ronald Drever y Kip Thorne, ambos del Instituto Técnico de California (Caltech) en Pasadena, que ya han recibido varios premios prestigiosos este año, como el Premio Shaw (2016) y el Premio Kavli (2016), y bien dotados económicamente, como el Premio Breakthrough en Física Fundamental (2016).

En mi opinión, fuera de toda duda, recibirán el Premio Nobel de Física en 2017. Así lo predije en febrero y así me he reafirmado cada vez que se me ha preguntado al respecto. La razón por la que el hito de LIGO no ha recibido el codiciado galardón es que la recopilación de nominaciones oficiales se inició en septiembre de 2015 y finalizó el 31 de enero de 2016. Con seguridad Drever, Thorne y Weiss han recibido algunas nominaciones. Pero hay que recordar que todos los años la Academia Sueca recibe unas 3.000 nominaciones a entre 250 y 350 candidatos. Los candidatos oficiales se seleccionan en febrero para iniciar entre marzo y mayo consultas a expertos en relación a dichos candidatos.

El anuncio oficial de LIGO se realizó once días después del final del plazo de nominaciones. Su inclusión entre los candidatos para la ronda de consultas no es imposible. Sin embargo, solo se había anunciado una única detección directa de una onda gravitacional. Si se consultaron a expertos al respecto, muchos habrían contestado que había que esperar a una segunda detección (precedentes como los neutrinos superlumínicos de OPERA, o los modos de B de Bicep2, están en la mente de todos). De hecho, Weiss hizo campaña activa a favor de su Nobel sugiriendo ante los medios que había otras ondas detectadas además de la de septiembre, que se publicarían pronto. Pero el anuncio oficial del 15 de junio también estaba fuera del plazo de la ronda de consultas a expertos.

En junio se seleccionan los candidatos preliminares para la siguiente fase, preparar informes científico-técnicos sobre cada uno de los candidatos entre junio y agosto. En septiembre se recopilan todos estos informes y se reduce de nuevo el número de candidatos finales. La decisión final se toma el mismo día del anuncio oficial, por votación entre los candidatos finales. Hasta dentro de 50 años no lo sabremos con seguridad, pero en mi opinión personal, no se preparó ningún informe técnico sobre el premio a Drever, Thorne y Weiss. No superaron la selección preliminar de candidatos realizada en junio.

Un año es muy poco tiempo. Igual que el Nobel al bosón de Higgs, anunciado en 2012, se concedió en 2013, no pasa nada si el premio a las ondas gravitacionales se concede en 2017. Sin embargo, no es poco tiempo para todo el mundo. El escocés Drever padece demencia senil y vive a sus 85 años en un centro de salud cerca de Edimburgo. Nadie sabe cuál será su estado de salud en octubre de 2017. Crucemos los dedos. Nadie quiere que le pase lo mismo que al belga Robert Brout, que no pudo recibir el Nobel en 2013 junto a François Englert. Crucemos los dedos.



>>> Cuando vamos al médico y nos recetan un medicamento, raramente se nos ocurre pensar qué va a pasar con esta medicina cuando el cuerpo la elimine. De hecho, ésta es una buena pregunta, ya que está demostrado que en muchas ocasiones hasta un 80% del total de la dosis que tomamos encuentra su camino hacia los sistemas naturales vía el cuarto de baño... Otra buena pregunta es si dichas medicinas van a afectar de alguna forma a la vida acuática, como peces, insectos, aves, anfibios o incluso a las comunidades de minúsculas bacterias que forman la base de las cadenas tróficas de muchos sistemas acuáticos terrestres como ríos y lagos.

Esta pregunta fue formulada por primera vez hace ya más 20 años cuando Christian G. Daughton y Thomas A. Ternes en su artículo "Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Agents of Subtle Change?" Entonces, se preguntaron por los efectos potenciales de esta contaminación. Desde ese momento, muchos grupos de investigación de todo el mundo han trabajado intentando dar respuesta a este interrogante. Actualmente, existen evidencias científicas de que algunos de estos contaminantes de origen farmacéutico pueden ser peligrosos para la vida acuática, ejerciendo en muchos casos efectos denominados "subletales" porque no matan directamente al organismo, pero alteran algún proceso fisiológico importante (como puede ser una alteración del sistema endocrino) o incluso su comportamiento "natural" (como alterando su respuesta a la presencia de predadores). Estos efectos subletales impactan a medio-largo plazo en el éxito ecológico de las distintas especies presentes en el ecosistema alterando su equilibrio. Estas evidencias científicas han resultado en la propuesta para la inclusión de algunos de estos residuos farmacéuticos, como por ejemplo el diclofenaco, en la lista de sustancias contaminantes prioritarias en sistemas acuáticos europeos bajo la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea.



Un problema añadido cuando intentamos entender el efecto que la contaminación química produce en las aguas naturales es que dichos contaminantes nunca aparecen aislados, sino como mezclas de miríadas de compuestos químicos de cientos de familias diferentes. Es una preocupación recurrente de los científicos y de las agencias de regulación ambiental saber cuál es el efecto esperable de dichas mezclas en condiciones reales, y cómo estudiarlo. Hasta ahora, no existía ningún método experimental que permitiera trabajar simulando la complejidad real de los sistemas naturales para entender el efecto de estas mezclas complejas de residuos farmacéuticos a muy bajas dosis.

El trabajo que hemos llevado a cabo desarrolla una nueva metodología que permite contestar a esta pregunta. La metodología se denomina Análisis de sensibilidad global acoplado a análisis biológico cuantitativo de alto rendimiento (GSA-QHTS, por sus siglas en inglés) y es



*Un problema añadido cuando intentamos entender el efecto que la contaminación química produce en las aguas naturales es que dichos contaminantes nunca aparecen aislados, sino como mezclas de miríadas de compuestos químicos de cientos de familias diferentes*

el resultado de una intensa colaboración entre cuatro instituciones académicas de renombre, la propia University of Florida (UF) y tres universidades españolas: las Universidades Autónomas de Madrid y Barcelona (UAM y UAB), y la Universidad de Alcalá de Henares (UAH). En su estudio publicado en la revista *Science Advances*, el equipo de investigadores identificó una serie de residuos farmacéuticos (16 principios activos) que aparecían de forma recurrente en los ríos españoles a muy bajas dosis. Mediante el nuevo método GSA-QHTS, generaron un set de 180 mezclas diferentes de estos 16 químicos, todas ellas plausibles basadas en las concentraciones encontradas en las aguas naturales. En el laboratorio, analizaron los efectos subletales que dichas mezclas generaban en una población de algas microscópicas de agua dulce (llamadas cianobacterias), y en ecosistemas microbianos acuáticos completos.

El equipo de investigación ha encontrado que las mezclas a muy bajas dosis de compuestos

farmacéuticos pueden generar efectos subletales inesperados en los organismos estudiados. Dichos efectos no pudieron ser predichos basándose en los métodos actuales de análisis de riesgo de compuestos químicos. Un resultado muy importante de la investigación es que no todos los principios activos contribuían al efecto de las mezclas, sino que solo 8 de los 16 compuestos eran responsables de los efectos observados. Esto es fundamental porque quiere decir que no todos los residuos de compuestos farmacéuticos son peligrosos, solo algunos y aunque hasta ahora no podíamos identificarlos, de ahora en adelante sí vamos a poder hacerlo gracias a la tecnología GSA-QHTS.

Con dicha metodología, hemos abierto la puerta a la posibilidad de estudiar de forma sistemática dichas mezclas complejas de residuos farmacéuticos a bajas dosis, para identificar los principios activos que pueden ser potencialmente peligrosos para los sistemas acuáticos cuando aparecen en mezclas, aunque no lo sean individualmente. Esto parece una paradoja: ¿cómo algo que no es peligroso individualmente puede ser peligroso cuando aparece mezclado con otras cosas? Si lo pensamos un momento, no es tan raro, muchas veces (quizás en la mayoría de los casos) el sabor de una comida no es sino la suma de los sabores de todos los ingredientes...

## ADJUDICADAS AYUDAS A 12 NUEVOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS SOCIALES



Adjudicatarios de las ayudas

La Fundación Ramón Areces acaba de adjudicar ayudas a 12 nuevos proyectos de investigación en el ámbito de las Ciencias Sociales que serán realizados por investigadores menores de 40 años en la Universidad Miguel Hernández de Elche, Universidad Pompeu Fabra (2 proyectos), Universidad Autónoma Barcelona (3 proyectos), Universidad de Navarra, Centro de Estudios Monetarios y Financieros (CEMFI), IE Business School, Universidad Carlos III de Madrid (2 proyectos) y Universidad de Zaragoza.

Los proyectos de investigación, de dos años de duración, son financiados con 36.000 euros cada uno. Actualmente, la institución

### AYUDAS PARA INVESTIGADORES MENORES DE 40 AÑOS

está financiando 35 proyectos en Ciencias Sociales a los que tiene asignados unos recursos superiores a 1,2 millones de euros.

Los nuevos proyectos adjudicatarios de las ayudas analizarán la eficiencia educativa de cada una de las Comunidades Autónomas, el impacto que tiene la presencia de inversores institucionales sobre la competencia entre empresas

de un mismo sector, las consecuencias socio-económicas de las diferentes reformas que han experimentado los permisos por nacimiento en España, el efecto de las migraciones sobre el buen funcionamiento de la economía, el grado en que las estrategias empresariales (incluidas las fusiones y adquisiciones así como las decisiones de localización) están condicionadas por las características institucionales de un país, la relación entre la baja participación laboral de la mujer y la sostenibilidad del sistema de pensiones, el papel que juega la diversidad étnica en la provisión de bienes públicos, la identificación de las causas y los determinantes de la desigualdad, el papel del regadío

---

en el desarrollo agrario español, el modo en que las estrategias de colaboración tecnológica internacional y de *offshoring* de I+D afectan a la competitividad empresarial, el impacto de las inversiones de no-residentes en deuda soberana, y la identificación

de políticas que ayuden a las autoridades a minimizar el número de adolescentes que consumen tanto alcohol como *cannabis*.

Con estas ayudas la Fundación pretende contribuir a la investigación en Ciencias Sociales realizada

por profesionales altamente cualificados, menores de 40 años, y servir de estímulo a la realización de estudios que redunden en beneficio de nuestra sociedad y, en definitiva, de la comunidad científica internacional.

---

## *Breve resumen de los proyectos*

### **1. Evaluación de la eficiencia en la producción educativa a partir de diseños muestrales**

**Juan Aparicio Baeza.** (*Universidad Miguel Hernández de Elche*)

Este proyecto permitirá conocer, por primera vez, la eficiencia educativa de cada una de las CCAA de España. Esta evidencia empírica, oportuna y robusta es sumamente relevante para el diseño de las políticas educativas en España, donde las competencias están descentralizadas y existen notables divergencias regionales. Promover una mejora de los resultados académicos a través de un mayor

aprovechamiento de los recursos educativos ya invertidos en el sistema resulta clave. Ello requiere conocer las ineficiencias de cada región e identificar los factores potenciales que podrían explicar las importantes diferencias regionales, de modo que sea posible diseñar políticas públicas que se ajusten a cada contexto.

### **2. Problemas de competencia de la inversión institucional**

**Albert Banal Estañol.** (*Universidad Pompeu Fabra*)

El objetivo de este proyecto es analizar el impacto que tiene sobre la competencia entre empresas de un mismo sector, la significativa presencia de inversores institucionales entre sus grandes accionistas. Las empresas que son dominantes en sus industrias han recibido mucha atención por parte de las autoridades de la competencia, tanto en España y en Europa como en Estados Unidos. Los inversores institucionales, por el contrario, no suelen estar en su foco de atención. Sin embargo, a menudo, son los principales propietarios de muchas de las principales compañías del mundo.

Por sí sola, cada una de tales participaciones quizás no genera riesgo de competencia, pero la suma de ellas puede ser motivo de preocupación. Muchos competidores directos son parcialmente propiedad de un mismo inversor, creando así vínculos indirectos entre empresas competidoras. Las densas redes entre competidores que se forman a través de estos vínculos de propiedad en realidad pueden ser más contrarias a la competencia incluso que una fusión entre empresas.

### **3. Permisos por nacimiento y desigualdad de género**

**Lidia Farré Olalla.** (*Universidad Autónoma Barcelona*)

Los permisos por nacimiento fueron diseñados originalmente para proteger la salud de la madre y del recién nacido y para facilitar la conciliación entre la vida familiar y profesional. Desde el punto de vista profesional, estos permisos buscan preservar el puesto de trabajo de la madre durante un período de tiempo determinado. Sin embargo, sus efectos sobre las oportunidades laborales de las mu-

jeres son complejos. El proyecto trata de analizar desde un punto de vista tanto teórico como práctico las consecuencias socio-económicas de las diferentes reformas que han sufrido los permisos por nacimiento en España durante las últimas décadas.

---

#### **4. La Geografía de la diversidad etnolingüística y la provisión de bienes públicos**

Joseph Flavian Gomes. (*Universidad de Navarra*)

El objetivo del proyecto es ayudar a entender el papel que juega la diversidad étnica en la provisión de bienes públicos, y proporcionar a los responsables políticos información relevante sobre qué regiones geográficas y qué grupos étnicos necesitan una intervención política más directa y

centrada. En particular, desde el punto de vista del diseño de políticas, el trabajo podrá identificar a nivel local las regiones más vulnerables, que son propensas a sufrir problemas de salud y de educación debido a la peor provisión de bienes públicos.

#### **5. Movilidad en Europa: migraciones interna e internacional, cambios de política e innovación**

Joan Monras Oliu. (*Centro de Estudios Monetarios y Financieros [CEMFI]*)

El objetivo principal de este proyecto es responder a la pregunta de hasta qué punto los mercados laborales en Europa están conectados e integrados a través de las migraciones, y cuán importante son las migraciones para el buen funcionamiento de la economía. Contrariamente a lo que sucede en Estados Unidos, los flujos migratorios en Europa son más

bajos, y difieren mucho según se refieran a migraciones entre ciudades o regiones dentro de un país, o de distintos países. Es muy probable que este aspecto tenga importantes consecuencias para la persistencia de los *shocks* locales y para la difusión del riesgo entre regiones.

#### **6. ¿En qué medida la heterogeneidad en las estrategias empresariales se debe a los aspectos institucionales de un país?**

Caterina Moschieri. (*IE Business School*)

Este proyecto de investigación se sitúa en la intersección entre el ámbito de los negocios internacionales y el de la estrategia empresarial. Un elemento clave de la gestión estratégica es la capacidad de evaluar el entorno de la empresa y de responder ante éste. Los entornos de las organizaciones se encuentran en constante cambio y los gerentes necesitan notar dichos cambios, decidir cómo reaccionar a ellos y modificar su estrategia. La investigación existente acerca de las

características del entorno y del impacto de los cambios en éste sobre la estrategia y el rendimiento empresariales se ha centrado principalmente en el entorno macroeconómico. Sin embargo, otros factores del entorno, especialmente aquellos relacionados con el contexto institucional, pueden moldear las decisiones estratégicas de las empresas, incluidas las fusiones y adquisiciones (M&A), cesiones (*spin-off*), el crecimiento, y las decisiones de localización.

#### **7. La sostenibilidad de las pensiones desde una perspectiva demográfica: el aumento de la actividad laboral femenina y la mejora de la relación contribuyente / pensionistas**

Elisenda Rentería Pérez. (*Universidad Autónoma de Barcelona*)

Este estudio pretende investigar la relación entre la baja participación laboral de la mujer y la sostenibilidad del sistema de pensiones. En concreto, se quiere estudiar bajo qué escenarios el equilibrio entre contribuyentes y receptores de pensiones de jubilación se pone en riesgo, y qué efecto tiene la mayor o menor participación femenina.

El estudio contribuye al conocimiento sobre la sostenibili-

dad de las pensiones en la medida que (1) pone el acento en las dinámicas del mercado de trabajo, superando argumentos basados únicamente en el envejecimiento demográfico, y (2) apunta a la baja participación laboral femenina como un elemento clave del debate, aportando nuevas ideas acerca de la discriminación laboral de la mujer en España.

#### **8. Estrategias internacionales de colaboración y *offshoring* de I+D: desarrollo e implicaciones para la competitividad empresarial**

Alicia Rodríguez Márquez. (*Universidad Carlos III de Madrid*)

El panorama económico internacional actual, con mercados cada vez más globales y altamente competitivos, exige a las empresas tener capacidad para innovar y desenvolverse en los mercados internacionales para vender sus productos y adquirir inputs en las mejores condiciones. En este contex-

to, el objetivo general de este proyecto es analizar el modo en que las estrategias de colaboración tecnológica internacional y de *offshoring* de I+D afectan a la competitividad empresarial (aproximada mediante dos dimensiones: la innovación y la internacionalización).

---

## 9. Desigualdad, innovación y derechos de propiedad intelectual

Raúl Santaaulalia Llopis. *(Universidad Autónoma de Barcelona)*

El aumento de la desigualdad es un fenómeno global que se observa, particularmente en Europa y Estados Unidos (EE. UU.), desde la década de los setenta. Este crecimiento en la desigualdad no es solo evidente a nivel microeconómico (Piketty, 2014), sino también a nivel macroeconómico con una caída agregada de la proporción de las rentas totales (o Producto Interior Bruto, PIB) recibida por los trabajadores (Elsby *et al.*, 2013; Karabarbounis y Neiman, 2014; Koh *et al.*, 2016). Además, el aumento de la desigualdad no se restringe a las rentas, sino que también se manifiesta en la riqueza

en el ámbito individual (Quadrini y Ríos-Rull, 2015) y a nivel macroeconómico en el aumento del ratio entre el capital agregado y la renta (Piketty y Zucman, 2014).

¿Cuáles son las consecuencias económico-sociales de este fenómeno? Sin una clara identificación de las causas y los determinantes de la desigualdad, cualquier discusión sobre sus consecuencias, su futura evolución, y sobre los posibles efectos de políticas redistributivas diseñadas para contrarrestarla producirán resultados poco fiables.

## 10. El papel del regadío en el desarrollo agrario español: evolución y factores explicativos de las diferencias regionales en el largo plazo

Ana Serrano González. *(Universidad de Zaragoza)*

El desarrollo del regadío tuvo un papel clave en la modernización del sector agrario español, permitiendo superar la aridez en muchas regiones del país, pero generando a su vez divergencias regionales significativas entre las áreas con mayores dotaciones naturales de agua y aquellas con una elevada productividad agraria. En este contexto, el

objetivo del proyecto consiste en analizar y evaluar los factores que han incidido en la rentabilidad del uso de agua del sector agrario español, así como en sus consecuencias reflejadas en incrementos de la producción y productividad agraria en el largo plazo, especialmente en la segunda mitad del siglo XX.

## 11. El impacto de los inversores no-residentes en la deuda soberana

Pedro Serrano Jiménez. *(Universidad Carlos III de Madrid)*

La deuda soberana ocupa un papel central en la economía de mercado. Constituye el instrumento de preferencia, cuando no el único, para la financiación de los estados soberanos, desempeñando un papel crucial en la asignación intertemporal de los recursos en entornos de incertidumbre (por ej. planes de pensiones), y en la canalización de los recursos de la inversión financiera (por ej. fondos de inversión de renta fija). Asimismo, la deuda soberana también actúa

como colateral en numerosas actividades de los mercados interbancarios y los mercados no regulados (mercados OTC), siendo uno de los productos financieros más transaccionados en los mercados financieros.

En este contexto, el conocimiento de los determinantes del coste de la deuda soberana resulta de enorme relevancia para reguladores, agentes de mercado y académicos.

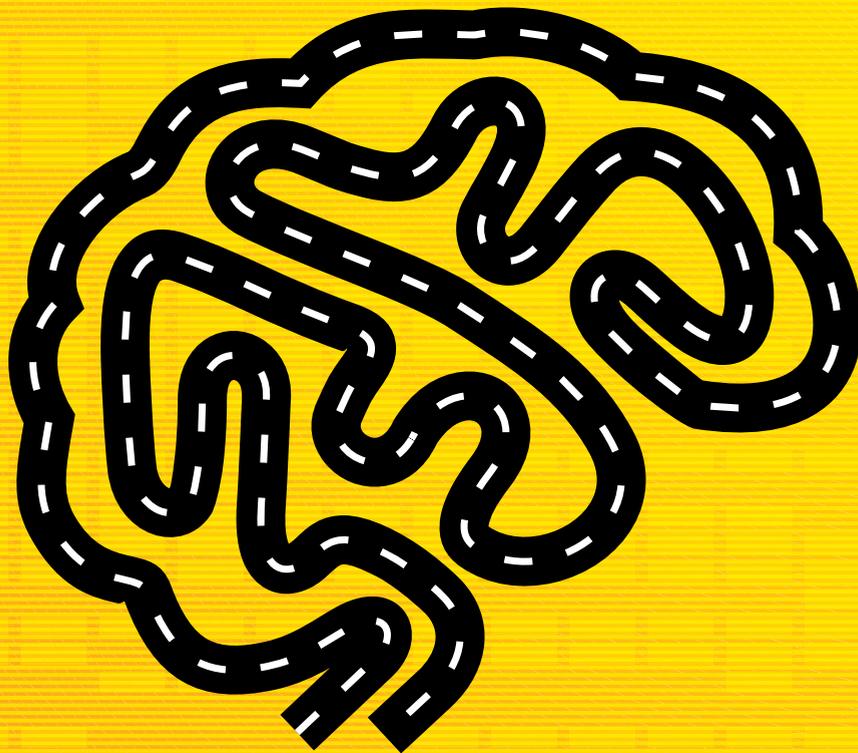
## 12. Evaluación de los efectos de la edad legal de consumo de alcohol sobre el consumo de drogas legales e ilegales y sobre la salud

Judit Vall Castelló. *(Universidad Pompeu Fabra)*

El objetivo general de este proyecto es identificar políticas que ayuden a las autoridades responsables de la lucha contra el consumo de drogas a minimizar el número de adolescentes que consumen alcohol y *cannabis*. El contexto actual que se está viviendo en los países desarrollados, con una fuerte incidencia de la crisis económica ha generado un aumento casi generalizado del consumo de alcohol. Conocer

de manera más clara y exacta cómo afecta al consumo de drogas la edad legal mínima para el consumo de alcohol de un grupo específico de población (los adolescentes) puede abrir nuevas posibilidades, no solo para mejorar la salud individual de los adolescentes, sino también para reducir el gasto público del país.

# **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)

