

Federico Mayor Zaragoza

María Cascales Angosto

Coordinadores



Premios Nobel 2014

Comentarios a sus actividades y descubrimientos

FISIOLOGÍA O MEDICINA

John O'Keefe, May-Britt Moser, Edvard I. Moser

FÍSICA

Isamu Akasaki, Hiroshi Amano, Shuji Nakamura

QUÍMICA

Stefan W. Hell, William E. Moerner, Eric Betzig

LITERATURA

Patrick Modiano

PAZ

Malala Yousafzai, Kailash Satyarthi

ECONOMÍA

Jean Tirole

**FUNDACIÓN
RAMÓN ARECES**

**REAL ACADEMIA DE
DOCTORES DE ESPAÑA**

Premios Nobel
2014

REAL ACADEMIA DE DOCTORES DE ESPAÑA
FUNDACIÓN RAMÓN ARECES

Federico Mayor Zaragoza
María Cascales Angosto
Coordinadores

Premios Nobel 2014

FUNDACIÓN
RAMÓN ARECES

REAL ACADEMIA DE
DOCTORES DE ESPAÑA

Reservados todos los derechos.

Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación, sin permiso escrito de Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A.

© EDITORIAL CENTRO DE ESTUDIOS RAMÓN ARECES, S.A.

Tomás Bretón, 21 – 28045 Madrid

Teléfono: 915 398 659

Fax: 914 681 952

Correo: cerasa@cerasa.es

Web: www.cerasa.es

© FUNDACIÓN RAMÓN ARECES

Vitruvio, 5 – 28006 MADRID

www.fundacionareces.es

Diseño de cubierta: Omnívoros

Brand Desing & Business

Communication

Depósito legal: M-14913-2015

Impreso por:

ANEBRI, S.A.

Antonio González Porras, 35–37

28019 MADRID

Impreso en España / Printed in Spain

ÍNDICE

	<u>Págs.</u>
Agradecimientos.....	7
Relación de autores	9
Prólogo, <i>Jesús Álvarez Fernández-Represa (Presidente)</i>	13
Introducción, <i>Federico Mayor Zaragoza y María Cascales Angosto</i>	23
Premio Nobel de Fisiología o Medicina 2014, <i>Federico Mayor Zaragoza y María Cascales Angosto</i>	25
Premio Nobel de Física 2014, <i>Antonio Luis Doadrio Villarejo</i>	59
Premio Nobel de Química 2014, <i>Benjamín Fernández Ruiz y Jesús Pintor Just</i>	83
Premio Nobel de Literatura 2014, <i>Luis Prados de la Plaza</i>	103
Premio Nobel de la Paz 2014, <i>Ángel Sánchez de la Torre y Evangelina Palacios Aláiz</i>	123
Premio Nobel de Economía 2014, <i>Rafael Morales-Arce Macías</i>	147

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al Presidente de la Academia de Doctores de España, Doctor Jesús Álvarez Fernández-Represa, que tan amablemente ha realizado el prólogo de esta obra, a la Secretaria General Doctora Blanca Castilla Cortázar y a la Sección de Publicaciones, por apoyarnos en esta tarea y por proporcionarnos toda clase de facilidades.

También especial gratitud a la Fundación Ramón Areces, por haber financiado los gastos de publicación, y a los Doctores Julio Rodríguez Villanueva y José María Medina Jiménez, Académicos de Número de la Real Academia de Doctores de España, y miembros del Comité Científico de la Fundación, por evaluar positivamente esta monografía y considerarla de interés científico y cultural.

Por último, es obligado agradecer la labor eficiente y entusiasta de los académicos: Antonio Doadrio Villarejo, Benjamín Fernández Ruiz, Rafael Morales Arce Macías, Evangelina Palacios Aláiz, Luis Prados de la Plaza, Jesús Pintor Just y Ángel Sánchez de la Torre. Todos ellos de manera desinteresada han colaborado en esta obra y han realizado los capítulos relativos a cada Premio Nobel, comentando magistralmente los descubrimientos y actividades de los galardonados. La meritoria labor que han realizado merece la más alta de nuestras consideraciones

Sin el apoyo de todos, este volumen no sería hoy una realidad.

Federico Mayor Zaragoza y María Cascales Angosto
Coordinadores
Madrid, enero 2015

RELACIÓN DE AUTORES

María Cascales Angosto

Doctora en Farmacia
Doctora *ad honorem* del CSIC
Académica de Número de la Real Academia
de Doctores de España (66)
Sección de Farmacia
mcascales@insde.es



Antonio Luis Doadrio Villarejo

Doctor en Farmacia
Profesor Titular de la Facultad de Farmacia de la UCM
Académico de Número electo de la Real Academia
de Doctores de España (86) Sección de Farmacia
antoniov@farm.ucm.es



Benjamín Fernández Ruiz

Doctor en Ciencias Biológicas
Catedrático de la Universidad Complutense
Académico de Número de la Real Academia
de Doctores de España (5)
Sección de Ciencias Biológicas
crbenja@bio.ucm.es





Evangelina Palacios Aláiz

Doctora en Farmacia
Profesora de la UCM
Académica de Número de la Real Academia
de Doctores de España (16)
Sección de Farmacia
palacios@farm.ucm.es



Federico Mayor Zaragoza

Doctor en Farmacia
Catedrático de Universidad (UAM)
Académico de las RRAA de Farmacia, Medicina y
Bellas Artes
Presidente del Consejo Científico de la Fundación
Ramón Areces
Presidente de la Fundación para una Cultura de la PAZ
Presidente de la Comisión Internacional contra la
Pena de Muerte
fmayor@fund-culturadepaz.org



Rafael Morales-Arce Macías

Doctor en Ciencias Económicas
Catedrático de Universidad (UNED)
Académico de Número de la Real Academia
de Doctores de España (57)
Sección de Ciencias Sociales y de la Economía
rafaelmoralesarce@hotmail.com

Jesús Pintor Just

Doctor en Biología

Catedrático de la Universidad Complutense

Académico de Número de la Real Academia Nacional
de Farmacia (36)

jpintor@ucm.es



Luis Prados de la Plaza

Doctor en Ciencias de la Información

Cronista Oficial de la Villa

Académico de Número de la Real Academia
de Doctores de España (22)

Sección de Humanidades

pradosdelaplza@telefonica.com



Ángel Sánchez de la Torre

Doctor en Derecho

Catedrático de Universidad (UCM)

Académico de Número de la Real Academia
de Doctores de España (23)

Sección de Derecho

Académico de Número de la Real Academia
de Jurisprudencia y Legislación



PRÓLOGO

Jesús Álvarez Fernández-Represa
Presidente de la Real Academia de Doctores de España

La presente monografía “Premios Nobel 2014, comentarios a sus actividades y descubrimientos” es la cuarta sobre el tema Premios Nobel que publica la Real Academia de Doctores de España y deseamos que no sea la última. Cuenta con seis capítulos correspondientes a los seis Premios Nobel que se conceden cada año: Fisiología o Medicina, Física, Química, Literatura, Paz y Economía.

Para el éxito de esta tarea, los coordinadores han contado, por un lado, con el ambiente académico, el apoyo incondicional del Presidente y la colaboración de los académicos, y por otro, la financiación de los gastos de publicación por la Fundación Ramón Areces.



Como en otros años, el anuncio de los ganadores de los Premios Nobel de 2014 se celebró en la segunda semana de octubre. Se inició el 6 de octubre y finalizó el 13 de octubre. La ceremonia de la entrega de los Premios se celebró el 10 de diciembre, fecha de la muerte del Alfred Nobel.

El lunes 6 de octubre, fue cuando el Comité Nobel del Instituto Karolinska de Estocolmo dio a conocer el nombre de los distinguidos con el Premio Nobel de Fisiología o Medicina, otorgado al estadounidense/británico **John O'Keefe** y al matrimonio noruego formado por **May-Britt** y **Edvard I. Moser**, por sus descubrimientos de las células que constituyen el sistema de posicionamiento en el cerebro y sus estudios sobre la orientación en el espacio.

El sistema de navegación más avanzado que se puede imaginar viene de serie en el propio cerebro y es producto de la evolución. El sistema de posicionamiento interno comprende dos vertientes: aquella relativa a los descubrimientos de John O'Keefe por un lado y la que corresponde al matrimonio Moser. Las dos vertientes de los descubrimientos premiados se complementan y explican cómo se reproduce la representación espacial y los mecanismos que utiliza el cerebro para representar el espacio. O'Keefe encontró unas células ubicadas en el hipocampo cerebral, que se activaban cuando una rata se encontraba en un lugar determinado de un recinto, y cuando el animal se trasladaba a otro punto dentro del mismo recinto se activaban otras células. Estas células recibieron el nombre de *células de posicionamiento o células de lugar*. El matrimonio Moser, por otro lado, descubrió en la corteza entorrinal otro componente clave de este sistema, al identificar otras células nerviosas, *las células de red*, que generaban un sistema coordinado que les permitía situarse de manera precisa en el espacio.

Las células de posicionamiento y las células de red ayudan a elaborar un mapa cognitivo del espacio que rodea al individuo, que le permite moverse de manera efectiva. El circuito formado por estos dos tipos de células nerviosas constituye un amplio sistema de posicionamiento en el cerebro que funciona a modo de un GPS interno.

El 7 de octubre la Academia Sueca anunció el nombre de los galardonados con el Premio Nobel de Física 2014, los japoneses **Isamu Akasaki**, **Hiroshi Amano** y el estadounidense nacido en Japón **Shuji Nakamura**, por haber inventado las bombillas LED, ahorradoras de energía.

Una parte esencial de la actividad científica está dedicada a convertir las grandes ideas en grandes aplicaciones que generan crecimiento económico y al final mejoran la calidad de vida de las personas y de la sociedad en general. El premio Nobel de Física que acaba de conceder la Academia sueca supone un reconocimiento explícito de ese descubrimiento de apariencia sencillo pero tan importante en el fondo: un rayo de luz azul que le faltaba al LED (diodo emisor de luz en sus siglas inglesas), para complementar al rojo y al verde y producir una luz blanca de bajo consumo energético.

Esta tecnología está omnipresente en la vida cotidiana, por ejemplo en los teléfonos móviles, en los que cumple un papel esencial en la iluminación de las pantallas. También en los televisores, los flashes de las cámaras fotográficas, etc., y cada vez más en la oficina y en la vivienda. Cuando, a comienzos de los años noventa, se produjeron los rayos luminosos azules a partir de semiconductores, provocaron una transformación fundamental en la tecnología de la iluminación.

La eficacia energética de las bombillas LED ha transformado la percepción que tenemos de la potencia de las bombillas. Antes, para obtener 1.200 lúmenes necesarios para lograr una buena iluminación en una sala de estar, se necesitaban 75 vatios con las bombillas clásicas incandescentes. Ahora con la tecnología LED esta iluminación se alcanza con una bombilla de 6 vatios, lo que reduce mucho el consumo. También ha disminuido el consumo de materiales dado que las bombillas LED duran hasta 100.000 horas frente a las 1.000 que duran las bombillas incandescentes. La bombilla LED tiene un gran potencial para aumentar la calidad de vida de más de 1.500 millones de personas en todo el mundo.

El 8 de octubre la Real Academia Sueca de las Ciencias decidió otorgar el Premio Nobel de Química 2014 a tres investigadores: los estadounidenses **Eric Betzig** y **William E. Moerner** y el alemán **Stefan W. Hell**, quienes han conseguido este galardón por desarrollar la microscopia de fluorescencia. El jurado quiso así reconocer el trabajo de los tres galardonados en el desarrollo de microscopios de alta resolución que emplean moléculas fluorescentes, una técnica también denominada nanoscopía. Estos descubrimientos han permitido visualizar moléculas individuales en el interior de células vivas, algo que era imposible con las técnicas de la microscopía óptica tradicional, y son de tal ingenio y poder de resolución, que permiten penetrar en los secretos de la célula viva con una profundidad sin precedentes. Este avance ha contribuido al estudio de enfermedades como el

Alzheimer y el Parkinson, así como en el análisis de procesos cognitivos en las neuronas del cerebro.

“La Química ha sido siempre mi asignatura más floja en el instituto y la universidad”. Esto fue lo que confesó Eric Betzig en una entrevista pocas horas después de recibir la noticia que había sido galardonado con el Premio Nobel de Química 2014, junto con Stefan Hell y William Moerner. Los tres premiados de este año son físicos, y una vez más se pone de manifiesto que las fronteras entre los campos de la ciencia son difusas. El motivo de su reconocimiento ha sido el desarrollo de nuevas técnicas de microscopía de fluorescencia llamadas en su conjunto “microscopía de súper-resolución” o nanoscopía. En estas técnicas las propiedades fotoquímicas y fotofísicas de las moléculas fluorescentes juegan un papel protagonista. El término “súper-resolución” se refiere a la habilidad de estos nuevos microscopios para superar una barrera que era infranqueable hasta hace poco, el llamado “límite de difracción”. La difracción de la luz, fenómeno físico conocido desde 1660, limita la calidad de las imágenes que se obtienen a través de un microscopio óptico convencional. La difracción hace que los pequeños detalles de la imagen aparezcan borrosos, es decir, no se puedan resolver.

Ya en 1873, el científico Ernst Abbe puso un valor concreto a este límite de difracción formulando una ecuación que nos dice que no se pueden discernir detalles más pequeños que 200 nm. En la práctica, el límite de difracción implica la imposibilidad de observar con claridad lo que ocurre dentro de una bacteria o en los compartimentos y orgánulos de una célula. Aunque otras modalidades de microscopía, como la electrónica, pueden resolver detalles más pequeños, sólo la microscopía óptica permite observar la dinámica en el interior de células vivas.

El 9 de octubre la Academia Sueca decidió premiar con el Nobel de Literatura 2014 al escritor francés **Patrick Modiano**, nacido en Boulogne-Billancourt en 1945, quién culmina con el Premio Nobel de Literatura de esta convocatoria una carrera en la que también ha ganado los galardones más importantes de su país, el Goncourt y el Gran Premio de novela. Patrick Modiano ha sido galardonado con el Nobel por el arte de la memoria con el que ha evocado los destinos humanos más sensibles y descubierto el mundo de la ocupación.

Se trata del triunfo espectacular de una carrera consagrada esencialmente a reescribir algunas de las páginas más oscuras y siniestras de la historia de Francia.

Las complejas relaciones de sus padres condenaron al joven Modiano a una vida de «exilio interior», errante entre diversos internados, donde siempre fue pasablemente infeliz. La muerte prematura de su hermano privó al futuro novelista del más íntimo de sus cómplices. Toda la obra de Modiano echa sus raíces en esos problemas íntimos. El novelista ha viajado poco. Y toda su vida personal oscila entre dos o tres barrios parisinos. Sus novelas comienzan siempre con la búsqueda de lejanas raíces de oscuros personajes perdidos en la historia íntima de seres perdidos y descarriados.

Novela tras novela, Modiano ha escrito una suerte de «contra historia» de varios barrios parisinos, muy marcados por catástrofes históricas. El novelista corre tras las sombras de oscuros personajes que hablan de las ambigüedades más atroces, de personajes emblemáticos, protagonistas de siniestras historias durante la ocupación, durante la guerra de Argelia, durante las sucesivas crisis de una Francia errante por una grave crisis de identidad.

Vive desde hace años en un barrio céntrico y acomodado. Hace una vida tranquila y sencilla. Habla poco. Deambula mucho por las librerías de viejo de su barrio. Buena parte de su geografía mítica, en París, coincide con la geografía mítica de dos grandes maestros españoles, Azorín y Pío Baroja.

El 10 de octubre de 2014 el Comité Nobel del Parlamento Noruego concedió el Premio Nobel de la PAZ al activista indio **Kailash Satyarthi** y a la adolescente pakistaní **Malala Yousafzai**, por su lucha a favor de los derechos humanos de los niños. Kailash defendiendo la no explotación infantil y Malala defendiendo el derecho a la educación de las niñas. El Comité Nobel en Noruega declaró la gran importancia para un hindú y una musulmana, un indio y una paquistaní, de unirse en una lucha común por la educación y contra el trabajo forzado de la infancia.

Ambos Malala y Satyarthi tenían un mérito semejante, liderando esfuerzos que tendían a un objetivo común: la educación liberadora, actuando contra estructuras muy semejantes: el trabajo forzado de los niños desde edad muy temprana, y la prohibición de asistencia a escuelas de las niñas.

En la trayectoria reciente de los Premios Nobel de la Paz se ha simbolizado que la paz habría de ser resultado de la justicia, y que la justicia implica establecer igualdad de derechos: entre países, entre clases sociales y entre diferencias

étnicas, ideológicas y de género. La designación del año presente incide sobre un punto de partida radical para la justicia: una educación infantil y juvenil tal, que permita a las personas prepararse para situarse en la vida adulta con dignidad y ayudar a otros solidariamente.

El valor simbólico de estos premiados indostaníes resulta muy relevante, pues en las sociedades donde ambos actúan las dificultades para lograr los derechos humanos de la infancia son extraordinarias.

Y por último, el lunes 13 de octubre de 2014 la Academia de Ciencias sueca ha distinguido con el Nobel de Economía al profesor e investigador francés **Jean Tirole**, de la Universidad de Toulouse, por sus análisis sobre la potencia y regulación del mercado, lo que le ha convertido en uno de los economistas más influyentes de nuestro tiempo. El prestigioso premio recae así este año en un ciudadano de un país que ahora atraviesa una de las crisis económicas más graves de las últimas décadas.

Antiguo alumno de la Politécnica francesa, ingeniero de Caminos y Puentes en 1976, Tirole se desplazó después al Instituto de Tecnología de Massachusetts, donde se doctoró en Economía. Desde el inicio de los años noventa, combina sus clases y estudios en Francia y EE.UU., donde se ha relacionado con prestigiosos economistas.

La mejor regulación o política en materia de competencia debe ser cuidadosamente adaptada a las condiciones específicas de cada sector. Jean Tirole ha presentado un marco general para concebir esas políticas y las ha aplicado a diversos sectores que van desde las telecomunicaciones a la banca.

Jean Tirole es, además, el segundo Nobel que recibe Francia en esta ocasión, después de que recayera el de Literatura en Patrick Modiano.

El Premio Nobel de Economía es el único de los seis premios que no fue designado por Alfred Nobel en su testamento. Desde 1969 se viene concediendo como Premio adicional en la ceremonia de Estocolmo. Su nombre real es Premio Sveriges Riksbank en Ciencias Económicas, en memoria de Alfred Nobel, establecido en 1968 con ocasión del 300 aniversario del Riksbank. Cuenta con idéntica dotación, y se entrega a la vez que el resto de distinciones cada 10 de diciembre.

Con este premio se pone fin al ciclo del anuncio de estos prestigiosos premios de 2014.

Desde 1901 los premios Nobel se han entregado a los galardonados en una ceremonia solemne cada 10 de diciembre, según lo establecido por Alfred Nobel. Los Premios Nobel en Física, Química, Fisiología o Medicina y Literatura, se entregan en Estocolmo (Suecia), mientras que el Premio Nobel de la Paz se entrega en Oslo (Noruega).



Vista general de la Ceremonia de entrega de los Premios Nobel 2014 en la sala de conciertos del Ayuntamiento de Oslo en presencia de la Familia Real Sueca: el Rey Carlos Gustavo, la Reina Silvia, la princesa heredera Victoria y el príncipe Daniel, los once galardonados (diez hombres y una mujer) y los invitados.

Este año, al igual que otros, la ceremonia de entrega de los Premios Nobel a los galardonados se celebró en el Palacio de Congresos de Estocolmo y estuvo presidida por El Rey Carlos Gustavo y la Reina Silvia, con asistencia de los miembros de la Casa Real. La entrega de cada Premio, estuvo precedida por un discurso de presentación, que mostró la actividad o los descubrimientos de cada premiado. Inmediatamente después Su Majestad el Rey de Suecia entregó a los laureados, un diploma, una medalla y un documento confirmando la cantidad relativa al Premio, firmado por el Rey Carlos Gustavo XVI de Suecia.



Su Majestad el Rey Harald V de Noruega y la Reina Sonia, y sus hijos, príncipes herederos Haakon y Mette Marit en la ceremonia de entrega del Nobel de La Paz en el Ayuntamiento de Oslo.

El Premio El Nobel de la Paz, se entregó en el Ayuntamiento de Oslo, horas antes de la ceremonia de Estocolmo. Este Premio, lo decide el Comité Noruego del Nobel, que si bien tiene su sede en Oslo, es una entidad autónoma que no está vinculada al gobierno noruego. Consecuentemente, la Embajada no interviene ni transmite comunicaciones dirigidas al Comité del Nobel. El Presidente del Comité Noruego del Nobel, Thorbjørn Jagland, hizo entrega de los Premios Nobel de la Paz a los galardonados, en presencia de la familia Real Noruega: Su Majestad el Rey Harald V de Noruega y la Reina Sonia, y sus hijos, príncipes herederos Haakon y Mette Marit, representantes del Gobierno y del Parlamento Noruego y una audiencia invitada.

Una vez rendido el merecido homenaje de esta Academia a los premiados con un breve resumen de sus méritos, valga mostrar mi agradecimiento a los autores que intervienen en esta obra, y han hecho posible que hoy salga a la luz, sin lugar a dudas la más importante contribución de nuestra Academia a la Sociedad. Cito a continuación a estos Doctores Académicos: María Cascales Angosto de la Sección de Farmacia; Antonio Luis Doadrio Villarejo, de la Real Academia Nacional de Farmacia; Benjamín Fernández Ruiz, de la Sección de Ciencias Experimentales; Federico Mayor Zaragoza, Académico de las Reales Academias de Farmacia y Medicina; Evangelina Palacios Aláiz, de la Sección de Farmacia; Jesús Pintor Just, de la Real Academia Nacional de Farmacia, Rafael Morales-Arce Macías, de la Sección de Ciencias Políticas y de la Economía y Ángel Sánchez de la Torre de

la Sección de Derecho. Todos ellos han contribuido con gran generosidad a esta obra, aportando sus conocimientos para explicar de manera clara unas áreas del saber y la cultura que forman ya parte del patrimonio de todos.

De manera muy especial nuestro agradecimiento a los coordinadores-editores Federico Mayor Zaragoza y María Cascales Angosto, que con su iniciativa, entusiasmo y buen hacer, han llevado a cabo todas las etapas para la consecución de esta obra.

Por último, también nuestra gratitud a la prestigiosa Fundación Ramón Areces por su generosidad al financiar los gastos de edición.

Jesús Álvarez Fernández-Represa
Madrid, enero 2015

INTRODUCCIÓN

Federico Mayor Zaragoza
María Cascales Angosto

*“Sólo en la medida en que seamos capaces de ver los invisibles seremos capaces de hacer los imposibles”.
Bernard Lawn, 1985.*

“Quien parcialmente conoce, parcialmente juzga”, dice un sabio refrán. Solo un conocimiento profundo permite abordar con rigor las transformaciones apropiadas, los tratamientos adecuados en tiempo oportuno. Estos requerimientos se aplican con especial apremio en la fisiopatología molecular cuando nos enfrentamos a procesos potencialmente irreversibles.

Con frecuencia, tanto en los diagnósticos clínicos como sociales y de otra índole, las informaciones que acumulamos son noticia que, por su propia naturaleza, son sucesos insólitos, no habituales. Los potentes focos de los medios de comunicación iluminan los aspectos más sobresalientes de lo que acontece extra-ordinariamente, pero dejan en la oscuridad la gran mayoría del panorama en su conjunto, que permanece invisible, que no se toma en cuenta. Hay que saber “ver” los invisibles, para hacer los imposibles, como advirtió el Prof. Bernard Lawn en el discurso de aceptación del Premio Nobel de la Paz en 1985. Ver el conjunto, ver lo que otros también pueden ver... y “pensar lo que nadie ha pensado”. Esta era la recomendación del Prof. Hans Krebs para el progreso del conocimiento. “Dar la vuelta” a los datos, apreciarlos con distinta mirada y óptica.

Las trayectorias humanas de los Premio Noble aquí referidas son senderos hacia el mañana iluminados por la imaginación, por la originalidad de los enfoques, por la anticipación.

Todos han contribuido a derribar muros y construir puentes, facilitando el tránsito por algunos lugares antes vedados. “Lo conseguimos, porque no sabíamos que era imposible”, dijeron unos conocidos escaladores al alcanzar la cima. La palabra “imposible” se va empequeñeciendo progresivamente.

Saber para prever, prever para prevenir.

Deseamos expresar nuestro reconocimiento al Presidente de la Real Academia de Doctores y a la Fundación Ramón Areces por facilitar la presentación, un año más, de esta revisión de los distintos Premios Nobel, referentes para orientar los propios rumbos.

La comunidad científica tiene ahora una gran responsabilidad no solo en el estudio y propuestas de cambios para hacer frente a las grandes prioridades que la humanidad y la habitabilidad de la Tierra reclaman, sino para la movilización del poder ciudadano para la gran inflexión histórica que se avecina, favorecida por el conocimiento global, asequible progresivamente para todos los ciudadanos, y por la libertad de expresión. Estos son los grandes objetivos que debemos esforzarnos en conseguir sin ulteriores dilaciones: alimentación, agua y servicios de salud para todos; cuidado del medio ambiente; educación; paz...

Sí: nuestro quehacer como científicos y nuestro comportamiento cotidiano pueden beneficiarse de los ejemplos que en este libro se describen. Aprender a ser y aprender a emprender, porque el riesgo sin conocimiento es peligroso, pero el conocimiento sin riesgo es inútil. Las comunidades científica y académica, deben y pueden aventurarse, porque tienen presentes los versos de Álvaro Cunqueiro: “El ave canta aunque la rama cruja porque conoce la fuerza de sus alas”.

Los Coordinadores
Marzo de 2015.

Premio Nobel de Fisiología o Medicina 2014

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO INTERNO

Federico Mayor Zaragoza
y María Cascales Angosto



John O'Keefe



May-Britt Moser



Edvard I. Moser

El sentido del lugar y la capacidad de movimiento son fundamentales para nuestra existencia. Los descubrimientos de John O'Keefe, May-Britt Moser y Edvard Moser han resuelto un problema que ha preocupado a filósofos y científicos durante siglos: ¿cómo crea el cerebro un mapa del espacio que nos rodea? y ¿cómo podemos abrirnos camino en un entorno complejo? El 6 de octubre de 2014, el Comité Nobel reunido en el Instituto Karolinska de Suecia decidió otorgar este año el Premio Nobel de Fisiología o Medicina a los científicos que han resuelto este enigma, el estadounidense/británico John O'Keefe y el matrimonio compuesto por los noruegos May-Britt Moser y Edvard I. Moser, quienes han encontrado las claves del posicionamiento interno, una especie de “GPS interno” que nos permite orientarnos en el espacio.

John O'Keefe, nacido en 1939 en Nueva York, obtuvo el doctorado en Psicología Fisiológica por la Universidad McGill de Canadá en 1967. Posteriormente se trasladó al University College de Londres para estudios de postdoctorado, donde en 1987 fue nombrado catedrático de Neurociencia Cognitiva. O'Keefe, que posee

también la ciudadanía británica, es en la actualidad director del Centro Wellcome Sainsbury de Circuitos Neuronales y Comportamiento en el University College de Londres. El laureado descubrió en 1971 un tipo de células nerviosas en el hipocampo que se activaban siempre cuando una rata se encontraba en un determinado lugar y que otras células lo hacían cuando el animal estaba en otro punto. A partir de este hallazgo y fascinado por el hecho de cómo el cerebro controla el comportamiento, propuso que estas células, a las que llamó “células de lugar” (*place cells*), constituyen un mapa interno del entorno. Durante toda su carrera, O’Keefe ha estudiado las células del hipocampo y su papel en la memoria espacial y en la orientación, cuya pérdida es significativa en trastornos neurológicos tales como la enfermedad del Alzheimer.

May-Britt Moser nació en 1963 en Fosnavåg (Noruega), estudió Psicología en la Universidad de Oslo junto a su futuro marido y también premiado con el Nobel, Edvard Moser, y se doctoró en Neurofisiología en 1995. Realizó su formación postdoctoral en la Universidad de Edimburgo (Reino Unido) y como científica invitada se trasladó al University College de Londres, donde trabajó con O’Keefe. Posteriormente, se trasladó en 1996 a la Universidad de Ciencia y Tecnología de Trondheim. En 2000 fue nombrada catedrática de Neurociencia y actualmente es directora del Centro de Computación neuronal en Trondheim.

Edvard Moser nació en 1962 en Ålesund (Noruega), y alcanzó el doctorado en Neurofisiología por la Universidad de Oslo en 1995. Fue becario postdoctoral junto con May-Britt, en la Universidad de Edimburgo y después trabajó también como científico invitado en el laboratorio de O’Keefe en Londres. En 1996 regresó a Noruega, a la Universidad de Ciencia y Tecnología de Trondheim, donde es catedrático desde 1998. Actualmente es director del Instituto Kavli de sistemas de Neurociencia de Trondheim. En 1996, O’Keefe se convirtió en mentor del matrimonio Moser en el estudio del registro de la actividad de las células en el hipocampo.

En 2005, más de tres décadas después del hallazgo de O’Keefe, May-Britt y Edvard I. Moser descubrieron “otro componente clave” del sistema de posicionamiento del cerebro, al identificar otras células nerviosas, “las células de red” (*grid cells*), que generaban un sistema coordinado y permitían de forma precisa situarse en el espacio.

El Instituto Karolinska de Estocolmo dividió hoy el premio en dos partes: la primera para el estadounidense/británico John O'Keefe y la segunda para los dos noruegos, May-Britt y Edvard Moser.

■ Introducción

El mundo real es un entorno en continuo cambio cuya complejidad puede comprometer los rígidos comportamientos reactivos. Los animales durante la evolución han desarrollado mecanismos que los capacitan a predecir el futuro y una selección de comportamientos basados en sus metas.

Las evidencias experimentales sugieren que estos mecanismos cuentan con la capacidad de generar una representación interna del propio cuerpo y del ambiente externo con un estímulo virtual paralelo de múltiples alternativas. En el contexto de un animal que se mueve en un espacio que contiene obstáculos movibles y no movibles, la representación interna puede definirse como una abstracción de la construcción espaciotemporal basada en metas que simulan características cruciales del entorno y describen las posibles interacciones entre los elementos y el animal. De esta manera la representación interna debe explicar, tanto la estructura espacial estática del entorno como los cambios que dependen del tiempo, es decir los obstáculos en movimiento.

Hace 43 años John O'Keefe y Johnathan O. Dostrovsky (1971) descubrieron en el hipocampo de la rata, las llamadas o “células de lugar” (*place cells*), el componente clave del sistema que utilizan nuestras neuronas del hipocampo para saber dónde estamos. Al monitorizar la actividad cerebral de estos animales mientras recorrían un laberinto, O'Keefe se dio cuenta de que las sinapsis de estas neuronas se disparaban cuando la rata se encontraba en un lugar determinado (figura 1).

Años después se inició la búsqueda de la parte del encéfalo conectada con el hipocampo que representa estos mapas. El grupo de investigación de May-Britt y Edvard Moser en 2005 descubrió un patrón sorprendente en la actividad de neuronas situadas en una zona del cerebro de rata, denominada corteza entorrinal, en la que se activaban ciertas células cuando la rata se movía por lugares dispuestos en una red hexagonal. Cada una de esas células se activaba en un patrón singular, y colectivamente conformaban un sistema de coordenadas que permitía la navegación espacial. Estas células, a las que sus descubridores denominaron “células de

red” (*grid cells*), son neuronas en las capas II y III de la corteza entorrinal media. La activación de estas neuronas representa la posición, la orientación y el desplazamiento relativo en el entorno y forman una especie de red de puntos bien separados, cual si se tratara de los vértices de una triangulación del espacio (figura 1).

Además, las “células de red”, junto a otras células de la corteza entorrinal, tales como las células que reconocen hacia dónde se dirige la cabeza, “células de dirección de la cabeza” y las células que reconocen los límites del entorno, “células límite o frontera”, forman circuitos con las “células de lugar” en el hipocampo. Este circuito es un sistema de posicionamiento integral, un “GPS interno” del cerebro de animales cuando pasan por determinados lugares. Las neuronas de la corteza entorrinal no sólo se organizan de forma espacial sino también espaciotemporal. Su actividad en el tiempo permite determinar la trayectoria que la rata sigue en el recinto en el que se mueve.

Las células de lugar son los elementos básicos de una representación no centrada a modo de mapa. Son abundantes en el hipocampo y su existencia proporciona una dinámica continuamente actualizada de un espacio alocéntrico y su propia posición en dicho espacio (figura 1). “Disparan” selectivamente cuando el animal ocupa una particular posición y disparan de manera diferente en diferentes entornos. Las ratas lesionadas en el hipocampo presentan graves problemas espaciales y aparecen perdidas en el espacio.

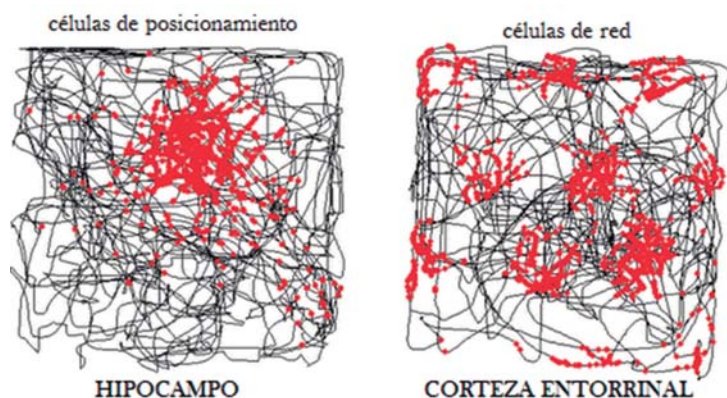


Figura 1. ¿Cómo percibimos el espacio en el que vivimos y dónde estamos en dicho espacio? En la parte izquierda de la figura los puntos rojos son “disparos” de una neurona del hipocampo, denominada célula de lugar, y la línea negra es la trayectoria que sigue de la rata en un recinto cuadrado. En la parte derecha de la figura los grupos de puntos rojos representan la activación de diferentes células de red en la corteza entorrinal conforme la rata se mueve por un recinto cuadrado siguiendo la trayectoria indicada por la línea continua (Moser et al., 2008).

■ Sentido de posicionamiento y navegación

Aunque es un hecho conocido desde hace tiempo que las diferentes clases de neuronas ejercen diferentes misiones en el cerebro, solo en las pasadas décadas se ha tenido acceso a la imagen y métodos de medida necesarios para evaluar la reacción de las neuronas cuando el cerebro se somete a diferentes estímulos. Es importante conocer la ayuda que nos presta el cerebro para “navegar” en nuestro entorno, porque la navegación nos hace encontrar el camino y se conecta con la vía que almacena los recuerdos. Este sistema de codificación funciona como un controlador del tráfico aéreo que supervisa cada movimiento, conoce cada paso y crea conexiones con cada acontecimiento y cada experiencia. Además, mientras el cerebro se encuentra procesando mapas mentales para ayudar a la navegación, se superponen también a estos mapas, recuerdos, experiencias, olores, etc.

El sentido de posicionamiento o lugar y el de navegación o movimiento, son algunas de las funciones fundamentales del cerebro. El sentido de posicionamiento proporciona una percepción de la posición del cuerpo en el entorno en relación con los objetos que lo rodean. Durante la navegación, el sentido de posicionamiento se encuentra interconectado con el sentido de distancia y dirección, que tienen su base en la integración del movimiento y en el conocimiento de posiciones previas. Dependemos de estas funciones espaciales para reconocer y recordar el entorno y encontrar el camino.

En todas las épocas los científicos y los filósofos se han formulado preguntas sobre estas funciones tan fundamentales del cerebro. Ya en el siglo XVIII el filósofo alemán Emmanuel Kant (1724-1804) vislumbraba que alguna de las capacidades mentales existían independientes de la experiencia y consideraba la percepción del lugar como una de las capacidades innatas a través de las cuales el mundo externo se organiza y se percibe.

El concepto de una representación en el cerebro a modo de mapa del lugar, fue propuesto en 1948 por uno de los primeros psicólogos cognitivos, el americano Edward C Tolman, quién estudió como los animales aprendían a navegar y relacionaban experiencias entre lugares y acontecimientos. La exploración del entorno producía un “mapa cognitivo” que los capacitaba a navegar y encontrar la vía óptima para moverse en su entorno.

La teoría de Tolman se oponía a la idea prevalente entonces que defendía que los comportamientos complejos se conseguían mediante cadenas interrelacionadas de

respuestas sensoriales-motoras. Pero esta idea no abordaba dónde se localizaban estas funciones en el cerebro y de qué manera el cerebro programaba tales comportamientos complejos. El advenimiento de nuevas técnicas hizo posible encontrar explicación a estas cuestiones, mediante la implantación de micro electrodos en células del cerebro de animales que se movían libremente en su entorno (Sturmwasser, 1958).

Hipocampo y corteza entorrinal

El hipocampo es una de las principales regiones del cerebro, directamente relacionada con el funcionamiento de la memoria y las emociones. Anatómicamente, forma parte del llamado sistema límbico, un conjunto de estructuras cerebrales que gestionan respuestas fisiológicas primitivas. El hipocampo abarca desde el hipotálamo hasta la amígdala, formando una estructura curva que recuerda a formas tan variadas como la del caballito de mar, el cuerno de un carnero o del dios Amón (el *cornu Ammonis* designa una parte del hipocampo que comprende las divisiones entre CA1 y CA3). Esta estructura curva se repite simétricamente en ambos hemisferios cerebrales. El sistema límbico está alojado en las capas más profundas del cerebro y no tiene una estructura neuronal tan compleja como el córtex. Por ello, se asume que el sistema límbico y más concretamente el hipocampo, pertenecen a lo que ha sido denominado el cerebro primitivo, alrededor del cual fueron añadiéndose capas más complejas a medida que el cerebro evolucionaba.

El hipocampo ejerce funciones fundamentales relacionadas con la memoria y la percepción espacial e interviene de alguna manera en la formación de recuerdos nuevos a partir de las experiencias. De hecho, cuando se producen lesiones en el hipocampo, se traducen generalmente en dificultades serias para formar recuerdos nuevos. Es un hecho que a menudo los recuerdos antiguos permanecen o tardan más tiempo en desaparecer, lo que indica que el hipocampo funciona transfiriendo recuerdos temporales a otras regiones del cerebro para su almacenamiento como memoria a largo plazo. Existen diversas patologías que afectan directamente al hipocampo. Las más conocidas son algunas demencias, con el ejemplo clásico de la enfermedad de Alzheimer. En esta enfermedad, el hipocampo es una de las regiones del cerebro que se ven afectadas más tempranamente, ocasionando una pérdida irreparable de neuronas. Sin embargo, parece que el envejecimiento en general, podría estar relacionado con una disminución del funcionamiento del hipocampo, razón por la cual esta región y su funcionamiento constituyen un área fundamental en la investigación neurológica.

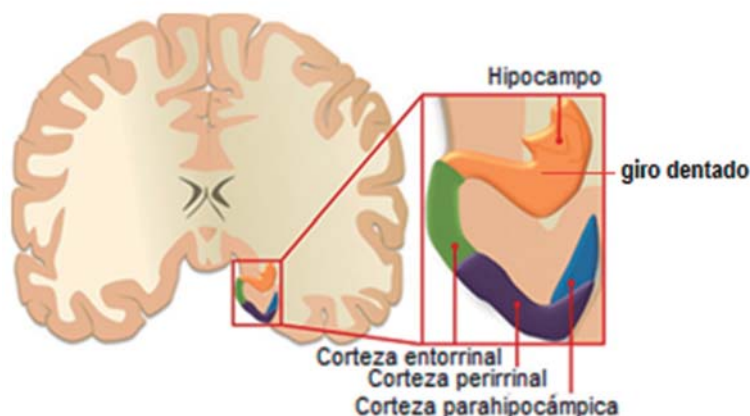


Figura 2. Hipocampo: El hipocampo está localizado en la parte media del lóbulo temporal del cerebro. Forma parte del sistema límbico y es una estructura fundamental en los diferentes tipos de memorias explícitas o conscientes e implícitas e inconscientes. **Corteza entorrinal:** La corteza entorrinal se encuentra unida al hipocampo. Su función es actuar como centro de relevo o redistribución de la información desde y hacia el hipocampo. **Corteza perirrinal:** interviene en el reconocimiento visual de objetos complejos. Nuevas investigaciones la ubican como responsable de los recuerdos inconscientes. **Corteza parahipocámpica:** Involucrada en la percepción del medio ambiente local y en el procesamiento de la información relacionada con el lugar. También está implicada en la memoria episódica (AE. asociación educar.com, con modificaciones).

La **corteza entorrinal** es un área del cerebro situada en el lóbulo temporal medio que funciona como centro de una red generalizada para la memoria y la navegación. Es la principal interfase entre el hipocampo y la corteza cerebral. El sistema corteza entorrinal/hipocampo desempeña un papel importante en las memorias autobiográfica/declarativa/episódica y, en particular, en las memorias espaciales, incluyendo la formación de la memoria, consolidación de la memoria y la optimización de la memoria en el sueño.

Las capas superficiales II y III de la corteza entorrinal se proyectan hacia el giro dentado y el hipocampo: la capa II se proyecta principalmente hacia el giro dentado, y la región CA3 del hipocampo y la capa III se proyectan principalmente hacia la región CA1 del hipocampo y el subiculum. Estas capas reciben la entrada de otras áreas corticales, especialmente de asociación, perirrinal, parahipocámpica, así como de la corteza prefrontal. La corteza entorrinal en su conjunto recibe, por tanto, la entrada altamente procesada de cada modalidad sensorial, así como las aportaciones en relación con los procesos cognitivos en curso (figura 3).

Las capas profundas, sobre todo la lámina V, reciben una de las tres salidas principales del hipocampo y, a su vez, conexiones recíprocas de otras áreas corticales que se proyectan hacia la corteza entorrinal superficial.

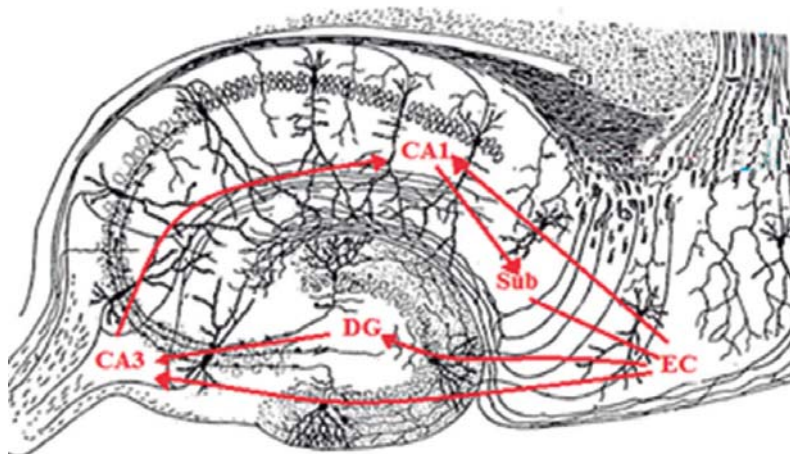


Figura 3. Circuito básico del hipocampo, según un dibujo de Santiago Ramón y Cajal. CA1 y CA3; regiones del hipocampo; EC, Corteza entorrinal; DG, giro dentado; sub, subículo.

Mapas cognitivos

La idea del “mapa cognitivo” fue descrita por vez primera por Edward Tolman en 1948, quien introdujo este concepto haciendo experimentos con ratas y laberintos. La rata se introducía en un laberinto en forma de cruz y se le permitía explorarlo. Después de la exploración inicial, la rata se colocaba en un brazo de la cruz y se disponía alimento en el brazo inmediato a su derecha. La rata estaba condicionada por esta exposición y aprendía a volverse hacia la derecha en la intersección para conseguir el alimento. Cuando el alimento se disponía en brazos diferentes del laberinto, la rata se dirigía en la dirección correcta para obtener el alimento debido al mapa cognitivo que había creado del entorno. En vez de decidir volver a la derecha de la intersección, la rata era capaz de determinar el camino correcto hacia el alimento en cualquier parte donde estuviera dispuesto.

Un mapa cognitivo es una representación espacial del mundo externo que se guarda dentro de la mente, hasta que una manifestación actual de este conocimiento percibido genera un mapa mental. La creación de un mapa cognitivo es

un hecho implícito, mientras que un mapa mental es la parte explícita del mismo proceso. En la mayoría de los casos, un mapa cognitivo existe independiente de un mapa mental, pero una exposición que cubra solo mapas cognitivos permanece limitada a consideraciones teóricas.

Esta capacidad del cerebro para superponer recuerdos, es lo que crea un mapa cognitivo, que supone una colección de recuerdos en multicapa. Aprender de qué modo el cerebro computa la navegación supone un paso más para comprender de qué manera se construyen las redes en la corteza cerebral, la parte del cerebro responsable de la imaginación, el razonamiento y la planificación.

La formación de mapas cognitivos es una función del hipocampo, la cual se conecta con el resto del cerebro para la integración de la información espacial y no espacial. Las conexiones de la corteza postrinal y la corteza lateral entorrinal proporcionan información no espacial. La integración de toda esta información en el hipocampo hace que sea éste el lugar para la formación de mapas cognitivos, lo cual implica la información combinada de la localización de un objeto y sus otras características.

La hipótesis del “mapa cognitivo” se ha reforzado por el posterior descubrimiento de las “células de dirección de la cabeza”, las “células de red” y las “células de límite o de frontera” en diferentes partes del cerebro de roedor, que están fuertemente conectadas al hipocampo.

O’Keefe y Nadel fueron los primeros en establecer una relación entre el hipocampo y los mapas cognitivos. Muchos estudios adicionales han aportado evidencias que apoyan esta conclusión, y así células piramidales tales como las células de lugar, las de límite y las de red, representan las bases neuronales para los mapas cognitivos en el sistema del hipocampo. Las células de lugar individuales del hipocampo se corresponden con lugares separados en el entorno, siendo la suma de todas las células lo que contribuye a la formación de un solo mapa de un entorno completo.

El mapa cognitivo se genera a partir de un número de fuentes, visuales o cualquier otra. Gran parte del mapa cognitivo se crea a través de pistas de movimiento auto-creadas. Señales de entrada desde los sentidos, tales como visión, propiocepción, olfato y oído, se utilizan para deducir la localización de un sujeto en su entorno a medida que se mueve. Esto permite, mediante la integración de etapas,

la creación de un vector que representa la posición del sujeto y la dirección dentro de un entorno en comparación con un punto de referencia anterior.

Para crear el mapa cognitivo se usan también pistas de dirección y puntos de referencia posicionales. Las pistas de dirección explícitas, como las señales de una brújula, o también gradientes, como las sombras o los campos magnéticos, se usan como señales de entrada para crear un mapa cognitivo. Las pistas direccionales pueden usarse, estáticamente, cuando un sujeto no se mueve dentro de su entorno, o dinámicamente, cuando se usa el movimiento a través de un gradiente para proporcionar la naturaleza del entorno circundante. Los puntos de referencia de posición proporcionan información acerca del entorno al comparar la posición relativa de objetos específicos, mientras que las señales de dirección proporcionan información acerca de la forma del entorno mismo. Estos puntos de referencia se procesan juntos en el hipocampo para proporcionar una gráfica del entorno a través de lugares relativos.

Memoria episódica

La memoria episódica codifica experiencias personales y se usa para la recuperación consciente de eventos y episodios de nuestro pasado que han ocurrido en un momento determinado. La contribución de los circuitos hipocampales a la memoria episódica de alta capacidad se atribuye a menudo al gran número de patrones de actividad ortogonal que pueden almacenarse en estas redes. La memoria episódica se caracteriza por una enorme capacidad de almacenamiento. Miles de nuevas experiencias se codifican cada día. Pasados esos días, meses o años somos capaces de recuperar detalles de aquellas experiencias, tales como dónde tuvo lugar el evento, quién estuvo presente y qué hicieron los que asistían. La capacidad de almacenar grandes cantidades de experiencias con mínima interferencia depende de las propiedades de la red neuronal del hipocampo, particularmente aquellas del sistema CA3, el cual puede describirse como una red auto-asociativa con fuerte conectividad intrínseca. Los recuerdos o memorias pueden ser almacenados reforzando conexiones entre neuronas que eran activas en el estado de codificación. Estas células parecen ser reactivas durante la recuperación de la memoria después de la estimulación de un subgrupo del conjunto.

La capacidad de recuperar recuerdos a partir de señales de entrada que son solo parcialmente similares a la original, tiene el riesgo de activar un conjunto

neuronal distinto. El hipocampo expresa varios mecanismos para prevenir las interferencias, que aseguran que las nuevas representaciones se solapen de manera mínima con las preexistentes. Ortogonalizando las representaciones, las redes hipocampales no solo minimizan las interferencias sino también maximizan el número de experiencias que pueden estar acumuladas en la misma red. Evidencia de esta idea la proporciona el hecho de que cuando los animales se analizan en ambientes con características comunes, las representaciones de los entornos en las células de lugar hipocampales, en CA3, son a menudo similares a lo esperado por casualidad. Las células de lugar son células del hipocampo que “disparan” específicamente cuando el animal se encuentra en un determinado lugar.

Cada lugar en un entorno se define por una combinación única de células de lugar activas. Cuando una propiedad clave del entorno cambia, tal como la forma de la caja de registro o la naturaleza de la tarea experimental, se puede obtener un patrón de disparo completamente nuevo. Este recambio del conjunto activo se refiere como un “remapeado”. La formación de mapas de lugar ortogonales en un solo entorno, seguido solo de cambios mínimos en las propiedades del entorno, refleja mecanismos similares a aquellos usados para “desambiguar” lugares y acontecimientos en la memoria hipocampal.

■ Descubrimiento de las células de lugar

El científico John O’Keefe poseía una formación en psicología fisiológica, adquirida al trabajar con Ronald Melzack en la McGill University, antes de trasladarse al laboratorio de investigación del dolor con Patrick Wall en el University College de Londres, donde comenzó sus investigaciones sobre el comportamiento de animales. La teoría que relaciona el hipocampo con la percepción espacial, tenía sus mayores defensores en O’Keefe y Nadel, quienes estaban influidos por las teorías de Tolman sobre los “mapas cognitivos” en humanos y animales. O’Keefe y su discípulo Dostrovsky descubrieron en 1971 unas neuronas de rata situadas en la parte dorsal del hipocampo, denominada CA1, que mostraban actividad relacionada con la localización de la rata en su entorno, a las que denominaron “células de lugar” o “células de posicionamiento”. A pesar del escepticismo de otros investigadores, O’Keefe y sus colaboradores, continuaron estudiando y en 1978 redactaron un libro muy influyente titulado *The Hippocampus as a Cognitive Map*. Actualmente existe un acuerdo casi universal de que el hipocampo desempeña un papel importante en la función de la codificación espacial.

John O'Keefe descubrió las células de lugar cuando estudiaba el comportamiento en ratas que se movían libremente en un recinto cerrado. En estos estudios se registraban los “disparos” producidos por las sinapsis de estas neuronas cuando la rata se encontraba en un lugar determinado de su entorno. En el cuadrado gris de la figura 4, los puntos naranja son disparos de una neurona y la línea negra la trayectoria de la rata en el recinto cuadrado. El descubrimiento de las células de lugar condujo a la hipótesis de que el hipocampo puede actuar formando un mapa cognitivo, es decir, la representación neural del esquema espacial del entorno. Es frecuente observar que sin un hipocampo plenamente funcional, los humanos no recordarían donde han estado y como llegar al lugar donde se dirigen: la sensación de extravío es uno de los síntomas más comunes de amnesia. Los estudios con animales han mostrado que se requiere un hipocampo intacto para algunas tareas de memoria espacial, en particular aquellas que precisan encontrar un camino hacia un objetivo oculto. Muchas neuronas del hipocampo de rata y ratón responden como células de lugar, disparando potenciales de acción cuando el animal atraviesa por una zona específica de su entorno. Las células de lugar del hipocampo interactúan con las células de orientación de la cabeza, y también con las células de red, en las cercanías de la corteza entorrinal.

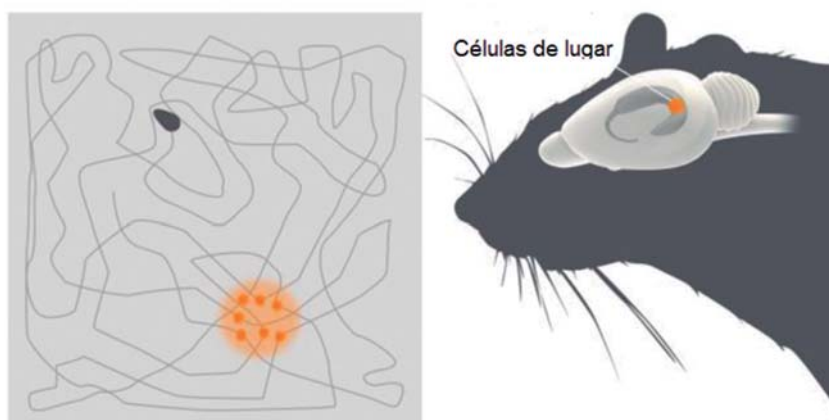


Figura 4. Células de lugar. En la derecha aparece el esquema de una rata donde se muestra el hipocampo, en el que se encuentran las células de lugar, señalado en color naranja. El cuadrado gris muestra el esquema de un recinto cerrado donde la rata se mueve libremente. Las células de lugar disparan cuando la rata alcanza un lugar particular en el entorno. Los puntos en naranja indican el lugar que ocupa de la rata en el recinto cuando se activa la célula de lugar. Diferentes células de lugar en el hipocampo disparan en diferentes lugares (Kiahn y Forssberg, 2014, modificado).

Este descubrimiento ha llevado a considerar que el hipotálamo actúa como un mapa cognitivo, es decir, una representación neural del esquema espacial del entorno. La hipótesis del “mapa cognitivo” ha sido reconocida al descubrirse las células de dirección de la cabeza, las células de red y las células de frontera. Una propiedad dominante de las células de lugar es que exhiben fase de precesión theta en los estados de alerta y actividad, un agregado de frecuencia de oscilación theta dominante (4-8 Hz) en el hipocampo, de manera que los disparos de una célula de lugar ocurren más pronto o más tarde según la oscilación dominante que depende de la distancia física del animal.

Un prerequisite para los experimentos de O’Keefe fue el desarrollo de técnicas de registro apropiadas para ser utilizadas en animales en movimiento libre. O’Keefe conocía estas técnicas, aunque no era el primero en utilizarlas para registrar la actividad de las células del hipocampo en animales intactos. De esta manera pudo registrar la actividad celular durante el comportamiento natural, lo que le permitió observar “campos de lugar” individuales y relacionar la actividad neural en las células de lugar para representar el sentido del lugar.

Una célula de lugar es un tipo de neurona piramidal dentro del hipocampo, que tiene la capacidad de activarse según la posición del animal en su entorno. Esta activación da lugar a una serie de “disparos” que pueden ser registrados a medida que el animal se mueve, previa implantación en el cerebro de la rata de unos finos electrodos directamente en el hipocampo. Los electrodos que son lo suficientemente sensibles para registrar la actividad, alimentan un computador y mapean el lugar del recinto donde las neuronas disparan. Esto se muestra en una pantalla (figura 5). Con esta técnica O’Keefe observó que cuando una rata a la que se le han implantado los electrodos, se situaba en un recinto cerrado donde la rata podía moverse libremente, el patrón de disparo de estas células resultó ser completamente inesperado. Las células se activaron de una manera que nunca había sido vista en otra célula de cerebro. Las células de lugar individuales se activaban solo cuando la rata se encontraba en un lugar particular de su entorno, lugar al que se denominó “campo de lugar”. Cambiando de manera sistemática el entorno y probando diferentes posibilidades teóricas para la creación de campos de lugar, O’Keefe mostró que las células de lugar que disparaban no reflejaban actividad en las neuronas sensoriales, sino que esto representaba un complejo del entorno.

Aunque las células de lugar son parte de un sistema cortical no sensorial, su comportamiento de “disparo” se relaciona con la señal de entrada sensorial. Las

células de lugar, por tanto, disparan cuando el animal se localiza en los campos de lugar. Estos circuitos pueden tener implicaciones importantes en la memoria, ya que proporcionan el contexto espacial para recuerdos y pasadas experiencias. Como muchas otras partes del cerebro, los circuitos de las células de lugar son dinámicos y se están constantemente ajustando y re-mapeando para adaptar la situación actual y la experiencia del cerebro. Las células de lugar no funcionan solas para crear la representación visuoespacial, sino que forman parte de un circuito complejo que informa el lugar de la conciencia y la memoria.

En posteriores experimentos, O'Keefe demostró que las células de lugar podían tener funciones de memoria. La simultánea reordenación de muchas células de lugar en diferentes entornos fue denominada re-mapeado y O'Keefe observó que este re-mapeado se aprende y, una vez que está establecido, permanece estable durante mucho tiempo. Las células de lugar, por tanto, pueden proporcionar un sustrato celular para los procesos de memoria, donde un recuerdo o un entorno pueden ser almacenados como combinaciones específicas de las células de lugar.

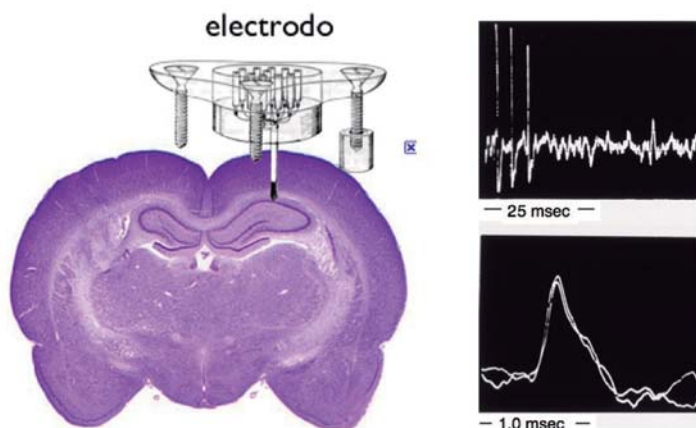


Figura 5. Implante de paquetes de electrodos en el hipocampo. En la derecha están registrados los potenciales de acción de una neurona cuando uno de los electrodos está suficientemente cerca de la neurona. Arriba, derecha: registro relativamente lento, que muestra tres picos. Abajo, derecha: registro más rápido de un solo pico (Muller et al., 1987).

Un mapa que muestra la intensidad de disparos en un área determinada es el método utilizado para describir la actividad promedio de una célula de lugar obtenida en una sesión de registro. En la figura 6 se muestra el esquema de un mapa en el que se representa el promedio de la intensidad de disparos durante los quin-

ce minutos de registro. El color amarillo del fondo indica ningún disparo mientras que a color más oscuro mayor intensidad de disparos. En figura 6 se muestra la actividad de una célula de lugar típica en un campo de disparo circular.

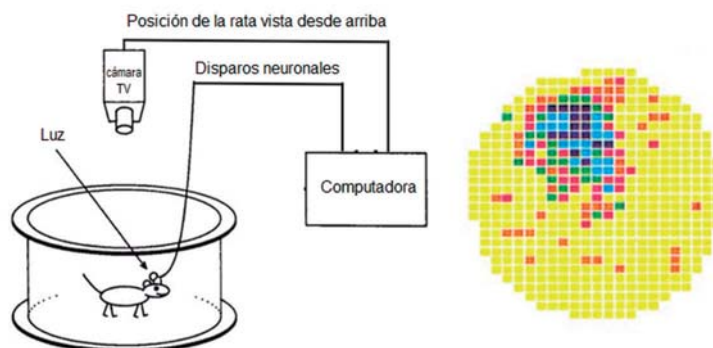


Figura 6. Izquierda: esquema de la metodología utilizada para el registro de los “disparos”. La rata con los electrodos implantados se mueve libremente en una jaula cilíndrica y lleva una luz en la cabeza para seguirla la pista con la cámara. **Derecha:** mapa de la intensidad de disparos emitidos por una célula de lugar. Amarillo significa no disparos. El color cuanto más oscuro significa mayor intensidad de disparos (Kubie, Ranck y Muller, 1987 modificada).

Kubie, Ranck y Muller en 1987 estudiaron con este método las células de lugar en el hipocampo que disparan cuando la rata se mueve libremente a través de su restringido entorno cilíndrico. Aunque John O’Keefe había descubierto las células de lugar del hipocampo bastantes años antes, la comunidad científica estaba todavía escéptica. Nadie las había visto, su existencia no se ajustaba a las teorías en curso y eran difíciles de documentar. Sin embargo, las células de lugar estaban ahí. Las células de lugar aparecían como una conexión mágica entre las células del cerebro, el conocimiento y el comportamiento.

Diferentes células de lugar podían activarse en diferentes lugares y la combinación de la actividad de muchas células de lugar creaba un mapa interno que representaba un entorno particular. O’Keefe y Nadel en 1978 concluyeron que las células de lugar proporcionaban al cerebro un mapa de referencia espacial o un sentido del lugar. Demostraron que el hipocampo puede contener múltiples mapas representados por combinaciones de la actividad de diferentes células de lugar que se activaban en diferentes tiempos y entornos. Una combinación de serie específica de células de lugar activas puede, por tanto, representar un entorno único, mientras que otras combinaciones representan otros entornos. Los descu-

brimientos de O'Keefe han demostrado que la teoría del mapa cognitivo tenía su representación en cerebro.

Como ya se comentó con anterioridad, al principio la proposición de O'Keefe que implicaba al hipocampo en la navegación espacial fue tomada con escepticismo. Sin embargo, más tarde fue apreciado el descubrimiento de las células de lugar, la meticulosa demostración de que estas células representan un mapa mental lejos de la primera entrada sensorial, y la propuesta de que el hipocampo contenía un mapa interno que podía almacenar información acerca del entorno. El descubrimiento de O'Keefe promovió un gran número de estudios teóricos y experimentales sobre el compromiso de las células de lugar en la generación de información espacial y en los procesos de la memoria espacial. La idea general de estos estudios es que la función clave de las células de lugar es crear un mapa del entorno, aunque pueden también estar implicadas en la medición de la distancia en ciertas circunstancias. Sus observaciones en ratas dieron pie a estudiar la conducta de las aves que almacenan alimentos en lugares ocultos, que son capaces de encontrar después de mucho tiempo en cientos de lugares diferentes.

Desde hace mucho los psicólogos han estudiado cómo los animales se movían y se relacionaban con el espacio, para de esta manera comprender las amplias reglas que gobiernan el cómo y el por qué hacemos lo que hacemos. Inicialmente se pensó que el comportamiento era simplemente una consecuencia de respuestas desencadenadas por estímulos, pero cuando Tolman en 1948 sugirió una nueva manera de observar el comportamiento en el cerebro humano y de otros animales, mediante un mapa de su entorno espacial que codifica la experiencia, esta idea fue la que condujo a la introducción del mapa cognitivo.

La tan repetida idea de Tolman fue debatida y no aceptada hasta que en 1971 O'Keefe y Dostrovsky descubrieron las células de lugar. Las células de lugar que disparan cuando un animal se encuentra en un lugar específico, se localizan en el hipocampo, estructura en el interior profundo del cerebro debajo de la corteza cerebral. En los experimentos, estas células disparan cuando la rata se encuentra en un cierto lugar en su ambiente local. Este descubrimiento también ayudó a demostrar que los humanos y otros animales podían crear mapas mentales, en vez de depender de puntos de referencia. En 1978, O'Keefe y Lynn Nadel dieron un paso más allá, proponiendo que las células de lugar proporcionan a los animales una representación dinámica y continuamente actualizada del espacio y de la posición del animal en el espacio. Tolman tenía razón.

■ Descubrimiento de las células de red

El principal interés de estos descubrimientos era comprender cómo el cerebro computa y procesa la información y cómo esta información se transforma en comportamiento cognitivo y experiencia. May-Britt y Edvard Moser enfocaron sus investigaciones en la navegación espacial y en la memoria, una función cognitiva que es compartida por todos los animales. Con la combinación de lesiones avanzadas y técnicas anatómicas consiguieron descubrimientos importantes. El más espectacular de todos fue el descubrimiento de las “células de red” (*grid cells*) en la corteza entorrinal y el observar que la corteza entorrinal es una mina de oro para estudios de la computación neural. El descubrimiento de las células de red se logró al identificar otros tipos de células funcionales, incluyendo las células de dirección de la cabeza, células conjuntivas y células de frontera y colectivamente los hallazgos apuntaron a la corteza entorrinal como un centro de redes cerebrales que permitía encontrar el camino. En combinación con las células de lugar del hipocampo, la red entorrinal proporciona un “sistema coordinado” para la medida de la distancia y dirección en el interior de constelaciones y puntos de referencia.

Las células de red derivan su nombre del hecho que conectando los centros de sus campos de disparo aparece una red triangular. Fueron descubiertas en 2005 por Edvard Moser y May-Britt y sus colaboradores Torkel Hafting, Marianne Fyhn y Sturla Molden en el Centro de Biología de la Memoria (CBM) de Noruega. Los descubrimientos de los Moser unidos a los de John O’Keefe han desvelado las células que constituyen un sistema de posicionamiento en cerebro. La disposición de los campos de disparo espaciales a igual distancia de sus vecinos conduce a la hipótesis que estas células codifican una representación cognitiva de un espacio euclidiano. El descubrimiento también sugiere un mecanismo para la computación dinámica de autopoición basada en la información de posición y dirección.

En los años ochenta y noventa pasados, la teoría que prevalecía era que la formación de células de lugar se originaba en el mismo hipocampo. May-Britt Moser y Edvard Moser, que entonces se encontraban estudiando el hipocampo durante su Tesis Doctoral en el laboratorio de Per Andersen en Oslo y posteriormente como científicos invitados en el laboratorio de Richard Morris en Edimburgo y en el laboratorio de John O’Keefe en Londres, se preguntaron si los disparos de las células de lugar podían ser generados por actividad fuera del hipocampo. La principal entrada de señales en el hipocampo procede de una estructura en el borde dorsal del cerebro de rata, la corteza entorrinal. Una gran parte de las señales de

salida desde la corteza entorrinal se proyecta al *girus* dentado en el hipocampo, el cual a su vez, conecta con la región del hipocampo denominada CA3, y posteriormente a la región CA1. Es interesante observar que esta es la misma región del cerebro en la cual O'Keefe encontró por vez primera las células de lugar. En 2002 los Moser encontraron que si se desconectaban las proyecciones desde la corteza entorrinal a través de CA3 no se abolían los campos de lugar de CA1. Estos hallazgos y el conocimiento de que la corteza entorrinal media está también directa y recíprocamente conectada con la región CA1, llevaron a May-Britt Moser y a Edvard Moser a buscar células de lugar en la corteza entorrinal. En un primer estudio establecieron, al igual que lo habían hecho otros, que la corteza entorrinal media contenía células que compartían características con las células de lugar del hipocampo. Sin embargo, en un estudio posterior utilizando espacios más grandes para que los animales se moviesen con más amplitud, encontraron un nuevo tipo de células, que ellos denominaron células de red (*grid cells*), con propiedades diferentes.

Las células de red mostraron un patrón de disparo asombroso. Eran activas en múltiples lugares en jaula abierta y juntas formaban nodos de una red hexagonal extendida (figuras 7 y 8), similar a la disposición hexagonal de una colmena. Las células de red de la misma zona de la corteza entorrinal media, disparan con el mismo espacio y orientación que la red, pero en diferente fase, de manera que cubren cada punto en el entorno.

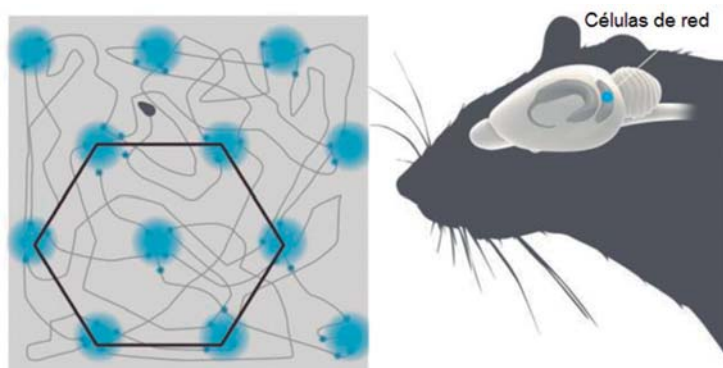


Figura 7. A la derecha se muestra el esquema de una ratona señalando en azul la corteza entorrinal donde se encuentran las células de red. Una sola célula de red dispara cuando el animal alcanza un lugar particular en el suelo del recinto. Estos lugares se disponen siguiendo un modelo hexagonal (Kiahn y Forssberg, 2014, modificado).

Los Moser encontraron que la distancia de las células de red en la corteza entorrinal media varía con campos más grandes en la zona ventral de la corteza. También demostraron que la formación de la red no surge de una simple transformación de señales motoras o sensoriales sino de actividad compleja de la propia red.

Este patrón de red no había sido visto antes en ninguna célula del cerebro. Los Moser concluyeron que las células de red eran parte de un sistema de navegación o vía de integración. El sistema de red proporcionaba una solución para medir distancias de movimiento y añadía una medida a los mapas espaciales del hipocampo.

Los Moser más tarde demostraron que las células de red estaban embebidas en un entramado en la corteza entorrinal media con “células de dirección de la cabeza” y “células de límite o frontera”, y en muchos casos con células con una función combinada. Las células de dirección de la cabeza fueron descritas por primera vez por James Ranck (1985) en otra parte del cerebro, el *subiculum*, actúan como una brújula y son activas cuando la cabeza del animal apunta a una cierta dirección. Las “células de límite” se activan cuando el animal, que se mueve en un recinto cerrado, se encuentra con una pared. La existencia de las células de límite fue vislumbrada en modelos teóricos por Keefe et al. (Hartley, et al. 2000) y descubiertas por Taube (2000). Los Moser mostraron que las células de red, las células de dirección de la cabeza y las células de límite se proyectaban hacia las células de lugar del hipocampo. Utilizando registros obtenidos a partir de múltiples células de red en diferentes partes de la corteza entorrinal, demostraron también que las células de red estaban organizadas en módulos funcionales con diferentes espacios entre la red, que fluctuaban entre pocos centímetros hasta metros, según cubrieran entornos pequeños o grandes.

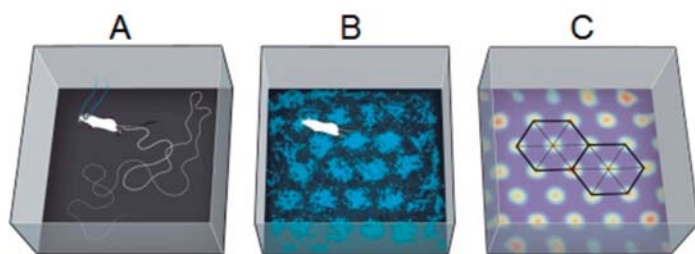


Figura 8. A. Rata en movimiento. Al insertar electrodos en la corteza entorrinal de una rata se midieron las señales eléctricas de células de red individuales mientras la rata se movía alrededor de una caja comiendo briznas de chocolate. **B. Esquema de disparo.** Una célula de red individual dispara cuando la rata cruza ciertos puntos en el suelo del recinto. El resultado es que los puntos obtenidos forman una red hexagonal a modo de un panal de miel. **C. Sistema de posicionamiento.** Un esquema hexagonal es la mayor resolución posible con muy pocas células. Cada célula genera su propia red y los esquemas superpuestos ayudan al animal a reconocer su situación y dirección (Abbott Nature news, 2014, modificado).

Los Moser posteriormente exploraron la relación entre las células de red y las células de lugar en modelos teóricos, en experimentos de lesión y en experimentos de re-mapeo. Estos y otros estudios por los Moser, O'Keefe, y otros grupos han demostrado que existe una influencia recíproca entre las células de red y las células de lugar en la corteza entorrinal media y las células de lugar en el hipocampo y que otras células espaciales en la corteza entorrinal, especialmente las células de límite pueden contribuir a la generación del patrón de disparo de las células de lugar.

Los Moser descubrieron en las células de red un sistema métrico de coordinación espacial y su identificación en la corteza media entorrinal, como un centro de computación para la representación espacial, es una salida que abre nuevos horizontes para avanzar en el conocimiento de los mecanismos neurales implicados en las funciones cognitivas espaciales.

Como se ha descrito anteriormente, el descubrimiento de estas células requirió el uso de micro-electrodos correctamente situados cerca de neuronas individuales en cerebro de las ratas. Los micro-electrodos permitieron también a los Moser evaluar la actividad eléctrica de células dentro de la corteza entorrinal, aunque ellos perfeccionaron esta técnica hasta conseguir establecer contacto con varios cientos de neuronas dentro de una sola corteza entorrinal de rata. Esto les permitió descubrir que el cerebro tenía un número de módulos dedicados a la auto-localización. Cada módulo contenía su propio sistema GPS que lo distinguía de los otros módulos. Este descubrimiento sugirió que la capacidad de fabricar un mapa mental del entorno surgió en tiempos muy tempranos de la evolución. Todas las especies necesitan moverse, por tanto algunos tipos de memoria han surgido a partir de sistemas cerebrales que fueron inicialmente desarrollados para el sentido de posicionamiento del cerebro.

Las células de red de cada módulo del cerebro envían señales a las células de lugar del hipocampo. El efecto combinado de esta actividad de las células de red crea un campo de actividad en el hipocampo, el campo de lugar. Esta señalización es el paso siguiente en la progresión de señales en el cerebro. Cuando el entorno cambia, los diferentes módulos de red reaccionan de manera diferente al cambio, disparando en las nuevas posiciones en el entorno, y la suma lineal activa diferentes células de lugar.

En la práctica, esto significa que las células de red envían un código diferente combinatorial al hipocampo en respuesta a los cambios más sutiles en el ambiente. Así, cada pequeño cambio origina una nueva combinación de células activas, conjunto de células que pueden ser utilizadas para codificar una nueva memoria y que, con la entrada de señales desde el entorno, llega a convertirse en lo que llamamos memorias o recuerdos.

Los diferentes tipos de neuronas de formación hipocampal moduladas por el espacio

Como se ha descrito con anterioridad, las células de lugar fueron descubiertas primero. Ellas disparan cuando el animal se encuentra cerca de un lugar familiar en su entorno, por ejemplo una determinada esquina en un laberinto. Una propiedad a destacar en las células de lugar es que muestran fase de precesión, que es un agregado dominante de frecuencia de oscilación theta (4-8 Hz) en el hipocampo que depende de la distancia física del animal a partir de su localización.

Por el contrario, las células de red no representan lugares particulares en el entorno. En vez de ello ellas revisten el entorno reutilizándose una y otra vez, como las intersecciones de las gráficas de un papel. Las células de red tienen espacios periódicos diferentes, de manera colectiva forman un código flexible universal para mapear el espacio navegable indiferenciado. Un modelo de trabajo es que las células de red mapean el espacio de acuerdo con su estructura y que las células de lugar se sitúan encima de ellas para añadir lugares significativos, tales como dónde se almacena el alimento o cómo cambiar la navegación. Ambos tipos de neuronas ayudan al animal a mapear el espacio para situarse y navegar.

Además de las células de lugar y las células de red, existen otros tipos de neuronas moduladas por el espacio, ya mencionadas en esta revisión, que incluyen las “células de dirección de la cabeza”, las “células de límite o frontera”, y otras, tales como las “células que codifican el lugar de los objetos” y las “células de visión espacial”.

Las células de dirección de la cabeza, identificadas inicialmente en el *subiculum*, pero después por todo el circuito de Papez, codifican la dirección de la cabeza del animal en plano horizontal independiente del lugar. Las células de dirección de la cabeza mantienen la dirección de sus disparos en la oscuridad,

sugiriéndose que pueden activarse en base al auto-movimiento y rotar de manera coherente con las células de red y células de lugar, cuando éstas se activan por estímulos visuales distales, que se acoplan a entradas sensoriales con experiencia.

Las células de límite del *subiculum*, *parasubiculum* y corteza entorrinal media, disparan cuando un límite o frontera está a una determinada distancia y dirección del lugar actual del animal, independiente de la dirección de la cabeza y muestran un segundo campo de disparo a la misma distancia y dirección hacia límites adicionales situados dentro de un entorno familiar. Estas células también mantienen sus patrones de disparo en la oscuridad y rotan con estímulos visuales polarizados, de manera coherente con las células de dirección de la cabeza y las de red. Las neuronas en la corteza entorrinal disparan en respuesta a pistas no espaciales tales como olores, pero raramente muestran sintonizaciones espaciales estables en un campo abierto. Sin embargo, pueden codificar la distancia y dirección relativas al lugar actual o anterior de objetos específicos en un entorno y proporcionan un nivel equivalente de información espacial a células de la corteza entorrinal media en estas condiciones.

Precesión fase Theta

La corteza cerebral es una lámina gris multicapa, formada por neuronas, que cubre los hemisferios cerebrales y cuyo grosor, en humanos, varía de 1,25 mm en el lóbulo occipital a 4 mm en el lóbulo anterior. El tamaño de la corteza cerebral se ha incrementado enormemente durante la evolución y es el crecimiento de esta estructura cerebral lo que se cree que ha dado lugar al ampliamente expandido repertorio de capacidad intelectual en los primates. Los procesos cognitivos complejos tales como la memoria, la imaginación, el razonamiento, la planificación y la toma de decisiones, son ejemplos de funciones que dependen de la actividad a través de las amplias redes corticales. El misterio hasta ahora de cómo estas funciones emergían como producto de la actividad de conjuntos de neuronas está comenzando a ser desvelado. Con los recientes avances en neurociencias se están llagando a profundizar en el fundamento mecanístico que proporcionará las bases en un futuro próximo.

La llamada oscilación theta es un tipo de oscilación que se sitúa entre los 4 y los 12 Hz y que aparece en el cerebro durante la ejecución de movimientos voluntarios. El hipocampo desempeña un papel muy importante en la existencia

de la memoria episódica en humanos pero su funcionamiento neuronal es aún una cuestión abierta. En el hipocampo de las ratas se ha encontrado una sincronización neuronal particular conocida como “precesión de fase theta”. Debido a la similitud entre el hipocampo de la rata y el hipocampo humano, se espera que exista una dinámica similar. A su vez, se considera que la dinámica de tipo theta se asocia con el procesamiento de la información en la navegación espacial. O’Keefe y Recce descubrieron en 1993 una curiosa relación entre la activación de las células espaciales y los ritmos theta. La activación de estas células se sincroniza con el potencial de campo local theta, de manera tal que las fases de activación van avanzando gradualmente conforme la rata pasa a través del recorrido espacial.

¿Qué clase de dinámica neuronal genera esta precesión? Yamaguchi (2003) propuso que sucede debido a la dinámica de sincronización neuronal que tiene lugar en la corteza entorrinal. Las neuronas corticales de la zona entorrinal podrían ser la base para la integración de la velocidad y del movimiento en el recorrido de lugares. Las neuronas piramidales de la corteza entorrinal media muestran una actividad persistente después de ser despolarizadas o después de un período de entradas sinápticas repetidas.

Nuevas tecnologías

Recientes avances tecnológicos han dado la oportunidad a los científicos de llegar más allá de lo que no se podía ni soñar hace unos pocos años. Uno de estos avances es la capacidad de crear mapas funcionales detallados que muestran como las neuronas dialogan unas con otras. El estudio de cómo las células de red se comunican con las células de lugar, permite comprender cómo se conectan las zonas más profundas del cerebro.

Cuando las neuronas envían señales unas a otras, se comportan como los cables eléctricos. Envían una corriente eléctrica en una dirección, partiendo del cuerpo de la neurona y siguiendo un brazo largo, el axón, que se extiende en línea hacia los brazos ramificados o dendritas. Las células del cerebro consiguen así sus señales eléctricas partiendo de series completas de tales conexiones.

Una técnica reciente es la que utiliza virus adeno-asociados altamente modificados (AAV) a modo de sistema de transporte biológico entre las neuronas para comprender mejor cuáles son las neuronas que dialogan con las células de lugar

en el hipocampo. El virus se modifica para que pueda entrar en neuronas específicas y viajar a través del axón y las dendritas. Un gen sensible a la luz se inserta en este sistema vírico de transporte. Este gen se integra en el DNA de la neurona y hace a la neurona sensible a la luz. Normalmente, la neurona se esconde en los huecos más profundos del cerebro en la oscuridad. Así que este proceso permite instalar el equivalente de un interruptor de luz en una red neuronal.

Los Moser usan esta técnica para insertar interruptores de luz dentro de las células de lugar. Entonces se insertan fibras ópticas en el cerebro de la rata, lo que permite transmitir luz a las células de lugar que tienen interruptores de luz en ellas. También implantan micro-electrodos entre las células para detectar las señales enviadas a través de los axones cada vez que se enciende la luz que parte de la fibra óptica. Esto permite observar exactamente la conexión de la comunicación célula-célula y mapear las redes grandes y pequeñas dentro del sistema de navegación computacional del cerebro.

Partiendo de las descripciones iniciales de las células de lugar y las células de red en ratas y ratones, estas células se han encontrado también en otros mamíferos y en humanos. Los humanos poseen grandes estructuras cerebrales hipocampales y entorrinales implicadas en el aprendizaje espacial y en la memoria episódica. Un número de estudios apoyan la idea que el cerebro humano posee un sistema codificador espacial similar al encontrado en otros mamíferos. Se han encontrado células de lugar en el hipocampo y células de red en la corteza entorrinal en cerebro humano de pacientes con epilepsia en investigaciones previas a la cirugía. La similitud de la estructura hipocampal/entorrinal en todos los mamíferos y la presencia de estructuras de tipo hipocámpico en vertebrados no mamíferos con capacidad de navegación, sugiere que el sistema células de lugar/células de red es un sistema robusto conservado en la evolución de los vertebrados.

■ Importancia de estos descubrimientos

Es un tema ampliamente demostrado y de emergente interés que las células de lugar en el hipocampo se encuentran implicadas en el almacenamiento y/o recuperación de la memoria espacial. En base a estas evidencias es oportuno traer a colación que en 1957 Scoville y Milner publicaron un trabajo sobre Henry Molaison, un paciente epiléptico a quien se le eliminaron quirúrgicamente los hipocampos para el tratamiento de su enfermedad. Muchos libros de neurociencia

mencionan el caso de este famoso paciente, que fue identificado por sus iniciales HM hasta su muerte en 2008. Henry Molaison fue intervenido por un neurocirujano en 1953, cuando tenía 27 años para eliminarle los fuertes ataques epilépticos que padecía. En la operación se le extirpó una pequeña parte del cerebro en la que iba incluido el hipocampo (lóbulo temporal medio del cerebro). Las consecuencias de la operación le dejaron marcado el resto de su vida. Henry superó la epilepsia, pero se convirtió en una especie de prisionero del presente, ya que era incapaz de generar nuevos recuerdos o de recordar nada. Su caso fue objeto de estudio durante años y sirvió para determinar la implicación del hipocampo en la adquisición de nuevos recuerdos. A pesar de toda la afectación de la memoria, el paciente mantuvo intacta su capacidad intelectual (su coeficiente intelectual se mantuvo por encima del promedio), su personalidad, lenguaje y la capacidad de percepción. Por todo ello, el paciente participó en investigaciones de manera voluntaria hasta que falleció en 2008 y cedió su cuerpo a la ciencia. Investigadores estadounidenses han diseccionado su cerebro *postmortem* en 2401 cortes histológicos y han creado un mapa tridimensional del órgano, para estudiar el caso.

El artículo publicado en *Nature communications* ayuda a comprender las bases neurológicas de este paciente que revolucionaron los estudios de la memoria humana durante 50 años. El análisis detallado ha permitido a los científicos revelar por primera vez que una zona de la denominada corteza orbitofrontal, que es la región del cerebro involucrada en la toma de decisiones, tenía una pequeña lesión que se sospecha que se infligió durante la cirugía original. Otro de los hallazgos es que una porción importante del hipocampo posterior, que se pensaba que había sido extirpada en la operación, siguió intacta durante años, mientras que la corteza entorrinal, la conexión clave de toda la información que llega al hipocampo, estaba destruida casi por completo. Como conclusión, parece ser que la pérdida de la corteza entorrinal jugó un papel más importante en la pérdida de la memoria que el propio hipocampo. De hecho, esta zona del cerebro es la misma que sufre el mayor impacto durante las etapas tempranas de la enfermedad de Alzheimer. A pesar de estos descubrimientos, esto no invalida el papel del hipocampo en la memoria, confirmada en otros muchos casos.

La pérdida del hipocampo causó déficits severos en la memoria de HM que se hicieron evidentes por la observación clínica de que el paciente fue incapaz de codificar nuevos recuerdos, mientras podía recuperar los antiguos. Había perdido lo que posteriormente se denominó memoria episódica, en referencia a nuestra capacidad para recordar acontecimientos de la propia experiencia. No existe

evidencia directa que demuestre que las células de lugar codifiquen la memoria episódica. Sin embargo, las células de lugar pueden codificar, no solo la situación espacial actual sino también dónde el animal ha estado y dónde va a ir después. El pasado y el presente pueden también superponerse en las células de lugar cuando los animales se mueven rápidamente entre dos entornos físicos diferentes. Una codificación de lugares en el pasado y en el presente puede permitir al cerebro recordar temporalmente una representación ordenada de los acontecimientos, como en la memoria episódica.

Después de que un recuerdo ha sido codificado, el recuerdo sufre posterior consolidación e.g. durante el sueño. El conjunto de registros con multi-electrodos en animales durante el sueño ha hecho posible el estudio de cómo se consolidan los recuerdos de rutas espaciales conseguidos durante la navegación activa. Grupos de células de lugar que son activadas en una secuencia particular durante el comportamiento, manifiestan la misma secuencia de activación en episodios durante el sueño posterior. Esta repetición de la actividad de las células de lugar durante el sueño puede ser un mecanismo de consolidación de los recuerdos, donde los recuerdos se almacenan eventualmente en estructuras corticales.

La actividad de las células de lugar puede ser utilizada para definir la posición en el entorno en un determinado momento y también para recordar pasadas experiencias del entorno. En relación con esta idea se puede citar que el hipocampo de los conductores de taxi en Londres, que tienen que sufrir un entrenamiento intenso para saber cómo navegar a lo largo y ancho de la ciudad sin un mapa, después de un año de entrenamiento, tienen el volumen del hipocampo significativamente mayor que los individuos control.

La concesión del Premio Nobel de Fisiología o Medicina este año a los tres neurocientíficos que han descubierto nuestro GPS interno supone un reconocimiento a los muchos años de trabajo dirigidos a estudiar y comprender los mecanismos que intervienen en la codificación de la información espacial, una cuestión que durante muchos años constituyó un importante reto científico. Este Premio también nos muestra que, en los países avanzados, la neurociencia se considera prioritaria y de valor estratégico, no solo por su inigualable valor para su aplicación en enfermedades neurodegenerativas o psiquiátricas, sino porque el conocimiento del cerebro tiene un claro impacto en nuestra concepción de todo lo que nos

rodea. La comprensión de los procesos cerebrales que manejan la información, apoyada en trabajos como los que se han premiado, están determinando avances revolucionarios en ciencias como la informática y la robótica.

En las últimas décadas, la investigación del sistema de orientación espacial, este GPS cerebral, ha hecho grandes progresos y sigue siendo un campo extremadamente activo en todos los frentes y cada vez hay más pruebas de que la organización de la información espacial es solamente una pequeña parte de las funciones del hipocampo y la corteza entorrinal, las regiones del cerebro en las que se descubrieron las células de lugar y las células de red.

Las investigaciones en este campo, muchas de ellas lideradas por los investigadores a los que hoy se premia, han mostrado que la conjunción de la actividad de estas células permite formar un mapa cognitivo que capacita a reconocer cuándo el animal está en un lugar familiar y puede determinar la trayectoria a recorrer para llegar a otros lugares. Los trabajos de O'Keefe y los Moser nos permiten “saber dónde estamos”, y “cómo llegar a donde queremos ir”.

■ Aplicaciones en clínica y conclusiones

Las enfermedades del cerebro son la causa más común de discapacidad y a pesar del gran impacto que suponen estas enfermedades en la vida de los pacientes y en la sociedad, no existe hasta el momento un modo de prevenir o curar la mayoría de estas enfermedades. La memoria episódica resulta afectada en diversas enfermedades del cerebro, tales como la demencia senil y la enfermedad de Alzheimer. Conocer mejor los mecanismos neurales que se encuentran implicados en la memoria espacial es por tanto, muy importante. Es por eso que los descubrimientos de las células de lugar y las células de red pueden suponer un progreso en la solución de estas patologías. O'Keefe y colaboradores han mostrado, en un modelo de enfermedad de Alzheimer en ratón, que la degradación de las células de lugar se relaciona con el deterioro de la memoria espacial del animal. Aunque no existe un traslado inmediato de estos resultados en animales a la investigación o práctica clínica, hoy se sabe que el hipocampo es una de las primeras estructuras que resultan afectadas en la enfermedad de Alzheimer y el conocimiento del sistema de navegación del hipocampo puede ayudar a comprender el declinar cognitivo observado en los pacientes con esta enfermedad.

Los descubrimientos revolucionarios de John O'Keefe y May-Britt y Edvard Moser, han supuesto un avance extraordinario en el conocimiento de las funciones del el cerebro respecto al procesamiento de las funciones cognitivas y de comportamiento. Un mapa interno del entorno y un sentido de posicionamiento se necesitan para reconocer y recordar nuestro medio ambiente y para navegar a través de este medio. La integración de la información sensorial multimodal, la ejecución del movimiento y la capacidad de memoria, son funciones muy complejas del cerebro. Los descubrimientos de estos investigadores han cambiado de manera radical el conocimiento que teníamos de estas funciones: John O'Keefe con las células de lugar o de posicionamiento, del hipocampo, que señalan la posición y proporcionan la capacidad espacial de la memoria en cerebro, y los Moser con las células de red en la corteza media entorrinal, que proporcionan un sistema interno coordinado, esencial para el movimiento. Juntas, las células de lugar y las células de red forman un entramado que establece conexión entre las células nerviosas y es crítico para el procesamiento de mapas espaciales y patrones de movimiento. Estos hallazgos han conseguido encontrar explicación a una serie de funciones fundamentales cognitivas y su relación mediante circuitos neurales en cerebro, han proporcionado nuevos conocimientos acerca de cómo se crea la memoria espacial y han promovido investigaciones en mamíferos que han abierto nuevos campos para el estudio de los procesos cognitivos en cerebro.

■ Glosario

AAV: virus adeno-asociados altamente modificados, que se utilizan como de sistema de transporte biológico entre las neuronas para comprender mejor cuáles son las neuronas que dialogan con las neuronas de lugar en hipocampo.

Célula de lugar (*place cell*): neurona de tipo piramidal dentro del hipocampo, que tiene la capacidad de activarse según la posición del animal (rata) en su entorno. Esta activación produce una serie de disparos debidos a las sinapsis, que pueden ser registrados implantando en el cerebro del animal unos finos electrodos directamente en el hipocampo, y registrando desde ellos a medida que el animal se mueve.

Campo de lugar (*place field*): lugar particular de un entorno donde las células de lugar individuales se activan y producen una serie de disparos.

Célula de red (*grid cell*): neurona especialmente abundante en el estrato II de la corteza entorrinal media, que muestra un patrón de disparo en múltiples lugares dispuestos en un enrejado periódico hexagonal similar a la disposición de una colmena. La unidad de ese patrón es un triángulo equilátero. Las células de red existen también en cantidades menores en capas más profundas de la corteza entorrinal y en el pre y para-subiculum.

Célula de límite o frontera: neurona que se activa cuando el animal, que se mueve en un recinto cerrado, se encuentra con una pared. La existencia de las células de límite fue vislumbrada en modelos teóricos por Keefe et al. (Hartley, et al., 2000).

Célula de dirección de la cabeza: neurona que actúa como una brújula y se activa cuando la cabeza del animal apunta a una cierta dirección. Fue descrita por primera vez por James Ranck (1985) en otra parte del cerebro, el *subiculum*.

Circuito de Papez: conjunto de estructuras nerviosas situadas en el cerebro, que forman parte del sistema límbico y están implicadas en el control de las emociones.

Corteza entorrinal: área del cerebro situada en el lóbulo temporal medio que funciona como un centro en una red generalizada para la memoria y la navegación.

Hipocampo: zona del cerebro localizada en la parte media del lóbulo temporal. Forma parte del sistema límbico y es una estructura fundamental en los diferentes tipos de memoria explícitas o conscientes e implícitas o inconscientes.

Mapa cognitivo y mapa mental: mapa cognitivo es una representación espacial del mundo externo que se guarda dentro de la mente, hasta que una manifestación actual de este conocimiento percibido genera un mapa mental. La creación de un mapa cognitivo es un hecho implícito, mientras que un mapa mental es la parte explícita del mismo proceso.

Memoria episódica: es la memoria que codifica experiencias personales y se usa para la recuperación consciente de eventos y episodios de nuestro pasado que han ocurrido en un momento determinado. Se caracteriza por su enorme capacidad de almacenamiento.

■ Bibliografía consultada

- Abbott, A. (2014). Neuroscience: Brains of Norway. Nobel prizewinners May-Britt Moser and Edvard Moser have spent a career together near the Arctic Circle exploring how our brains know where we are *Nature News* 514, 154-157.
- Alme, C.B., Miao, C., Jezek, K., Treves, A., Moser, E.I. y Moser, M-B. (2014). Place cells in the hippocampus: Eleven maps for eleven rooms *PNAC* (publicado antes de imprimir) 8 Diciembre.
- Bennett, A.T.D. (1996). Do animals have cognitive maps? *J Exper Biol* 199, 219-224.
- Bonnevie, T., Dunn, B., Fyhn, M., Hafting, T., Derdikman, D., Kubie, J.L., Roudi, Y., Moser, E.I. y Moser, M-B. (2013). Grid cells require excitatory drive from the hippocampus. *Nature Neuroscience* 16, 309-317.
- Brun, V.H., Otnass, M.K., Molden, S., Steffenach, H.A., Witter, M.P., Moser, M-B. y Moser, E.I. (2002). Place cells and place recognition maintained by direct entorhinal-hippocampal circuitry. *Science* 296, 2243-2246.
- Bush, D., Barry, C. y Burgess, N. (2014). What do grid cells contribute to place cell firing? *Trends in Neurosci* 37, 136-145.
- Cacucci, F., Yi, M., Wills, T.J., Chapman, P. y O'Keefe, J. (2008). Place cell firing correlates with memory deficits and amyloid plaque burden in Tg2576 Alzheimer mouse model. *PNAS* 105, 7863-7868.
- Corkin, S. (2002). What's new with the amnesic patient HM? *Nature Rev Neurosci* 3, 153-160.
- Doeller, C.F., Barry, C. y Burgess, N. (2010). Evidence for grid cells in a human memory network. *Nature* 463, 657-661.
- Ferbinteanu, J. y Shapiro, M.L. (2003). Prospective and retrospective memory coding in the hippocampus. *Neuron*, 40, 1227-1239.
- Fyhn, M., Hafting, T., Treves, A., Moser, M-B. y Moser, E.I. (2007). Hippocampal remapping and grid realignment in entorhinal cortex. *Nature* 446, 190-194.

- Fyhn, M., Molden, S., Witter, M.P., Moser, E.I., and Moser, M-B (2004). Spatial representation in the entorhinal cortex. *Science* 305, 1258-1264.
- Hafting, T., Fyhn, M., Molden, S., Moser, M-B., Moser, E.I. (2005). Microstructure of a spatial map in the entorhinal cortex. *Nature*. 436, 801-806.
- Hafting, T., Fyhn, M., Bonnevie, T., Moser, M-B y Moser, E.I. (2008). Hippocampus-independent phase precession in entorhinal ridge cells. *Nature* 453, 1248-1252.
- Hartley, T., Burgess, N., Lever, C., Cacucci, F. y O'Keefe, J. (2000). Modeling place fields in terms of the cortical inputs to the hippocampus. *Hippocampus*, 10, 369-379.
- Jacobs, J., Kahana, M.J., Ekstrom, A.D., Mollison, M.V. y Fried, I. (2010). A sense of direction in human entorhinal cortex. *PNAS* 107, 6487-6492.
- Jacobs, J., Weidemann, C.T., Miller, J.F., Solway, A., Burke, J.F., Wei, X.X., Suthana, N., Sperling, Fyhn, M., Molden, S., Witter, M.P., Moser, E.I. y Moser, M-B (2004). Spatial representation in the entorhinal cortex. *Science* 305, 1258-1264.
- Jacobs, L.F. y Schenk, F. (2003). Unpacking the cognitive map: The parallel map theory of hippocampal function. *Psychol Rev* 110, 285-315.
- Khan, U.A., Liu, L., Provenzano, F.A., Berman, B.E., Profaci, C.P., Sloan, R., Mayeux, R., Duff, K.E. y Small SA (2014). Molecular drivers and cortical spread of lateral entorhinal cortex dysfunction in preclinical Alzheimer's disease. *Nature Neuroscience* 17, 304-311.
- Kiahn, O. y Forssberg, H. (2014). The brain's navigational place and grid cell system. Karolinska Institutet. *Neurosciences. Nobel Committee*. pp 1-9.
- Kitchin, R.M. (1994). Cognitive Maps: What Are They and Why Study Them? *J Environ Psychol* 4, 1-19.
- Maguire, E.A., Gadian, D.G., Johnsrude, I.S., Good, C.D., Ashburner, J., Frackowiak, R.S. y Frith, C.D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *PNAS* 97, 4398-4403.
- Moser, E.I., Kropff, E., y Moser, M.B. (2008). Place cells, grid cells, and the brain spatial representation system. *Annu Rev Neurosci* 31, 69-89.

- Moser, E.I. y Moser, M.B. (2014). Mapping Your Every Move. *Cerebrum* Mar-Apr, 4.
- Moser, E.I., Roudi, Y., Witter, M.P., Kentros, C., Bonhoeffer, T., Moser, M.B. (2014). Grid cells and cortical representation, *Nature Rev Neurosci* 15, 466-481.
- Muller, R.U., Kubie, J.L. y Ranck, B.R. (1987). Spatial firing patterns of hippocampal complex-spike cells in a fixed environment. *J Neurosci* 7, 1935-1950.
- O'Keefe, J., Dostrovsky, J. (1971). The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. *Brain Res* 34, 171-175.
- O'Keefe, J. (1976). Place units in the hippocampus of the freely moving rat. *Experimental Neurology* 51, 78-109.
- O'Keefe J., Nadel, L. (1978). *The Hippocampus as a Cognitive Map*. Oxford: Clarendon Press.
- O'Keefe, J. y Conway, D.H. (1978). Hippocampal place units in the freely moving rat: why they fire where they fire. *Experimental brain research* 31, 573-590.
- O'Keefe, J. y Speakman, A. (1987). Single unit activity in the rat hippocampus during a spatial memory task. *Experimental brainresearch* 68, 1-27.
- O'Keefe, J. y Recce, M.L. (1993). Phase relationship between hippocampal place units and the EEG theta rhythm. *Hippocampus* 3:317-330.
- Ranck, J.B. (1985). Head direction cells in the deep cell layer of dorsal presubiculum in freely moving rats. En: *Electrical activity of the archicortex*. CV G Buzsaki ed. (Budapest Akademiai, Kiado) pp 217-220.
- Sargolini, F., Fyhn, M., Hafting, T., McNaughton, B.L., Witte, M.P., Moser, M-B. y Moser, E.I. (2006). Conjunctive representation of position, direction, and velocity in the entorhinal cortex. *Science* 312, 758-762.
- Savelli, F., Yoganarasimha, D. y Knierim, J.J. (2008). Influence of boundary removal on the spatial representations of the medial entorhinal cortex. *Hippocampus*.18, 1270-1282.
- Scoville, W.B., y Miller, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Jour Neurol Neurosurgery and Psychiatry*, 20, 11-21.

- Skaggs, W.E., McNaughton, B.L. (1996). Replay of neuronal firing sequences in rat hippocampus during sleep following spatial experience. *Science* 271, 1870-1873.
- Solstad, T., Boccara, C.N., Kropff, E., Moser, M-B., Moser, E.I. (2008). Representation of geometric borders in the entorhinal cortex. *Science* 322, 1865–1868.
- Strumwasser, F. (1958). Long-term recording from single neurons in brain of unrestrained mammals. *Science*, 127, 469-670.
- Stensola, H., Stensola, T., Solstad, T., Frøland, K., Moser, M-B., Moser, E.I. (2012). The entorhinal grid map is discretized. *Nature*. 492, 72–78.
- Taube, J.S., Muller, R.U. y Ranck, J.B. Jr (1990). Head-direction cells recorded from the postsubiculum in freely moving rats. I Description and quantitative analysis. *J Neurosci* 10, 420-435.
- Taube, J.S., Muller, R.U. y Ranck, J.B. Jr (1990). Head-direction cells recorded from the postsubiculum in freely moving rats. II Effects of environmental manipulations. *J Neurosci* 10, 436-447.
- Tolman, E.C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychol Rev.* 55, 189-208.
- Tulving, E. y Markowitsch, H.J. (1998). Episodic and declarative memory: role of the hippocampus. *Hippocampus* 8, 198-204.
- Villacort-Atienza, J.A. y García-Velarde, M. (2010). Compact internal representation of dynamic situations: neural network implementing the causality principle. *Biol Cybern* 103, 285-297.
- Wilson, M.A. y McNaughton, B.L. (1994). Reactivation of hippocampal ensemble memories during sleep. *Science* 265, 676-679.
- Yamaguchi, Y. (2003). A theory of hippocampal memory based on theta phase precession. *Biol Cybern.* 289, 1-9.
- Zhang, S.J., Ye, J., Miao, C., Tsao, A., Cerniauskas, I., Ledergerber, D., Moser, M-B., Moser, E.I. (2013). Optogenetic dissection of the entorhinal-hippocampal functional connectivity. *Science*. 340, 123- 126.

Premio Nobel de Física 2014

DIODOS QUE EMITEN LUZ AZUL EFICIENTE QUE CONDUCEN A FUENTES DE LUZ BLANCA BRILLANTE CON AHORRO DE ENERGÍA

Antonio Luis Doadrio Villarejo



Isamu Akasaki



Shuji Nakamura



Hiroshi Amano

Fiel a su cita anual, el 7 de octubre de 2014, la Real Academia Sueca de las Ciencias decidió conceder el Premio Nobel de Física 2014 a tres investigadores: Isamu Akasaki, Hiroshi Amano y Shuji Nakamura, por la “invención de los diodos emisores de luz azul eficiente, que ha permitido fuentes de luz blanca brillantes y que ahorran energía”. Una nueva luz para “iluminar al mundo”. Así calificó la Real Academia Sueca de Ciencias a las ya populares luces LED.

Estos tres científicos, laureados con el Nobel de Física de la convocatoria de 2014 han sido elegidos como creadores de la fuente lumínica de gran duración y extraordinario rendimiento energético denominada “diodo emisor de luz azul”, o más conocida por su acrónimo LED (*light-emitting diode*), que cumple con los requisitos de la energía sostenible. Según la Real Academia Española, LED es “un diodo de material semiconductor que emite luz al aplicar una tensión eléctrica, y que se utiliza para componer imágenes en pantallas de diversos instrumentos,

como calculadoras, relojes digitales, etc.” La definición de energía sostenible, por su parte, es: “aquella energía capaz de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer los recursos y capacidades de las futuras generaciones”.

Esta tecnología está omnipresente en la vida cotidiana, por ejemplo en los teléfonos móviles, en los que cumple un papel esencial en la iluminación de las pantallas. También en los televisores, los lectores Blu-ray y los flashes de las cámaras fotográficas y cada vez más en la oficina y en la vivienda. “La producción de rayos luminosos azules a partir de semiconductores, a comienzos de los años noventa, ha provocado una transformación fundamental en la tecnología de la iluminación”, señaló el comunicado de la Academia Real Sueca de Ciencias.

Los tres científicos premiados nacieron en Japón, aunque Nakamura tiene la nacionalidad estadounidense y todos ellos trabajan en el campo de la tecnología de semiconductores, los cuales son necesarios para la fabricación de los LED.

Isamu Akasaki

Nació el 30 de enero 1929 en Chiran (Japón). En 1952 se graduó en Ingeniería electrónica por la Universidad de Kioto (Japón). Su primer trabajo entre 1952 y 1959, fue en la Kobe Kogyo Corporation, absorbida posteriormente por la multinacional Fujitsu. Después, en 1959 ingresó en la Universidad pública de Nagoya (Japón) como investigador y posteriormente como profesor asociado de la Facultad de Ingeniería (1959-1964). En 1964, obtiene un Master (MSc), también en Ingeniería electrónica. Trabajó en la Matsushita Electric Industrial, donde fue jefe del laboratorio de investigación básica 4 del Instituto de Investigación Matsushita de Tokio (MRIT) desde 1964 a 1974. De 1974 a 1981, dirigió el Departamento de semiconductores de la misma empresa. Desde 1981 a 1992 fue profesor en el Departamento de Electrónica de la Universidad de Nagoya y desde entonces, profesor emérito de dicha universidad y profesor de la Universidad de Meijo, Universidad privada del distrito de Nagoya en Japón. Desde 2004 es también Director del Centro de Investigación de semiconductores de nitruros de la citada Universidad de Meijo. Actualmente, es además investigador del Centro Akasaki de Investigación de la Universidad de Nagoya. Como vemos, su vida profesional ha estado vinculada a dos universidades japonesas, la pública de Nagoya y la privada de Meijo, también en Nagoya, y a dos empresas multinacionales, la MRIT y la Kobe Kogyo Corporation. Desde finales de la década de 1960, trabajó con LED de

luz azul de nitruro de galio (GaN) y paso a paso, en el MRIT, fue perfeccionando la técnica de crecimiento de cristales de GaN, produciendo la primera LED de GaN de alto brillo. Posteriormente en 1981, con su grupo de investigación de la Universidad de Nagoya, continuó con los procesos de crecimiento de GaN, obteniendo el éxito en 1985, al obtener GaN de alta calidad sobre un sustrato de zafiro con una nueva tecnología de baja temperatura. Cuenta con innumerables galardones, de los que destaca el Premio Kioto en Tecnología Avanzada en 2009 y el IEEE Medalla Edison en 2011.

Hiroshi Amano

Nació el 11 de septiembre de 1960 en Hamamatsu (Japón). Se graduó en Ingeniería electrónica en 1983 por la Universidad de Nagoya y se doctoró también en Ingeniería electrónica en la misma universidad en 1989. De 1988 a 1992, fue investigador asociado en la Universidad de Nagoya. En 1992, se trasladó a la Universidad de Meijo, donde fue profesor asistente hasta 1998. Desde 1998 hasta 2002, profesor asociado y desde 2002 a 2010, catedrático. En 2010, se trasladó a la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Nagoya, donde actualmente es catedrático.

Se unió al grupo de investigación del profesor Isamu Akasaki en 1982 como estudiante de pregrado. Desde entonces, ha estado haciendo investigaciones sobre el crecimiento, caracterización y aplicaciones de dispositivos de semiconductores de nitruros de los elementos del grupo 13 de la tabla periódica, materiales utilizados en diodos emisores de luz azul.

Shuji Nakamura

Nació el 22 de mayo de 1954 en Seto (Ehime), Japón; es japonés nacionalizado estadounidense. Se graduó en la Universidad de Tokushima de Japón en 1977 también como los anteriores en Ingeniería electrónica, obteniendo el doctorado en la misma materia en 1994. En 1979 entró en la Corporación Nichia, el mayor proveedor mundial de lámparas LED, donde trabajó hasta 1999, y en donde inventó el primer LED GaN de alto brillo. Desde 1999 es profesor e investigador de la Universidad de California en Santa Bárbara (EE.UU.).

El perfil de Shuji Nakamura es atípico en la historia del Nobel de Física que recae casi exclusivamente en investigadores universitarios. Nakamura llevó a cabo sus trabajos de investigación, por los cuales recibe el premio, en una pequeña empresa, Nichia Chemicals. Más tarde emigró a la Universidad de California, en Santa Bárbara Estados Unidos y adquirió la nacionalidad estadounidense. Ha publicado más de 400 artículos en revistas científicas del más alto nivel, con más de 19.000 referencias y tiene más de 400 patentes aprobadas o en vías de tramitación.

Shuji Nakamura no ha tenido un camino fácil hasta el Premio Nobel. Las luces LED se habían inventado ya en los años 60, pero solo los de color rojo o verde llegaron a ser muy comunes en calculadoras, relojes o luces de televisores o equipos de música. Pero, quedaba por delante encontrar un material semiconductor capaz de emitir luz azul, lo que permitiría, combinando los tres colores, fabricar bombillas de luz blanca con esta tecnología. Eso ocurrió cuando en el año 1993, la Nichia creó los primeros LED azules.

El invento supuso hasta el año 2005 unos beneficios de cerca de 500 millones de euros. Pero el inventor que generó la patente multimillonaria, Shuji Nakamura, solo percibió 180 euros en compensación por su descubrimiento. Después de un largo litigio y del abandono de Japón, la empresa Nichia fue condenada a pagarle más de siete millones de euros.

Una de las voluntades de Alfred Nobel fue que los galardonados con el Nobel hubieran colaborado con su trabajo científico al avance de la Humanidad. Este año, el Comité de los Premios ha querido seguir el legado del inventor de la dinamita y ha decidido otorgar el Nobel de Física a los profesores de origen japonés Isamu Akasaki e Hiroshi Amano, de la Universidad de Nagoya (Japón), y a Shuji Nakamura, de la Universidad de California en Santa Bárbara (California, EE.UU.) por un avance científico de gran interés para la sociedad.

Pero el verdadero padre de la criatura es Nakamura. La gran genialidad de Nakamura es que hizo algo que todo el mundo en la comunidad científica decía que era imposible. Convenció a Nichia para que le diera 1,5 millones de dólares y en apenas seis años puso en el mercado el producto. Es un Nobel merecidísimo, pero antes en 2006 fue galardonado con el Premio de Tecnología del Milenio, considerado el Nobel de Tecnología, por “el desarrollo de nuevas y revolucionarias fuentes lumínicas, los diodos luminosos (ledes) azul, verde y blanco, y la luz láser azul”. Además de este prestigioso premio y del reciente Nobel, ha sido

laureado con el Premio de la Society for Information Display (EE.UU., 1996), el Premio de Electrónica Cuántica del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (EE.UU., 2002), el Rank Prize (Reino Unido, 1998), y la Medalla Benjamin Franklin (EE.UU., 2002). En 2008 recibió el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica, junto a Sumio Iijima, George M. Whitesides, Robert S. Langer y Tobin Marks.

■ Introducción

Las luces LED, recalcan los científicos de la Academia Sueca, dado su bajísimo consumo, pueden funcionar alimentadas por paneles solares baratos, lo que abre la posibilidad de una mejora de la calidad de vida para 1.500 millones de personas en el mundo que no tienen acceso a la red eléctrica.

Como hemos dicho, el diodo emisor de luz o LED en los colores rojo y verde, se conocía desde hace tiempo, pero el diodo de luz azul se resistía, hasta que los tres científicos galardonados con el Nobel 2014, crearon en la década de los 90 haces de luz azul. Este descubrimiento es muy importante, ya que ha cambiado radicalmente el uso que hacemos de la luz y su ahorro energético, al crear una nueva tecnología de iluminación eficiente y más respetuosa con el medioambiente. Y es que para generar la luz blanca que utilizamos en nuestra iluminación diaria, en forma de LED, era necesario juntar los tres colores básicos: rojo, verde y azul (RGB) (figura 1).



Figura 1. Los tres colores primarios (verde, rojo y azul) sumados permiten obtener luz blanca.

Para este logro, Akasaki y su discípulo Amaro, trabajaron juntos en la Universidad de Nagoya mientras Nakamura lo hacía por su cuenta en la corporación Nichia.

Además, Nakamura también inventó la luz LED ultravioleta que permite la esterilización del agua potable, lo que aplicado al Tercer Mundo, puede suponer una gran mejora en las condiciones de vida y de salud de decenas de millones de personas. Otro gran invento de este científico, es el láser azul, que tiene grandes aplicaciones en la optoelectrónica y sobre todo en el almacenamiento de datos. El láser azul ha dado lugar a la conocida tecnología Blu-ray, mediante la cual es posible quintuplicar el volumen de información almacenado en dispositivos como el DVD-Blu-Ray Disc con respecto al DVD original.

Los LED son cada vez más eficientes en el sentido de que requieren menos energía para emitir luz, en comparación con las bombillas tradicionales o las bombillas fluorescentes. Y, a diferencia de estos últimos, los LED no contienen mercurio, señala la Academia Sueca al explicar la importancia socioeconómica y medioambiental del trabajo galardonado este año. Hay que recordar que las llamadas bombillas de bajo consumo de hace pocos años son fluorescentes, pero con la llegada de los LED, ese apelativo de bajo consumo ha perdido su significado.

Un diodo emisor de luz está formado por varias capas de materiales semiconductores (la longitud de onda de la luz emitida depende del material utilizado) y la electricidad se convierte directamente en fotones, partículas de luz. Ahí está la clave de su eficiencia, ya que en las fuentes luminosas tradicionales la mayor parte de la electricidad se convierte en calor y solo un poco en luz. En una bombilla incandescente, o en un halógeno, la corriente eléctrica calienta un filamento que al ponerse incandescente emite luz.

El diodo de luz roja fue inventado a finales de los años cincuenta y se utilizaron, por ejemplo, en relojes digitales y calculadoras, así como en indicadores de encendido/apagado de aparatos eléctricos. El azul se ha resistido mucho tiempo y los tres investigadores ahora premiados retaron las verdades establecidas, trabajaron duro y asumieron considerables riesgos. Hicieron miles de experimentos y, la mayor parte de las veces, fracasaron, pero no desesperaron, siguieron adelante. Tanto Akasaki y su entonces estudiante de doctorado Amano, como Nakamura, habían optado por el nitruro de galio como material para lograr el emisor azul. Era la elección correcta, pero hacer cristales de nitruro de galio de suficiente calidad fue un reto enorme. Akasaki y Amano lo lograron en 1986 y, con sus cristales de nitruro de galio, presentaron en 1992 su primer diodo de emisión de luz azul brillante. Nakamura, por su parte, hizo de ese material cristales con alta calidad en 1988 y presentó el invento

también en 1992, pero con una solución técnica diferente. Los tres se dedicaron, durante la década de los noventa a mejorar sus LED de color azul haciéndolos más eficientes con diferentes aleaciones de nitruro de galio utilizando para la fabricación de los cristales aluminio o iridio. Además, los tres inventaron también un láser azul con un LED del tamaño de un grano de arena, como componente esencial.

■ Perspectiva histórica

Para la iluminación en las sociedades humanas se utilizaron las lámparas de aceite, desde aproximadamente 15000 a.C. hasta el siglo XIX. Después, durante el siglo XIX, las lámparas tradicionales incandescentes, fueron el sistema de iluminación predominante. Una lámpara de incandescencia es un dispositivo compuesto por un filamento metálico de carbono o más modernamente de wolframio, encerrado herméticamente en una ampolla de vidrio, a la que se le hace el vacío y se rellena de gas inerte para que el filamento no se volatilice y se completa con un casquillo metálico que está en contacto con las conexiones eléctricas. En este dispositivo, se consigue producir por el efecto Joule, una luz blanca cuando se calienta el filamento hasta el rojo blanco, para lo que es necesario el paso de una corriente eléctrica.

La lámpara incandescente fue inventada por el físico y químico inglés Joseph Wilson Swan que recibió la patente británica para su dispositivo en 1878, aunque fue Thomas Alva Edison el primero en patentar en enero de 1880 una bombilla incandescente de filamento de carbono, utilizable comercialmente. Este invento supuso un gran avance en cuanto a comodidad, pero también en potencia lumínica, ya que pasamos de los aproximadamente 0,1 lm/W (lúmenes por vatio de potencia) de las lámparas de aceite hasta los 16 lm/W de media de las lámparas incandescentes.

Con los parámetros actuales, la *lámpara incandescente* no es eficiente ni sostenible. Con esta tecnología solo el 15% de la electricidad consumida se convierte en luz, ya que el 85% restante se transforma en calor. Además, es la que posee el rendimiento lumínico más bajo de todas las lámparas actuales, ya que solo produce de 12 a 18 lm/W y la de menor vida útil, ya que solo dura unas 1.000 h, aunque sin embargo ha sido la más utilizada por su bajo precio y el color cálido de su luz.

En el siglo XX, se introduce otro tipo de lámpara, la denominada *lámpara fluorescente*, conocida popularmente como tubo fluorescente. Una lámpara fluorescente es un tubo de descarga de vapor de mercurio a baja presión. La lámpara fluorescente, está compuesta por un tubo de vidrio fino, que contiene en su interior diversos

compuestos químicos fluorescentes llamados “fósforos”, aunque realmente no son de fósforo, que emiten luz visible al ser excitados por una radiación en el espectro ultravioleta. El tubo contiene además vapor de mercurio y un gas inerte, habitualmente argón o neón, a una presión más baja que la presión atmosférica. En cada extremo del tubo se sitúa un filamento de wolframio, que cuando se calienta por la electricidad al rojo produce la ionización de los gases contenidos en el interior del tubo, lo que hace que se emita luz en el espectro ultravioleta que es absorbida por el compuesto de “fósforo” y emitida en forma de luz visible del blanco cálido al frío. Fue comercialmente presentada por General Electric en 1938.

La ventaja de las lámparas fluorescentes frente a las incandescentes, es su potencia y eficiencia energética. Las lámparas fluorescentes producen una media de 70 lm/W (entre 50-90 lm/W) frente a los 16 lm/W de las incandescentes. Su consumo energético es menor ya que su rendimiento energético es el doble que las incandescentes. Su vida útil es superior a las incandescentes, ya que pueden usarse entre 5.000 y 10.000 h, de 5 a 10 veces más que las incandescentes. El problema de las lámparas fluorescentes es que no son sostenibles ni respetuosas con el medio ambiente al producir residuos de mercurio muy contaminantes.

La lámpara LED, introducida a finales del siglo XX, es una lámpara de estado sólido que utiliza como fuente luminosa un diodo emisor de luz. Está constituida por múltiples diodos, ya que uno solo no es capaz de alcanzar una intensidad luminosa similar a las lámparas incandescentes o fluorescentes.

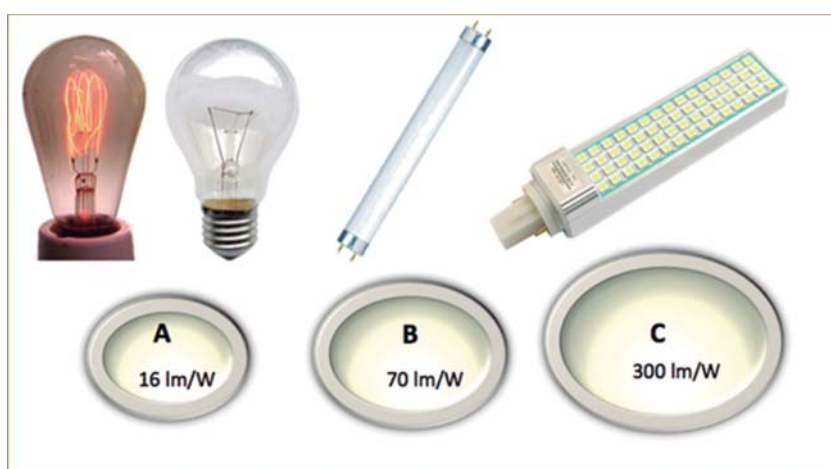


Figura 2. Evolución de la tecnología en lámparas. A) Incandescentes de carbono y wolframio. B) Fluorescentes. C) LED.

Aunque el costo inicial de la lámpara LED es mayor que el de las tradicionales que hemos visto anteriormente, están llamadas a convertirse en la iluminación del siglo XXI, ya que tienen una vida útil muy larga (superan con facilidad las 50.000 h), una gran eficiencia energética, superior a otras lámparas incluyendo a las denominadas de bajo consumo, ya que aprovechan el 90% de la electricidad consumida, son capaces de generar una alta intensidad de iluminación de hasta 300 lm/W (de momento) y además, son muy fiables porque casi nunca fallan. En la figura 2 se muestra una comparativa de estos tres tipos de lámparas.

■ Lámpara LED de alta potencia

Una lámpara LED de alta potencia lumínica, consta de:

1) **Un chip**, que debe de estar bien diseñado y tener alta calidad para que no falle durante la vida útil de la lámpara. El chip (o circuito integrado) es el alma de la lámpara LED, ya que es el que genera la luz emitida por la lámpara. Es una pieza rectangular que contiene una serie de capas de los materiales semiconductores que van a convertir la electricidad en luz. Para obtener una luz cálida similar a la de una lámpara halógena, se recubre la capa superior del chip con un “fósforo” de color amarillo ocre. Si el color es amarillo claro, emitirá una luz fría, similar a la de una lámpara fluorescente.

La fabricación de un chip para lámparas LED, comienza con la elaboración de una oblea de unos 15 cm de diámetro que va a actuar como base semiconductor sobre la que se aplican los componentes que darán lugar a los distintos tipos de lámparas LED. La oblea suele ser de carburo de silicio (SiC) o zafiro (Al_2O_3), ambos compuestos semiconductores de elevada dureza. Sobre esta oblea se “cultivan” distintos semiconductores, dependiendo de las características de la luz que se desee conseguir. Por ejemplo, nitruro de indio y galio (InGaN) para dar una luz azul o aluminio o fosfuro de galio (GaP) para el verde. A esta técnica de cultivo se la denomina *epitaxia*, de la cual hablaremos posteriormente.

Una vez finalizado el proceso anterior, quedan constituidas las capas necesarias para el funcionamiento del chip. Estas capas son tres: la capa N, la región activa (unión PN) y la capa P.

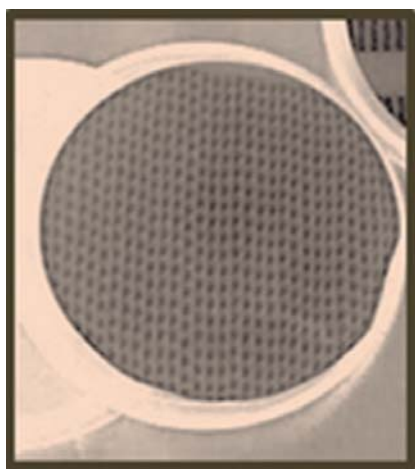


Figura 3. Oblea para fabricación de chips.
Modificada de lediagrup.com.

Posteriormente la oblea se divide en pequeños rectángulos de apenas 2 mm, que son los denominados chips que finalmente se montan en cada LED y se conectan a la corriente eléctrica. En la figura 3 se muestra una oblea, antes de ser dividida en chips.

2) **Un disipador de calor.** Las lámparas LED producen una gran cantidad de calor en el punto de unión del diodo con el chip cuando la lámpara se encuentra encendida, por lo que es absolutamente necesario disipar la alta temperatura que se genera, para mantenerla dentro de unos niveles adecuados para que no se destruya el chip.

3) **Controlador o “driver”.** Las lámparas LED funcionan con la corriente continua (CC), por lo tanto es necesario un controlador, que permita que las lámparas LED de alta potencia luminosa puedan funcionar con la corriente alterna (CA) de la red eléctrica doméstica.

4) **Componente óptico.** Sirve para proporcionar un mayor o menor ángulo de difusión de la luz, ya que la que emite la lámpara LED se difunde en una sola dirección. Suele estar constituido por pequeñas lentes dispuestas en un ángulo determinado. Estas lentes, pueden ser muy complejas.

Semiconductores

Los semiconductores son elementos químicos, compuestos o materiales, que tienen una conductividad eléctrica menor que la de un metal, pero mayor que la de un no metal o aislante eléctrico. La conductividad en un semiconductor se produce debido a una circulación de electrones en su red cristalina. Por ejemplo, el átomo de silicio, que es el elemento semiconductor más utilizado, posee cuatro electrones de valencia en sus orbitales más externos, por lo que es deficitario de electrones (faltarían otros cuatro para completar el octeto). Estos átomos se disponen en una red cristalina, de tal manera que cada átomo de silicio comparte sus electrones de valencia con otros cuatro átomos vecinos, formando enlaces de tipo

covalente, de modo que al completar su octeto son muy estables. Pero, en el caso del silicio, a temperatura ambiente (en otros es necesaria una temperatura más elevada), algunos de los electrones de valencia absorben la suficiente energía en forma de calor, para convertirse en electrones libres (se separan del enlace covalente) y poder desplazarse a través de la red cristalina. Si estos electrones libres, se someten al potencial eléctrico de una pila, se dirigen hacia el polo positivo. Además, los electrones libres separados de su enlace, dejan huecos de carga parcial positiva en la red. Así, los huecos portadores de carga positiva se dirigen hacia el polo negativo de la pila, al aplicar el potencial eléctrico.

De esta manera, al conectar una pila, se hace circular una corriente eléctrica en un circuito cerrado, por lo que siempre es igual el número de electrones de la red del silicio. Los huecos de carga positiva, están situados en el interior de la red del cristal semiconductor, mientras que por el exterior circulan únicamente los electrones que generan la energía eléctrica.

Estos compuestos semiconductores son sólidos, con estructura de red cristalina. Sus propiedades conductoras se explican por la denominada teoría de bandas, común con los metales conductores y con los aislantes eléctricos. Cuando los átomos se unen para formar la red cristalina del sólido, existe una gran cantidad de orbitales de valencia ocupados con electrones para formar enlaces. De esta manera, los orbitales atómicos de valencia de un átomo se van solapando con los de otro para formar orbitales moleculares (enlazantes y antienlazantes). Pero como los niveles de energía entre cada uno de esos orbitales son muy similares, se pueden considerar como bandas continuas y no como niveles de energía separados como en el átomo aislado. A estos niveles formados con orbitales de valencia se les denomina *banda de valencia*. Los electrones van ocupando como es habitual los distintos niveles de energía de menor a mayor, pero también hay niveles de energía vacíos, que crean una nueva banda, denominada *banda de conducción*. Entre dos bandas se crea la denominada *banda prohibida*.

En la figura 4, se muestra un esquema de cómo se produce entre las bandas el proceso que da lugar a la conducción eléctrica de un sólido excitado por la luz, lo que nos va a servir para explicar la conductividad en los semiconductores. Los electrones de la banda de valencia se encuentran situados a una determinada distancia energética de la banda vacía de conducción. Por ello, para que un electrón de la banda de valencia dé un salto energético para situarse en la banda de conducción se necesita un aporte energético que pueda vencer el potencial energético

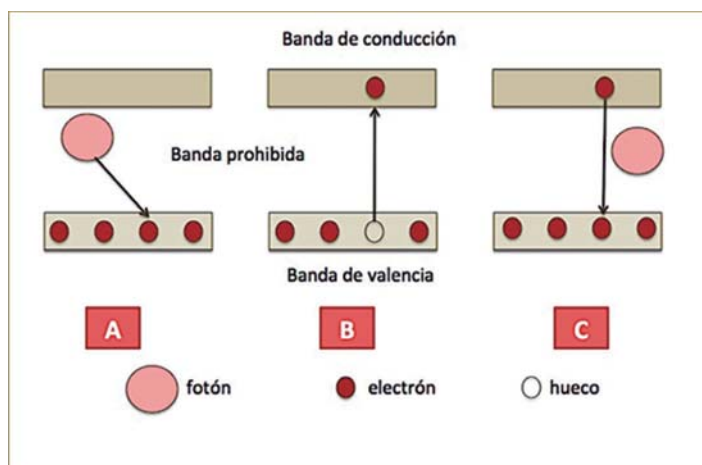


Figura 4. Representación esquemática de las bandas de valencia, de conducción y prohibida.

necesario, por ejemplo la energía de un fotón (figura 4A). Una vez superada la barrera de energía, el electrón excitado se sitúa en la banda de conducción; pero ello supone la creación de un hueco de carga negativa o carga parcial positiva (denominado gap), de ese electrón que ha abandonado la banda de valencia (figura 4B). Así que cuando un fotón excita a un electrón de la banda de valencia, se crea un par electrón-hueco. Pero como esto es un estado excitado, posteriormente, el sistema tiende a volver al de mínima energía en un proceso de recombinación, cuando el electrón excitado ocupa su hueco (figura 4C). Este proceso no es único, sino que se produce un flujo continuo de electrones, ya que en la recombinación electrón-hueco se emite un fotón que reinicia el proceso y de esta manera, se produce un potencial eléctrico en el sólido cristalino.

Este modelo explica bastante bien el comportamiento eléctrico de las sustancias conductoras, de las semiconductoras y de las aislantes. En los metales, que son sustancias conductoras, la banda de valencia se solapa energéticamente con la banda de conducción vacía, y así se dispone de orbitales moleculares vacíos que pueden ser ocupados por electrones con el mínimo aporte de energía. Se considera entonces, que los electrones están libres pudiendo conducir la corriente eléctrica.

En los semiconductores y en los aislantes, al contrario, la banda de valencia no se solapa con la de conducción, por lo que hay una zona intermedia, que es la banda prohibida, que no existe en los metales. Ahora bien, en algunos semiconductores, como el silicio, la anchura de la banda prohibida no es demasiado

grande, es decir no hace falta aportar mucha energía para que el electrón de valencia dé un salto energético a la banda de conducción y los electrones pueden pasar a ella con un aporte bajo de energía. Sin embargo, en los aislantes, la banda prohibida es tan ancha que ningún electrón puede saltar la barrera energética de potencia, por lo que la banda de conducción está siempre vacía.

Semiconductores P y N

En la mayoría de los semiconductores, resulta necesario añadir impurezas para mejorar su conductividad eléctrica. A esta técnica se le denomina “dopado”, que puede ser realizada con elementos cuyos átomos tengan cinco electrones de valencia, básicamente los elementos del grupo 15 de la tabla periódica: fósforo, antimonio y arsénico o también con átomos con solo tres electrones de valencia, fundamentalmente elementos del grupo 13: boro, galio e indio.

De esta manera, cuando se “dopa” la red cristalina del silicio con un elemento con cinco electrones de valencia queda un electrón libre, lo que le hace mucho mejor conductor. Un semiconductor dopado con impurezas de átomos pentavalentes es de tipo N.

Pero, si se dopa la red cristalina del silicio con un elemento con solo tres electrones, sucede que queda un hueco de carga positiva en la red cristalina del silicio provocado por el electrón impar que no puede constituir enlace de par electrónico. Un semiconductor así dopado es de tipo P.

Tanto el incremento de cargas negativas, como el de huecos, mejoran el flujo de electrones y por tanto, la conductividad del semiconductor.

Además, cuando a un material semiconductor se le dopa de las dos maneras, de tipo P y de tipo N, se forma la denominada unión PN, que crea un campo eléctrico cerca de la superficie superior de la celda en la que dos materiales están en contacto. A esta unión es a la que se refiere Akasaki en una entrevista telefónica: “Me he dedicado al estudio del crecimiento de los cristales, con miras a la elaboración de la unión PN de nitruro de galio”.

El LED es un dispositivo semiconductor que contiene una unión PN, en el cual los electrones libres de la parte dopada tipo N, que están situados más cerca a

la parte dopada de tipo P, se propagan a ésta. De esta manera, en la parte N se crean huecos de cargas parciales positivas, mientras que en la P se crean cargas negativas, justo en la unión de las dos zonas. Pero, ahora los electrones ya no son libres; se produce un equilibrio electrónico con una barrera de potencial que aleja a los electrones de la unión PN y deja bloqueado el flujo de electrones entre las zonas N y P. Para contrarrestar esa barrera de potencial y que vuelva el flujo de electrones de N a P hay que utilizar una pila capaz de polarizar la zona PN, pero en el sentido directo. De ese modo, el polo positivo de la pila irá conectado a la zona P, mientras que el polo negativo lo hará a la región N. Así, la unión PN se hace conductora y produce una elevada tensión de corriente eléctrica ya que la resistencia eléctrica que ofrece es muy pequeña.

Si se polariza en sentido inverso, con el polo positivo de la pila a la zona N y el polo negativo a la zona P, la tensión de la pila agranda aún más la barrera de potencial, y en ese caso dará lugar a un aumento de cargas negativas en la zona P y de huecos positivos en la N, impidiendo de esta forma el flujo de electrones en la unión PN. De esta forma, se hace aislante.

Por tanto, la unión PN se comporta dependiendo del sentido de la conexión, como un buen conductor (polarizada en directo) o como un aislante eléctrico (polarizada en inverso).

Crecimiento epitaxial

El crecimiento epitaxial o epitaxia es una metodología de fabricación de circuitos integrados o chips, que produce una deposición de unas capas cristalinas sobre una base también cristalina. De esta manera, y a partir de un cristal semiconductor, se hacen crecer con la misma estructura cristalina capas uniformes y poco espesas del mismo.

Hay básicamente varios métodos de epitaxia: crecimiento epitaxial en fase vapor (VPE), crecimiento epitaxial en fase líquida (LPE), crecimiento epitaxial por haces moleculares (MBE) y química órgano metálica por deposición a vapor (MOCVD).

Nakamura optimizó el dopaje tipo P a principios de la década de 1990, obteniendo mayores concentraciones de huecos, pero también fue capaz de desarrollar la técnica del crecimiento epitaxial MOCVD para obtener capas de los compuestos

semiconductores GaN e InGaN con una calidad cristalina mejorada, lo que resultó necesario para la creación de la luz azul. Estas optimizaciones las realizó en la Nichia Chemical Industries y fueron la base para la comercialización en 1994 del primer LED de emisión en el azul basado en InGaN.

Nitruro de galio (GaN)

El nitruro de galio GaN, es un semiconductor muy duro, con estructura hexagonal compacta, tipo wurtzita. La primera película cristalina delgada de GaN se obtuvo por Maruska et al. en 1969 por la técnica de epitaxia en fase de vapor de hidruros. Desde entonces, este material como otros nitruros del grupo 13 no había sido desarrollado hasta que Nakamura en 1994, publica la fabricación de un LED azul, que fue posteriormente comercializado como hemos dicho por Nichia. Si hoy en día, hacemos una búsqueda en el Google académico, con la entrada “gallium nitride 2014”, nos encontramos 23.600 resultados, lo que nos da una idea del interés científico que ha despertado este compuesto, aunque todavía es más conocido el clásico semiconductor de arseniuro de galio.

El principal problema con el GaN, es que en su crecimiento epitaxial no hay una base cristalina de alta calidad para ir acoplando las distintas capas. Esto es debido, a las altas temperaturas de fusión (2.800 K) y presiones de vapor de nitrógeno (> 45 kbar), necesarias para obtener monocristales puros de GaN lo suficientemente grandes para que sirvan de base a la epitaxia. Esto cambia cuando Akasaki y su grupo, entre los que se encontraba Amano, en 1985, consiguió el crecimiento de cristales de GaN sobre un sustrato de zafiro mediante la interposición de una capa amortiguadora de nitruro de aluminio. La excelente calidad conseguida les permitió descubrir el GaN tipo P usando magnesio como dopante y activado mediante irradiación de electrones. En 1989, fabricaron la primera unión PN basada en el GaN, y controlaron la conductividad del GaN tipo N y de otras aleaciones relacionadas, empleando silicio como dopante. Todos estos avances permitieron optimizar el rendimiento de la LED azul.

Nakamura, por otra parte, consiguió obtener una delgada película de nitruro de galio e indio (InGaN) sobre nitruro de galio. Para ello, tuvo que modificar la tecnología existente, puesto que ninguno de los aparatos comercialmente disponibles entonces podía proporcionar una capa de nitruro de galio e indio suficientemente pura y uniforme para emitir una luz azul brillante. Así es como modificó el método

convencional MOVPE, donde los gases y vapores fluyen sobre el sustrato paralelamente a la superficie, de tal manera que uno de los gases fluyese paralelamente a la superficie mientras que el otro lo hiciese perpendicularmente. A esto se llama configuración de “doble flujo” y tiene la ventaja de eliminar las corrientes convectivas y de enfriar a los gases, lo que proporciona una mayor estabilidad al proceso y mejores capas.

Además, Nakamura en 1992, inventó un tratamiento térmico para la producción en masa del muy difícil de obtener nitruro de galio tipo P de Akasaki y Amano.

Semiconductores utilizados en LED

Además del nitruro de galio (GaN) y el nitruro de indio y galio (InGaN), se han utilizado o se están desarrollando semiconductores de arseniuro de galio (GaAs), arseniuro de galio y aluminio (AlGaAs), arseniuro de fósforo y galio (GaAsP), fosforo de galio (GaP), seleniuro de cinc (ZnSe), carburo de silicio (SiC), diamante (C) y silicio (Si), para la construcción de luces LED que produzcan distintos colores, tal como vemos en la figura 5.

El AlGaAs se utiliza para el color rojo; el GaAsP, para el anaranjado, amarillo y el rojo; el GaP y GaN para el verde; el ZnSe, el InGaN y el SiC para el azul, mientras que el GaAs se usa para luz infrarroja, el diamante para la ultravioleta y el silicio está en desarrollo.

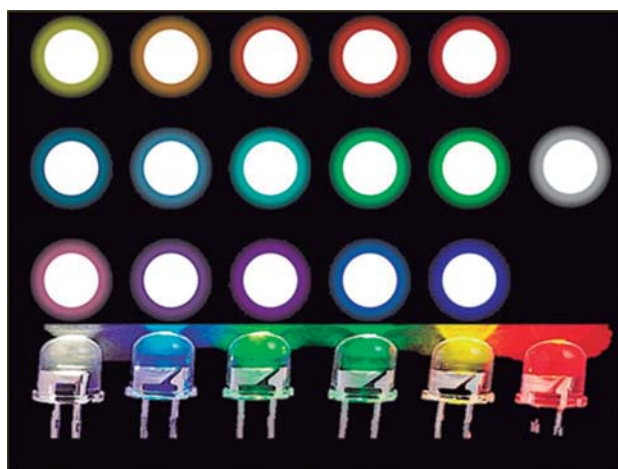


Figura 5. Principales colores de luces LED comerciales.

Los primeros diodos contruidos fueron los infrarrojos y de color rojo con GaAs y AlGaAs, hasta que los premiados con el Nobel desarrollaron los diodos de color azul. La combinación de los tres colores, como hemos dicho anteriormente permitió crear la luz blanca, pero el diodo de seleniuro de cinc, también puede emitir luz blanca si se mezcla la azul que emite con la roja y verde creada por fotoluminiscencia.

Recientemente, se ha podido crear LED ultravioletas, que se han empleado con éxito en la producción de luz negra para iluminar materiales fluorescentes.

Las luces LED ultravioletas y las azules son las más caras, por lo que se emplean menos para usos domésticos, e incluso comerciales.

■ La iluminación LED: presente y futuro

En estos últimos años las modernas tecnologías de iluminación basadas en LED están penetrando con fuerza en todos los mercados, especialmente por el liderazgo que ejercen las pujantes y poderosas compañías asiáticas. De hecho, se han introducido ya en comercios, industria, automóviles y poco a poco en nuestros hogares, al principio como decoración suplementaria, pero ahora con el propósito de sustituir a las lámparas incandescentes, fluorescentes, halógenas e incluso a las modernas lámparas de bajo consumo.

Hasta ahora, hemos comparado la iluminación LED con las tradicionales incandescentes y fluorescentes que usamos en la iluminación de nuestros hogares o comercios, saliendo las LED ganadoras, en cuanto a eficiencia y sostenibilidad. Pero ¿qué sucede si las comparamos con las lámparas utilizadas para el alumbrado público y vial?

Actualmente, puesto que las lámparas LED pueden alcanzar valores de eficacia de fuente de luz casi equiparables a las lámparas de vapor de sodio o las de halogenuros metálicos con quemador cerámico, tradicionalmente utilizadas para el alumbrado público y de carreteras, se están empezando a usar para este fin. En la figura 6, se muestra una imagen del alumbrado de una carretera con luces LED.



Figura 6. Iluminación LED de una autopista (<http://amgrenovables.com/>).

La luz blanco-azulada de las LED utilizadas en la iluminación vial, se esparce mucho más que la luz amarilla de las lámparas de sodio, aunque su eficacia en lm/W es algo menor. Es decir, se ve mejor con las LED, pero también la contaminación lumínica es mayor. La lámpara LED resulta más eficaz porque pone la luz en el sitio que queremos, es decir, consigue que aunque la lámpara emita menos luz a causa de su menor eficacia final en lm/W , los lúmenes que llegan a la superficie o espacio a iluminar, lo hagan en un mayor porcentaje.

La LED de luz blanco-azulada, se difunde más eficazmente en la atmósfera al emitir en longitudes de onda de 460 a 470 nm, correspondientes al color azul. Esto puede parecer bueno, pero no lo es, ya que debido a ello, en ciertos ambientes, especialmente de astrónomos, existe una gran preocupación por los problemas de contaminación lumínica que generan las LED. Además, parece que la luz blanco-azulada altera en más medida que las demás la conducta de las especies vivas nocturnas y la inhibición de la secreción de la hormona melatonina en los seres humanos. Esto último, es debido a que los receptores circadianos de la retina son muy sensibles a las emisiones luminosas en la longitud de onda del azul.

La constante innovación en el campo de la iluminación lleva a la evolución de la tecnología LED hacia el LED orgánico OLED (*organic light-emitting diode*) diodo orgánico de emisión de luz, la LED de luz blanca pura, sin mezcla de colores. Esta tecnología presenta una evolución adicional a los LED, ya que es una superficie la

que emite luz aportando mayor flexibilidad y libertad a la hora de integrarla en los diseños de las luminarias. Sin embargo, los OLED siguen en desarrollo y será en un futuro próximo cuando se presente como una solución viable de iluminación, puesto que en la actualidad, la eficiencia lumínica de los mismos se sitúa en los 50 lm/W.

El OLED es un diodo basado en una capa electroluminiscente constituida por una película de compuestos orgánicos, que son capaces de generar y emitir luz mediante estimulación eléctrica, es decir similares a las LED pero con semiconductores orgánicos y no inorgánicos. Hay ya científicos trabajando en ello, especialmente en la Universidad de Utah donde han creado un semiconductor orgánico dopado con platino que ha suscitado grandes perspectivas, ya que puede emitir luz en distintos colores, dependiendo de la carga de átomos de platino. Este logro supone un paso importante hacia una iluminación de luz puramente blanca más eficiente, menos costosa y que serán las bombillas del futuro.

Entre las ventajas adicionales que presentan las OLED está la facilidad del reciclaje, ya que están compuestas de materiales orgánicos como el carbono o el hidrógeno, así como la inexistencia de radiadores de evacuación del calor. En los próximos años, se observará una evolución de esta tecnología que nos llevará a la transparencia o la flexibilidad de la superficie, además del aumento de su eficacia, tamaño y vida útil o la inclusión de la fuente de luz en tejidos y superficies. El futuro se presenta innovador en lo que iluminación focalizada al diseño se refiere.

En el futuro de las tecnologías de la iluminación, hay que tener en cuenta el ahorro energético y la sostenibilidad del planeta, sin dañar el valor más importante que tiene la vida humana: su salud. Avancemos tecnológicamente con eficacia y seguridad para el medioambiente y para nuestra especie.

■ Ventajas de la tecnología LED y ámbitos de aplicación

La tecnología LED presenta una serie de ventajas frente a fuentes de iluminación tradicionales. Destaca su bajo consumo (alrededor del 80% respecto a una incandescente), su larga vida útil (hasta 50.000 horas), los menores costes de mantenimiento o la mayor eficacia frente a lámparas incandescentes o halógenas. Otra de las ventajas de la tecnología LED es la posibilidad de dinamismo en la iluminación, posibilitando cambio de color o en la escala de blancos (frío-cálido).

Los LED están basados en tecnologías de bajo voltaje, que hace mucho más sencilla y segura su instalación. Paralelamente, no tienen radiación IR (infrarrojo) ni UV (ultravioleta), ni contienen metales pesados como el mercurio, facilitando su reciclaje. Además, se pueden regular y orientar de una forma más sencilla, evitando el derroche de iluminación hacia el hemisferio superior.

Finalmente, la tecnología LED se presenta como un gran aliado en arquitectura y diseño, ya que presenta una gran flexibilidad y un tamaño reducido que permite ocultar la luz. Al mismo tiempo, permite una regulación total, ofreciendo colores saturados sin uso de filtros y luz directa. Tiene un encendido y reencendido instantáneo.

Además, si sumamos la posibilidad de regulación, obtenemos alumbrado conectado, hecho que nos permite gestionar a distancia la instalación desde un dispositivo móvil.

Las ciudades ya están apostando por la tecnología LED, gracias a todas estas ventajas. El alumbrado vial y urbano de muchas urbes ya usa esta tecnología más eficiente consiguiendo grandes ahorros. Las posibilidades de cambio de color permiten realzar el patrimonio de las ciudades incrementando el sentimiento de orgullo de los ciudadanos y el turismo, con los ingresos que se derivan de ello. Oficinas, tiendas, supermercados u hoteles también están haciendo una clara apuesta por el LED, ya que son espacios donde la duración y el bajo consumo son primordiales. La mayoría de estos establecimientos tienen la luz encendida muchas horas al día (muchas de ellas todo el día) por tanto, encontrar una tecnología que minimice el mantenimiento, ofreciendo una calidad de iluminación superior y con un menor consumo es primordial.

Los estadios deportivos también tienen una necesidad de ahorro energético además que, por temas de seguridad, el reencendido instantáneo es muy importante frente a un posible apagón. La tecnología LED soluciona estos problemas, ofreciendo además una mejor calidad para el juego y la retransmisión televisiva en alta definición.

En los hospitales, además de los ahorros energéticos, la iluminación puede mejorar la recuperación de los pacientes. Gracias al alumbrado dinámico de los LED se puede recrear el ciclo de luz del día en la habitación, consiguiendo un mejor descanso de los pacientes y una mejor recuperación. Jugar con la iluminación

de color en zonas que pueden resultar tensas para los pacientes, como por ejemplo en las salas de pruebas médicas, permite relajar y obtener mejores resultados en los diagnósticos.

■ Abreviaturas

AlGaAs, arseniuro de aluminio y galio.

Al₂O₃, zafiro, óxido de aluminio.

AsGaP, arseniuro de fósforo y galio.

CC, corriente continua.

CSi, carburo de silicio.

GaC, carburo de galio.

GaAs, arseniuro de galio.

GaAsP, arseniuro de galio y fósforo.

GaN, nitruro de galio.

GaP, fosfuro de galio.

LED, (*light emitting diode*) diodo emisor de luz.

Lm/W, Lumen/Watio.

LPE, epitaxia en fase líquida.

InGaN, nitruro de indio y galio.

IR, infrarrojo.

MBE, epitaxia de haces moleculares.

MOCVD, química órgano metálica por deposición a vapor.

OLED, (*organic light emitting diode*) diodo emisor de luz orgánica.

VPE, epitaxia en fase de vapor.

ZnSe, seleniuro de cinc.

■ Bibliografía consultada

Albella, J.M., Martínez-Duart, J.M. (1996). Fundamentos de electrónica física y microelectrónica. Addison-Wesley.

Amano, H., Kito, M., Hiramatsu, K. y, Akasaki, I. (1989). P-type conduction in Mg-doped GaN treated with Low-Energy Electron Beam Irradiation (LEEBI). Japanese Journal of Applied Physics. 28, 2112-2114.

Amano, H., Sawaki, N., Akasaki, I. y Toyoda, Y. (1986). Metalorganic vapor phase epitaxial growth of a high quality GaN film using an AlN buffer layer. Appl. Phys. Lett. 48, 353-5.

Fernández-Garrido, S. (2009). Crecimiento de nitruros del grupo III por epitaxia de haces moleculares para la fabricación de diodos electroluminiscentes en el rango visible-ultravioleta. Tesis Doctoral. E.T.S.I. Telecomunicación (UPM).

Herranz, C., Ollé, J.M. y Jaáuregui, F. (2011). La iluminación con led y el problema de la contaminación lumínica. Astronomía. 144, 26-43.

http://www.asifunciona.com/fisica/af_leds/af_leds_5.htm

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/akasaki-lecture-slides.pdf

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/amano-lecture-slides.pdf

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/nakamura-lecture-slides.pdf

Khanna, V.K. (2014). Fundamentals of solid state lighting: Leds, Oleds, and their application in illumination and displays. CRC Press. pp. 604.

Maruska, H.P. y Tietjen, J.J. (1969). The preparation and properties of vapor-deposited single-crystal-line GaN. Applied Physics Letters. 15, 327-328.

MLA style: "Hiroshi Amano - Facts". Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 25 Jan 2015.

MLA style: "Isamu Akasaki - Facts". Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 25 Jan 2015.

MLA style: "Shuji Nakamura - Facts". Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 25 Jan 2015.

MLA style: "The Nobel Prize in Physics 2014". Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 25 Jan 2015.

Nakamura, S., Pearton, S. y Fasol, G. (2000). The blue laser diode: the complete story. Springer.

Nakamura, S. (1998). The roles of structural imperfections in InGaN-based Blue Light-emitting diodes and laser diodes. Science. 281, 956-961.

Nakamura, S., Senoh, M., Iwasa, N. y Nagahama, S. (1995). High-brightness In-GaN blue, green and yellow light-emitting diodes with quantum well structures. Japan Jour Appl Physics. 34, 797-799.

Pankove, J.I. (2012). Optical processes in semiconductors. En EE.UU. Dover Publications.

Pimputkar, S., Speck, J.S., DenBaars, S.P. y Nakamura, S. (2009). Prospects for led lighting. Nature Photonics. 3, 180-182.

Savage, N. (2000). Led light the future. Technology Review 103, 38-44.

Schubert, E.F., Kyu Kim, J. (2005). Solid-state light sources getting smart. Science. 308: 1274-78.

Shklovskii, B.I. y Efros, A.L. (1979). Electronic properties of doped semiconductors. In Russian. pp 416.

Yu, P.Y. y Cardona, M. (1996). Fundamentals of semiconductors: physics and materials properties. In Berlin. Springer.

Zheludev, N. (2007). The life and times of the led a 100-year history. Nature photonics. 1, 189-192.

El Mundo (8/10/2014). Nobel de Física para los padres de la revolución de las luces LED.

Premio Nobel de Química 2014

MICROSCOPIA FLUORESCENTE DE ALTA RESOLUCIÓN

Benjamín Fernández Ruiz
y Jesús Pintor Just



Stefan W. Hell



William E. Moerner



Eric Betzig

La Real Academia Sueca de Ciencias, el miércoles ocho de octubre anunció que el Premio Nobel de Química 2014 había sido concedido al científico alemán **Stefan W. Hell** y los científicos norteamericanos **William E. Moerner** y **Eric Betzig**, por “el desarrollo de un microscopio fluorescente de alta resolución”. El microscopio citado permite la observación de moléculas individualizadas dentro de las células vivas y es el origen de la conocida en la actualidad como **nanoscopia**. En el informe de la Real Academia Sueca de Ciencias se explicita que “su trabajo innovador ha llevado la microscopía óptica a la nano-dimensión.”

El estadounidense **Eric Betzig**, se encuentra trabajando actualmente en el Instituto Médico Howard Hughes. Nació en Ann Arbor, Michigan, el 13 de enero de 1960. En 1983 se licenció en Ciencias Físicas en el Instituto de Tecnología de California. El doctorado en Ingeniería y Física Aplicadas lo obtuvo en 1988 en la

Universidad de Cornell. Ya doctor, se incorporó a trabajar en los Laboratorios AT&T Bell en su Departamento de Investigaciones en Física de Semiconductores.

Su padre Robert Betzig era el propietario de la “Ann Arbor Machine Company” y él en 1996 dejó el anterior trabajo y se incorporó como Vicepresidente a la empresa familiar. No obtuvo el éxito comercial deseable y se entregó al campo de la microscopía, desarrollando la microscopía de localización fotoactivada (PALM) y en 2006 se incorporó al Campus de Investigación Janelia Farm en Ashburn (Virginia) y es allí en donde trabaja en el desarrollo de técnicas de microscopía de fluorescencia de super-alta resolución.

El estadounidense **William Moerner**, trabaja en la famosa Universidad de Stanford, EE.UU. Nació en la base aérea de Pleasanton (California) el 24 de junio de 1953. Cursó sus estudios universitarios en la Universidad de Washington en St. Louis obteniendo los títulos respectivos en Física, Ingeniería Eléctrica y Matemáticas en 1975. Los estudios de postgrado los realizó en la Universidad de Cornell, realizando un Máster (1978) y un Doctorado en Física (1982).

William Moerner desarrolló distintas responsabilidades científicas, desde 1981 a 1995, en el Centro de Investigación Almadén de IBM en San José, California. En 1995 fue nombrado catedrático de Química Física en la Universidad de California, cargo que ejerció hasta 1998. En 1998 se trasladó a Stanford con su grupo de investigación y obtuvo el nombramiento de Presidente del Departamento de Química. Sus investigaciones están centradas en la microscopía de alta-resolución, la espectroscopía de moléculas individuales, la captura de nanopartículas y la nanofotónica. Su inmensa labor científica ha sido reconocida con la concesión de gran número de premios y distinciones que culminaron recientemente con el merecido Premio Nobel.

El alemán **Stefan Hell**, dirige el Instituto Max Planck de Química Biofísica en Göttingen (Alemania) y el Centro Alemán de Investigación contra el cáncer de Heilderberg. Nació el 23 de diciembre de 1962 en Arad (Rumanía), aunque de nacionalidad alemana. Hasta 1978 vivió en Rumanía donde realizó sus estudios primarios y secundarios. En esta fecha se trasladó a Alemania con su padre, ingeniero, y su madre profesora. Los estudios universitarios los llevó a cabo en la Universidad de Heilderberg donde culminó con su tesis doctoral (1990), titulada *“Imágenes de microestructuras transparentes en un microscopio confocal”*.

Al norte de Alemania, en la Universidad de Turku trabajó con un grupo de investigación dedicado al microcopio de fluorescencia. Años más tarde le ofrecieron una plaza en el Max Planck Instituto de Química Biofísica en Göttingen.

Desde 2003 ha sido además el líder del departamento de “División de Nanoscopia Óptica” en el centro alemán de Investigación Oncológica e Heilderberg. En ésta misma Universidad ha sido Profesor en la Facultad de Física y Astronomía.

Los nombramientos honoríficos, condecoraciones y premios a partir del 2000 en el que le concedió el Premio de la Comisión Internacional de Óptica, han sido continuos hasta concluir este año con la concesión del Nobel y el Premio Kavli en nanociencia por *“las contribuciones transformadoras en el campo de la nano-óptica que han superado las creencias arraigadas acerca de los límites de resolución de la microscopía óptica y las técnicas de imagen”*.

■ Antecedentes

Desde 1838 en que Schleiden y Schwann promulgaran su **teoría celular** es universalmente aceptado “que todo ser vivo, vegetal o animal, está constituido por unidades fundamentales denominadas células”. A partir de ese momento el hombre dedicó sus esfuerzos al estudio de los medios necesarios para conocer la estructura y función de las células. Justo es reconocer que el nombre de célula procede del impuesto por Hooke (1665) a las celdillas que observó en la estructura de una laminilla de corcho observada con un microscopio óptico simple, muy primitivo. Leeuwenhoek (1674) había observado y descrito, igualmente, protozoos y espermatozoides, también con un microscopio rudimentario.

Los microscopios son instrumentos ópticos que permiten ver aumentada la imagen de un determinado objeto. En la historia de la ciencia biológica resulta fundamental el desarrollo del microcopio óptico y más tarde el microscopio electrónico, y ahora dedicaremos a ello una líneas, sin olvidar que estamos asistiendo a una nueva era que es la del **nanoscopio**.

El microscopio óptico es un instrumento que amplifica una imagen y nos permite la observación de estructuras que a simple vista no era posible su observación. Clásicamente se ha considerado el *microscopio simple* formado por una sola lente de aumento y el *microscopio compuesto* formado por varias lentes. Este tipo

de microscopio también llamado fotónico está constituido por unos componentes mecánicos y unos componentes ópticos. Los componentes ópticos incluyen tres sistemas de lentes, que son el condensador, el objetivo y el ocular. El ocular aumenta la imagen producida por el objetivo (cuando le atraviesa la luz), pero no puede aumentar la resolución.

Y aquí está la clave. ¿Qué se entiende por resolución? *“La resolución es la capacidad del sistema óptico del microscopio para producir imágenes separadas de objetos que se encuentran muy próximos”.*

En 1873, el microscopista **Ernst Abbe** publicó una ecuación demostrando como la resolución del microscopio óptico está limitada por, entre otras cosas, la longitud de onda de la luz. Determinó un límite físico para la resolución máxima de la microscopía óptica tradicional y estipuló que nunca podría ser inferior a 0,2µm.

La ecuación es la siguiente:

$$d = \frac{0,61 \lambda}{n \operatorname{sen} \alpha}$$

donde *d* es la distancia mínima que debe separar dos puntos próximos en la muestra para poderlos observar individualizados; lambda (λ) es la longitud de onda de la luz (527 nm para la luz blanca) y *n* es el índice de refracción del medio presente entre la muestra y la lente del objetivo. Alfa (α) es igual a la mitad del ángulo del cono de luz que entra en la lente del objetivo.

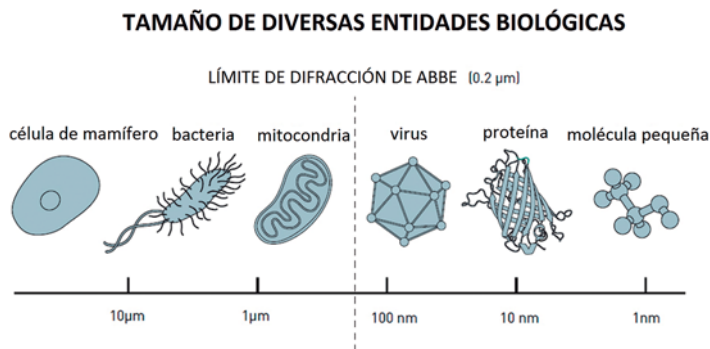


Figura 1. A finales del siglo XIX Ernst Abbe definió el límite de la resolución del microscopio óptico a la mitad de la longitud de onda de la luz 0,2 micrómetros. Esto significaba que se podían distinguir las células y alguno de sus orgánulos, pero no algo tan pequeño como los virus o proteínas individualizadas.

El tamaño de diversas entidades biológicas muestra aquellas que pueden ser descifradas por la microscopía óptica situadas a la izquierda del límite de difracción de Abbe ((de izquierda a derecha) célula de mamífero, bacteria, mitocondria, virus, ribosoma, proteína verde fluorescente (GFP) y timina (Johan Jarnestad 2014, Nobel Price in Chemistry, con modificaciones).

El poder de resolución o también llamado “límite de difracción” no solo depende del sistema óptico sino también de la longitud de onda de la fuente luminosa, el espesor de la muestra, la calidad de la fijación y la intensidad de la coloración. La capacidad del ojo humano para distinguir dos puntos próximos (partículas o líneas) está limitada a 0,2 mm, y la del microscopio óptico a 0,2 μm (figura 1). El micrómetro, micrón o micra (μ) es la unidad de longitud equivalente a una millonésima parte de un metro. Llegados a este momento conviene tener en cuenta cuales son la equivalencias a este respecto en las medidas de longitud:

1.0 milímetro	= 1.000 micrómetros
1.0 micrómetro (μ o μm)	= 1.000 nanómetros
1.0 nanómetro (m μ)	= 10 angstroms
1.0 angstrom	= 0,1 nanómetros (nm)

Hoy día para el estudio e investigación en biología celular y en histología, así como en organografía microscópica, se utilizan distintos microscopios ópticos que han ido apareciendo con el desarrollo de diferentes tecnologías. Los diferentes microscopios, sobre la base estructural común, se diferencian fundamentalmente en las distintas longitudes de onda de las fuentes luminosas utilizadas, la alteración física de la luz que incide o sale de la muestra y los procesos analíticos específicos que se apliquen a la imagen final.

Las muestras para poder ser observadas al microscopio deben ser transparentes o translúcidas. Cuando las muestras proceden de tejidos, se requiere previamente obtener cortes muy finos debidos a la utilización de un aparato de corte llamado *microtomo*. Los microtomos se denominan de congelación o bien de parafina, teniendo en cuenta el material en el que se encastran las piezas. Los cortes así obtenidos, se tiñen bajo la acción de los llamados *colorantes*, tales como la *hematoxilina*, *eosina*, *azul de toluidina*, *verde luz*. Estos compuestos tienen una composición química determinada y se reconocen como colorantes, ácidos, básicos, neutros. Los distintos colorantes se unirán a moléculas biológicas facilitando su visibilidad.

La pieza de la cual se obtendrá el *corte* procedente del microtomo requiere que previamente se la someta a la acción del llamado *fijador* que suele ser una solución química como el formol, el formaldehído, ácido acético, etc.

■ MODELOS DE MICROSCOPIOS ÓPTICOS

Los microscopios ópticos que se utilizan en la investigación son: microscopio de campo claro (el que usan habitualmente los estudiantes), microscopio de contraste fase, microscopio de campo oscuro, microscopio de fluorescencia (del que nos ocuparemos con posterioridad y básico en los estudios de los Premios Nobel), microscopio de barrido confocal, microscopio de luz ultravioleta, microscopio de polarización.

Microscopio de campo claro. Este microscopio es el más utilizado y conocido a nivel de los estudios escolares y universitarios. Puede disponer de un solo ocular (y se le denomina microscopio monocular), pero lo más usual es que conste de dos oculares (microscopio binocular). El ocular es la lente más próxima al ojo observador, mientras que la lente del objetivo es la más próxima a la muestra a observar. Este tipo de microscopio requiere de una fuente luminosa que se sitúa en la parte más inferior, un condensador por encima que permite la proyección de los rayos de luz sobre la muestra y una platina perforada sobre la que se deposita la muestra en un llamado portaobjetos o porta (figura 2).

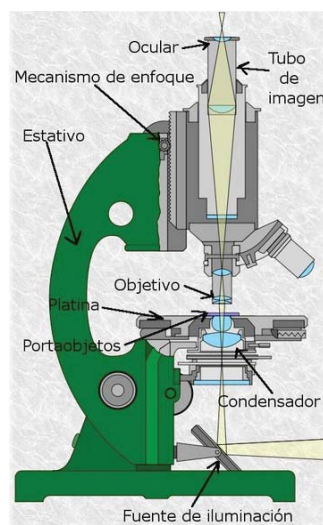


Figura 2. Microscopio óptico ([www/monografias.el-microscopio.com](http://www.monografias.el-microscopio.com)).

Microscopio de contraste de fase. Es el microscopio habitualmente usado para la observación de células vivas sin teñir, es decir sin la utilización de colorantes. Normalmente se utiliza en el estudio de cultivos celulares y cortes semifinos (de unos 5µm) de tejidos incluidos en material plástico.

Este microscopio tiene en cuenta los diferentes índices de refracción de las diferentes partes de la célula. Las partes más densas producen imágenes más oscuras, mientras que las partes más claras corresponden a zonas menos densas

de la estructura examinada. La luz que atraviesa las zonas de mayor índice de refracción (zonas densas) experimenta una deflexión y queda fuera de fase con respecto a la luz principal de las ondas que atraviesan la muestra.

La muestra a examinar tiene diferentes componentes cada uno de los cuales a su vez tiene distinta composición química por lo que la influencia de la luz les afecta de distinta manera, es decir presentan distintos índices de refracción. Con este modelo de microscopio se pueden observar en las células vivas los diferentes orgánulos que la componen: mitocondrias, complejo de Golgi, vacuolas...y esta observación nos informa de los aspectos dinámicos de los mismos.

Las imágenes obtenidas en ocasiones presentan halos que interfieren y sombras producidas en lugares en los que el índice de refracción experimenta cambios súbitos, se trata entonces del llamado *microscopio de interferencia*. Existen varios tipos de microscopio de interferencia que minimizan los artefactos ópticos. El más conocido y útil es el llamado microscopio de interferencia de Nomarski o DIC (*contraste de interferencia diferencial*) que ofrece unas atractivas imágenes tridimensionales.

Microscopio de campo oscuro. Consta de un condensador especial que ilumina la muestra con luz fuerte indirecta. El objetivo recibe solo la luz dispersa o refractada por las estructura de la muestra. Por tanto, el campo visual se observa con un fondo oscuro (de ahí el nombre) sobre el que aparecen partículas brillantes de la muestra.

Si en una habitación oscura, entra un rayo de luz vemos flotando infinidad de partículas de polvo. Pues bien la luz reflejada por las partículas es la registrada por la retina haciéndolas visibles.

El microscopio de campo oscuro se utiliza para la observación de cristales de ácido úrico o de oxalatos en la orina. Es también muy útil para la detección de microorganismos y para la observación de los gránulos de plata revelados en las autorradiografías. Los gránulos aparecen blancos sobre fondo oscuro.

Microscopio de fluorescencia. Es el microscopio más utilizado para la localización de moléculas en el interior de las células. Las moléculas con capacidad fluorescente emiten una luz de determinada longitud de onda dentro del espectro visible, cuando son expuestas a una fuente de luz ultravioleta (UV). El micros-

copio de fluorescencia se utiliza para la observación de moléculas fluorescentes naturales (autofluorescentes) como ocurre con el caso de la vitamina A y algunos neurotransmisores. Su uso más frecuente es en el caso de inyectar en el interior de la célula colorantes fluorescentes (*fluorocromos*) que se acoplan a determinadas moléculas que en este caso emiten fluorescencia y pueden ser identificadas, como es el caso de los antígenos con los anticuerpos.

Entre la fuente de luz ultravioleta y la muestra se interponen distintos filtros con el fin de lograr una luz monocromática. Entre la muestra y el objetivo se insertan otro conjunto de filtros que solo permiten que la estrecha banda de longitudes de onda de la fluorescencia llegue al objetivo.

Un *fluorocromo* o *fluoróforo* es un componente de una molécula que hace que ésta sea fluorescente. Se trata de un grupo funcional de la molécula que absorberá energía de una longitud de onda específica y la volverá a emitir en otra longitud de onda de mayor longitud y por tanto de menor energía. Estas dos condicionantes dependerán tanto del propio fluorocromo como del ambiente químico en el que se producen.

Un derivado reactivo de la fluoresceína, el llamado *isocianato de fluoresceína* ha sido uno de los fluorocromos que con más frecuencia se han unido químicamente a otras moléculas no fluorescentes con el fin de proporcionar nuevas moléculas fluorescentes. *La rodamina, cumarina y cianina* son fluorocromos que se utilizan habitualmente.

Más adelante nos ocuparemos del microscopio de fluorescencia de alta resolución que ha sido el ideado por los tres Premios Nobel y de sus insospechadas ventajas.

Microscopio de barrido confocal. En este microscopio llama la atención el hecho de que la fuente luminosa es un rayo *láser*. Un sistema de espejos mueve el láser a través de la muestra iluminando un solo punto por vez. Previamente el láser ha pasado por un tubo fotomultiplicador. Los datos de cada punto de la muestra recorrida con el rayo móvil, se guardan en una computadora y posteriormente se pasan a un monitor de vídeo de alta resolución, creando una imagen visual. Las regiones fuera de foco se eliminan de la imagen por medio del programa de la computadora, creándose así una definición máxima de la imagen.

Una de las principales ventajas de este sistema es la posibilidad de obtener imágenes de la muestra en cortes ópticos muy finos (aproximadamente de 1 μm de espesor). Además es posible crear imágenes a diferentes profundidades dentro de la muestra. Es decir se puede estudiar capa por capa de la muestra en todo su espesor. Con una serie de imágenes y gracias a la computadora se pueden lograr reconstrucciones tridimensionales muy nítidas.

Microscopio de luz ultravioleta. Como su nombre indica, este microscopio utiliza como fuente de luz, la luz ultravioleta (UV) y como lentes, lentes de cuarzo. La luz ultravioleta tiene una longitud de onda de unos 200 nm y en consecuencia se puede alcanzar un índice de resolución de 0,1 μm . Hay que tener en cuenta que no se puede observar directamente la muestra por medio del objetivo ya que los rayos UV no son visibles y dañan la retina. Los resultados son registrados en fotografías.

Se utiliza para el estudio y detección de los componentes de los ácidos nucleicos, especialmente las bases púricas y pirimídicas. También se emplea en el estudio de determinadas proteínas que contienen aminoácidos específicos. El funcionamiento del microscopio de luz ultravioleta no es muy diferente del funcionamiento de un espectrofotómetro.

Microscopio de polarización. Entre la fuente de luz y la muestra se dispone un filtro polarizante, conocido como *polarizador*. Entre el objetivo y el observador se encuentra un segundo polarizador que en este caso recibe el nombre de *analizador*. El microscopio de polarización utiliza la propiedad de las moléculas o conjunto de moléculas muy ordenadas, para rotar el ángulo del plano de la luz polarizada.

La capacidad que tiene un cristal o estructura paracristalina de rotar el plano de la luz polarizada se denomina *birrefringencia* (doble refracción). Entre otras muchas estructuras, presentan birrefringencia las células musculares estriadas y algunas inclusiones cristaloides presentes en las células de Leydig o células intersticiales del testículo.

Microscopio de fluorescencia de alta resolución. A finales del pasado siglo XX y en lo que llevamos de siglo XXI, se han llevado a cabo toda una serie de innovaciones en relación con la microscopia de fluorescencia. Se trata de técnicas ópticas complejas (tecnologías de *super resolución*) que permiten a los investigadores

localizar proteínas con marcas fluorescentes en resoluciones de décimas de nanómetros.

Por tanto, la famosa ecuación de Abbe, que preconizaba que nunca se podría alcanzar una resolución mayor que 0,2 micrómetros, ha sido sobrepasada, y hoy es posible un microscopio óptico de nueva dimensión que permite la visualización de moléculas individuales en el interior de las células. Es decir que no hay una estructura demasiado pequeña que no pueda ser estudiada, del microscopio se ha pasado al **nanoscopio**.

Muchas de las técnicas de super resolución se basan en el descubrimiento de que una mutación particular de polipéptido GFP transforma la proteína en una molécula fotoactivable (PA-GFP) y dicha GFP mutante sigue siendo no fluorescente hasta que la activa la luz ultravioleta. Hoy en día se conocen toda una serie de *proteínas fotoconmutables* cuya emisión fluorescente en una determinada longitud de onda puede activarse o desactivarse con pulsos luminosos.

■ La contribución de los premios nobel

La técnica de agotamiento de la emisión estimulada: **STED** (Stimulated Emission Depletion).

Stefan Hell (1962) nació en Rumanía doctorándose en la Universidad de Heidelberg. Actualmente está a cargo de la dirección del Instituto Max Planck de Química Biofísica (Alemania), y del Centro Alemán de Investigación contra el Cáncer de Heidelberg.

Cuando Stefan Hell leyó sobre el concepto de la emisión estimulada, se dio cuenta de que debería ser posible concebir una especie de nano-flash de láser que podría barrer las muestras de nanómetro en nanómetro. Mediante el uso de la emisión estimulada los científicos pueden apagar moléculas fluorescentes. Cuando se dirige un rayo láser a dichas moléculas, pierden inmediatamente su energía y se oscurecen. En 1994, Stefan Hell publicó un artículo que resumía sus ideas (1). En el método propuesto, denominado agotamiento de la emisión estimulada (STED), un pulso de luz excita todas las moléculas fluorescentes, mientras otro pulso de luz apaga la fluorescencia de todas las moléculas excepto en un volumen de tamaño nanométrico en el medio. Solo este volumen es registrado por lo que el

área observada es muy pequeña y precisa (figura 1). Haciendo el correspondiente barrido de toda la muestra es posible obtener una imagen completa y más precisa. Cuanto menor sea el volumen al que se le permite emitir fluorescencia en un instante, mayor será la resolución de la imagen final. Por lo tanto, no hay, en principio, límite a la resolución de los microscopios ópticos (figura 3).

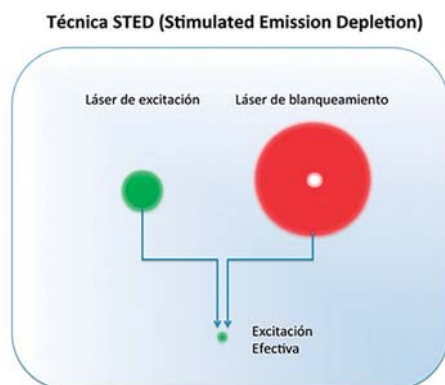


Figura 3. Ejemplo simplificado de la técnica STED. En esta técnica el haz de excitación (verde) se puede hacer más pequeño con otro láser (rojo), que apaga el entorno del primero haciendo que sea más preciso.

El artículo teórico de Stefan Hell no creó ninguna conmoción inmediata, pero era lo suficientemente interesante como para que le ofrecieran un puesto en el Instituto Max Planck de Química Biofísica en Göttingen. En los años siguientes llevó sus ideas a buen término, desarrolló un microscopio STED. En 2000 él fue capaz de demostrar que sus ideas funcionan realmente en la práctica, mediante, entre otras cosas, imágenes de una bacteria *E. coli* con una resolución nunca antes alcanzada en un microscopio óptico.

El microscopio STED recoge la luz de una multitud de pequeños volúmenes para crear una imagen más completa. En contraste, el segundo principio galardonado, la microscopía de una sola molécula, implica la superposición de varias imágenes. Eric Betzig y W.E. Moerner, desarrollaron, independientemente entre sí, los diferentes elementos fundamentales para su desarrollo. El origen de esta segunda técnica ocurrió cuando Moerner logró detectar una sola molécula fluorescente.

■ La primera vez que se detecta una molécula fluorescente

En la mayoría de los métodos químicos, por ejemplo al medir la absorción de luz por una molécula o en medidas de fluorescencia, los científicos estudian millones de moléculas simultáneamente. Los resultados de tales experimentos representan una especie de media de todas ellas. Los científicos han tenido que aceptarlo, sin embargo hay que reconocer que la ciencia soñaba con la medición de moléculas individuales, ya que así sería más fácil y mejor comprender, por

ejemplo, cómo se desarrollan las enfermedades. Así, en 1989, cuando Moerner como el primer científico en el mundo fue capaz de medir la absorción de la luz de una sola molécula, consiguió un logro fundamental.

El experimento abrió la puerta a un nuevo futuro e inspiró muchos químicos a dirigir su atención a las moléculas individuales. Uno de ellos era Eric Betzig, cuyos logros se describen más adelante.

Ocho años más tarde William Moerner dio el siguiente paso hacia la microscopía de una sola molécula, basándose en el descubrimiento anterior de la proteína verde fluorescente (GFP) del Premio Nobel Roger Tsien otorgado en el año 2008.

En 1997 Moerner se incorporó a la Universidad de California en San Diego, donde Roger Tsien, Premio Nobel, estaba tratando de conseguir que la proteína verde fluorescente, GFP, tuviese todos los colores del arco iris. La proteína verde se aisló de una medusa fluorescente y su interés se encuentra en su capacidad para hacer que las proteínas dentro de las células vivas puedan ser visibles. Usando el gen de la GFP los científicos pueden hacer fluorescentes a otras proteínas. La luz verde posteriormente revela exactamente en que parte de la célula se ubica la proteína marcada.

Moerner descubrió que la fluorescencia de una variante de la proteína GFP se podría encender y apagar a voluntad. Cuando se excita con luz de longitud de onda de 488 nanómetros la proteína comienza a emitir fluorescencia, pero después de un tiempo la fluorescencia se desvanece. Independientemente de la cantidad de luz que dirige a la proteína, la fluorescencia desaparece. Sin embargo, la luz de longitud de onda de 405 nanómetros hace que la proteína vuelva a ser fluorescente al ser de nuevo iluminada con luz de 488 nanómetros.

Moerner dispersa estas proteínas excitables en un gel, de manera que la distancia entre cada proteína individual fuera mayor que el límite de difracción de Abbe de 0,2 micrómetros. Con un microscopio óptico se podría discernir el resplandor de las moléculas individuales –eran como pequeñas lámparas con interruptores, que podía encender y apagar–. Los resultados fueron publicados en la revista científica Nature en 1997.

Por este descubrimiento Moerner demostró que es posible controlar ópticamente la fluorescencia de moléculas individuales. Esto resuelve un problema que Eric Betzig había formulado dos años antes (figura 4).

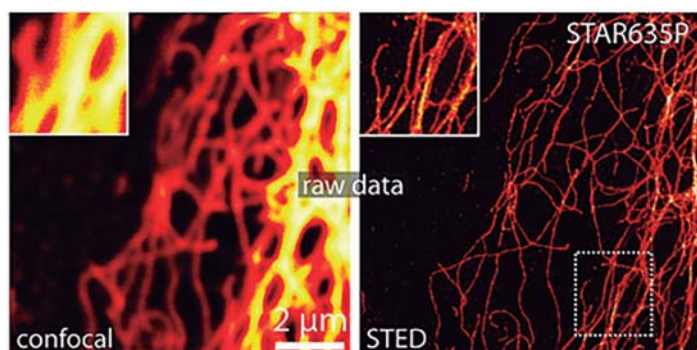


Figura 4. Ejemplo de la técnica STED. Comparación de una muestra de la proteína vimentina observada por microscopía confocal y la técnica STED. Nótese la diferencia en la resolución entre las dos imágenes (imagen libre de derechos obtenida de wikimedia commons).

■ La contribución de Eric Betzig

Al igual que Stefan Hell, Eric Betzig estaba obsesionado por la idea de superar el límite de difracción de Abbe. A principios de la década de 1990 estaba trabajando en un nuevo tipo de microscopía óptica llamada microscopía de campo cercano en los Laboratorios Bell, en Nueva Jersey. En la microscopía de campo cercano el rayo de luz se emite desde una punta muy delgada que se coloca a solo unos nanómetros de la muestra. Este tipo de microscopía también puede eludir el límite de difracción de Abbe, aunque el método tiene importantes debilidades. Por ejemplo, la luz emitida tiene un corto alcance tal que es difícil de visualizar las estructuras por debajo de la superficie de la célula.

En 1995 Eric Betzig concluyó que la microscopía de campo cercano no podría mejorarse mucho más allá. Además, él no se sentía a gusto en el mundo académico y decidió poner fin a su carrera de investigación; sin saber a dónde iría después, dejando los Laboratorios Bell. Pero el límite de difracción de Abbe se mantuvo en su mente. Durante un paseo un día frío de invierno una nueva idea se le ocurrió. ¿Podría ser posible eludir el límite de difracción utilizando moléculas con diferentes propiedades, moléculas que poseen fluorescencia de diferentes colores?

Inspirado por Moerner, entre otros, Eric Betzig ya había detectado fluorescencia en moléculas individuales utilizando microscopía de campo cercano. Empezó

a preguntarse si un microscopio regular podría producir la misma alta resolución si diferentes moléculas brillaban con diferentes colores, como el rojo, amarillo y verde. La idea era tener el microscopio y registrar una imagen por color. Si se dispersaban moléculas fluorescentes de un color y se encuentran a una distancia mayor a los 0,2 micrómetros estipulados por límite de difracción de Abbe, su posición se podría determinar con gran precisión. Si después hacemos lo mismo con las de otro color, es muy posible que cuando se superpusiesen estas imágenes, la fotografía completa obtendría una resolución entre moléculas mucho mejor que el límite de difracción de Abbe, y así las moléculas de color rojo, amarillo y verde serían distinguibles incluso si su distancia estaba a unos pocos nanómetros. De este modo límite de difracción de Abbe podría eludirse. Sin embargo, hubo algunos problemas prácticos, por ejemplo, una falta de moléculas con una calidad suficiente de propiedades ópticas adecuadas para ser distinguibles.

En 1995 Eric Betzig publicó sus ideas teóricas en la revista *Optics Letters*, y posteriormente abandonó la academia y se unió a la compañía de su padre.

■ La sorprendente proteína verde fluorescente (GFP)

Durante muchos años, Eric Betzig estuvo totalmente desconectado de la comunidad investigadora. Pero un día, un anhelo de la ciencia cobró vida de nuevo y volvió a revisar la literatura científica encontrándose con la proteína fluorescente verde por primera vez. Al darse cuenta de que había una proteína que podría hacer visibles otras proteínas dentro de las células, revivieron los pensamientos de Betzig sobre cómo eludir el límite de difracción de Abbe.

Sin embargo, el verdadero avance se produjo en 2005, cuando encontró que las proteínas fluorescentes que podrían activarse a voluntad, aquellas en las que había trabajado Moerner en 1997. Betzig se dio cuenta de que una proteína como esa era la necesaria para poner en práctica la idea que había tenido diez años antes. Las moléculas fluorescentes no necesitaban ser de diferentes colores sino que valdría con poder encenderlas y apagarlas en diferentes momentos.

La **proteína verde fluorescente** (o **GFP**, *green fluorescent protein*) es una proteína producida por la medusa *Aequorea victoria* que emite bioluminiscencia en la zona verde del espectro visible. Esta proteína se utiliza habitualmente en biología molecular como marcador. En 2008 los profesores Martin Chalfie, Osamu Shinomura y

Roger Tsien fueron galardonados con el Premio Nobel de Química por su descubrimiento y desarrollo de la proteína fluorescente verde, herramienta indispensable para la biología y la medicina modernas.

■ La técnica PALM (photoactivated localization microscopy)

Apenas un año más tarde, Eric Betzig demostró, en colaboración con científicos que trabajan en proteínas fluorescentes excitables, que su idea funcionaba en la práctica. Entre otras cosas, los científicos acoplaron la proteína brillante a la membrana que envuelve el lisosoma de la célula. Con el uso de un pulso de luz las proteínas se activaban emitiendo fluorescencia, pero ya que el pulso era tan débil solo una fracción de estas proteínas comenzaban a brillar. Debido a su pequeño número, casi todos ellos estaban situados a una distancia mayor que el límite de difracción de Abbe de 0,2 micrómetros. Por lo tanto la posición de cada proteína brillante podría ser registrada de forma muy precisa en el microscopio. Después de un tiempo, cuando su fluorescencia se apagaba, los científicos activaban un nuevo subgrupo de proteínas. Una vez más, el pulso era tan débil de modo que solo una fracción de las proteínas brillaba, después de lo cual otra imagen se tomaba. Este procedimiento se repetía una y otra vez (figura 5).

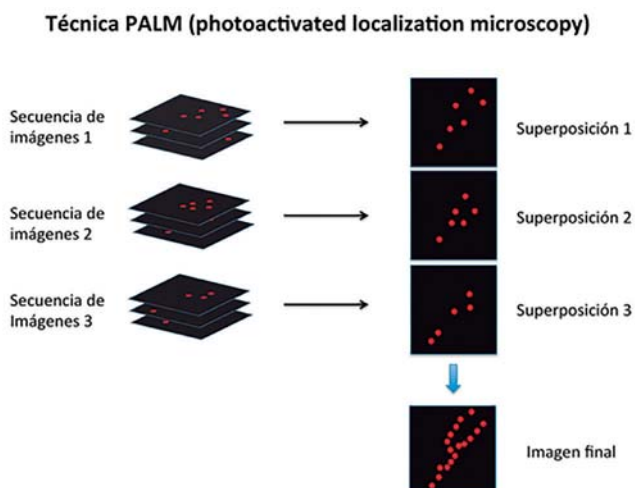


Figura 5. Ejemplo simplificado de la técnica PALM. En la técnica PALM los fluoróforos se van encendiendo y apagando alternativamente, de modo que al combinar muchas fotos del mismo plano y superponerlas, las imágenes obtenidas permiten que la distancia entre fluoróforos sea inferior a 200 nm.

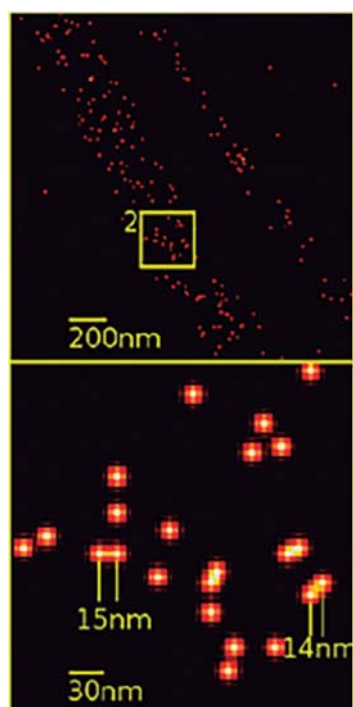


Figura 6. Ejemplo de fluorescencia PALM (photoactivated localization microscopy). Imagen de superresolucion de la proteína amarilla YFP, obtenida a partir de modificaciones genéticas de la GFP. En este ejemplo es posible comprobar cómo es posible superar sobradamente el límite impuesto por Ernst Abbe con la técnica PALM (imagen libre de derechos obtenida de la wikipedia).

Cuando Betzig superpuso las imágenes obtenidas consiguió una imagen de alta resolución de la membrana de los lisosomas. A esta técnica se la denominó PALM (photoactivated localization microscopy) que podría traducirse como microscopía de localización fotoactivada o microscopía de una sola molécula. Su resolución era mucho mejor que el límite de difracción de Abbe (figura 6). Un artículo publicado en la revista Science en 2006, presentó esta nueva aproximación a la comunidad científica.

■ Conclusiones

En resumen, podemos considerar que el Premio Nobel de Química 2014 ha premiado dos descubrimientos separados. El método de microscopía STED (*stimulates depletion emission*), desarrollado por Stefan Hell en 2000, que utiliza dos rayos laser, uno que estimula moléculas fluorescentes para brillar, y otro que anula toda la fluorescencia excepto para aquella en un volumen de tamaño nanométrico. Con la exploración posterior de la muestra nanómetro a nanómetro, se consigue una imagen con una resolución más elevada del límite estipulado por Abbe.

Eric Betzig y William Moerner, trabajando separadamente encontraron el segundo método, la microscopía de moléculas individuales. El método cuenta con la posibilidad de cambiar a fluorescentes o no fluorescentes moléculas individuales. Repasando la misma área muchas veces, dejando que unas pocas moléculas salpicadas brillen cada momento, la superposición de estas imágenes conduce a una superimagen densa con resolución de nanonivel. En 2006 Eric Betzig utilizó este método por primera vez.

Hoy la nanoscopía se usa en todo el mundo y cada día se producen nuevos conocimientos del mayor beneficio para la humanidad.

Por tanto, la historia de la microscopía de fluorescencia de alta resolución es muy corta. El conjunto microscopía STED y fluoróforos fue aplicado por primera vez en el año 2000 y los métodos basados en fluoróforos individuales, en el año 2006. A pesar de esto, las técnicas en rápido desarrollo de la microscopía de fluorescencia de alta resolución, se aplican a gran escala en los campos más importantes de las ciencias biológicas y de las ciencias biomédicas, como biología, microbiología y neurociencias. En este momento existen muchas razones para predecir que estos descubrimientos ya están produciendo cantidad de nuevos y hasta ahora inalcanzables resultados, producción que se acelerará en las próximas décadas. Estos descubrimientos han de revolucionar la biología y la medicina al permitir descripciones cuantitativas y reales a nanoescala de procesos biológicos moleculares multidimensionales y complejos, que definen el fenotipo de todas las formas de vida.

■ Abreviaturas

DIC, contraste de interferencia diferencial.

GFP, (*green fluorescent protein*) proteína verde fluorescente.

PALM, (*photoactivated localization microscopy*) microscopía de localización fotoactivada o microscopía de una sola molécula.

STED, (*stimulated Emission Depletion*) agotamiento de la emisión estimulada.

UV, ultravioleta.

■ Bibliografía consultada

- Abbe, E. (1873). Beiträge zur Theorie der Mikroskops und der mikroskopischen Wahrnehmung. Archiv für mikroskopische Anatomie 9, 413-418.
- Betzig, E. (1995). Proposed method for molecular optical imaging. Opt Lett 20, 237-239.
- Betzig, E., Patterson, G.H., Sougrat, R., Lindwasser, O.W., Olenych, S., Bonifacino, J.S., Davidson, M.W., Dickson, R.M., Cubitt, A.B., Tsien, R.Y. y Moerner, W.E. On/off blinking and switching behaviour of single molecules of green fluorescent protein. Nature, 388, 355-358.
- Cooper, G.M. (2009). Hansman, R. E. The Cell. A molecular approach. Boston University Press (5ª edición). 21-28.
- Ehrenberg, M. (2014). Super-resolved fluorescent microscopy. The Royal Swedish Academy of Sciences. Nobel Committee for Chemistry Scientific Background of the Nobel Prize in Chemistry pp 1-15.
- Ehrember, M. y Lidin, S. (2014). How the optical microscope became a nanoscope. The Royal Swedish Academy of Sciences. Nobel Committee for Chemistry Scientific Background of the Nobel Prize in Chemistry pp 1-7.
- Lippincott-Schwartz, J y Hess, H.F. (2006). Imaging intracellular fluorescent proteins at nanometer resolution. Science 313, 1642–1645.
- Hell, S.W., Wichmann, J. (1994). Breaking the diffraction resolution limit by stimulated emission: stimulated-emission-depletion fluorescence microscopy. Optics Letters, 19, 780-782.
- Hell, S.W. (2003). Toward fluorescence nanoscopy. Nat Biotechnol 21, 1347-1355.
- Hooke, R. (1665). Micrographia or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses with Observations and Inquiries Thereupon. Ed. J. Martyn y J. Allestry.

- Klar, T.A., Jakobs, S., Dyba, M., Egner, A. y Hell, SW, (2000). Fluorescence microscopy with diffraction resolution barrier broken by stimulated emission. *Proc Natl Acad Sci USA* 97 8206-8210.
- Huang, B., Babrack, H. y Zuang, X. (2010). Breaking the diffraction barrier. *Super resolution imaging Cell*, 143, 1047—1058.
- Moerner, W.E., y Kador, L. (1989) Optical detection and spectroscopy of single molecules in a solid. *Phys Rev Lett* 62, 2535–2538.
- Ross, M.H., Romvell, L.J. y Kaye, G.I. (1997). *Histología (Texto y Atlas en color)*. Editorial Médica Panamericana. 3ª edición; pp 10-16.
- Sahl, S.J. y Moerner, W.E. (2013). Super-resolution fluorescence imaging with single molecules. *Current Opinion in Structural Biology* 23, 778-787.
- Schleiden, Matthias Jakob: Beiträge zur Phytogenesis. In: *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin*. 1838, pp. 137-176.
- Schwann, T. (1839). *Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Thiere und Pflanzen*. Verlag der Sanders'schen Buchhandlung (GE Reimer). Berlin.
<http://www.vanleeuwenhoek.com/letters.htm>

Premio Nobel de Literatura 2014

ENTRE LOS SUEÑOS, LOS RECUERDOS Y LA OBSESIÓN DE SU VIDA

Luis Prados de la Plaza



Patrick Modiano

Insistir en los recuerdos, contar con sencillez lo que había sentido –desde que era niño, hasta el borde de mirar cómo se acerca la llegada a sus primeros setenta años–, **Patrick Modiano** oyó sonar el teléfono móvil durante sus frecuentes paseos en los alrededores del centro de París, concretamente, en el interior de los *Jardines de Luxemburgo*. Era una sus hijas, que le comunicaba una feliz noticia, procedente de Estocolmo, donde la Academia Sueca acababa de concederle ¡el Premio Nobel de Literatura!, algo que se puede considerar entre los momentos más felices que puede vivir un escritor.

Martes, 9 de octubre de 2014... El presidente de la V República de Francia, **François Hollande**, fue una de las primeras personas que se pusieron en contacto con **Modiano** para felicitarlo, directamente, recalcó “que era el decimoquinto francés galardonado con esta eminente distinción, lo que confirma el gran brillo de nuestra literatura”. En su afán de atenciones a la actualidad y aprove-

chamamiento del efecto político que pudiera desprenderse del presente mensaje, añadió que “la República está orgullosa, a través de este Premio Nobel, y del reconocimiento internacional de uno de nuestros mayores escritores”... También felicitó a la *Editorial Gallimard*, “que le acompaña desde su primer libro”. El eco que despertó este detalle de un político bastante criticado por otras conductas de su actividad política provocó una parte de gratitud en los comentarios de casi todos los círculos culturales. Impacto favorable de una noticia feliz, *¿inesperada?*, en vísperas de la espiral que ha llenado de curiosidad los antecedentes del premiado, los deseos de conocer sus obras, opiniones de escritores cercanos o de otros países, así como tantas declaraciones –por repetidas que sean–, pero que siguen aportando interés.

Muchos literatos suelen decir en los primeros momentos *que no se lo esperaban*, unas veces *porque ya sabían que iba a ser así*; otras veces (pese a su aspiración de máximo deseo, durante tantos años), porque *nunca llegaría a convertirse en realidad*... Lo que, por lo general, no suele fallar es el reclamo de la gloria literaria de los escritores, tanto si ya se la habían ganado anteriormente, como si servía para redoblar el aumento de sus lectores.

El repaso de la nómina de estos galardones, explica las razones de las empresas editoras para buscarse traductores con capacidad de llevar a otros idiomas textos interesantes que reclaman urgente difusión, a través de las librerías... Los traductores no se pueden limitar a una interpretación literal de lo que cada autor haya expresado en sus idiomas de origen, sino entender primero cómo lo ha querido decir, y hacerlo llegar con idéntica intención a lenguajes distintos. Entre otras razones, porque no son iguales las formas y giros franceses en la costa más cercana al oeste de Italia, que junto al mar más próximo al sur de Inglaterra, lo mismo que existen diferencias entre los que dominan la lengua rusa, alemana, inglesa, española, italiana, sueca o de otros idiomas... Ahí está la ventaja de los buenos traductores, sobre los que se dedican a ello desde el simple conocimiento de dos o más idiomas.

Estábamos en los *Jardines de Luxemburgo*, uno de los lugares más visitados, en busca de descanso, donde acuden los ciudadanos de la capital de Francia y turistas, después de haber visitado tantos museos y monumentos urbanos de obligatorio recorrido en los márgenes del Sena. Ampliado el espacio de los jardines,

adornados de arboledas, teatro de marionetas, juegos infantiles y un estanque donde se alquilan barquitos de vela, que sirven de recreo a los que acuden hoy a la sombra de aquel paisaje encantador, rodeado de suficientes atractivos para descansar.

Durante la primera veintena del siglo XVII, cansada de su vida en el Louvre, **María de Médicis** mandó construir un Palacio enfrente de los *Jardines de Luxemburgo*... Y curiosamente, esta mansión que ha tenido diferentes propietarios (actualmente sede del Senado francés), se convirtió en una prisión durante los primeros momentos de la Revolución Francesa (1789), lo mismo que casi dos siglos después... los destinos de la Segunda Guerra Mundial llevaron en los comienzos de la recuperación del dominio alemán a mantener allí mismo su cuartel y construir un Bunker en sus jardines.

Y como todo eso forma parte de las obsesiones del reciente Premio Nobel de Literatura (hasta el punto de ser oportuno recordarlo), hay que incluirlo por delante de seguir avanzando en esta breve monografía sobre los pasos de **Patrick Modiano**... Toda su vida está marcada por las consecuencias del nazismo y la existencia de la Gestapo, tal como se explicará a continuación.

En varias de sus novelas aparecen protagonistas reales de hechos que están marcados en la historia, junto a otros personajes desconocidos que forman parte de la narración y se identifican –según opinan algunos críticos literarios– con el mismo autor que escribió la *Trilogía de la Ocupación*. Numerosas descripciones de su obra parecen autobiográficas.

Siguiendo los secretos y coincidencias de los profesionales de la literatura, se descubren detalles de su época, acompañada del interés despertado por los acontecimientos de la Historia. El escritor no suele aprovecharse tanto de la Literatura, sino más bien sucede al revés: el arte de recoger textos de todos los géneros literarios acaba alimentándose de escritores que creen y se dedican por entero a la necesidad de escribir.

Acabo de leer una realidad, inscrita en la biblioteca recién inaugurada en Madrid con el nombre de **Mario Vargas Llosa** (otro Nobel de Literatura): se trata de un auténtico recuerdo, apropiado a las ideas que acaban de exponerse... Estampada la frase sobre paredes blancas, estas doce palabras dicen lo siguiente: *un escritor no escoge sus temas, son sus temas quienes les escogen*. O sea, que también

puede parecer cierto que, entre los literatos, parte de ellos *escriben para tomarse desquites*.

■ Una vida, más que contemplativa

La existencia de **Patrick Modiano** empieza el día que vino al mundo en un suburbio de París (Boulogne-Billancourt, 30 de julio de 1945), dos meses después de la capitulación sin condiciones del ejército alemán, en Reims (1 de mayo de ese año), solo veinticuatro horas antes de haberse suicidado Hitler... La Primera Guerra Mundial (1914-1918) dejó demasiadas heridas abiertas en Francia: desde la Paz de Versalles, sucedieron martirios y lágrimas añadidos, antes y durante la Segunda Guerra Mundial. Entre 1939 y 1945, se produjeron todavía mayores daños al país, con perjuicios especiales que afectaron a la familia de **Patrick**. Tal cadena de acontecimientos dolorosos ha sido fielmente recogida entre las páginas más oscuras y siniestras que haya vivido Francia... Si la Revolución de carácter socialista (Berlín, 1918), había traído el nazismo, con **Hitler** (que no admitió el *Tratado de Versalles*), la posterior derrota de Francia por el Ejército alemán, en 1940, vino a aumentar la dimensión de la tragedia: entre la invasión de Alemania a Polonia, el ataque de Japón a China y la intervención de Estados Unidos se desencadenó la peor guerra en la que se vieron afectadas, además, las Colonias de Gran Bretaña y Holanda, en Asia. Los últimos coletazos de la peor guerra se quedaron grabados en la historia del mundo, con la crueldad de los bombardeos atómicos en Hiroshima y Nagasaki, seguida de la rendición de Japón.

Los que nacieron un 30 de julio pertenecen al signo de Leo. Las predicciones de futuro de quienes estudian las posiciones relativas de los astros y de los signos del Zodíaco, en un momento dado, han marcado las influencias –más o menos afines– de quienes vinieron al mundo durante las semanas de Leo, que son regidos por el Sol. Sin asegurar que las predicciones sean exactas, como parece lógico, la mayoría de los intérpretes de horóscopos coinciden en resaltar que los nacidos un 30 de julio tienen orgullo, valentía y sentido de la dignidad. Los esfuerzos en su trabajo y el orden son cualidades que se apoyan en la responsabilidad y, al mismo tiempo, aportan experiencia. Buscan el equilibrio de la palabra, al tiempo que rechazan el materialismo... Pendientes de la inspiración, saben combinar la energía creativa dentro de su habitual paciencia. Tienen bastante audiencia y sus

seguidores confían en ellos, aunque prefieren la soledad cuando necesitan programar sus proyectos.

Aparte de las fantasías en que se entregan los dictadores de horóscopos, además de los gitanos que creen *adivinar las buenaventuras de la gente*, en el marco de la realidad, los juicios más críticos hacia el último Premio Nobel de Literatura señalan repeticiones constantes, dentro de la misma novela y entre las demás. Su pasión de escritor, así como su obsesión por la historia de los acontecimientos que vivieron los judíos, forman parte principal de su vida, de manera que no se ha podido desprender todavía de los hábitos de estudio, ni de su propia imaginación. Siempre acaba volviendo a pensar en lo mismo. Se vuelca en sus argumentos favoritos y repasa los perfiles de las ideas: los principios de la doctrina, por qué y el por qué, los orígenes de los judíos tuvieron que atravesar las persecuciones de aquella tragedia del siglo XX... Un cúmulo de interrogaciones que deben meditarse a fondo, en lugar de conformarse con un repaso elemental de cuatro lecciones aprendidas en una enciclopedia.

Los ecos más críticos de las repeticiones de **Modiano** han sido mejor entendidos por los seguidores de su justa fama, fiel a su forma de narrar los hechos con detalles, frases cortas y también, en determinadas ocasiones, no fáciles de comprender por los propios lectores que tienen prisa por terminar las páginas de la novela. No se puede leer *a la carrera*. Los signos de atención precisan de relecturas, si es preciso, para enterarse bien de la trama argumental y el modo de exponerlo. En este sentido, la costumbre de insistir el escritor en sus ideas significa más una virtud que un defecto.

Su padre, **Albert Modiano**, descendiente de una familia de judíos italianos (que habían emigrado primero a Grecia y luego a Venezuela, para terminar en Francia) se convirtió en un personaje oscuro, dedicado a los grandes negocios con traficantes y policías que vendieron todo tipo de mercancías al ejército de ocupación nazi. Su madre era una actriz belga, **Louisa Colpijn**, que empezaba a darse a conocer durante esta época... Poco después de conocerse la pareja, se casaron en secreto, huyendo de las persecuciones de entonces: tuvieron dos hijos: el mayor, **Patrick**; dos años más tarde nació **Rudy**, el compañero inseparable de los primeros colegios, muerto prematuramente de leucemia, lo que causó enorme disgusto al muchacho que soñaba con ser escritor. Con la ausencia de su hermano, a quien dedicaría

todas las primeras novelas de su extraordinaria carrera, terminó la infancia de uno de los grandes literatos franceses. En esos primeros años, los frecuentes viajes de su padre y las continuas giras de su madre, para los rodajes de películas, aumentó su situación de soledad. Pasó por la escuela de Montcel, en Jouy-en-Josas; colegio San José de Thônes, en Haute-Savoie, y el Liceo Enrique IV, de París; acabó el bachillerato y decidió no acudir a la Universidad, para trabajar por su cuenta, cuando ya había tenido ocasión de recibir clases particulares de geometría por parte del escritor **Raymond Queneau**, miembro fundador del *Oulipo* y autor de *Zazie en el metro*, *Odile o el rapto de Ícaro*.

Sus padres se separaron pronto y **Queneau** –que era precisamente amigo de su madre– habría de tener una influencia decisiva en su carrera literaria. Nada más leer su primer manuscrito, influyó en la *Editorial Gallimard* para que publicara su primera novela, *La place de l'étoile*, que después se conocería en España como *El lugar de la estrella*. Y ahí mismo se quedó, confiando en el aval prestigioso de *Gallimard*..., que ha seguido difundiendo desde entonces el resto de su extensa obra. Esa ocasión prodigiosa se presentó cuando menos lo esperaba y terminó siendo para el futuro del escritor un remanso de fortuna.

A la vista de su recorrido personal, no puede considerarse nada extraño que, a través de la literatura de **Modiano**, aparezcan marcados los ambientes de una época que no había vivido siempre, directamente, si bien entre sus declaraciones posteriores reconoció que un período tan largo y turbulento formaría parte de *su prehistoria personal*, igual que siguió considerándolo “*confuso y vergonzoso*”, lo mismo que no ha cambiado de opinión para entender que nada enriquece más la sensibilidad y los deseos humanos, como la virtud de la perseverancia para sostener la Literatura...

Ideas fijas y muy personales. Una de las mejores crónicas de urgencia que recibieron los medios de comunicación españoles, durante la misma tarde del 9 de octubre pasado, a través de las agencias internacionales, recogían la sorpresa de **Patrick Modiano**, con sus primeras palabras pocos minutos después de haber hablado con su hija: “*escribir acaba siendo una actividad solitaria, donde el escritor está protegido de sus lectores. Cuando escribes un libro, te escondes detrás de él. Solemos estar acostumbrados a una especie de soledad; es más fácil hablar de los otros que de uno mismo*”. Sería entonces el momento de precisar que, entre sus influencias, no se decantaba por ningún autor concreto, ni un libro determinado o una corriente literaria. Pero, ante las insistencias de la

curiosidad periodística, confesó su timidez y se refugió con la presente disculpa: *resultaría muy complicado citar todos los libros que me han marcado, desde la infancia a la adolescencia*. Sin embargo, al final de la charla –ya relajado en los despachos de la *Editorial Gallimard*– se refirió al filósofo francés, nacido en Argelia, **Albert Camus**, que tanto admiraba desde que ganó su Nobel en 1957, *por haber puesto de relieve los problemas que se plantean en la conciencia de los hombres de hoy*.

¿Cuántos lectores habrá, de los muchos que ganaron antes el Nobel (además de los añadidos en el siglo XXI), que llenan de admiración las librerías, con sus obras?

Antes de entregarse a las lecturas seleccionadas de textos y libros bien documentados, donde se recogen acontecimientos históricos del mundo, están las observaciones de un niño, los pensamientos de un joven muchacho, las cuartillas de un aprendiz de escritor y los apuntes apresurados de una carpeta con tapas negras (llenas de frases, teléfonos y numerosos ejemplos de sensaciones en las calles)... Todos estos personajes que se citan –y pasaron por tantas aventuras emocionantes– pertenecen a una sola persona, inscrita en el registro civil con el nombre de **Patrick Modiano**, autor de su celebrada primera novela, en el año 1968 (*La place de l'étoile*, que veintiún años más tarde se editaría en Barcelona con otro título: *El lugar de la estrella*, como ya se ha dicho antes)... A este recorrido hay que añadirle que no ha dejado de escribir, sin descanso, durante más de cincuenta años.

Francia ha sido el país con más ganadores del Nobel de Literatura: quince en total, tres por delante de Estados Unidos, que influye decisivamente con la suma de otros países de lengua inglesa para que este idioma esté a la cabeza de la estadística de tan orgulloso premio. De los quince que ganó Francia destacan el primero que estrenó el testamento de **Alfred Nobel**: el gran poeta **Sully Prudhomme**, en 1901. Los dos siguientes fueron **Maurice Maeterlinck**, en 1911, y **Román Rolland**, en 1915. Antes de llegar al último galardonado merecieron llenar la nómina francesa **Roger Martin du Gard**, **François Mauriac**, **Camus**, o **Le Clézio**, entre otros...

(**Jean Paul Sartre**, maestro y filósofo de la libertad influido por los alemanes **Husserl** y **Heidegger**, además de la ayuda de su mujer, **Simone de Beauvoir**, para acogerse a los principios literarios del existencialismo..., llegó a rechazar el galardón sueco, en 1964, único caso, con el ruso **Boris Pasternak**, seis años antes, que se había visto obligado a renunciar a lo largo de toda la historia de los Premios

Nobel, solo interrumpida durante 1914 a 1918, en 1935 y durante la Segunda Guerra Mundial, del 40 al 43).

El comunicado oficial de la *Svenska Akademien* de Estocolmo justifica que las obras de **Patrick Modiano** gravitan alrededor de temas como la memoria, el olvido, la identidad y la culpa. E insiste en que la ciudad de París suele estar presente en el texto, y casi se puede considerar como participación creativa en la obra. Destaca también la frecuencia en que sus relatos se basen en experiencias autobiográficas o en acontecimientos que tuvieron lugar bajo la ocupación alemana; el autor encuentra material para sus novelas, entresacados de antiguas entrevistas, artículos de periódicos o anotaciones propias que fue acumulando con los años... Casi todos sus libros están a menudo interrelacionados y hacen posible que vuelvan episodios anteriores, ampliados, lo mismo que se producen reapariciones de personajes determinados en diferentes narraciones. Su última obra es la novela *Pour que tu ne te perdes pas dans le quartier*, que está a punto de aparecer en París y se prepara para darse a conocer pronto en España... Además de haber publicado cuarenta novelas (traducidas al inglés, alemán, español y otros idiomas) escribió libros para niños y trabajó como guionista de cine: junto al director **Louis Malle** intervino en el guión de *Lacombe Lucien* (1974), cuya acción se desarrolla durante la ocupación alemana de Francia, y luego con **Pascal Aubierre**, para *Le fils de Gascogne* (1995). Hubo otras novelas suyas que se llevaron al arte cinematográfico: con el realizador **Moshé Mizrah** se rodó *Une jeunesse* (1981); **Patrice Leconte** adaptó *Villa triste*, en su película *El perfume de Ivonne* (1994); **Manuel Poirier** se inspiró en *Dimanches d'août* para su filme que tituló *Te quiero* (2002); **Michael Hers** adaptó *De si braves garçons*, en *Charell* (2006); y el realizador **Benoit Jacquod** proyecta llevar a las pantallas *La petite Bijou*. También se encargó **Modiano** del guión de la película *Bon voyage*, de **Jean-Paul Rappeneau** (2003) y escribió un episodio de la serie policiaca de televisión *Madame le juge*, con el título *L'innocent*. Actuó como miembro del jurado del Festival de Cannes, en el año 2000, entre las demás distinciones que destacaron en su amplia carrera.

A la vista de este brevísimo guión, bien se puede considerar que una vida tan intensa como ordenada está, verdaderamente, muy por encima de *ser más que contemplativa*... En una justa definición de su actividad, los valores demostrados se asemejan al ¡mucho más!, certeza que se comprenderá del todo en las páginas que irán a continuación. Se ha interesado Patrick Modiano, principalmente, por la política, la historia, las desventuras, la recuperación de los destinos de Francia y, por su vocación sin barreras, en definitiva, para entregarse a la Literatura.

■ Los sueños y la inspiración

Soñar no cuesta trabajo. La novela de moda, con la mayor difusión del nuevo Premio Nobel de Literatura (*La hierba de las noches*) arranca sus primeros párrafos entre los pensamientos misteriosos que separan la inspiración de los sueños. O... ¿es una mezcla que confunde lo uno con lo otro? Con el propósito de recomendar la lectura reposada de este libro, se reproducen a continuación algunos renglones de la primera página de la citada novela: *Pues no lo soñé. A veces me sorprendo diciendo esta frase por la calle, como si oyese la voz de otro. Una voz sin matices. Nombres que me vuelven a la cabeza, algunos rostros, detalles. Y nadie ya con quien hablar de ellos... Sí que deben de quedar dos o tres testigos que están todavía vivos. Pero seguramente se les habrá olvidado todo. Y, además, uno acaba por preguntarse si hubo de verdad testigos... No, no lo soñé. La prueba es que tengo una libreta negra repleta de notas. En esta niebla, necesito palabras exactas y miro el diccionario. Nota: escrito breve que se hace para recordar algo. Las páginas de la libreta son una sucesión de nombres, de números de teléfonos, fechas de citas y también de textos cortos que a lo mejor tienen algo que ver con la literatura. Pero ¿en qué categoría hay que clasificarlos? ¿Diario íntimo? ¿Fragmentos de memoria? Y también cientos de anuncios por palabras copiados de los periódicos. Perros perdidos. Pisos amueblados. Demandas y ofertas de empleo.*

De entre todas estas notas, algunas tienen un eco mayor que otras. Sobre todo cuando nada altera el silencio. Hace mucho que no suena el teléfono. Ni nadie llamará a la puerta. Deben de creer que me he muerto. Está uno solo, atento, como si quisiera captar señales de morse que un interlocutor desconocido le envía desde muy lejos. Muchas señales llegan con interferencias y por mucho que afine uno el oído se pierden para siempre. Pero hay nombres que destacan con nitidez en el silencio y en la página blanca...

Dannie, Paul Chastagnier, Aghamouri, Duwelz, Gérald Marciano, "Georges", el Unit Hôtel, calle de Le Montparnasse. Si no recuerdo mal, en ese barrio andaba yo siempre con la guardia alta. El otro día pasé por casualidad. Noté una sensación muy rara. No la sensación de que hubiera pasado el tiempo, sino de que otro yo, un gemelo, rondaba por las inmediaciones; que no había envejecido y seguía viviendo en los mínimos detalles, y hasta el final de los tiempos, lo que viví aquí durante una temporada muy breve...

Es difícil saber cuántos escritores se inspiraron en los sueños, desde que empezó a rodar la Literatura como una recomendación necesaria. **Calderón de la Barca** sería uno de ellos, durante el movimiento español del barroco, cuando estrenó aquella obra de teatro tan luminosa, en el año 1635... Habrán sido demasiados y, seguramente, más de tres siglos después, **Patrick Modiano** ya leyó despacio los versos de *Rosaura, Clotaldo, Estrella, Clarín y Basilio (rey de Polonia)*, cuando *Segismundo* pensaba en la vida y en su suerte: nada más abrirse el telón del *tinglado de la vieja farsa*, declamaba de este modo: *sueña el rey que es rey y vive / con este engaño mandando, / disponiendo y gobernando; / y este aplauso que recibe / prestado, en el viento escribe (...) ¿Qué es la vida? Una ilusión, / una sombra, una ficción, / y el mayor bien es pequeño: / que toda la vida es sueño, / y los sueños, sueños son...*

En el momento de reafirmar los motivos de inspiración que animaban a **Modiano** a la necesidad de incluir, sobre la marcha, un nuevo argumento de novela (aunque en esos instantes anduviera enredado en otros libros), es muy revelador el anuncio por palabras que se encontró en un periódico mientras se desayunaba en la terraza de un café. Llamó su atención el texto de aquel anuncio, que algunos comentaristas han buscado entre los archivos de las hemerotecas, extendiendo varias versiones... La más difundida tenía el aspecto de un telegrama angustioso de unos padres que solicitaban la colaboración de la sociedad para encontrar el paradero de su hija. La traducción del francés, lo describía así: *Se busca a una Dora Bruder, de 15 años, de unos 1'55 metros, rostro ovalado, ojos marrón, abrigo sport gris, pullover burdeos, falda y sombrero azul marino, zapatos sport marrón. Ponerse en contacto con el señor y la señora Bruder, bulevar Ornano, 41, París...* Como un resorte y la mentalidad de detective, **Patrick Modiano** se propuso indagar por su cuenta, recorriendo el citado bulevar francés, preguntando a vecinos, acudiendo a los archivos de la policía, encerrado en las hemerotecas, hasta que poco a poco se iría entusiasmando... y se propuso la obligación voluntaria de apuntarse a la búsqueda de la menor..., y entrar en los desastres –tremendamente tristes– del corazón de Auschwitz, en Polonia, cerca de Katowice.

Sin embargo, la reseña oficial de la firma editora de aquella novela, que se antepuso en el año 1997 –por razones de urgencia– a la que ya tenía casi terminada, lo explicaba con esta versión literaria que tanto llamaría la atención de los lectores: *El 31 de diciembre de 1941 el periódico Paris-Soir publicó un anuncio dramático: unos padres buscaban a su hija, de quince años, que se había fugado de un colegio de monjas. Nueve meses más tarde, el nombre de la muchacha*

aparece en una lista de deportados al campo de exterminio de Auschwitz... Al hilo de esta desaparición, seguida de la noticia de su paradero, se conoce el destino de un pueblo, de toda Francia y de toda Europa, en un momento de dolor y violencia, donde la pureza resalta sobre un fondo de destrucción. El comienzo de la novela arranca en un intenso viaje por un París espectral. La ciudad se configura como una geografía interior hecha de caspas de tiempo que se confunden y entremezclan en esa evocación y búsqueda del tiempo perdido, que hace Jean, el protagonista de la novela, escritor y tal vez ego del propio Modiano.

En la reciente segunda edición de *La hierba de las noches*, la propaganda editorial insiste en recordar que *Jean reconstruye en su escritura los fragmentos de su juventud, en los años sesenta, capturados en una libreta negra*, algo que refirma que *el tema del libro sobre Dora Bruder supone la búsqueda del propio autor, que trataba de reconstruir aquella biografía borrada...* Como si (aunque con un retraso superior al medio siglo) hubiese querido ayudar a los angustiados padres de la joven Dora, buscándola en un ambiente que había sufrido con los recuerdos de su padre, estudiado profundamente, después, causa de su eterna obsesión desde que tuvo uso de razón. *El estilo contenido de Modiano, de una brevedad y exactitud estremecedora, nos invita a leer esta novela con nombre de mujer, porque ilumina el presente dolor, el horror y el sufrimiento pasado, pero también su poesía...* Traducida la novela por **Marina Pino**, la editó Seix Barral en Barcelona, el año 1999.

En fin, la contraportada de la última novela califica el texto de relato hipnótico sobre los laberintos de la memoria y los pasadizos secretos de la Historia que mantiene al lector en vilo hasta la última página. **Denis Cosnard**, en *Le Monde*; **Alexandre Fillon**, en *Lire*; **Jerôme Garcin**, en *Le Nouvel Observateur*, así como **Oliver Mony**, en *Livres Hebdo*, forman parte de una selección de especialistas franceses, que opinaron en el mismo sentido favorable a los merecidos elogios, de los que se entresacan los siguientes fragmentos: el primero había dicho que **“Patrick Modiano lleva a su cumbre un género que él ha creado: la autoficción poético-policial. No había escrito nunca un texto tan poético, tan seductor como esta aparente novela negra”**; el segundo, recordó al autor de *Calle de las tiendas oscuras* y calificó este nuevo libro con el reclamo de ser una obra maestra... **“Nos gustaría que su lectura fuera una espiral infinita que no acabara nunca. Una novela onírica que nos deja sin aliento, y cuya música resuena durante mucho tiempo, en la memoria y en el corazón”**; el tercero se refiere a Jean, el protagonista, que en 1964 **“tenía veinte años y dedicaba muchas horas a vagabundear por París, entre Montparnasse, las obras de la nueva Facultad de Censier y la Ciudad Universitaria del bulevar de**

Jourdan... Tan parecido a los pasos del Premio Nobel; y el último ha afirmado que “*se trata del más bello poema en prosa de la literatura francesa actual*”.

El protagonista de la narración volverá a aparecer en otras obras del mismo autor, tal como se puede comprobar en *L'horizonte*, por ejemplo, novela aparecida en la librerías más de treinta años después: otro de sus libros traducido a nuestro idioma y editado por *Anagrama*.

La forma de explicar las conexiones de los argumentos y la fidelidad para relacionarlos obliga a entender que para conocer el rigor de la literatura de **Patrick Modiano** hace falta leer el mayor número de novelas suyas. Y para conseguir superar una carrera ascendente durante tanto tiempo es preciso conservar el interés por la historia y entregarse a los esfuerzos de la investigación, en primer lugar. Un mismo argumento no tiene por qué agotarse siempre. Las heridas no se cierran de golpe, como las páginas escritas ni acaban con *el punto final*, ni tampoco con *borrón y cuenta nueva*. La costumbre de meditar los aciertos o las sugerencias que quedaron flotando después de presentar un libro, sirven para seguir indagando entre los archivos propios o lecturas de otros autores especializados, en el conjunto de la más completa documentación posible de los episodios históricos, tal como fueron.

A la perseverancia del autor para seguir estudiando las razones que acabarían desencadenando las dos guerras mundiales del siglo XX hay que añadirle el mérito de haber sabido conservar los documentos y la memoria, a pesar de las dificultades económicas del inicio de su carrera. Habrá que figurarse, después de decidir su renuncia a matricularse en la Universidad, los cálculos que hubo de hacer para no dejar los estudios, a través de bibliotecas, centros públicos o círculos culturales al alcance de su dinamismo. Por esas mismas razones, las casas editoriales de todos los países que sabían el interés de sus lectores, como los que desconocían la vida literaria del Premio Nobel han reaccionado con el interés que despierta un éxito que no acaba de nacer porque ya existía cuando comenzaron a estudiarse en las tesis doctorales de las Universidades.

■ Recuperación de la familia

Toda la acumulación de documentos necesitan tiempo para recogerlas, con el fin de poderlas clasificar un día (para conservar y estudiar luego, detenidamente), costumbres que tanto trabajo en solitario no le impidió a **Patrick Modiano** pensar

en la familia. Recuperarla, porque la echaba de menos, y formar una propia al mismo tiempo, con el fin de verse acompañado y dejar una herencia familiar de la que sentirse orgulloso. Por eso mismo decidió no perder el tiempo y contrajo matrimonio cuando cumplió 25 años. Lleva casado, por lo tanto, cuarenta y cuatro años.

De su vida privada, tan discreta como influyente en su felicidad, no se han dado a conocer muchos detalles. De su esposa, **Dominique Zerhfuss**, nacida en Túnez, se han difundido pocas noticias... Se conoce que en las vidas privadas de los matrimonios normales de hoy, los medios de comunicación no se interesan tanto... si no existen escándalos que puedan llamar la atención del público. Casados en 1970, se sabe que **Raymond Queneau** actuó como testigo de la boda: otra participación venturosa en la vida del reciente Premio Nobel. La pareja tuvo dos hijas: **Zina** y, cuatro años más tarde, **Marie**: motivos suficientes para completar la feliz recuperación del concepto familiar en el que siempre soñó **Patrick**, desde la dificultad de sus primeros años hasta que lo consiguió plenamente. Todo indica que su familia ha influido en proporcionar serenidad y silencio en el escritor necesitado de tales elementos. La presencia de una vida social, aunque sea imprescindible, no puede anticiparse a las obligaciones del trabajo.

En cualquier momento del día o de la noche es oportuno sentir el placer de escribir, si se saben adaptar las horas de antes y después a las exigencias de serenidad y silencio que hacen falta para llenar la jornada completa (entre trabajo y descanso), sin interrumpir las demás actividades que son imprescindibles en la vida de las personas. El secreto es saber programarse, con arreglo a las circunstancias, compromisos, responsabilidades y compañías que se tengan alrededor. **Modiano** carecía de todo eso: tuvo que buscárselos en tiempos más difíciles que los actuales, hasta superar la situación por sí mismo, sobreponerse y acabar incorporándose a superiores clases sociales.

Era la ocasión de seguir escribiendo, sin dejar los estudios particulares que, desde el principio de su andadura, se había propuesto. Y no se limitó a los efectos de la Segunda Guerra Mundial, que terminó cuando él nacía, sino que se remontó a los sucesos de tres décadas anteriores, para conocer la incidencia crucial en la historia de Francia, desde que se desencadenó la anterior guerra entre los países imperialistas del mundo. Tanto en Francia como en Gran Bretaña se aspiraba a la confirmación de los poderes económicos y militares, mientras el Imperio Alemán venía aumentando su prestigio desde el último cuarto del siglo XIX, cuando

su aliado, entonces, era el Imperio Austro-Húngaro, en los años que Francia se sentía protegida mediante el tratado “de no agresión y regulación colonial” con Alemania... Pero, al liberarse los países balcánicos del Imperio Otomano, aquella alianza austro-húngara se vino abajo al entrar en guerra con Rusia. Se produjo un cambio brusco: el rompimiento de la paz comenzó en Sarajevo cuando el heredero del trono austro-húngaro, el archiduque **Francisco Fernando** y su esposa **Sofía Clotet** fueron asesinados el 28 de junio de 1914.

...Y todo lo demás, que duraría cuatro años, hasta el *Tratado de Versalles* que sobre no aceptarlo **Hitler** ni algunos líderes más, logró la fundación de la *Liga de las Naciones* solucionando los graves daños económicos y políticos de la guerra. La posterior respuesta, por parte de los gobiernos progresistas de Francia y sus embajadores, para recuperar las tierras de Alsacia y Lorena, además de impulsar el desarrollo industrial que se había perdido, demuestra la capacidad emprendedora de nuestros vecinos, aunque todavía la dificultad y los esfuerzos se mantuvieron algún tiempo. Una gran parte de patriotas de entonces valoraron la valentía para salir de la espinosa situación. Es fácil suponer que con el paso de los años no tardaría demasiado **Patrick Modiano**, en incorporarse a ese mismo sentimiento, después de decidir aislarse del bullicio, profundizar en sus estudios y convertirse en uno de los principales historiadores de este siglo dramático en los corazones de su país.

No se conformaría, sin embargo con el conocimiento superficial de los antecedentes, y siguió investigando la historia más moderna que todavía tendría que sufrir Francia. Analizó las situaciones que relataría en sus libros iniciales y se especializó en cada uno de los acontecimientos graves de la Segunda Guerra Mundial (1940, en adelante), hasta acabar conociendo al detalle la historia final de quien fuera héroe de la Primera Guerra, **Philippe Pétain**, que intentó *conservar los valores morales de Francia*, para lo cual aceptó la jefatura del Estado colaboracionista de Vichy, con la ayuda de **Lawal** y otros que terminaron asistiendo al desembarco de *Normandía*. (**Pétain**, que fue miembro de la Academia Francesa, acabó siendo condenado a muerte, aunque le conmutaron la pena por cadena perpetua y murió en la isla de *Yeu*, cerca de la costa atlántica francesa, sobre el golfo de *Vizcaya* próximo a la ciudad de Nantes).

Aquello significó la verdadera Ocupación de Francia, por Alemania. **Hitler** hizo que se llamara *État Français de Vichy*, para evitar la denominación de República. Lo que se aparentaba –situando allí el “ejército del armisticio”–, era no alarmar a

los ciudadanos sobre la realidad de la situación, que rechazaron los mejores políticos de Francia. Quedó demostrada la intención en las huellas imborrables... que se prolongaron demasiado tiempo, además de esa influencia obsesiva que influyó en el carácter del escritor que estamos evocando, cuyos argumentos habría de volcar en gran parte de sus novelas.

De casi todos los políticos de la historia hay que creer más en lo que acabaron haciendo, sobre lo que dijeron que iban a hacer, por mucho que disimularan o intentaran creérselo ellos mismos.

El gobierno provisional presidido por **De Gaulle** (cuando tenía treinta y tantos años) se encargó de poner orden para que durante los años siguientes los gobiernos de la IV República Francesa defendieran los deseos de independencia de sus colonias: Indochina y Argelia. **Charles de Gaulle** se ganó entonces la popularidad suficiente para que una década después fuera elegido Presidente de la República (1958-1969), promotor de una justa reconciliación con Alemania (sin engaños), uno de los protagonistas en la creación del *Mercado Común Europeo*, figura indiscutible entre los impulsores de la democracia francesa que, en los últimos años, ha devuelto a la sociedad los recuerdos nostálgicos de la *grandeur* de otros tiempos.

Los signos de tranquilidad, el progreso personal y sus valores de observador constante han permitido que **Modiano** encontrara la serenidad que le faltó antes y no logró hasta sentirse en paz con la familia de antes y la felicidad con la que había creado. El deseo de identificar el camino de su padre está reflejado en las narraciones angustiosas de sus novelas. Había conseguido verlo, incluso hablar con él, al cabo de muchos años (en los finales de la década de los sesenta) y luego perdió su pista. Repentinamente, se enteraría –diez años después– de su fallecimiento. Su sexta novela, *Rue des boutiques obscures* (de las primeras conocidas en España, edición en Caracas con el nombre de *Calle de las bodegas oscuras*) está dedicada a su padre (búsqueda de su identidad) y obtuvo en el año 1978 el Premio Goncourt.

Si pensaba, antes, que *vivir es obstinarse en consumir un recuerdo*, después ha logrado también vivir en directo los progresos de Francia, con la presencia de políticos que actuaron desde la mayoría de edad del escritor. Aciertos y errores, incluidos, aunque más de los primeros. Los testigos no deciden: observan... Pero

estar informado de la actualidad de su tiempo supone alguna tranquilidad para los escritores.

Como lector de periódicos para atraer la inspiración, el Premio Nobel ha seguido los proyectos y dificultades de las celebridades de la historia moderna de Francia: **Jacques Delors, Jean Monet, Gorges Pompidou, Valery Giscard, Jacques Chirac, François Mitterrand, Nicolás Sarkozy...**, hasta **François Hollande**. De otros contemporáneos franceses del mundo literario se incluyen en las páginas finales algunas referencias, que confirma una frase repetida por el propio escritor de moda: *Estamos acostumbrados a una especie de soledad: es más fácil hablar de los otros que de uno mismo*.

Pocos habitantes de París, aunque no hayan nacido allí –incluidos los turistas– conocen los barrios de la ciudad mejor que él. Se sabe de memoria el callejero, los rincones de los suburbios, los bulevares y las travesías que ha visto crecer. Podría haber ejercido una cátedra para explicar la asignatura del periodismo más directo, el que más interesa por la cercanía del espacio que conocen los vecinos. Habría sido excelente informador municipal, habituado a la lectura de periódicos, a pasear por las calles y observar todo lo que llamara su atención.

■ Lluvia de adhesiones y éxitos

La rapidez con que *Anagrama*, de Barcelona, sacó a los escaparates de las librerías de toda España la versión de la novela *L'herbe des nuits* (traducida por María Teresa Gallego), adelanta la lluvia de adhesiones que ha recibido **Patrick Modiano** (que ya era conocido en nuestro país antes de ganar el Premio Nobel). Apenas cinco meses entre la primera y la segunda edición –de mayo a octubre de 2014–, en las solapas de la portada se incluyen opiniones de acreditados críticos literarios de diversos periódicos. Por ejemplo: *una satisfacción íntima: ver que Modiano puede ir más lejos sin dejar su país de brumas. Nostalgias y pasiones, su lado blandamente delictivo, tan parecido a la mejor vida* (**Luis Antonio de Villena, El Mundo**). *En esta colección se ha publicado Un Pedigrí. No es tanto el libro de las claves de la obra modianesca, que lo es, sino el gran libro suyo* (Miguel Sánchez Ostiz, *ABC*). Libro tras libro me produce una admiración que no cesa de aumentar (**Robert Saladrigas**). *Devuelve el placer por la lectura. Nos reconcilia con la gran literatura* (**Javier García Recio, Diario de Mallorca**). Sobre *En el café de la juventud perdida*, declarada por *Line* la mejor novela francesa de 2007, dijo **Isabel Coixet**

que era *de una belleza inaudita*. Y también *La Voz de Galicia* había insistido en que *El horizonte fue el gran olvidado por el jurado del Premio Nobel...* Solo falta añadir que *lo recordaron ahora*: más vale tarde que nunca.

Finalmente, en la contraportada de *La hierba de las noches* hay datos interesantes y destacadas observaciones recogidas en los periódicos, de las que ya hemos mencionado en páginas anteriores. Como síntesis final se recogen aquí la lluvia de adhesiones y los repetidos ecos que se han extendido durante los últimos meses, entre declaraciones que dan la vuelta al mundo y un repaso de literatos franceses que han coincidido, siquiera algunos años, con **Patrick Modiano**, o tal vez ninguno... De ellos, resulta muy curioso citar a la escritora **Hélène Beer**, que vivió nada más que veinticuatro años (1921-1945) y tuvo tiempo de acabar unas memorias manuscritas del *holocausto de París*, texto que naturalmente se había leído el Premio Nobel varias veces, aunque no llegara a conocerla porque murió el mismo año que él vino al mundo. ¡Más que doble coincidencia!, por lo tanto. La muchacha terminaría estas cuartillas, convertidas en un tesoro familiar durante medio siglo largo, hasta que una sobrina suya las donó para ser publicado como *un Diario...* En el año 2008, una vez gestionado por la firma editorial un prólogo firmado por de **Patrick Modiano** (no había nadie con mayor autoridad para hacerlo) el libro titulado *Memorial de la Shoah* se presentó en París. Dos años después, *Anagrama* lo dio a conocer a los lectores españoles.

Claude Simón (1914-2005), también Nobel de Literatura francés... por la calidad de sus novelas, considerado padre del *nouveau roman*, como **Robbe Grillet** (1922-2008), sin ser tan polémico y controvertido como su colega. Sin posibilidad de extendernos en particularidades conocidas y amistosas entre las dos o tres generaciones que conoció el protagonista principal de este capítulo, se considera dentro de la alta calidad literaria de escritores franceses añadir media docena de nombres ilustres, aunque los tres primeros ya hayan fallecido: **Louis-Ferdinand Céline** (1894-1961) **Margarete Duras** (1914-1996); **Georges Perec** (1936-1982; **Daniel Pennac**, nacido en 1944; **Pascal Quignard**, en 19448; y **Jean Echenoz**, en 1947, además de los que se citaron anteriormente.

Cerramos con escasas frases recientes de quien se aleja y regresa, con sinceridad, a la verdad de su vocación. “Si yo hubiera vivido en el siglo XIX habría escrito novelas rurales. Pero en esta época todo es fragmentario y las grandes ciudades favorecen eso, el anonimato, que el rastro de las personas se pierde”. También es verdad que yo siempre he estado presionado por las desapariciones, las ausencias

por eso me fascinan las viejas guías de teléfono en la que aparecen los nombres de los abonados, porque de un año a otros hay gente que desaparece, se va”...

Reflexiones e ironías, aparte, la excelente crónica del corresponsal de *ABC*, **Juan Pedro Quiñonero** –que conoce la capital de París como los silencios de **Modiano**, al dedillo– incluía una antigua conversación privada de ambos, sobre la vida mística de dos grandes maestros españoles: **Azorín** y **Pío Baroja**, cuando buscaron inspirarse en los barrios de allí. *Es curioso eso que usted me dice* –comentaba hace un par de años–; *quizá debiera leer a esos dos grandes maestros...*

La más hermosa de sus expresiones que define su condición prudente –sin vanidad y muy satisfecho– la ha repetido varias veces y ha sido recogida en el mundo entero, pues reúne su costumbre de recibir premios sin alardear demasiado su mérito, dedicarlo a los valores de las letras francesas y a su familia. Sobrado de galardones (entre los que están incluidos el *Gran Premio de Novela de la Academia Francesa*, el *Goncourt* y *Nacional de las Letras*), por el conjunto de su obra, acogió el *Nobel* para dedicárselo a su nieto de nacionalidad sueca (hijo de **Marie** y el músico **Peter von Poehl**), así como a la gloria de su admirable país, siempre en su pensamiento.

■ Bibliografía

Villa Triste, Caracas (Monte Ávila, 1976).

Los bulevares periféricos, Madrid (Alfaguara, 1977).

La ronda de la noche, Madrid (Alfaguara, 1979).

La calle de las bodegas oscuras, Caracas (Monte Ávila, 1980).

El libro de familia, Madrid (Alfaguara, 1982).

Una juventud, (Madrid, (Alfaguara, 1983).

Tan buenos chicos, Madrid (Alfaguara, 1985).

Exculpación, Madrid (Espasa-Calpe D. L. 1988).

El lugar de la estrella, Barcelona (Martínez Roca, 1989).

Domingos de agosto, Madrid (Alfaguara, 1989).

El Rincón de los Niños, Madrid (Alfaguara, 1989).

Viaje de novios, Madrid (Alfaguara, 1991).

Más allá del olvido, Buenos Aires (Alfaguara, 1997).

Dora Bruder, Barcelona (Seix Barral, 1999).

Los mundos de Catalina, Madrid (SM, 2001).

Las desconocidas, Madrid (Debate, 2001).

Joyita, Madrid (Debate, 2003).

Un pedigrí, Barcelona, (Anagrama 2007).

En el café de la juventud perdida, Barcelona (Anagrama 2008).

Villa Triste, Barcelona (Anagrama, 2009).

Calle de las tiendas oscuras, Barcelona (Anagrama, 2009).

Reducción de condena, Valencia (Pre Textos, 2008).

El horizonte, Barcelona (Anagrama, 2010).

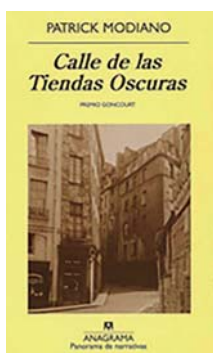
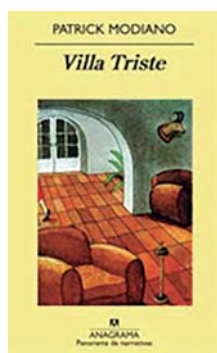
Barrio perdido, Barcelona (Cabaret Voltaire, 2012).

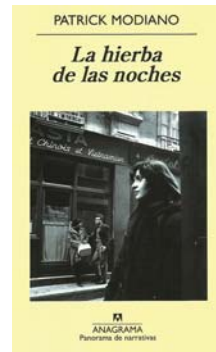
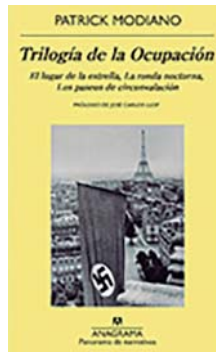
Flores de ruina. PREMIO DE PRIMAVERA, Barcelona (El Aleph, 2012).

Trilogía de la ocupación, Barcelona (Anagrama 2012).

Un circo pasa, Barcelona (Cabaret Voltaire, 2013).

La hierba de las noches, Barcelona (Anagrama 2014).





Muchas de estas novelas, en versión de la lengua española, con traductores diferentes y prólogos escogidos –antes y después de ganar **Patrick Modiano** el Premio Nobel de Literatura 2014– tuvieron varias ediciones, casi siempre celebradas por los lectores. Con el deseo de hacer justicia, destacando la calidad de los traductores, se citan aquí los siguientes protagonistas: **Héctor Libertella, Carlos R. de Dampierre, Jorge Musto, Emilio Mendivil Llaguno, Santiago Martín Bermúdez, María Fasce, Marina Pino, Miguel Azaola, Alberto Conde, M^a Teresa Gallego Urrutia, Tomás Fernández Aúz, Beatriz Eguíbar Barrena, Adoración Elvira Rodríguez, y Gabriel Hormaechea.**

Parte de esta abundante obra se ha dado a conocer en lenguaje sueco (doce, en total) y veintiuna en idioma alemán... Existe una amplia colección de ESTUDIOS CRÍTICOS (letras modernas y acontecimientos históricos), desde la inspiración y el impulsó de **MODIANO**, en colaboración con importantes escritores de su tiempo, franceses y de otros países europeos.

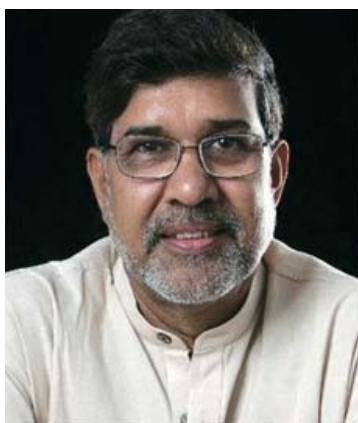
Premio Nobel de la Paz 2014

LUCHA POR EL DERECHO DE LOS NIÑOS

Ángel Sánchez de la Torre
y Evangelina Palacios Aláiz



*“Un niño, un profesor, un libro
y un lápiz pueden cambiar el mundo”*
MALALA YOUSAFZAI



*“Si no es ahora, ¿entonces cuándo?
Si no eres tú, ¿entonces quién?”*
KAILASH SATYARTHI

Seleccionados entre 259 personalidades o instituciones, el 10 de octubre de 2014, el Comité Nobel del Parlamento noruego, ha premiado en la presente convocatoria del Premio Nobel de la Paz a dos indostaníes: el hindú Kailash Satyarthi, nacido en 1954 en el estado indio de Madhya Pradesh, y la pakistaní Malala Yousafzai, nacida en 1997 en el valle del Swat, al norte de Pakistán. El presidente del comité Nobel noruego, Thorbjørn Jagland, al dar a conocer el premio, aseguró que fueron distinguidos “por su lucha para evitar que los niños y jóvenes sean explotados y en favor del derecho de todos los niños a la educación”.

Ambos Malala y Satyarthi tenían un mérito semejante, liderando esfuerzos que tendían a un objetivo común: la educación liberadora, actuando contra estructuras muy semejantes: el trabajo forzado de los niños desde edad muy temprana, y la prohibición de asistencia a escuelas de las niñas.

En la trayectoria reciente de los Premios Nobel de la Paz se ha simbolizado cómo la paz habría de ser resultado de la justicia, y cómo la justicia implicaba

establecer igualdad de derechos: entre países, entre clases sociales y entre diferencias étnicas, ideológicas y de género. La designación del año presente incide sobre un punto de partida radical para la justicia: una educación infantil y juvenil tal, que permita a las personas prepararse para ganarse la vida con dignidad y ayudar a otros solidariamente.

El valor simbólico de estos premiados indostaníes resulta muy relevante, pues en las sociedades donde ambos actúan las dificultades para la educación son extraordinarias.

■ Apuntes históricos

Al observar estos datos no debemos incurrir en la exageración de condenar ciertas prácticas sociales o individuales *in situ*, que en ciertos países o en ciertas sociedades impiden el acceso de los niños y de las niñas a la instrucción y a la educación. Se puede advertir que el Indostán solo en los últimos decenios ha sido totalmente independiente en cuanto Estado, y hasta mediados del s. XX sus poblaciones han estado sometidas a influencias culturales antiguas, pero también a presencias coloniales recientes, que no han impedido que sedimentara la indefensión actual de niños y niñas ante estos problemas.

En primer lugar las tradiciones culturales antiguas. Además de influencias procedentes de otros países colindantes (mongoles, persas, árabes, etc.) las creencias religiosas y las prácticas sociales que observamos en la religión budista y en las leyes de Manu (p.ej.) siguen teniendo vigencia social enorme en los estratos culturales profundos, y algunas directrices suyas que actualmente son tenidas por intolerables no han sido impedidas por colonizaciones posteriores, la islámica (desde el siglo VII) y la británica (desde el siglo XVII hasta el siglo XX).

En el Libro de Manu (siglo XIV a.C.) se establece la división en castas (1,96). Se prohíbe estudiar lo que no sea mandado por un brahmán (2,116). Las almas residen en humanos o en animales como consecuencia de premio o castigo divino (6,73). Los hombres han de procurar privar de toda independencia a las mujeres que de ellos dependan, y la mujer nunca debe proceder con independencia (9, 2 y 3), pues solamente busca sus propios caprichos (9, 10 ss.). Sus hijas hembras son reencarnación del marido (9,8) y sus hijos propiedad del marido (9,32). El varón solo es hombre completo (*puruxa*) en cuanto se compone de sí mismo, de su mujer y de sus hijos (9,45). El hombre puede casarse con niña mayor de 8 años,

y éstas no deben permanecer solteras cuando hayan llegado a los 14 (3,8-11) por alguno de los modos de contraer matrimonio (3,20-42), siempre bajo la autoridad del padre (3,31 y 259) o del marido.

En segundo lugar la influencia islámica. En el Corán se establecían deberes para llevar a todos el conocimiento de dios incluso mediante la violencia si los habitantes de cada país no lo admitían voluntariamente. Entre sus directrices humanistas, sin embargo, se hallaba la prohibición del infanticidio que, sobre todo en cuanto a las recién nacidas niñas, era práctica general entre los habitantes del desierto arábigo. Pero contenía también vectores inhumanos como era la imposibilidad de adaptar la vida común a las evoluciones sociales de modo en que no fueran interpretadas por sus “doctores islámicos”. El instrumento revelado era el texto “en árabe” de las revelaciones y de las doctrinas que las complementaban a través de la tradición. Consiguientemente las creencias permanecerían cerradas sobre sí mismas, no traducidas al lenguaje de la cultura común, como si dios fuera aquel helénico Krono impasible al tiempo por haber devorado a sus hijos. En cuanto a los menores de edad y en cuanto a las mujeres, la ocultación de las niñas ante quien no fuera gente familiar, y su servilismo social, eran aspectos de una misma realidad.

En tercer lugar la influencia europea. Modernamente comenzó con las factorías portuguesas, inglesas y holandesas, en diferente proporción e importancia, desde comienzos del siglo XVI, y continuó con la preponderancia británica que llegó a convertir al Indostán en parte del Imperio (luego *Commonwealth*), en un régimen donde convenía a los ocupantes que los jefes locales y regionales tradicionales robustecieran su autoridad. Incluso reforzaron el prestigio y la vigencia de cualesquiera creencias tradicionales. La superpoblación y las guerras internas entre las gentes indostánicas hizo el resto hasta llegar a las Instituciones actuales, llenas de tensiones entre las ansias liberadoras de estilo democrático, las resistencias tribales de raíces muy profundas, y las intolerancias religiosas más o menos excluyentes respecto a los derechos civiles de etnias, de género, o de confesiones religiosas distintas a las predominantes en cada región.

Pero lo esencial será que se impongan los objetivos por los que vienen luchando los ahora premiados por los Nobel 2014: que la instrucción científica y la conciencia ética no sean solo resultado de actividades ocasionales y de tiempos libres, o imposición totalitaria de superiores familiares y de intérpretes religiosos; sino didácticamente reglada y extendida, tanto a las niñas como a los niños, hasta que todos por igual hayan superado sus etapas de adolescencia.

En este escenario debemos enderezar nuestra propia perspectiva de presuntos “civilizados”. Debemos evitar cierto desdén de los occidentales como si fuéramos superiores culturalmente. Hasta tiempos muy recientes, cuando habían enviudado las mujeres rurales españolas vestían de negro y llevaban velos en su cabeza. Hasta muy recientemente, la Instrucción Pública atendía a los niños en Escuelas graduadas, pero a veces, en esas mismas, para las niñas había solamente una Escuela unitaria, y todos (niños y niñas) ayudaban en tareas caseras o en trabajos agrícolas desde muy pequeños.

Y no olvidemos que, en nuestro Occidente, desde hace milenios las niñas carecían de derechos una vez que la cohesión social no residía en los individuos sino en las familias. Antiguamente el derecho del *paterfamilias* se extendía a todos los miembros de la familia, incluyendo el derecho de vida y de venta de los hijos y las formas de Dote cuando se trataba de casar a las hijas. Como en el Derecho hindú, donde los nombres de las hijas no aparecían en el árbol genealógico y solamente heredaban los hermanos consanguíneos (excluyendo a los solamente uterinos); también en Derecho romano las mujeres estaban sometidas a tutela perpetua, sin salir fuera de la autoridad de un hombre, de modo análogo a como estaban, bajo el Derecho hindú, sometidas a sus Guardianes.

Veamos otros aspectos de la realidad social de los países occidentales que avergonzarían a quien pretendiera establecer comparaciones. Hasta hace poco tiempo, los niños que sufrían deformidades físicas o carencias intelectuales se quedaban sin escuela, e incluso en la actualidad la legislación permite, y a veces induce, el aborto provocado si su nacimiento molesta a los futuros padres o al Gobierno. No nos pronunciemos, por tanto, en términos de superioridad o de inferioridad cultural, o de igualdad, o de justicia, o de valores acerca de la paz en términos generales, sino vengámonos a los pronunciamientos de que venimos tratando ahora, en la ocasión presente, y dentro de los propósitos de este libro.

Este es el escenario en que los focos del interés mundial se proyectan sobre las figuras del hindú Kailash Satyarthi y de la pakistaní Malala.

■ India y Pakistán

El Premio Nobel de Paz del año 2014 ha viajado de la mano de un hombre, Kailash Satyarthi (hindú) y de una adolescente, Malala Yousafzai (musulmana), y ha llegado al sur de Asia, al subcontinente Indio –colonia británica hasta agosto de

1947– del que, tras acceder a la independencia del Imperio Británico, nacieron los dos países: India y Pakistán, patria respectiva de los dos laureados. La división del subcontinente entre Pakistán –de población musulmana– y la India –de mayoría hindú– dejó más de un millón de muertos en masacres religiosas y entre 10 y 15 millones de desplazados en uno de los eventos más dolorosos que marcarían el siglo XX.

Desde esa fecha, India y Paquistán, han mantenido continuos enfrentamientos bélicos y no han logrado superar las diferencias geopolíticas y conflictos socio-culturales derivados de sus características étnicas y de sus fuertes e intolerantes convicciones religiosas.

A pesar del gran esfuerzo y de los avances logrados por Mahatma Gandhi, bajo el lema de la “no violencia”, el pacifista, no logró alcanzar su meta: la de ver una India unificada y pacífica”. Su gran sueño, moría con él, al ser asesinado por un ultranacionalista hindú a los pocos meses de establecida la independencia de su país.

La violencia política, étnica y religiosa en esta región ha causado más devastación y muerte que la inclemente naturaleza con los vientos monzones, y sus lluvias y tormentas que, azotando estas tierras, cada año, hacia el mes de agosto, dejan tras de sí millares de muertos e incalculables pérdidas en propiedades y cosechas destruidas y anegadas.

Paquistán, a cuyo establecimiento –como estado propio confesional– dedicó su vida Muhammad Ali Jinnah, líder de la Liga Islámica, que falleció a los trece meses de alcanzada la independencia, sufrió, en 1971, una sangrienta guerra secesionista que dividió a los pakistaníes y dio origen a Bangladesh en lo que había sido Pakistán Oriental.

En el análisis de la evolución y situación de ambos países que realiza Marcos Peckel en su artículo *“India y Pakistán: unidos y enfrentados por la historia”*, resalta la disparidad en el desarrollo y evolución de estos países desde su independencia.

La India, afirma Peckel, es una Nación segura de sí misma, con un multiculturalismo vibrante, universidades tecnológicas de primer orden, poder judicial independiente, libertad de prensa y una envidiable situación geopolítica, producto de su gran desarrollo económico, que ha gozado de un crecimiento superior al 8% anual en el primer decenio del siglo actual. Es una potencia global con enorme

desarrollo industrial y tecnológico. Actualmente, la India es uno de los candidatos a ser miembro permanente del Consejo de Seguridad.

A pesar del desarrollo y bonanza económica, en la India existe todavía un preocupante índice de pobreza. En ciudades como Calcuta y Mumbai, refiere Peckel, “aproximadamente la mitad de la población reside en escuálidos tugurios que conviven con majestuosas edificaciones y casas señoriales como elocuente evidencia de las enormes desigualdades sociales que aún prevalecen en este país, a más de 60 años de su independencia. El índice de desarrollo humano de la India en sus estratos bajos es inferior al de África subsahariana”. Aunque en los últimos años se ha registrado marcada reducción de los índices de pobreza, los datos del Banco Mundial reflejan que aún superado el primer decenio del siglo actual, la India es el país con mayor índice de malnutrición infantil en el mundo: el 40% de su población –unos 450 millones–, vive con menos de un dólar al día, y, padece un analfabetismo en su población adulta que alcanza el 30 por ciento.

La violencia étnico-religiosa que, desde la independencia, ha causado miles de muertes en la India y producido incontables desplazados, ha disminuido en los últimos años, pero representa una amenaza constante que puede resurgir en cualquier momento por cualquier circunstancia ya sea de orden interno o externo por tratarse de una violencia sectaria entre su población mayoritaria, hindú y su minoría musulmana, al igual que la que se produce con la etnia Sikh que reside en la región del Punjab, la más fértil del subcontinente. Pakistán es un país con muy precaria institucionalidad producto de una sucesión de corruptos gobiernos militares y civiles y muy limitada cultura democrática. Es un Estado débil plagado de una pléyade de grupos radicales islámicos que, además de operar en su interior contra el régimen y el Gobierno, desestabilizan naciones vecinas como Afganistán y la India.

En Pakistán la mayoría de su población es musulmana y la violencia entre las fracciones sunnitas y chiítas ha dado lugar a la muerte de miles de personas. Este tipo de violencia se ha mantenido activa en tres de las cuatro regiones paquistaníes desde 1980. Como Nación, padece un dilema de identidad entre sus herencias islámica y surasiática y sufre una revuelta secesionista en la región de Baluchistán, amplia zona en la frontera afgana fuera del control del Gobierno central, y con un futuro incierto que supone un peligro para la misma supervivencia del Estado.

Pakistán, representa una seria preocupación para la comunidad internacional por ser el país donde los talibanes afganos se han reorganizado y donde Al Qaeda

y otros grupos similares tienen sus escuelas de adoctrinamiento y bases de entrenamiento. Existe la amenaza de que su arsenal nuclear pudiera caer en manos de organizaciones terroristas internacionales.

Los dos vecinos India y Pakistán han llegado a convertirse en potencias nucleares y desde su independencia se han enfrentado militarmente en dos ocasiones: en 1947 y en 1965, además de la guerra de Bangladesh, en 1971, cuando perdió Pakistán y dio lugar a la independencia de Bangladesh.

El principal problema que ha enfrentado a Nueva Dehli con Islamabad es Kashmir, territorio de mayoría musulmana que tras el reparto quedó en poder de la India y ha sido la causa, como se ha indicado, de dos de las tres guerras y el principal generador de conflictos, desconfianza y enemistad entre los dos países.

En 1999 se vivió el denominado “conflicto de Kargil”, un enfrentamiento entre India y fuerzas respaldadas por Pakistán, en la Cachemira bajo control de la India, que afortunadamente no desencadenó la guerra. En 2002 hubo una nueva confrontación, cuyo control se mostraba casi imposible, pero la intensa actividad diplomática ejercida por Occidente y sobre todo la disuasión nuclear mutua logró calmar las tensiones.

Por la anexión de Cachemira a Pakistán luchan, principalmente, dos grupos terroristas de esa región: *Lashkar e Taiba* (LeT, –ejército de los puros–) y *Jaish el Mohamed* (JeM, –tropas de Mahoma–) que, al parecer, han sido apoyados por los servicios de inteligencia (ISI) de ese país, que operan al margen del poder político. La serie de atentados cometidos por estos grupos en la India, sumados a los recientes en la capital financiera de Mumbai, en julio de 2006, perpetrados por terroristas pakistaníes, aparentemente ligados al LeT, demuestran la fragilidad de la situación entre estas dos potencias nucleares.

La India y Paquistán, aunque por distintas razones, son víctimas del terrorismo islámico. Ambos gobiernos se esfuerzan por encontrar alguna forma de colaboración, para mantener la paz entre los grupos religiosos y los distintos grupos sociales y étnicos.

Las acciones llevadas a cabo por Islamabad a raíz de los dramáticos sucesos de Mumbai, indican un cambio en la, hasta ahora aparente permisiva, actitud pakistaní con organizaciones terroristas que operan contra Nueva Dehli. Esta respuesta bien pudiera significar el comienzo de una distensión entre los dos países que desde 2004 están en negociaciones de paz que no han producido mayores frutos.

■ Kailash Satyarthi, Premio Nobel de la Paz 2014 por su lucha contra el trabajo de los niños

Kailash Satyarthi, nació el 11 de enero de 1954 en el estado indio de Madhya Pradesh, es ingeniero informático de profesión y hace 30 años que abandonó el ordenador para denunciar a las multinacionales que en su país explotan a niños de entre 5 y 12 años de edad. Preside la organización *Global March Against Child Labor* (Marcha Mundial contra el trabajo infantil), un conjunto de 2.000 grupos sociales presente en 140 países, que ha liberado de la esclavitud empresarial a unos 80.000 niños en más de 160 países. Se calcula que hay 168 millones de niños trabajadores en el mundo. En el año 2000 la cifra era 78 millones mayor, lo que indica que la lucha de este hombre es positiva en cuanto a eliminar el trabajo infantil. El Nobel de la Paz vive modestamente en Nueva Delhi. Su familia incluye a su mujer, hija e hijo, una sobrina y una serie de niños que él ha rescatado. Es un activista que se ha puesto a la cabeza del movimiento para acabar con el trabajo infantil.

En los últimos 30 años Kailash se encuentra en primera línea contra la explotación infantil en su país, donde esa práctica es usual. Desde los años 90 ha trabajado activamente con el movimiento indio contra el trabajo infantil. Su organización ha liberado a más de 80.000 niños de varias formas de esclavitud, ayudándoles posteriormente para hacer su reintegración, rehabilitación y educación. Satyarthi es el presidente y el rostro más conocido de la Marcha Global contra el Trabajo Infantil (www.globalmarch.org), que organiza manifestaciones para denunciar las condiciones de semiesclavitud de los niños indios en las fábricas.

Siguiendo la tradición de Gandhi, Kailash ha mostrado gran valor personal y ha liderado varias formas de protesta y manifestación, todas pacíficas, centrándose en la defensa de los derechos de los niños. Asimismo, ha contribuido al desarrollo de importantes conven-



Figura 1. Kailash Satyarthi rodeado de niños.

ciones internacionales sobre la protección de la infancia. Ha desarrollado campañas mundiales sobre temas sociales relacionados con la infancia. Ha formado parte de la Marcha Mundial contra el trabajo infantil y del Centro internacional sobre trabajo infantil y educación (ICCLE). Él recuerda que cuando comenzó su lucha contra la explotación infantil hace 30 años la cifra global alcanzaba los 250 millones de niños y esa cifra tan alarmante ha descendido hasta los 168 millones”. Su país, la India, es el país con mayor incidencia de niños trabajadores, unos 50 millones.

Su trabajo ha sido galardonado con numerosas distinciones como el Galardón español Internacional Alfonso Comín en 2008, el Premio Internacional de Derechos Humanos Robert F. Kennedy de Estados Unidos, o el Premio Internacional Derechos Humanos Fredric Ebert de Alemania, entre otros.

Junto a su activismo en pro de la educación de los menores, su condición de ciudadano indio de religión hindú, ha sido otra de las características valoradas por la Academia sueca para concederle el galardón junto a Malala, paquistaní y musulmana. No hay que olvidar que India y Pakistán están enfrentados y han sostenido varias guerras desde la independencia de ambos estados, en 1947.

Resistencia civil contra la explotación infantil

Satyarthi al abandonar su carrera como ingeniero a los 26 años para luchar contra el trabajo infantil en la década de los ochenta, fundó la ONG *Bachpan Bachao Andolan* (BBA, Movimiento para Salvar la Infancia) y posteriormente lideró una movilización civil que reunió a cerca de 7,2 millones de personas y que dio lugar al nacimiento de Marcha Global. La organización trabaja en tres frentes. En primer lugar, lleva a cabo redadas en talleres y fábricas donde se usa mano de obra esclava infantil, en ocasiones sin informar a la Policía del lugar concreto para evitar que alerten a los criminales. En otras ocasiones, la ONG ayuda a pagar la deuda de los padres para que no tengan que obligar a los hijos a trabajar. En segundo lugar, su organización intenta que los menores lleven una nueva vida y les forma para que a su vez se conviertan en activistas por los derechos de la infancia. Por último, Satyarthi intenta concienciar a los consumidores tanto en India como en el resto del mundo para que no consuman productos fabricados con el trabajo de menores. La etiqueta “Rugmark” certifica que las alfombras indias que se venden en el extranjero no han sido fabricadas con mano de obra infantil.

El crecimiento y la economía de mercado no pueden prosperar dando la mano a la esclavitud y el tráfico infantil. “No puedes hacer este mundo mejor, más pací-

fico y apto para vivir teniendo el peso de la esclavitud infantil en tu espalda, sino en tu cara”, ha declarado el ahora premio nobel.

Cuando Narendra Modi, que en su infancia trabajó vendiendo té, fue elegido primer ministro de la India Satyarthi dijo “Un niño vendedor de té desafía a sus detractores y se convierte en el man”.

Kailash Satyarthi, ha sido galardonado por su incansable lucha para erradicar la explotación infantil. Satyarthi comparte este reconocimiento con Malala Yousafzai, la joven activista de origen paquistaní que lucha por el derecho a la educación de las niñas en todo el mundo. El premio no solo ha servido para reconocer la labor que desempeñan ambos sino que ha unido a India y Pakistán enemigos históricos enfrentados en diferentes guerras de independencia desde 1947.

28 millones de niños trabajan en India

De acuerdo a los últimos datos ofrecidos por Unicef 28 millones de niños de entre 6 y 14 años trabajan en la India. Privados de su infancia y libertad estos niños trabajan largas jornadas por salarios ínfimos en condiciones que en muchas ocasiones rozan la esclavitud.

Hace un par de años el Centre for Research on Multinational Corporations, ONG holandesa que analiza grandes empresas, y el India Committee of the Netherlands, ONG que lucha contra la explotación infantil, puso en el punto de mira a algunos de los gigantes mundiales del sector textil al relacionarlas con este tipo de prácticas laborales.

Bajo el título de ***Captured by Cotton***, se publicó un informe en el que se mencionaba a grandes empresas relacionándolas con otras que utilizaban trabajadoras de entre 14 y 20 años en la región india de Tamil Nadu pertenecientes a los Dalit, la casta más baja del país.

Trabajo, pobreza y analfabetismo

La pobreza no es excusa para el trabajo infantil. Kailash Satyarthi confía ver en vida la erradicación del trabajo infantil, en la medida de que los consumidores del planeta rechacen el producto fruto de su explotación. Su larga lucha contra la explotación de decenas de miles de niños en India, una práctica todavía muy extendida en las fábricas o como criados. Satyarthi ataca la raíz del problema: las

redes, el tráfico, los empresarios al frente de esta lacra. Al otro lado de la cadena, los consumidores deben decir no a los productos fabricados por los niños. Hay que humanizar el problema y comprender que cada niño es una persona atrapada en una situación miserable.

Su labor se inició denunciando los almacenes o fábricas de la India donde trabajaban menores. Ello le permitió liberar a familias enteras obligadas a trabajar para devolver un préstamo. Explotadas e incapaces de pagar esas deudas, esas familias son a menudo vendidas a otros patronos.

En 2007, Satyarthi había organizado una marcha de varios miles de kilómetros contra el tráfico de niños a lo largo de la frontera de India con sus vecinos asiáticos.

El número de niños obligados a trabajar en India es objeto de un gran debate. Unicef los estima en 28 millones, lo que coloca al subcontinente a la cabeza de este triste panorama mundial. En 2010 una ley convirtió en obligatoria la escolarización de los niños de entre 6 y 14 años, pero su aplicación es laboriosa. Aunque las cosas van mejorando en India las leyes deben ser aplicadas y reforzadas. Los niños trabajan en las minas, el campo, la construcción, los talleres textiles, la joyería, las tiendas, o el servicio doméstico. Trabajan a menudo hasta 12 horas diarias y están expuestos a la violencia sexual. La ONG BBA indica en internet haber arrancado a más de 82.800 víctimas de la trata de blancas, la esclavitud y el trabajo infantil para darles una esperanza en el futuro.

En el ejemplo más reciente de la actividad de las asociaciones creadas por Satyarthi, es el reciente rescate de nueve niños de unos talleres de automóvil en una redada en Nueva Delhi.

El desarrollo económico indio beneficia a las clases medias, pero también oculta la miseria en la que permanecen centenares de millones de personas. De



Figura 2. Kailash Satyarthi, durante un acto sobre educación infantil, en el 2002, en el auditorio de La Caixa en Barcelona.

los 1.200 millones de indios, uno de cada cuatro vive con menos de 1,25 dólares al día, según el Banco Mundial. La pobreza se utiliza a menudo como pretexto para el trabajo infantil. La pobreza no debe servir como excusa para perpetuar el trabajo infantil. Si un niño no recibe educación escolar, seguirá siendo pobre. El trabajo de los niños, el analfabetismo y la pobreza forman un triángulo vicioso que hay que romper. El trabajo infantil es ilegal e inmoral.

Y Satyarthi se pregunta: ¿si no es ahora, entonces cuándo? ¿Si no tú, entonces quién? Si somos capaces de responder a estas preguntas fundamentales, entonces quizá podamos acabar con la vergüenza de la esclavitud humana.

Según el mismo Kailash Satyarthi ha explicado en numerosas entrevistas en la India hay al menos cinco millones de niños que, a cambio de una pequeña suma de dinero, han sido vendidos por sus padres o abuelos a terratenientes o dueños de fábricas que los usan como mano de obra barata. Hay niños pequeños de seis o siete años a los que se fuerza a trabajar 14 horas al día, sin ninguna interrupción y sin días de fiesta. Si lloran o preguntan por sus padres, les golpean brutalmente, les cuelgan boca abajo de un árbol o los queman con cigarros.

Actividad internacional

Además de su actividad en la India, Satyarthi es uno de los más activos militantes a nivel mundial en defensa del veto al trabajo infantil. Así, ha liderado la Marcha Global contra el Trabajo Infantil, así como el Centro Internacional sobre el Trabajo Internacional y la Educación. Esos organismos agrupan a decenas de ONG, sindicatos y asociaciones de profesores.

Satyarthi reclama una legislación internacional que considere un delito el trabajo infantil y que castigue a las empresas que se aprovechan del mismo. En ese sentido, este activista ha hecho campaña en numerosos países occidentales para pedir a los consumidores que no compren productos fabricados por niños, una práctica muy extendida en países como Pakistán, India o Bangladesh. En ese sentido, creó el primer sistema de certificación de alfombras para asegurar al cliente de que en la elaboración de ese producto no se había empleado mano de obra infantil.

En sus conferencias, Satyarthi, que ha sido miembro de la UNESCO, siempre advierte que la explotación laboral de los niños solo sirve para perpetuar la pobreza, el desempleo, el analfabetismo, la superpoblación así como otros problemas sociales.

Múltiples informes de diferentes ONG y organizaciones que como Kailash Satyarthi luchan día tras día para poner fin a la explotación infantil afirman que detrás de los buenos deseos y promesas de cambio de las grandes empresas tan solo se encuentran estrategias para mejorar su imagen comercial y se limitan a reemplazar a los menores explotados o simplemente a cambiarlos a ellos y sus fábricas de sitio con el fin de evitar las multas gubernamentales.

Ariel Dorfman periodista acreditado hace 14 años, comenzó un artículo en su periódico con las palabras: ¿quién conoce a Kailash Satyarthi?, con la certeza de que sus lectores no tendrían la menor idea acerca de la persona a que se refería. Ahora, gracias al Premio Nobel de la Paz que acaba de conferirle la Academia Noruega, todo el mundo sabe la respuesta a esa pregunta.

Si mencionaba el nombre de Kailash en el año 2000, era porque le parecía una injusticia que un hombre dedicado desde entonces a rescatar niños de la esclavitud fuera absolutamente ignorado, hasta en la propia India donde llevaba a cabo sus hazañas. Y por su parte no habría cruzado su camino de no ser porque era uno de los protagonistas de una obra teatral del propio Dorfman sobre defensores de derechos humanos, “Voces contra la oscuridad”, basada en un libro de Kerry Kennedy. Y fue precisamente a fines del año 1999 en el Kennedy Center, que Ariel Dorfman conoció y se hizo amigo de Kailash, que había venido a Washington para el estreno mundial de la obra. Fue el primero de muchos encuentros y una nutrida correspondencia en torno a cómo dar publicidad a la vida aterradora que llevan millones de pequeños en todo el planeta, sometidos a una explotación inmisericorde tanto tiempo después de la abolición legal de la esclavitud.

Dos iniciativas suyas le llamaron particularmente la atención. La primera era declarar un boicot a los productos hechos por las manos de niños enjaulados, golpeados, reventados, en un cautiverio que se debía muchas veces al secuestro y otras veces a la venta por parte de padres que necesitaban desesperadamente dinero para alimentar al resto de la familia. Rechazar, por ejemplo, la compra de alfombras tejidas en India por dedos muy pequeños y no aceptar la idea de que sea posible pisar una alfombra creada a partir del sufrimiento de seres inocentes. La segunda idea de Kailash era organizar marchas de niños de todo el mundo para

llamar la atención sobre las terribles condiciones en que viven y exigir nuevas legislaciones y que se cumplan las existentes.

Kailash a pesar de su modestia tiene que ser considerado un héroe que ha salvado tantos niños y cuesta imaginar cómo este hombre tranquilo, de modales suaves, tomaba por asalto las fábricas y predios donde los niños estaban encerrados, los liberaba y los llevaba a los hogares que él mismo había habilitado o devolviéndolos, cuando fuera posible, a sus parientes. El amor a los niños nace en él desde muy adentro de su experiencia más entrañable.

El motivo de su amor por los niños y su inagotable deseo de luchar por defenderlos viene de su infancia. Teniendo siete años, fue por primera vez a la escuela y notó que, en la puerta del establecimiento, había un niño de su misma edad que limpiaba zapatos. En vez de entrar al recinto, como todos sus compañeros, fue a preguntarle al niño por qué él se quedaba fuera de la escuela. El chico respondió: “No puedo. No me dejan”. Kailash no se conformó con la respuesta. En su primera clase, levantó la mano y preguntó acerca del niño. ¿Por qué alguien como yo va a la escuela y él no? El profesor se molestó y siguió molesto cuando Kailash no aceptó su explicación de que así eran las cosas. Y también se incomodó su propia madre cuando Kailash, al retornar a casa, la interrogó respecto a esa desigualdad. Es un “intocable”, es lo que le corresponde. Para Kailash estas respuestas no eran convincentes. Y dedicó el resto de su existencia a luchar en contra de esa injusticia. ¿Por qué hemos tardado tanto en conocer a Kailash?

Ahora la pregunta viene a ser: ¿por qué hemos tardado tantas décadas en saberlo? ¿Por qué todavía hay tantos niños que necesitan su ayuda?

Reconocimientos

Las contribuciones de Satyarthi han sido reconocidas con varios premios internacionales. Entre ellos:

2014: Premio Nobel de la Paz, compartido con Malala Yousafzai.

2009: Premios defensores de la democracia (Estados Unidos).

2008: Premio Internacional Alfonso Comín (España).

2007: Medalla del Senado italiano.

2007: Reconocido en la lista de “Héroes que actúan para terminar con la esclavitud moderna” del Departamento de Estado de los Estados Unidos.

2006: Premio Libertad (Estados Unidos).

2002: Medalla Wallenberg, concedida por la Universidad de Michigan.

1999: Premio de los Derechos Humanos de la Fundación Friedrich Ebert (Alemania).

1995: Premio Robert F. Kennedy de Derechos Humanos (Estados Unidos).

1995: Premio Trumpeter (Estados Unidos).

1994: Premio Internacional de la Paz de Aquisgrán (Alemania).

1993: Seleccionado como Emprendedor Social de Ashoka (Internacional).

■ **Malala Yousafzai, Premio Nobel de la Paz 2014. La niña que plantó cara a los talibanes para defender el derecho de las niñas a estudiar**

En cuanto a Malala, pese a su juventud, lleva años luchando “por el derecho de las niñas a la educación” y ha mostrado con su ejemplo que los niños y los jóvenes también pueden contribuir a mejorar sus propias situaciones. El Comité Nobel, ha resaltado, que “lo ha hecho bajo las más peligrosas circunstancias”. “Mediante su lucha heroica se ha convertido en una destacada portavoz de los derechos de las niñas a la educación”.

Malala Yousafzai nacida en Mingora Jaiber Pastunjua Pakistan, el 12 de julio de 1997 es una activista pakistaní, promotora de los derechos humanos, la igualdad de género y el acceso universal a la educación. Habla pastún e inglés, y es conocida por su lucha a favor de los derechos de las mujeres en el valle del río Swat, donde el régimen taliban ha prohibido la asistencia a la escuela de las niñas. A la edad de 13 años, Yousafzai alcanzó notoriedad al escribir un blog para BBC bajo el seudónimo Gul Makai, explicando su vida bajo el régimen del *Tehrik Taliban Pakistan* (TTP) y sus intentos de recuperar el control del valle, luego de que la ocupación militar les obligara a salir a las zonas rurales. Los talibanes obligaron el cierre de las escuelas privadas y se prohibió la educación de las niñas entre 2003 y 2009.

La jovencísima Malala, ahora ya es heroína por su ejemplar defensa del derecho de las niñas a recibir instrucción y a ser educadas para la libertad. Su padre Ziauddin Yousafzai es maestro que había organizado en un modesto local su propia escuela de conocimientos primarios. Malala tiene dos hermanos. Al ser invadida la región por los talibanes –procedentes del cercano Afganistán– su padre, Ziauddin Yousafzay, escribió bajo pseudónimo un informe editado por la BBC explicando cómo en 2003 los talibanes obligaban a cerrar las escuelas privadas y la asistencia en las públicas de las niñas desde que tenían en torno a los nueve años. Pero él procuraba atender a sus alumnas, entre las cuales se hallaba su pequeña Malala. Les instruía en ciencias física y literatura.

Malala observaba los cambios que se producían bajo el fundamentalismo talibán, y cómo las mujeres no podían caminar solas por la calle sin ser acusadas de pecado y asesinadas. Así en enero del 2010, en que su padre tuvo que abandonar la enseñanza, Malala era ya centro de atención en medios informativos internacionales, que habían llegado hasta ella, al haberles comunicado que no respetaría las prohibiciones establecidas y que pretendería estudiar medicina. Y multiplicó sus mensajes protestando contra aquella situación, y recabando el derecho a la instrucción para todas las niñas.

Según la publicación digital norteamericana *The Daily Beast*, en la provincia de Malala en Pakistán, de los 700 mil niños que no reciben educación, 600 mil son niñas, a quienes se les seguirá negando el derecho a la educación mientras no se les proporcionen los recursos y la seguridad para asistir a clase. Está claro que para la cultura talibán el lugar de la mujer se reduce a vivir casi ocultas dentro de las casas, a no poder salir solas a la calle, a transitar toda su vida con atuendos que las tapen casi por completo rostro y cuerpo, y a partir de los 18 años dedicarse a la familia y a procrear.

El eco de los medios de comunicación amplió su mensaje hasta la defensa de todos los derechos civiles, mientras que ella insistía en continuar sus estudios, trasladándose diariamente hasta la escuela pública.

Su ejemplo la convirtió en blanco simbólico de los terroristas islámicos. El 9 de octubre de 2012 un sicario talibán subió al autobús escolar, preguntó por su nombre, y le causó varios impactos de bala en cráneo y garganta. Otras dos colegialas resultaron heridas también. Malala sobrevivió milagrosamente y, tras una intervención urgente recibida en un hospital militar, su padre consiguió tras-

ladarla a Inglaterra, donde fue operada de nuevo, en el Hospital Reina Isabel, de Birmingham, con cirugía reconstructiva.

Pero no ha sido esto solamente el mérito que le ha traído el Premio de la Paz. Desde unos años antes venía redactando un diario en que anotaba las incidencias de su vida y su emoción ante las represiones padecidas. Describía cómo las familias de sus amigas se trasladaban a otros territorios, y su notoriedad hacía que, tras haber sido expulsados los talibanes por el Ejército, fuera invitada desde otros lugares a que expusiera las razones por las cuales todas las niñas tenían derecho a recibir instrucción y enseñanzas. Malala era una conciencia social militante.

Cuando fue trasladada a Inglaterra ya era conocida su personalidad. Incluso había obtenido diversos reconocimientos internacionales (desde 2011 por las Autoridades de su propio país), que trazaban un camino que le haría posible llegar a ser, en muy poco tiempo, la persona más joven que haya recibido un Premio Nobel.

La vocación de Malala se ha convertido, por tanto, hacia la actividad política más arriesgada, aun sabiendo que ello significa para el radicalismo islámico una provocación que pudiera tener respuesta en un asesinato consumado, tal como afirman las graves amenazas recibidas.

Entre tanto, Malala estudia en diversas Instituciones de Birmingham. Ayudada por su padre y por la gran escritora Patricia McCormick ha publicado el libro biográfico que ha sido ya traducido al español bajo el título “Malala. Mi historia” (*I am Malala*) (Alianza Editorial, 2014).

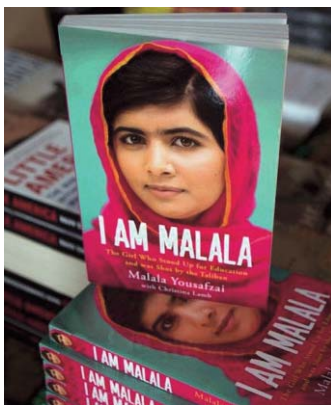


Figura 3.

En este momento, todas las personas que sienten como cosa propia los ideales que han construido y sedimentado la maravillosa personalidad de Malala, tienen derecho a esperar que sus luchas no se hayan producido en vano, y que en los tiempos venideros se hayan desarrollado ampliamente los horizontes de una cultura proyectada hacia la justicia que Malala viene promoviendo.

Entonces hará posible esa felicidad soñada, que esboza en su libro, cuando imagina que podrá regresar a su amado país, en que niños y niñas por igual podrán aprender libremente, estudiar las

ciencias que expansionen su conocimiento, iniciarse en las artes que abran su sensibilidad, y experimentar una libertad tal que instale el respeto a la dignidad común reflejada en cooperación y solidaridad entre todos.

El libro de Malala se ocupa de las desventuras de un pequeño país como Pakistán, que nació hace 66 años después de una sangrienta escisión religiosa de la India británica. El libro abunda en la vida de Malala y en cómo llegó a convertirse en una de las mujeres más influyentes de este siglo a pesar de su juventud y de su propia tragedia. La “estatura internacional” que logró Malala con sus ideas sobrepasó ampliamente su 1,50 metros de estatura real. Parecía un gigante en su último discurso que dio en la ONU hace pocos meses desde la misma tribuna que fue ocupada por los grandes líderes del mundo.

En su discurso pronunciado en el acto en que recibió el Premio Nobel, Malala concretó los medios de que sus aspiraciones pudieran alcanzar cumplimiento. Entre ellos, que los proyectos de Desarrollo Sostenible programados por Naciones Unidas extendieran la etapa de instrucción primaria y organizaran la obligatoriedad de las enseñanzas secundarias, donde todos los niños y niñas pudieran encontrar enseñanza libre y extensa, adaptada al crecimiento personal de cada uno. Hay que hacer posible lo que es necesario. Solo el uniforme escolar liberará a los niños de la esclavitud laboral y a las niñas de la esclavitud sexual.

Malala dedicará los dólares recibidos por el Premio a la Fundación Malala para ayudar a la educación de calidad a las jóvenes en cualquier parte de mundo donde sus voces lo soliciten. El primer lugar de esta Fundación será donde está su corazón, construir escuelas en Pakistán, especialmente en su ciudad de Swat y Shangla.

Premios

Estos son algunos de los premios, nominaciones, obras y reconocimientos destacados con los que ha sido homenajeada Malala Yousafzai:

2011: Premio Nacional por la Paz, por su defensa de la educación de las niñas, Pakistán.

2011: Nominación Premio Internacional de los Niños por la Paz, primera niña pakistaní nominada por el grupo pro derechos de los niños *KidsRights Foundation*.

2013: Premio Simone Beauvoir, Francia.

2013: Nominación al Premio Nobel de la Paz, persona más joven en ser nominada.

2013: Premio UNICEF de España por su defensa del derecho de las niñas a la educación.

2013: Premio de la Paz Internacional Tipperary, Gran Bretaña.

2013: Premio Embajador de Conciencia por Amnistía Internacional.

2013. Premio Internacional Infantil de la Paz, Holanda.

2013: Premio Internacional Cataluña, España.

2013 (27 de septiembre): Premio Clinton Ciudadano Global por la Fundación Clinton, Estados Unidos.

2013: Premio Peter Gomes de la Universidad de Harvard.

2013: Premio Sajarov a la Libertad de Conciencia de la Eurocámara.

2013: Premio Nacional por la Igualdad y la No Discriminación del Consejo Nacional para prevenir la discriminación de México.

2014: Premio Nobel de la Paz “por su lucha contra la opresión de los niños y jóvenes y por el derecho de todos los niños a la educación”.

La entrega del Premio Nobel en Oslo

La Familia Real noruega, siguiendo una tradición que se remonta a 1905, se reunió en el Ayuntamiento de Oslo, Noruega, el pasado miércoles, 10 de diciembre de 2014 con motivo de la entrega del Premio Nobel de la Paz. Presidieron la ceremonia SSMM los Reyes de Noruega Harald y Sonia así como los príncipes herederos Haakon y Mette Marit. Fueron los galardonados la paquistaní Malala Yousafzai, heroica defensora de la educación femenina en su país, y el activista indio Satyarthi que lleva décadas luchando contra la explotación infantil en la India.

Cuando Malala Yousafzai se acercó al presidente del Comité noruego, Thorbjørn Jagland, para recibir la medalla y el diploma que la acreditan como el premio Nobel de la Paz 2014, el momento más importante de su vida para la joven pakistaní, se convirtió en una escena de confusión, cuando un joven espontáneo,

identificado posteriormente como estudiante en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, irrumpió en la sala con una cámara fotográfica al cuello se aproximó hasta ellos para mostrar la bandera mexicana con una mancha roja al centro, simulando sangre. El joven, acreditado como periodista, se las arregló para llegar al escenario, para decir: “por favor Malala, no olvides a México”, haciendo referencia a la situación que se vive en el país por la desaparición de 43 jóvenes estudiantes de magisterio en el estado de Guerrero, de los cuales uno ya fue identificado entre los restos hallados. El incidente apenas duró unos segundos por la rápida actuación de los servicios de seguridad que, de forma inmediata, retiraron al joven estudiante del hall del Ayuntamiento de Oslo.

Antes del acto de entrega del premio en la alcaldía de Oslo, Thorbjørn Jagland, presidente del Comité del Nobel noruego, en su presentación para abrir la ceremonia, hizo referencia a la conciencia de ámbito mundial “que trasciende todas las fronteras nacionales, es independiente de la religión, la cultura y la adhesión social”; establece el derecho de los niños a vivir su infancia, asistir a la escuela y a no ser forzados a trabajar. Esa “conciencia mundial en contra de la explotación y la esclavitud infantil, y por el derecho a la educación” no puede encontrar expresión mejor alguna, que a través de los dos galardonados.

Expresó, también, Thorbjørn Jagland, que “el hecho de que el Nobel de la Paz 2014 sea compartido por ciudadanos de dos países enfrentados y de diferente religión es un ejemplo de lo que el mundo necesita: Una mujer joven y un hombre algo mayor, ella de Pakistán y de la India él, una musulmana y el otro hindú; son símbolos de esa necesidad de la existencia de ¡Fraternidad entre las naciones!”, aseguró Jagland que calificó a Malala y a Satyarthi de “verdaderos campeones de la paz” en el sentido definido por Alfred Nobel, al instaurar los premios que llevan su nombre. La sintonía entre los dos galardonados es una muestra de que una paquistaní y un indio pueden estar unidos en la paz y trabajar juntos por los derechos de los niños.

Tras felicitar a los galardonados y expresar el honor y satisfacción por su presencia, Thorbjørn Jagland, indicó que el camino hacia la democracia y la libertad está pavimentado con el conocimiento. La oposición de los talibanes a que las niñas asistan a la escuela, se debe a que ellos saben que la preparación, que conduce a la libertad, disminuye su poder, particularmente el que desarrollan a través de *Boko Haram* y movimientos similares. Nada debería estar más lejos del Islam que el uso de las bombas suicidas contra sus correligionarios. El Islam,

cristianismo, judaísmo, hinduismo y budismo protegen la vida y no pueden ser utilizados para quitarla.

Destacó el convencimiento firme que poseen Malala y Satyarthi de que la violencia y la represión no pueden justificarse en ninguna religión y añadió que ambos viven según el principio al que Mahatma Gandhi dio expresión “son muchas las aspiraciones por las que hubiera muerto pero ninguna por cuyo logro hubiera matado”.

Thorbjørn Jagland continuó diciendo que Kailash Satyarthi se ha adherido a la no violencia e hizo referencia al objetivo primordial del activista: poner fin al trabajo infantil, terminar, entre otros abusos, con la “servidumbre de la deuda”, práctica muy extendida, no solo en la India sino también en muchos otros países, y de la que son víctimas muchos niños a los que sus padres contratan, para saldar sus deudas cuando son incapaces de administrar las mismas.

En la visión de Satyarthi, no es la pobreza lo que conduce al trabajo infantil, sino que es este último, el soporte de la pobreza a través de generaciones. Hizo mención al modelo que ha desarrollado para la rehabilitación de los niños liberados y para dotarles de una educación básica que les permita desempeñar una función como ciudadanos normales y no como esclavos. Mencionó así mismo Jagland que la lucha de Satyarthi está marcada por la gran inventiva. RUGMARK (ahora Goodweave), consorcio internacional de representantes de los países que exportan e importan alfombras, establecido en 1994, que permite al consumidor comprobar que una alfombra no ha sido realizada por niños trabajadores.

Destacó como proyecto mayor de Satyarthi el que abordó el 17 de enero de 1998: la marcha global contra el trabajo infantil en la que participaron 7 millones de niños y adultos, atravesó muy diversos países y regiones y terminó en la sede de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en Ginebra. Al año siguiente se aprobó, por unanimidad, el Convenio de la OIT contra las peores formas de trabajo infantil. Actualmente, el Convenio ha sido ratificado por 172 países.

También comentó que aunque las cosas avanzan en la dirección correcta, aún queda mucho por hacer. Actualmente hay 78 millones menos de niños trabajadores que los que había en el año 2000, aunque aún son 168 millones los que trabajan. La mayoría, aproximadamente 60 millones, realizan labores agrícolas en la India. Todo el mundo compartimos la esperanza de que se cumpla el conven-

cimiento de Kailash Satyarthi, que cree en la posibilidad de eliminar el trabajo infantil a lo largo de su propia vida.

Malala Yousafzai, es con gran diferencia la más joven laureada con el premio Nobel de la Paz de todos los tiempos, sin embargo su historia se ha conocido prácticamente en todo el mundo. A los 11 años, escribía un blog para la BBC acerca de cómo se vivía en el valle de Swat (noroeste de Pakistán), bajo una fuerte presión de los talibanes y con el solo apoyo ambivalente de las autoridades paquistaníes. Periódicamente las escuelas, especialmente las de las niñas, tuvieron que cerrar. Malala Yousafzai fue clara desde el principio que las niñas tenían evidente derecho a la educación, idea que defendió con valor prácticamente indescriptible, incluso después de sufrir, a sus 15 años, el grave atentado perpetrado por un hombre que le disparó tres tiros. Una vez salvada, su vida, decidió continuar su lucha por la educación de las niñas.

Thorbjørn Jagland, añadió que aunque en Pakistán la Constitución de la nación garantiza a todos los niños la educación gratuita y obligatoria, de los 52 millones de niños en edad escolar aproximadamente la mitad (principalmente niñas) no asiste a la escuela.

El líder indio se ha deshecho en elogios a Malala, diciendo, “hace que todo el mundo se sienta orgulloso de ella”, y entre risas se refirió a ella varias veces como “su hija” –bromeando con el padre de la joven, sentado entre el público–. A su vez, Malala le devolvió los elogios a su “padre” y lo ha calificado de “inspiración” para todos los niños del mundo. Manifestó también su alegría porque “los dos laureados muestren al mundo que un indio y una paquistaní pueden trabajar juntos”.

Los dos premiados reclamaron que “todos los niños tengan acceso a la educación”. Han hecho un llamamiento a la movilización en defensa de los derechos de los niños y contra la explotación infantil. Ambos, han lanzado un mensaje a favor de la tolerancia religiosa y cultural, abogando por la coexistencia entre distintas creencias y poniéndose como ejemplo para que sus países abandonen las disputas políticas en las que están envueltos desde hace décadas. Los galardonados han coincidido en señalar la “importancia del diálogo entre India y Pakistán”, enfrentados desde su independencia del Imperio Británico y el reparto del subcontinente en 1947, que, como ya se ha mencionado, les ha llevado a librar tres guerras y varios conflictos menores. “Creemos que una relación sólida entre los dos países India y Pakistán es muy importante. Otros países, tienen fronteras, pero eso no



Figura 4. Thorbjørn Jagland momentos después de entregar los premios a Malala Yousafzai y a Kailash Satyarthi.

significa que deban odiarse”, ha dicho Malala. Añadió que en el caso de que los respectivos primeros ministros fueran a Oslo, ella les rogaría que hicieran de la educación su prioridad y trabajasen juntos.

Satyarthi, por su parte, ha resaltado la necesidad de la buena relación entre los pueblos y la importancia de que, entre ellos, haya confianza y tolerancia. “Llevo viajando 25 años a Pakistán y no veo ninguna diferencia entre la gente de los dos países”.

■ Bibliografía consultada

- BBC News. «Pakistani girl, 13, praised for blog under Taliban» (en inglés).
- Talibanes le dispararon a una niña pakistaní que lucha por los derechos. *El Tiempo* (2012).
- Operada con éxito la niña defensora de derechos humanos tiroteada en Pakistán. *La Voz de Galicia* 10, 10 (2012).
- Madonna Dedicates L.A. Performance to Child Activist Shot in Pakistan. *Hollywood reporter* 10 (2012).
- «Selena Gomez's Idol Is Malala Yousufzai, Nobel Peace Prize Nominee» (en inglés). *Hollywood Life*. (10 de octubre de 2013).
- El Observador* (17 de octubre de 2012). «La niña pakistaní a la que los talibanes atacaron llegó a Londres para recibir atención médica». Consultado el 17 de octubre de 2012.
- Yo soy Malala, libro de la niña que desafió Taliban, *Azteca Noticias*. (9 de octubre de 2013).
- Michelle Obama y Malala se unen a la campaña por las niñas de Nigeria. *CNN México*. (7 de mayo de 2014).
- La UE condena el ataque sobre Malala Yousafzai. *Euronews*. (10 de octubre de 2012).
- Le Prix Simone de Beauvoir à la jeune Malala Yousafzai, *TV5*. (28 de diciembre de 2012).
- Excelsior* (26 de julio de 2013). «Otorgan a Malala el Premio Internacional Cataluña». Consultado el 29 de septiembre de 2013.
- Fundación Clinton. «Malala Yousafzai» (en inglés). Consultado el 29 de septiembre de 2013.
- Europapress* Malala, Premio Sájarov a la Libertad de Conciencia de la Eurocámara». Consultado el 10 de octubre de 2013.
- México reconoce a Malala Yousafzai con la categoría Internacional del Premio por la Igualdad y la No Discriminación *CONAPRED*. 2013.
- The Nobel Peace Prize for 2014. Oslo: Organización Premio Nobel. Octubre de 2014.
- ¿Quién es Kailash Satyarthi? - *Hindustan Times*». Consultado el 10 de octubre de 2014.
- Ariel Dorfman. ¿Quién conoce a Kailash Satyarthi? *Internacional*. 10 de octubre de 2014.

Premio Nobel de Economía 2014

LOS PROBLEMAS REGULATORIOS DEL MERCADO

Rafael Morales-Arce



Jean Tirole

■ Introducción

La Real Academia Sueca de las Ciencias ha informado el 13 de octubre de 2014 de la concesión del Premio Nobel de Economía al profesor francés, **Jean Tirole**, por sus trabajos e investigaciones relacionadas con los procesos de regulación de los mercados, finanzas y empresas.

Tirole era citado como uno de los favoritos para recibir el Premio desde hace algunos años. El Comité Nobel destacó los trabajos del galardonado acerca del comportamiento de grandes industrias y monopolios, que pueden generar resultados indeseables, como precios más elevados de los que justifican los costes, así como de empresas de baja productividad, que sobreviven, pero que pueden impedir y de hecho impiden, la llegada de nuevas y más productivas corporaciones. Sus trabajos analíticos relativos a empresas con poder en el mercado, aportan una teoría unificada con una fuerte influencia en cuestiones centrales de política en

general, por ejemplo ¿cómo deberían actuar los gobiernos ante operaciones singulares, como fusiones o cárteles? o ¿cómo deberían regular los monopolios?

Por otra parte, destaca la Academia que sus trabajos marcan una vuelta al realismo de la Teoría Económica pura, sin recordar, tal vez, a lo que se había hecho un año antes, en que se reconocía a Hansen y Fama por sus análisis empíricos sobre los precios de los activos y los mercados eficientes, y, al tiempo, a Shiller, que basaba sus investigaciones en la toma en consideración de los aspectos del comportamiento humano que influyen en las decisiones de inversión y en la formación de precios.

Igualmente, reconoce a **Tirole** como “uno de los economistas más influyentes de nuestra época” siendo autor, además, de importantes contribuciones teóricas, en especial, las que resaltan que “la mejor regulación o política de competencia debe ser cuidadosamente adaptada a las condiciones específicas de cada sector”, que incluyen desde “las telecomunicaciones al bancario” sin olvidar que **Tirole**, al “inspirarse en estas nuevas perspectivas, deduce que los gobiernos pueden alentar mejor a las grandes empresas a ser más productivas y, al mismo tiempo, impedirles que dañen a sus competidores o a los consumidores”, terminaba el comunicado⁽¹⁾.

Al conocer el fallo de la Real Academia, el galardonado agradeció la concesión del Premio, que no esperaba, porque uno mismo no valora nunca con objetividad sus propios trabajos, sintiéndose muy honrado por la sorpresa, que le proporcionaba una gran alegría.

El Premio Nobel de Economía es el único de los seis premios que no fue designado por Alfred Nobel en su testamento. Desde 1969 se viene concediendo como Premio adicional en la ceremonia de Estocolmo. Su nombre real es Premio Sveriges Riksbank en Ciencias Económicas, en memoria de Alfred Nobel. Fue establecido en 1968 con ocasión del 300 aniversario del Riksbank. Cuenta con idéntica dotación, y se entrega a la vez que el resto de distinciones cada 10 de diciembre.



Con ello se pone fin al ciclo que otorga los seis galardones con que ofrece la Academia en la actualidad: Fisiología o Medicina, Física, Química, Literatura, Paz y Economía, que se entregan el 10 de diciembre en Noruega, el de la Paz, y todos los restantes, en Suecia.

Su dotación es de ocho millones de coronas suecas (unos 880.000 millones de euros) que, a diferencia de otros años, que se repartió entre varios galardonados, corresponderá íntegramente al profesor **Tirole**.

Como también es habitual cada año, la quiniela de favoritos era tan amplia e incluso contradictoria para aventurar, con un mínimo de probabilidades de éxito, un potencial ganador era una tarea estéril.

Como datos curiosos indicar que los 74 galardonados hasta ahora tienen una media de edad de 67 años. El más joven fue Kenneth Arrow, que lo obtuvo con 51 años en 1972. Leonid Hurwicz, con 90 años, lo logró en el año 2007. Por otra parte, se distinguió a un único ganador en 23 ocasiones.

■ El galardonado

Jean Tirole, ciudadano francés, nacido el 9 de agosto de 1953 en Troyes. Sus primeros estudios los realizó en la Escuela Nacional Politécnica, que concluyó en 1974, tras los que se graduó en Ingeniería Civil en 1976. Su interés por la Economía le motivó a trasladarse al Massachusetts Institute of Technology (MIT), en el que completó su formación en Teoría Económica hasta su Doctorado en 1981. Posteriormente, y hasta el año 1984, trabajó como Investigador en la Escuela Nacional francesa de Ingeniería Civil, volviendo al MIT para colaborar como docente durante siete cursos académicos. Puede decirse que ha combinado tanto el estudio como la actividad académica e investigadora en Francia y en Estados Unidos, permaneciendo como Profesor visitante en este centro docente.

En 1998 fue Presidente de Econometría, asociación científica internacional abierta a personas interesadas en cuestiones de tipo económico, especialmente econométricas, una de las de más prestigio mundial. En 2001, fue Presidente de la European Economic Association, abierta a personas interesadas en el estudio de cuestiones económicas en todos los campos de aplicación.

En la actualidad desempeña la dirección científica del Instituto de Economía Industrial (IDEI) adscrito a la Universidad de Toulouse 1 Capitole.

Tirole eligió la Economía, una disciplina atractiva, como forma de vincular su formación matemática con su vocación por el análisis de los problemas sociales. Adepto al trabajo en equipo, en buena parte responsable de la concesión del Premio, y poco sensible al contacto con los medios de comunicación, dirige la Fundación creada en memoria de Jean Jacques Laffont, fallecido en 2004, vinculada a la Escuela de Economía de Toulouse.

Tiene en su haber más de 150 artículos y una decena de libros publicados en medios reconocidos internacionalmente.

Era uno de los favoritos para recibir el galardón, aunque no estaba entre los más destacados según los pronósticos de Thompson Reuters. Por ello, hubo una cierta sorpresa. Es, por tanto, el tercer ciudadano francés que consigue el Premio, tras Gerard Debreu y Maurice Allais, que fueron reconocidos en 1983 y 1998, en un año que ha sido pródigo para Francia, que había sido distinguida también con el Nobel de Literatura a Patrick Modiano. Razón de más para que el Presidente de la República, Francois Hollande, haya declarado que la concesión del “Premio Nobel evidencia la calidad de la investigación en nuestro país”.

La Reserva Federal de San Louis, USA, considera a Tirole como el octavo investigador económico más citado del mundo, que cuenta, además, con un Doctorado “honoris causa” concedido por la Universidad Libre de Bruselas (1984); Caballero de la Legión de Honor de Francia (2007): Medalla de Oro del Centro Nacional de Investigación Científica de Francia y otros muchos reconocimientos a su brillante trayectoria profesional.

Finalmente, señalar que **Tirole** recibió en España el Premio de la Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento (2008) por sus trabajos en el campo de la economía financiera y la gestión de empresas.

■ Principales aportaciones

JeanTirole ha hecho importantes contribuciones a la formación de pensamiento económico, entre las que destacamos las siguientes:

- Como se ha indicado, por sus trabajos sobre el funcionamiento de los mercados y la influencia de la regulación, que están en el centro de gravedad que justifica la concesión.
- Por sus análisis acerca de las ineficiencias asociadas a la información privilegiada de los agentes económicos, así como por la sugerencia de bases contractuales de las políticas públicas que puedan limitar estas deficiencias.
- Sus trabajos toman como referencia que la falta de regulación produce efectos indeseables en los mercados dominados por grandes corporaciones, que, en general, tienen bajas tasas de productividad y que, generalmente, sobreviven bloqueando la entrada de nuevos competidores.
- Poniendo el acento en que las regulaciones deben adaptarse a las condiciones específicas de cada sector o industria, en lugar de elaborar normativas de tipo general, como, por ejemplo, establecer topes en los precios, que, a la larga, podrían ser más perjudiciales que beneficiosos. En definitiva, que las medidas se adopten en función del contexto competitivo o tecnológico a fin de incentivar una formación de precios que favorezca a productores, competidores y consumidores. Es el gran reto de la regulación.
- Sostiene, por otra parte, que las relaciones entre empresas y reguladores no son estables en el tiempo. Una medida del regulador encuentra siempre respuesta en el sector o empresa afectada, que tiene consecuencias en posteriores regulaciones. Si por parte de esta se hacen grandes esfuerzos en la reducción de costes, y ello genera beneficios, el regulador puede exigir mayores esfuerzos en una subsiguiente regulación, esfuerzos que podrían conducir a aquella a reducir su eficiencia. Ese es, a juicio de **Tirole**, el gran dilema.
- Sus aplicaciones se refieren a una variedad de actividades, desde la regulación del sistema de ferrocarriles, energía, informática, internet, formación de burbujas financieras, derechos de emisión de CO₂, etc., sin olvidar la publicidad y las agencias de calificación financiera, cuyo comportamiento pueda afectar a la libre competencia.
- Es partidario de la liberalización de servicios en los que se generan menores precios, aunque solo cuando tal liberalización esté fundamentada en una regulación eficiente y posea un regulador independiente.

- Una importante investigación se refiere, por ejemplo, al funcionamiento de las cadenas de suministros, afirmando que si una empresa adopta una posición monopolista en una fase del proceso productivo, en condiciones normales (es decir, frente a un grupo de clientes competitivos entre sí) verá limitada su capacidad de imponer el poder de mercado, pero puede obtener incentivos a restringir el suministro y “generar” otro monopolio en el siguiente nivel de la cadena.
- Para el caso del mercado de la energía, y tomando como referencia a España, considera que debería aumentarse el número de operadores principales –tres en la actualidad– abriendo el mercado a productores de otros países. Ello generaría importantes ventajas para nosotros.
- Las regulaciones relativas al funcionamiento de los mercados financieros deben ser dotadas de suficiencia y de un supervisor internacional. Estima que una de las causas de la crisis de 2008 está en la ausencia de la misma, algo que se ha corregido desde 2013, aunque no estará completada hasta 2020. Se posiciona en contra de que los efectos económicos de la intervención del Estado en la solución de la crisis financiera se traslade a los contribuyentes.
- En el área del mercado de trabajo, aboga por la prolongación de la vida laboral y por el despido libre con indemnización pactada de antemano, así como por la reducción de las cotizaciones sociales, que podrían ser sustituidas por el IVA. Considera, por otra parte, la necesidad de propiciar salarios dignos, incentivos a la maternidad y el denominado “salario maternal”, aspectos, estos últimos, de cierta tradición en su país natal.
- En todo caso, sugiere la conservación del modelo “social” vigente en los países más avanzados de la Unión Europea, pero con grandes reformas que aseguren el mantenimiento del empleo, sin dejar como herencia un excesivo volumen de deuda pública acumulada.
- Para el caso de España, y, especialmente, para los países del Sur de Europa, que no hicieron a tiempo reformas estructurales, sugiere celeridad en la asunción de las mismas, especialmente, en el mercado de trabajo; las pensiones públicas y la organización territorial de los Estados. A los pocos días de conocer la noticia de la obtención del Nobel, pedía al Presidente Holland que no esperara a acometer las reformas, pues las demoras conducirían al fracaso.

- Considera que no puede sostenerse un mercado de trabajo con tan altas tasas de desempleo como sucede en algunos países, sugiriendo se aborden medidas, como por ejemplo, la sustitución de la contratación dual, indefinida y temporal, por un contrato único, que estima más beneficioso tanto para la empresa como para el trabajador.
- Desde el punto de vista metodológico, Tirole ha llevado a la práctica la combinación razonable de diversos instrumentos, desde las Teorías de Juegos y de la Información, hasta el sólido apoyo de las Matemáticas y la Estadística, en buena parte de sus investigaciones.

■ Valoración de los expertos

Tradicionalmente, y a diferencia de los que se conceden en otros campos del saber, no hay una crítica unánime acerca de la justificación de sus asignaciones. **Samuel Brittan** nos recordaba ya en 2003 que, cuando se conocieron los del año 1974, en que fueron galardonados Friedrich A. Von Hayek y Gunnar Myrdal, el primero, representante de la Escuela Austriaca, estaba en contra de la creación de este Premio, porque, en su opinión, ninguna persona debería ser señalada como si fuese una referencia en un tema de tanta complejidad como la Economía. Y, Myrdal, por su parte, argumentaba que el Premio debería ser abolido por haberse entregado a un “reaccionario” como consideraba al propio Hayek⁽²⁾. Paradojas de la vida, pues ambos fueron distinguidos por sus investigaciones de Teoría del Dinero y por sus análisis de la independencia de los fenómenos económicos, sociales e institucionales.

Por otra parte, es mayoritaria la opinión de que la Academia favorece generalmente a economistas de corte “ortodoxo”, y se polariza mayoritariamente en investigadores norteamericanos y británicos, especialmente, los pertenecientes a la Escuela de Chicago. Igualmente, que, a diferencia de lo que sucedió hasta los años ochenta, se otorgaron a los grandes maestros, y no como ahora, que se galardona a personas de menor nivel, que no se han posicionado claramente en temas claves de la ciencia económica, cuestión discutible, al menos en mi opinión, que estima que algunos de los últimos sí han realizado aportaciones fundamentales para nuestro tiempo.

Para **Paul Klemperer**, de la Universidad de Oxford, el galardonado ha contribuido a cambiar el concepto de “organización industrial” que tiene el gran público. Por otra parte, ha modificado los conceptos de competencia, desligándolo de los modelos simples de los mercados perfectos, insistiendo en la idea de que situaciones diferentes exigen, correlativamente, soluciones diferentes.

Enmanuel Macron, Ministro de Economía de Francia, reconoce que la concesión del galardón a Jean Tirole, pone de manifiesto el orgullo de nuestro país y de la escuela francesa de economía.

Y con gran optimismo, **Pierre Moscovici**, Comisario europeo de Asuntos Económicos y Monetarios, y exministro francés, Tirole marca el camino que deberíamos seguir para poner fin a la crisis que atraviesa a la zona.

Steffan Normark, Secretario Permanente de la Real Academia de Ciencias de Suecia, en la misma línea, piensa que sus trabajos servirán para “domar” el comportamiento de las grandes firmas en los mercados⁽³⁾.

Luis Garicano, de The London School of Economic, valora muy positivamente el reconocimiento a Jean Tirole, al que “considera un buen economista, tan buen trabajador como persona”, añadiendo que “es muy difícil encontrar una persona más encantadora, un economista más brillante y a un trabajador más duro al que premiar”⁽⁴⁾. Completaría esta valoración con lo que se indica en el apartado “Acto en España tras la recepción del Premio Nobel”, que se verá más adelante.

Antonio España, considera que Tirole pertenece al grupo de economistas académicos que crean y operan con modelos matemáticos que difícilmente reproducen la complejidad de la acción humana. Considera, además, que las relaciones económicas son muy dinámicas y no solo dependen de funciones matemáticas, que son muy útiles, pero que no deben convertirse en instrumentos únicos para modelizar el comportamiento de los mercados. En su lugar, destaca los trabajos de Israel M. Kirzner (discípulo de Von Mises), que también era candidato al Premio, que defiende una posición alternativa menos ortodoxa y que tiene en cuenta otros factores, como los estándares de calidad que utiliza, la selección de su capital humano y otros instrumentos habituales en la gestión interna de la empresa o el sector considerado⁽⁵⁾.

Noah Smith, por su parte, alaba la calidad de los trabajos de Tirole, que lo hace siempre bien y que aborda una pregunta clave en la economía: ¿Cuál es el punto en que debe intervenir el Estado para afrontar coherentemente un proceso de regulación?⁽⁶⁾.

R. M. Solares, se ha polarizado en dos cuestiones en las que Tirole ha trabajado: en primer lugar, en sus análisis sobre los efectos de la crisis financiera de 2008, destacando su apoyo a la necesaria “regulación prudencial”, que establezca mecanismos de protección a pequeños ahorradores e inversionistas, titulares de pólizas de seguros y de fondos de pensiones, etc., ante los riesgos de “default” de algunas de las instituciones que los gestionan. La posición de Tirole es bien clara: debe protegerse siempre a los contribuyentes, evitando, al tiempo, la utilización de fondos públicos para rescatar entidades privadas de sectores en crisis, especialmente, cuando se derivan del uso de prácticas incorrectas o de la asunción de riesgos desmesurados. Cuando tal asunción es el fruto de la expectativa de un beneficio, para la empresa o para el propio directivo, se genera un conflicto de intereses que justifica se establezca una clara normativa sobre salarios e incentivos. Así se hizo en España a partir del año 2012, limitando los salarios de los consejeros y principales directivos de las entidades financieras con problemas. Pero si todo ello es importante, no lo es menos la necesidad de contener el posible riesgo sistémico, esto es, cuando la crisis en una entidad en particular es de tal envergadura que puede trascender al resto del sistema, lo que puede obligarles a utilizar mecanismos inadecuados para superarlos. El ejemplo de las denominadas “participaciones preferentes” que utilizaron en España tanto entidades que asumían riesgos razonables como las que no lo hacían, ha puesto de manifiesto la conveniencia de que el regulador / supervisor alerte a los inversores de este tipo de comportamiento que puede ser potencialmente negativo para sus intereses. Sostiene, finalmente, que tanto las instituciones de inversión colectiva, como las Agencias de Calificación de Riesgos, han de ser objeto de una mayor atención. En el caso de las primeras, como medio de protección a los pequeños inversores, y, para las Agencias, evitando la aparición de conflictos de interés con sus clientes, fomentando la competencia mediante el estímulo a la aparición de otras nuevas y normalizando calificaciones y ratings en aras de la transparencia y la equidad⁽⁷⁾.

Pero Solares, aparte lo indicado en el párrafo anterior, se refiere a los trabajos de Tirole junto al economista Roland Benabou en 2005, en el que buscaba una justificación al por qué las personas son altruistas en favor de la sociedad, cuando, a su juicio, la Teoría Económica, presupone que las personas son esencialmente egoístas. Y con referencia a las crisis financieras, estima que para generar conduc-

tas favorables son más fuertes las motivaciones internas que las externas, y, por ello, la utilización de los incentivos positivos / negativos tendrán efectos limitados. Y, por esta razón, los mecanismos que promueven la conducta financiera a través de la autoestima o la sensación interior de control del futuro serán más poderosos para generar conductas de largo plazo que beneficien nuestra práctica financiera⁽⁸⁾.

Las páginas de **Wharton, University of Pennsylvania**, recogieron posteriormente una serie de opiniones de gran relevancia sobre las aportaciones de Tirole, entre las que destacamos las siguientes:

- a) **Steffan Normark**, a quien ya nos hemos referido, en su condición de Secretario de la Real Academia de Ciencias de Suecia, indica que Tirole evitó las trampas de la simplicidad que limitaron la eficacia de algunas investigaciones en este campo; destacando que, la mayor parte de ellas aplican soluciones únicas a los procesos de regulación de precios o prohibición de cooperación entre competidores; que tales limitaciones pueden motivar que las empresas reduzcan sus costes, ofreciendo márgenes para lograr mayores beneficios, y que de ello resultaba un aspecto positivo y otro negativo. Tirole sorteó estas contradicciones y, por ello, propugnaba por normas de competencia que se adaptasen a las características de cada industria en especial, en lugar de aplicar unas estandarizadas para todas ellas.
- b) **Mauro F. Guillen**, Profesor de Gestión de Empresas en esa Universidad, resalta que las investigaciones de Tirole tienen un impacto teórico enorme, que se utilizan habitualmente por algunas autoridades antimonopolio, en especial, el “Modelo sobre Precios/Servicios” en grandes corporaciones. Pero no olvida que los mercados, en contra de lo que sostiene la Escuela de Chicago, suelen “fallar” en sus pronósticos sobre la rentabilidad, por lo que la regulación gubernamental es esencial para adjudicar recursos y atribuir beneficios a la generalidad de los consumidores.
- c) **Esther Gal-Or**, Profesora de Marketing y Economía de la Empresa en la Universidad de Pittsburg, en unas declaraciones en Wharton Business Radio, considera que las investigaciones de Tirole son muy importantes hoy porque el proceso regulatorio es una actividad en alza, sobre todo, en los entornos en que se vive un régimen de monopolio. Algunos de ellos, como Google o Apple, están cambiando por completo los modelos de mercado, que llaman cada vez con más intensidad, el interés del regulador.

- d) **Pinar Yildirim**, Profesor de Marketing en Wharton, reconoce que la obra de Tirole no ha sido una contribución única como habitualmente se reconoce a los galardonados con el Nobel. Y prosigue, “si preguntáramos a otros, nos dirán que ni siquiera es la más influyente. No hay ningún ganador del Nobel que haya tenido una única contribución seguida de baja productividad. La mayor parte de esos estudiosos tienen una vida de logros y sirven de inspiración para la obra de otros”. Además, que “hay pocos economistas que se comparen a él y hayan escrito sobre tantos asuntos”, sin olvidar los relativos a “comportamientos, creencias e irracionalidad, que le permitió llegar al gran público dentro y fuera de la Economía. Añade que “Tirole es un teórico de la Economía, que casi nunca trabaja con datos o con obras empíricas...” “Es posible ser igualmente influyente usando solo la herramienta de los modelos analíticos o añadiendo datos a ellos”. Finalmente, su obra es de “un realismo facilitado, mientras la de otros economistas parten de principios de que los mercados son perfectos y competitivos”. Tirole consigue describir la “regulación ideal” de industrias específicas mediante un análisis político penetrante, centrándose en características fundamentales que generan divergencias entre intereses públicos y privados. Se incluyen, igualmente, valoraciones de medios informativos, recogidos, igualmente en la página de Wharton.
- e) Por su parte, el diario italiano **MINT**, entiende que la Academia se decidió tomando como base una parte relativamente reducida de la obra de Tirole. “Él es mucho más que eso: está entre los pocos que escriben monografías fenomenales en casi todos los campos de la Microeconomía y la Economía Política formal”.
- f) El **Washington Post**, pone como ejemplo de las investigaciones de Tirole el duopolio de las industrias de defensa, que suele confundir a los gobiernos entre los conceptos de precio justo y especulación. En la práctica, el gobierno y el proveedor alcanzan un acuerdo en relación al precio del contrato, sin embargo, es muy común que los costes sean superiores a los presupuestos, lo que deja a la autoridad, en general, sin otra opción que soportar el coste adicional, ya que no encuentra muchos proveedores alternativos. Por ello, Tirole muestra que dichas autoridades podrían actuar ofreciendo varias opciones de contrato, obligando a las empresas, de forma indirecta, a revelar la magnitud de sus costes, y, al valorar la de algún posible proveedor adicional, tomar decisiones más acordes a los intereses públicos.

g) **Stephane Marchand**, Editora-Jefe de Paris Tech Review, termina indicando que muy poca gente conocía a Tirole, a quien considera tímido y con buena audiencia en los medios de la Unión Europea, pero más limitado en los de su propio país. Considera, por otra parte, irónica que una de las especulaciones de Tirole sea la Economía Industrial, cuando su posición personal es de una fuerte defensa contra los ataques externos, en una nación como Francia, que practica la autosuficiencia, pero que perdió el 30% de su producción industrial con graves consecuencias en el empleo nacional⁽⁹⁾.

Por su parte, la **Fundación Ramón Areces y la Asociación Española de Economía**, a través del profesor de la Universidad Autónoma de Barcelona, **Pérez Castrillo**, destaca a Tirole como un ejemplo de investigador y científico completo; con una abundante y excepcional producción científica, del que no puede uno imaginar cómo ha podido realizar tanta actividad. Tirole se caracteriza, además, por ser no solo inteligente y trabajador, sino una persona modesta⁽¹⁰⁾.

Finalmente, **Xavier Vives**, profesor de Economía y Dirección Financiera y titular de la Cátedra Abertis de Regulación, Competencia y Políticas del IESE-Universidad de Navarra, recientemente elegido miembro del Consejo Europeo de Investigación y Premio Jaime I de Economía, e investigador en campos conexos al galardonado, estima que la obra de Tirole destaca “por la amplitud de los campos en que trabaja y la meticulosidad y rigor de los análisis que realiza”⁽¹¹⁾.

■ Valoración de los medios y redes sociales

Los medios de comunicación que habitualmente se hacen eco de la concesión del Premio Nobel tienen posiciones contradictorias sobre la razonabilidad de los trabajos considerados:

- Para **C. Yarnoz**, el agraciado, Jean Tirole es un especialista con más de 150 trabajos en temas tales como el mercado laboral, la reglamentación de las industrias en red o las burbujas financieras. Sin embargo se ha destacado ahora, de manera singular, su investigación acerca de la regulación de los mercados, regulaciones que son necesarias en el mundo actual, y que implican la pérdida de soberanía de los Estados y la necesidad de un organismo internacional independiente que contribuya a la equidad de las soluciones que se adoptan. Tirole ha criticado en sus trabajos la situación francesa con más de un 25%

de desempleo en el segmento juvenil, debido, entre otras causas, a un exceso de protección a los asalariados. Igualmente, que el problema actual no es la austeridad, sino la confianza hacia las relaciones con el exterior, sin olvidar que las reformas deben realizarse cuando la economía funciona bien, no cuando se ven compelidos a realizarlas en malas condiciones.

En unas declaraciones posteriores, afirmaba Tirole que en Europa no se habían realizado las reformas necesarias para neutralizar los efectos de la crisis financiera, en especial, en países del Sur (Francia, Italia, España y Grecia), que solo las iniciaron en el último momento, generando repercusiones adicionales tanto para el mercado de trabajo como para el gasto público⁽¹²⁾.

- **Pablo Rodríguez Suanzes**, por su parte, destaca que en los trabajos de Tirole subyace la crítica a los burócratas cuando tratan de imponer una regulación única o de aplicar los mismos principios para todo tipo de campos de la economía. Que se olvida la existencia de grandes corporaciones que controlan un mercado, que repercuten en el consumidor con mayor intensidad que aquellas otras, más numerosas, que funcionan en régimen de competencia perfecta. Por otra parte, la asimetría existente entre el regulador y los participantes en el mercado, no debe resolverse con el mismo criterio para todos. Hay empresas que trabajan en un entorno de colusión formando un “cártel” de precios con un distribuidor exclusivo; que funcionan en régimen de monopolio o de oligopolio o que promueven procesos de fusión o adquisición para mejorar su posición en los mercados. Cada uno de ellos requiere una disposición diferente por parte del regulador⁽¹³⁾.
- **Josep María Ureta**, destaca el papel de Tirole como investigador en el campo de la Microeconomía, abordando muy diferentes sectores empresariales, en los que labora con meticulosidad y rigor, relacionando siempre cuestiones relativas al mercado como sus aspectos financieros. Considera, por otra parte, que en 2014 se ha destacado la utilidad de los trabajos del galardonado, algo que no se había resaltado en años anteriores. Sus trabajos han contribuido a dotar de mayor sensibilidad hacia los procesos regulatorios en los mercados, en pro de la mejora del bienestar de los consumidores. Tirole había sido propuesto por más de 300 economistas, y el propio Banco de Suecia, la entidad que financia el Nobel, recogió en una cincuentena de páginas la razonabilidad de esta concesión. Finalmente, para acreditar el alza del impacto mediático del nuevo Nobel, se reseña que ha pasado de 234.000 a más de 8 millones de entradas en el portal Google⁽¹⁴⁾.

- **S. Mc Coy**, sostiene que Tirole fue uno de los primeros analistas en el estudio del modelo de negocio en que se basan algunas compañías, como el caso de Google, y en profundizar sobre la racionalidad económica que se advierte tras la aparente gratuidad de sus principales servicios. Ya en 2009 calificaba al buscador como una amenaza totalitaria para el siglo XXI.

Tirole, junto a Jean-Charles Rochet, publicó en 2002 “Platform competition in two-sided markets”, haciendo referencia a aquellas firmas que presentan una capacidad masiva de distribución de sus servicios, en las que cuentan con la posibilidad de facturar tanto a proveedores como a clientes.

Los portales de Google y Facebook, por ejemplo, han renunciado a cobrar, al menos en principio, con lo que evitan una posible acusación de colusión o de “dumping”, pero, al final, pueden generar fuertes “barreras de entrada” para aquellos competidores que deseen a futuro entrar en el mercado.

Algunos ejemplos más se han constatado hasta ahora, tanto en los medios de comunicación, en los medios de pago –tarjetas de crédito– como en Apple. Por lo que, a futuro habremos de enfrentarnos a una situación en que se propiciará la intervención de los reguladores con imprevisibles consecuencias⁽¹⁵⁾.

- Las páginas económicas del diario **La Razón** mantienen una postura crítica respecto a estos premios, que considera hoy carecen de toda credibilidad, puesto que se basan en la práctica de repartir entre profesores universitarios y de investigación, la mayor parte anglosajones, que conforman un grupo de poder en aras de absorber alumnos y recursos financieros para su propio beneficio. Los Premios Nobel de hoy no tienen nada que ver con los méritos que se apreciaron en los galardonados en los primeros años de su existencia⁽¹⁶⁾.
- Opiniones recogidas de las **redes sociales** se refieren a la situación de España, que excepto en los campos de la Literatura o la Medicina, nunca obtuvo un Premio Nobel derivado de la calidad de nuestra investigación en temas tales como la Física, Química, etc., dejando la duda de si se invierten en estos campos, desde el sector público o privado, recursos suficientes. En otros casos se apunta que los galardones se conceden para reconocer méritos no científicos sino políticos, poniendo el ejemplo de un Presidente norteamericano que recién elegido ya fue distinguido con el Premio Nobel de la Paz, no se sabe si porque era el primero que accedía a este cargo sin ser de raza blanca; porque los votantes estaban descontentos de los que habían ejercido el poder desde el partido competidor o por la calidad de su programa electoral, pero nunca, por

los éxitos obtenidos en el logro de la paz mundial en el período de tiempo que había dedicado a las tareas públicas.

- En los Foros, y en referencia particular al concedido este año, se destaca que solo se reconoce al que pone “parches” a un sistema que requiere cambios sustanciales, que tienen que ver con variaciones en la distribución de la riqueza, que es lo difícil de concretar, ya que no pone al ser humano en el centro de la cuestión, aunque también hay valoraciones positivas: a) que deberían completarse los estudios de Tirole sobre la esencia y la naturaleza del dinero, como medio de intercambio del individual tiempo con el de los demás, y que, agregado, permite establecer los costes de cuanto intercambiamos y consumimos..., añadiendo que sería posible establecer normas equitativas de circulación monetaria, de disponibilidad, de precios, de costes, incluso de beneficios, *de modo que todos puedan progresar sin ventajas para nadie y sin discriminación alguna*; b) En 2014 ha ganado la intervención “puntual” sobre la economía a la libre que preconizaba Adam Smith en el siglo XVIII, para ubicarnos en la preconizada por J. Maynard Keynes, que abogaba por la necesaria regulación si era para evitar situaciones inconvenientes para los consumidores, y c) Los trabajos de Tirole, como la liberalización frente a intervencionismo y las políticas proteccionistas o sobre la armonización regulatoria europea, como la Unión Bancaria, para prevenir los fallos de supervisión que afloraron en la última crisis financiera, deberían estar presentes en algunos políticos.

■ Algunos pronósticos

Como sucede siempre en estos casos, había una larga lista de candidatos al Premio, algunos de ellos, desde hace varios años. Pablo R. Suanzes nos ofrecía una lista entre los que destacaban:

- Un total de 24 personas, entre los que se encontraba **Jean Tirole**, si bien en un puesto no destacado.
- La mayor parte de ellos pertenecientes a centros universitarios de prestigio: Columbia, Harvard, Nueva York, Oxford, y Princeton.
- Con dedicación a temas económicos de diferentes áreas: crecimiento económico; emprendimiento; sociología económica y relaciones sociales a través

de las redes; regulación en los mercados; cuestiones relativas a la riqueza y desigualdad; pobreza; finanzas corporativas; regulación financiera; depósitos bancarios; movimientos de capital; procesos de recesión e historia económica, etc., que ponen de manifiesto el interés por temas que hoy son objeto de preocupación a nivel mundial.

- Algunos de ellos, como el caso de **William Baumol**, con 93 años, con destacados trabajos en el área de la programación financiera, muy apreciados entre los españoles estudiosos de la Teoría Financiera.
- Y dos ciudadanos españoles, **Xavier Sala i Martín**, docente en la Universidad norteamericana de Columbia, antiguo alumno de Barro en Harvard y su colaborador en temas de crecimiento económico, que alterna su trabajo con la presencia en la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona; y finalmente, **Jordi Galí**, del Centro de Investigación de Economía Internacional (CREI), dependiente de este último centro universitario, que asesora tanto al Banco Central Europeo como a la Reserva Federal USA, colaborando, igualmente, con Oliver Blanchard, economista-jefe del Fondo Monetario Internacional⁽¹⁷⁾. Este último, Galí, en una reciente publicación que aborda los procesos de seguimiento de las entidades financieras que han atravesado la última crisis, se manifiesta claramente en la línea de Tirole, al afirmar que “son necesarios mecanismos que doten de mayor consistencia temporal y que refuercen la independencia de los supervisores frente a los distintos grupos de interés”⁽¹⁸⁾ como forma eficaz para evitar su reproducción futura.

Algunos de ellos con grandes méritos tanto en el campo de la docencia como la investigación, que seguramente estarán expectantes ante futuras ediciones de este Premio.

■ Continuidad de la actividad de algunos galardonados

La actividad de los galardonados del Nobel se acelera, al menos en lo relativo a divulgación de sus opiniones, desde el momento en que se otorgan. Un buen ejemplo de ello es la reunión que, con carácter trianual, reúne a una selecta representación de ellos, que el pasado mes de septiembre se concentró en Lindau (Estado de Baviera, Alemania) junto a un grupo de unas 450 personas, en su mayoría, estudiantes e investigadores de todo el mundo, bajo el patrocinio de “Nobel

Laureate Meeting”, que genera un auténtico *brain-storming* entre aquellos que aspiran a tener un destacado lugar en el análisis de la evolución futura de la ciencia económica. La reunión fue inaugurada por la Canciller de Alemania, cuya lección versó sobre el tema. ¿Por qué los economistas lo han hecho tan mal a la hora de predecir la realidad?, que propició recibiera algunas críticas de los asistentes, en especial, por la improcedencia de sus mensajes de austeridad a los países de la Eurozona, mensajes que no compartieron los allí presentes, de manera singular **Joseph Stiglitz**, premiado en 2001, que aseguró del alto riesgo de que produzca una seria recesión, como ya sucediera a Japón hace algunos años.

La Canciller hizo otra seria advertencia sobre el peligro de una nueva crisis financiera por la actuación del sistema financiero europeo, que a través de la denominada “banca en la sombra”, básicamente, instituciones de inversión colectiva, mueve un elevado volumen de recursos y obtiene financiación a reducido coste del Banco Central Europeo sin valorar adecuadamente los riesgos que está asumiendo.

De entre los 18 antiguos Premios Nobel allí presentes, destacamos los comentarios de mayor interés formulados por seis de ellos:

- **Vernon Smith** (PNE-2002) nos alerta del peligro de la aparición de otras crisis, como ya adelantaba la Canciller; de la escasa entidad del crecimiento económico en Europa desde el bienio 2007-2008, ya puesto de manifiesto en las denominadas “locomotoras” del área. Pero también del método utilizado en el rescate de las entidades financieras, que encierra un peligro potencial de afectar negativamente a la actividad económica.
- **Peter Diamond** (PNE-2010) propiciaba la conveniencia de estimular el crecimiento de las economías con inversiones en pro del mayor consumo y de la generación de empleo, con reducción de impuestos y programas especiales para incorporar a los jóvenes al mercado de trabajo, sin olvidar el fomento de su formación, y el claro apoyo a nuevas fórmulas de generación de actividad, como las “start up”.
- **Daniel Mc Fadden** (PNE-2002), consideró la necesidad de fomentar el comercio a través de las nuevas tecnologías, Internet y las redes sociales; inducir el estudio del cerebro humano, uno de los campos más prometedores para deducir el comportamiento de los agentes económicos, sin olvidar la necesidad de un

nuevo ente supervisor de los mercados financieros, hoy criticado en amplios sectores.

- **Alvin Roth** (PNE-2012), aludió a la necesidad de contar con los denominados “fontaneros de la economía”, que deberían ser capaces de encontrar algoritmos que permitieran dinamizar los mercados en los que los recursos son escasos, aludiendo al ejemplo de la oferta/demanda de trabajo, que, en muchas ocasiones, nos ofrece información reiterada de ofertas que no se pueden satisfacer, de manera automática, porque no existe una información adecuada a demandantes potenciales del puesto. En España tenemos un claro ejemplo de ello. Roth piensa, finalmente, citando a Keynes, que los economistas deberían ser gente humilde, discreta y competente, como son otros profesionales, como los dentistas. Y, además, contar con otras variables no formuladas por ellos, añadimos nosotros. Ello sería mejor para todos.
- **William Sharpe** (PNE-1990), hizo constar que desde los años ochenta del pasado siglo los precios han crecido un 3,2% acumulativo anual en los países ricos, pero el poder adquisitivo se reduce a la mitad cada 22 años. Las personas que viven solamente de su pensión de jubilación puede ver reducidos sus ingresos a la mitad por efecto de la longevidad. Por otra parte, y como estudioso de la Teoría Financiera, desaconseja mantener los Planes de Pensiones dentro de las empresas. Como alternativa sugiere la aplicación de los recursos en inversiones que combinen renta fija y variable mediante algún algoritmo de utilidad como el INDEX FUND, índice que ordena la compra automática de títulos de todas las empresas incluidas en una lista de referencia.
- Finalmente, **Eric Masken** (PNE-2007) nos aporta una información que muchos suponían: que, de acuerdo al Índice Gini, la globalización está propiciando la reducción de la desigualdad entre países ricos y pobres, pero, dentro del mismo país, sea rico o pobre, se observa un aumento de la desigualdad entre los ciudadanos ricos y pobres. Y sugiere algunas ideas sencillas, como la mejora de las redes de transportes públicos hacia los barrios marginales de las grandes ciudades que cuentan con grandes centros de trabajo; tomar en consideración que la deslocalización de la producción favorece especialmente a los trabajadores más cualificados y perjudica a los que no lo son; la necesidad de fomentar en estos últimos la educación y la formación profesional, pero sin exigir al que la recibe pago por ello y, por último, la modificación de las restricciones

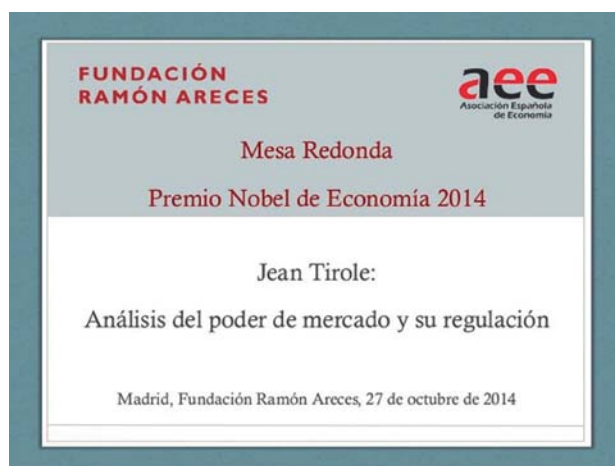
en las legislaciones de patentes, restricciones que favorecerían la generación de nuevas innovaciones⁽¹⁹⁾.

En fin, un conjunto de recomendaciones y reflexiones que, dichas en el contexto de esta reunión, pueden tener su utilidad, pero que su aplicación al mundo real requeriría de otras consideraciones sobre su oportunidad; costes y beneficios que pueden generar, y, de manera particular, su validez en el entorno de un país o comunidad concreta. Como aseguraba un participante, José María Casado, Economista del Banco de España, “los economistas podemos ayudar al desarrollo del bienestar social... pero la técnica solo es un medio para alcanzar los fines que la sociedad considera deseables. Por eso, las recetas de los economistas no deben sustituir las decisiones de los gobiernos, nos gusten o no”. Aunque también ponen de manifiesto cómo, en algún caso, estos comentarios están muy alejados, tanto del alcance conceptual como del rigor, de los que formularon sus antecesores galardonados en décadas anteriores.

■ Acto en España tras la recepción del Premio Nobel

Pocos días después de conocer la decisión del Nobel, la Fundación Ramón Areces y la Asociación Española de Economía promovieron la realización de una mesa redonda sobre la obra de Tirole, con objeto de comentar algunas de sus investigaciones, discutir aspectos relacionados con los monopolios naturales (telecomunicaciones, energía o ferrocarriles), así como la liberalización de sectores

Figura 1. El 27 de octubre de 2014, la Fundación Ramón Areces organizó una Mesa Redonda sobre el Premio Nobel en Economía 2014, Jean Tirole. Con el título ‘Análisis del poder del mercado y su regulación’,...



regulados, como la telefonía móvil; las decisiones estratégicas de las empresas, en especial, las relativas a la toma de decisiones de inversión para facilitar o dificultar la entrada de un competidor; la fijación de precios en plataformas bilaterales, como las empleadas en las tarjetas de crédito, sin olvidar otras investigaciones sobre los contratos incompletos, organizaciones y jerarquías.

En una primera intervención, **Luis Garicano**, de London School of Economics and Political Science, se refirió concretamente a la Teoría de la Organización en las investigaciones de Tirole, resaltando como el mercado asigna recursos a aquellos que más los valoran de forma eficiente; considera que el mercado no es la única forma de asignación de recursos, se hace también a través de la empresa, mediante una estructura jerarquizada y con autoridad, autoridad que no es otra cosa que una forma de economizar la información. Como siempre pueden surgir circunstancias imprevistas en cualquier actividad, nunca existen contratos completos, siendo este el momento que más importa para el ejercicio de la autoridad. Concluye indicando que el momento de la delegación de autoridad llega cuando los efectos positivos del aumento de incentivos y de participación de la delegación sean suficientemente importantes. Aunque sin olvidar que un agente que tiene sus propias motivaciones no necesariamente transmitirá la información correcta.

Por su parte, **Gerard Llobet**, del Centro de Estudios Monetarios y Financieros, CEMFI, hizo un breve resumen de las contribuciones de Tirole a la Teoría Económica de la Regulación, resaltando que las teorías tradicionales proporcionaban reglas fáciles para vender a las autoridades, y, sin embargo, las teorías modernas deben proporcionar respuestas ajustadas a cada caso de regulación en particular. Y ello genera varios problemas: a) la necesidad de que los reguladores posean grandes conocimientos técnicos para implementar una regulación adecuada y b) las autoridades tienen generalmente un gran margen de maniobra para justificar sus decisiones, cuando utilizan sus propios datos o recurren a las teorías que más les conviene en cada momento. Hecho que genera una posible corrupción, nepotismo o la esperanza en que surjan posteriormente las denominadas “puertas giratorias”, o sea, la contraprestación ilegítima posterior por los servicios prestados. Frente a ello, Tirole destaca la necesidad de contar con reguladores independientes del poder político, junto a expertos en el área de que se trata. Y ahí está, añadimos nosotros la esencia del problema.

Por último, **David Pérez Castrillo**, profesor de la Universidad Autónoma de Barcelona, destacó la importante contribución investigadora y académica de Tirole,

que completó con la positiva evaluación de su talante personal y humano en los términos indicados en el apartado 4⁽²⁰⁾.

■ Reflexión final

Es evidente, que como reconocía la nota informativa de la Real Academia de Ciencias de Suecia, el premio se ha concedido a **Tirole** por la perseverancia y la calidad de sus trabajos tendentes a sugerir procedimientos que permitan “limitar” los poderes de las grandes corporaciones en régimen de cuasi-monopolio.

Todos los estudiosos del mercado coinciden en la conveniencia de que el Estado desempeñe un papel esencial para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema económico. Y defienden que ese “mercado ideal” es aquel en que la competencia sea tan perfecta que, realmente, no exista competencia. Y por ello, toda situación que difiera de tal mercado ideal no es otra cosa que un “fallo del mercado”. Eso justifica que en algún momento el Estado deba intervenir para limitar los riesgos de que los agentes económicos negocien y acuerden libremente, acotando su papel en pro del restablecimiento del equilibrio y la optimización del bienestar social del conjunto de los ciudadanos.

No debemos olvidar, por otra parte, una cuestión esencial desde la más elemental Teoría Económica: que la demanda de los bienes y servicios depende de varios factores, tales como el precio de los mismos; el precio de los bienes complementarios o sustitutivos de estos; el nivel de renta del consumidor, y, finalmente, de los gustos o preferencias del mismo. Pero no todos estos factores son cuantificables, por lo que se impone algún tipo de corrección que pondere la adecuada participación de todos.

Las empresas, por su parte, pueden y deben generar actividades que les permitan mejorar su posición en el mercado: la buena gestión; la calidad del producto o servicio prestado; el buen hacer de su capital humano en la relación con los clientes; la posición óptima en el coste de su financiación; el impacto de su publicidad, etc., que favorezcan el acercamiento al consumidor, cualidades todas ellas que no se observan en los actores que se desenvuelven en un entorno cuasi-monopolista⁽²¹⁾.

El dilema fundamental está en lo que ya se ha indicado: ¿Cuál es el momento oportuno en que el Estado debe intervenir para armonizar la equidad de las relaciones entre productores y consumidores? Cada país tiene su propia normativa para lograrlo, aunque no siempre sus resultados son apreciados por todos, pues entran en juego posiciones políticas y otros factores colaterales. En España, por ejemplo, se ha creado en el año 2013 la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, con la misión de preservar, garantizar y promover el correcto funcionamiento, la transparencia, la existencia de competencia en todos los mercados y sectores productivos en beneficio de consumidores y usuarios, Comisión que sustituyó a otras instituciones preexistentes (Energía, Telecomunicaciones, etc.)⁽²²⁾. De momento se ha cuestionado su propia esencia por ser un “macro-regulador” multisectorial, diferente a lo habitual en los países de la Unión Europea, y que abarca amplias funciones que no aseguran su necesaria especialización. Está por ver, tras las diferencias de criterio entre la Comisión, el Ministerio del que depende (Economía y Competitividad) y otros Ministerios, como el de Industria y Energía, con atribuciones en algunas de sus competencias, sin olvidar a los propios operadores, que nos sugerirán si el modelo utilizado es el adecuado o, por el contrario, se plantean cuestiones cuya solución dependerá, como parece, de factores ajenos al comportamiento ortodoxo del mercado.

Un aspecto destacado en las investigaciones de Tirole se refiere a las enseñanzas que no hemos de olvidar acerca de los efectos de la crisis financiera de 2008. La necesidad de la denominada “regulación prudencial”, que establezca mecanismos de protección a pequeños ahorradores, inversionistas, titulares de instituciones de inversión colectiva, pólizas de seguros, etc., ante los riesgos de quiebra de algunas de las instituciones que los venían gestionando. Y, de manera particular, su oposición a que la protección a los contribuyentes se realice exclusivamente con fondos públicos, que ha sido la práctica habitual en los principales países afectados, y, de manera particular, España, que superará unas necesidades mínimas de 165.000 millones de euros⁽²³⁾ para ayudar a entidades que utilizaron prácticas incorrectas o asumieron riesgos desmesurados. La vigilancia atenta de los supervisores y reguladores, que eviten la falta de transparencia y respeto a los derechos de los inversores cuando gestionan activos financieros, como las “participaciones preferentes” utilizadas por muchas entidades y que están derivando en grandes problemas para su recuperación a inversores modestos. La limitación de salarios e incentivos a administradores y directivos de las entidades es otra premisa que evitará una propensión a asumir riesgos, sin olvidar que las instituciones supranacionales deben propiciar mecanismos que limiten la aparición de futuras

crisis financieras, ampliando la supervisión a entidades de inversión colectiva y Agencias de Calificación de Riesgos, en las que aparte de evitar los conflictos de interés con sus clientes se hagan transparentes los ratings y los criterios de actuación en aras de la equidad y la sana competencia.

Finalmente, y en relación a los soportes y medios utilizados por **Tirole** en sus investigaciones, en especial, las basadas en el uso de instrumentos de base matemática o estadística, existe unanimidad y aceptación por parte de las diferentes corrientes de pensamiento. Aunque sin olvidar que, a pesar del rigor de los medios utilizados, no siempre es fácil reproducir con expresiones cuantitativas la complejidad de la acción humana. Un claro ejemplo, como se ha indicado, es la decisión de otorgamiento del Nobel en 2013, en que se premió a quienes habían utilizado métodos cuantitativos en la valoración de los activos del mercado, pero también, a un tercero que basaba sus aportaciones en principios opuestos, en la importancia de la toma en consideración de la influencia del comportamiento humano en tales valoraciones.

■ Referencias bibliográficas del galardonado

Como se ha indicado, Jean **Tirole** ha publicado más de 150 artículos, una decena de libros y ha pronunciado más de 50 discursos en instituciones de referencia internacional. Las publicaciones de mayor interés con relación al tema objeto del Premio, acorde a la información de la Real Academia de Ciencias de Suecia, se señalan seguidamente:

- “The Theory of Industrial Organization”. Tirole, J. MIT Press. 1988.
- “Game Theory”. Fudenberg, D. y Tirole, J. MIT Press. Cambridge, MA, 1991.
- “A Theory of Incentives in Procurement and Regulation. Laffont, J-J y Tirole, J. MIT Press. 1993.
- “Competition in Telecommunications”. Laffont, J-J y Tirole, J. MIT Press. 1999.
- “Financial crisis, liquidity and the international monetary system”. Princeton University Press. 2002.

- “The theory of corporate finance”. Dewatripont, M.; Rochet, Charles J. y Tirole, J. Princeton University Press. 2006.
- “Inside and outside liquidity”. Beng Holmström y Tirole, J. M.I.T Press 2011.
- “Balancing the Banks: Global Lessons from the financial crisis”. Dewatripont, M., Rochet J. y Tirole, J. Princeton University Press. 2010.
- “Two-sided markets”. Tirole, J. www.ut-capitole.ubicast.tv/videos/jean-tirole-two-sided-marketsfeb-26-2013-part-1/.
- “Economics”. Tirole, J. y Roland Benebou. En preparación.

■ Otras referencias

- (1) The Royal Swedish Academic of Sciences. The Economic Sciences Prize Committee. Estocolmo, 13 octubre 2014.
- (2) Samuel Brittan. “The not so Noble Prize”. Financial Times. 19.12.2003.
- (3) Staffan Normark. Secretario Permanente. The Royal Swedish Academic of Sciences. Expansión-Financial Times. 14.10.2014.
- (4) Pablo Rodríguez Suanzes. El Mundo. Madrid, 14 y 16.10.2014.
- (5) Antonio España. “No a la intervención del mercado”. El Confidencial. Madrid, 16.10.2014.
- (6) Noah Smith. University of Michigan. Ann Arbor, MI, USA.
- (7) R.M. Solares Peña. “El Premio Nobel de Economía 2014”. Revista Estrategia de Inversión. Madrid, 17.10.2014.
- (8) R.M. Solares. “El Premio Nobel de Economía 2014”. El Economista. Madrid, 18.10.2014.
- (9) Wharton. University of Pennsylvania. Red Universia. 27 octubre 2014.

- (10) Fundación Ramón Areces y Asociación Española de Economía. D. Pérez Castrillo. Madrid, 27.10.2014.
- (11) Vives, X. IESE- Universidad de Navarra.
- (12) C.Yarnoz. El País. Madrid, 14 y 19.10.2014.
- (13) Pablo R. Suanzes. El Mundo. Madrid, 14.10.2014.
- (14) Josep M. Ureta. El Periódico. Barcelona, 13 y 19.10.2014.
- (15) S. Mc Coy. “La extraña conexión entre Google y el último Nobel de Economía. Valor añadido. “El Confidencial”. Madrid, 17.10.2014.
- (16) Diario La Razón. Comentarios. Madrid, 13.10.2014.
- (17) Pablo R. Suanzes. Texto citado.
- (18) Sandra Jódar-Rosell y Jordi Gual. “La prociclicidad del sistema financiero tras las reformas”. Documentos de Economía La Caixa. Nº 27. Barcelona, enero de 2014. Página 21.
- (19) C.M. Sánchez. ¿Qué hacen 18 Premios Nobel de Economía reunidos en esta isla alemana? El Semanal. Madrid, 14 septiembre 2014.
- (20) A. España. Texto citado.
- (21) Fundación Ramón Areces y Asociación Española de Economía. Mesa Redonda con el Premio Nobel de Economía Jean Tirole. Con la intervención de Luis Garicano, Gerard Llobet y David Pérez Castrillo. Madrid, 27 de octubre de 2014.
- (22) Ley 3/2013, de 4 de junio de 2013, de creación de la Comisión Nacional de Mercados y Competencia. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 5 de junio 2013. Y Real Decreto 657/2013, de 30 de agosto de 2013, que aprueba su estatuto orgánico.

(23) Morales-Arce, R. “El sistema financiero español en 2014: Evolución y expectativas”. Foro de la Sociedad Civil. Documento número 9. Madrid, mayo de 2014.

(24) Morales-Arce, R. “La valoración de activos en el Premio Nobel de Economía 2013”. Publicación de la Fundación Ramón Areces y la Real Academia de Doctores de España. Coordinada por Federico Mayor Zaragoza y María Cascales Angosto. Madrid, 2014: 163-183. / The Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in memory of Alfred Nobel. Página web de la Fundación Nobel. Estocolmo, 13 octubre 2014. / The Riskbank's Prize in Economic Sciences. Sitio web del Banco de Suecia.

Brittan, Samuel. “The not so Noble Prize”. Financial Times. 19.12.2003.

España, Antonio. “No a la intervención del mercado”. El Confidencial. Madrid, 16.10.2014.

Fundación Ramón Areces y Asociación Española de Economía. Mesa Redonda con el Premio Nobel Jean Tirole. Madrid, 27.10.2014.

Garicano, L. The London School of Economics. Octubre 2014.

Jódar-Rosell, Sandra y Gual, Jordi. “La prociclicidad del sistema financiero tras las reformas”. Documentos de La Caixa. Nº 27. Barcelona, enero 2014. Página 21.

La Razón. Sección “Comentarios”. Madrid, 13.10.2014.

Ley 3/2013, de 4 de junio de 2013, de creación de la Comisión Nacional de Mercados y Competencia. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 5 de junio 2013. Y Real Decreto 657/2013, de 30 de agosto de 2013, que aprueba su estatuto orgánico.

Mc Coy, S. La extraña conexión entre Google y el último Nobel de Economía. Valor añadido. El Confidencial. Madrid, 17.10.2014.

Morales-Arce, R. “La valoración de activos en el Premio Nobel de Economía 2013”. Publicación de la Fundación Ramón Areces y la Real Academia de Doctores de España. Coordinada por Federico Mayor Zaragoza y María Cascales Angosto. Madrid, 2014: 163-183.

Normark, Staffan Secretario Permanente. Real Academia de Ciencias. Suecia. Expansión-Financial Times. 14.10.2014.

Rodríguez Suanzes, P. El Mundo. Madrid, 13,14, y 16.10.2014.

Sánchez, C. M. ¿Qué hacen 18 Premios Nobel de Economía reunidos en esta isla alemana? El Semanal. Madrid, 14.09. 2014.

Smith, Noah. University of Michigan. Ann Arbor, MI, USA.

Solares Peña, R.M. “El Premio Nobel de Economía 2014”. Revista Estrategia de Inversión. Madrid, 17.10.2014.

Solares Peña. “El Premio Nobel de Economía 2014”. El Economista. Madrid, 18.10.2014.

The Royal Swedish Academic of Sciences. The Economic Sciences Prize Committee. Estocolmo, 13 octubre 2014.

Ureta, Josep M. El Periódico. Barcelona, 13.10.2014.

Vives, X. Cátedra Abertis de Regulación, Competencia y Políticas del IESE-Universidad de Navarra.

Wharton University of Pennsylvania. Red Universia. 27.10.2014.

Yarnoz, C. Diario El País. Madrid, 14.10.2014.

■ Anexo: relación de Premios Nobel desde su fundación en 1969

Desde su creación, a iniciativa de Alfred Nobel, el Premio se ha concedido tanto a personas a título individual como a organizaciones. Hasta el momento, Estados Unidos, seguido de Reino Unido y Alemania, son los países con mayor número de reconocimientos. España ha obtenido, en los campos de la Literatura y Medicina, hasta 7 de ellos.

Por su parte, los Premios Nobel de Economía, se otorgan desde 1969, habiendo recaído en las personas que se relacionan seguidamente:

AÑO	GALARDONADOS	MOTIVOS PARA LA CONCESIÓN DEL GALARDÓN
1969	Bagnar Frisch (Noruega) y Jan Tinbergen (Holanda)	Por su contribución al desarrollo y aplicación de métodos dinámicos al análisis de procesos económicos.
1970	Paul A. Samuelson (USA)	Por el desarrollo de Teoría Económica, estática y dinámica, para su aplicación al análisis económico.
1971	Simmon Kuznets (USA)	Por su interpretación empírica del crecimiento económico, que posibilitó enlazar estructuras económicas y procesos de desarrollo.
1972	John Hicks (UK) y Kenneth Arrow	Por su contribución a la Teoría del Equilibrio y Bienestar.
1973	Wassily Leontief (USA)	Por el desarrollo tablas Input-Output y sus aplicaciones a la solución de problemas económicos.
1974	Gunnar Myrdal (Suecia) y Friedrich V. Hayek (Austria)	Por sus investigaciones en teoría monetaria y sus fluctuaciones. Y por sus análisis sobre la independencia de los fenómenos económicos, sociales e institucionales.
1975	Leónidas Kantorovich (URSS) y Tjalling Koopmans (Holanda)	Por su contribución a la teoría de la asignación óptima de recursos.
1976	Milton Friedman (USA)	Por sus estudios sobre el análisis del consumo y el dinero, así como por su demostración acerca de la complejidad de la estabilidad política.
1977	James Meade (UK) y Bertin Ohlin (Suecia)	Por sus contribuciones al desarrollo de la Teoría del Comercio Internacional.
1978	Herbert A. Simmon (USA)	Por sus investigaciones en los procesos de adopción de decisiones en las organizaciones económicas.
1979	Theodore Schultz (USA) y Arthur Lewis (UK)	Por la investigación y el desarrollo económico referido a los problemas que surgen en áreas geográficas diferentes.
1980	Lawrence Klein (USA)	Por la creación de modelos económicos y sus aplicaciones al análisis de las fluctuaciones en la política económica.
1981	James Tobin (USA)	Por sus análisis de los mercados financieros y sus relaciones con variables de producción, empleo y precios.

AÑO	GALARDONADOS	MOTIVOS PARA LA CONCESIÓN DEL GALARDÓN
1982	George Stigler (USA)	Por los estudios de estructuras industriales que funcionan como mercados y las causas y efectos de la regulación pública.
1983	Gerard Debreu (USA)	Por sus aportaciones de nuevos métodos analíticos a la Teoría Económica y la reformulación de la teoría del equilibrio general.
1984	Richard Stone (UK)	Por su contribución al desarrollo de los sistemas de cuentas nacionales de tanta utilidad para el análisis de las estructuras económicas.
1985	Franco Modigliani (USA)	Por sus análisis de los procesos de ahorro en los mercados financieros.
1986	James M. Buchanan (USA)	Por el desarrollo de bases contractuales y constitucionales que fundamentan los procesos de decisión políticas y económicas.
1987	Robert M. Solow (USA)	Por su contribución al desarrollo de la teoría del crecimiento económico.
1988	Maurice Allais (Francia)	Por su contribución a la teoría de los mercados y la utilización eficiente de los recursos que en estos se negocian.
1989	Tryvge Haavelmo (Noruega)	Aportaciones al desarrollo de la Econometría y el estudio de estructuras económicas simultáneas.
1990	Harry Markowitz, Merton Miller y William Sharpe (USA)	Por sus trabajos relativos a los fundamentos de la Teoría Financiera.
1991	Ronald Coase (UK)	Por sus aportaciones en la teoría de los costes de transacción y los derechos de propiedad en el funcionamiento de la estructura institucional de la economía.
1992	Gary Becker (USA)	Por su contribución al análisis macroeconómico en el campo del comportamiento humano en las instituciones y su relación con el funcionamiento de la economía.
1993	Douglas North y Robert Fogel (USA)	Por sus estudios de Historia Económica a través de la aplicación de teorías y métodos cuantitativos que explican los cambios económicos e institucionales.
1994	John Harsanyi (Hungría) John Forbes Nash (USA) y Reinhard Selten (Alemania)	Por sus estudios sobre el equilibrio en la teoría de juegos no cooperativos.
1995	Robert Lucas (USA)	Por el desarrollo de la teoría de las expectativas racionales en pro del mejor conocimiento de la política económica.

AÑO	GALARDONADOS	MOTIVOS PARA LA CONCESIÓN DEL GALARDÓN
1996	James E. Mirrlees (UK) y William Vickrey (Canadá)	Por sus estudios sobre la teoría de los incentivos bajo información asimétrica.
1997	Robert C. Merton (USA) y Myron S. Scholes (Canadá)	Por su aportación al perfeccionamiento en los cálculos relativos a instrumentos derivados.
1998	Amartya Sen (India)	Por su contribución al análisis de Indicadores de Desarrollo Humano (IDH).
1999	Robert A. Mundell (Canadá)	Por sus análisis de política fiscal y monetaria bajo distintos regímenes de tipos de cambio, y las áreas monetarias óptimas.
2000	James J. Heckman y Daniel L. McFadden (USA)	Por el diseño de métodos para la mejora del conocimiento del comportamiento económico de individuos y familias.
2001	George A. Akerlof, Michael Spence y Joseph E. Stiglitz (USA)	Por sus investigaciones sobre las teorías de mercados de información asimétrica.
2002	Daniel Kahneman (Israel-USA) y Vernon L. Smith (USA)	Por sus estudios integradores de aspectos psicológicos en el análisis del comportamiento humano en momentos de incertidumbre, con pruebas de laboratorio, y su relación con mecanismos alternativos del mercado.
2003	Robert F. Engle (USA) y Clive W. J. Granger (UK)	Por sus aportaciones en el campo de las series temporales que permitan la incorporación de la influencia de elementos no previsibles.
2004	Finn E. Kydland (Noruega) y Edward C. Prescott (USA)	Por sus contribuciones a la Teoría Macroeconómica dinámica.
2005	Robert J. Aumann (Israel-USA) y Thomas C. Schelling (USA)	Por sus contribuciones al estudio de actitudes de conflicto/cooperación a través de análisis basados en la teoría de juegos.
2006	Edmund S. Phelps (USA)	Por sus análisis sobre interrelaciones entre factores de producción, desempleo e inflación.
2007	Leonid Hurwicz, Eric S. Maskin y Roger B. Myerson (USA)	Por sentar las bases de la teoría del diseño de mecanismos para determinar si los mercados trabajan de forma efectiva.
2008	Paul Krugman (USA)	Por su contribución al análisis de patrones comerciales y localización de la actividad económica.
2009	Elinor Ostrom y Oliver E. Williamson (USA)	Por sus estudios sobre el papel de la empresa en los procesos de resolución de conflictos, así como por sus análisis de las estructuras de gobierno corporativo, y sus limitaciones.

AÑO	GALARDONADOS	MOTIVOS PARA LA CONCESIÓN DEL GALARDÓN
2010	Peter A. Diamond (USA), Dale T. Mortensen (USA) y Cristopher Antoniou Pissarides (Grecia-Chipre)	Por sus estudios sobre el desempleo y el mercado de trabajo. Sobre las fricciones entre oferta y demanda de empleo así como los problemas para su creación. Y por el análisis de las prestaciones generosas en los subsidios de desempleo.
2011	Thomas J. Sargent y Cristopher A. Sims (USA)	Por sus investigaciones sobre los efectos de las medidas públicas (ingresos/gastos/ tipos de interés) sobre el desarrollo económico.
2012	Alvin E. Roth y Lloyd Shapley (USA)	Por sus estudios de la teoría de las asignaciones estables y el diseño de los mercados. Y por sus aplicaciones, a través de un algoritmo especial, para combinar, de forma racional oferta y demanda de bienes y servicios (ingeniería económica).
2013	Eugene Fama, Lars Peter Hansen y Robert J. Shiller (USA)	Por sus contribuciones al análisis empírico de los precios y sus efectos sobre la valoración de activos en general, y financieros, en particular.
2014	Jean Tirole (Francia)	Por su contribución al estudio de la regulación de los mercados; finanzas corporativas y temas conexos al comportamiento de las grandes organizaciones.

(Información recogida de la comunicación institucional de la página web de la Real Academia de Ciencias de Suecia; del Banco de Suecia y del artículo de R. Morales-Arce, referencia 24).

Calle Vitruvio, 5
28006 Madrid. España