

Federico Mayor Zaragoza

María Cascales Angosto

Coordinadores



PREMIOS NOBEL 2015

**Comentarios a sus actividades
y descubrimientos**

FISIOLOGÍA O MEDICINA

William C. Campbell, Satoshi Ōmura y Youyou Tu

FÍSICA

Takaaki Kajita y Arthur B. McDonald

QUÍMICA

Tomas Lindahl, Paul L. Modrich y Aziz Sancar

LITERATURA

Svetlana A. Alexiévich

PAZ

Cuarteto del Diálogo Nacional Tunecino

ECONOMÍA

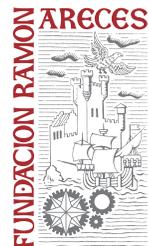
Angus Deaton

**FUNDACIÓN
RAMÓN ARECES**

Premios Nobel
2015

Federico Mayor Zaragoza
María Cascales Angosto
Coordinadores

Premios Nobel 2015



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-14756-2016

Impreso por:

ANEBRI, S.A.

Antonio González Porras, 35–37

28019 MADRID

Impreso en España / Printed in Spain

ÍNDICE

	<u>Págs.</u>
Agradecimientos.....	7
Ponentes	9
Prólogo, <i>Federico Mayor Zaragoza y María Cascales Angosto</i>	13
Información sobre los Premios Nobel, <i>María Cascales Angosto y Federico Mayor Zaragoza</i>	17
Premio Nobel de Fisiología o Medicina 2015, <i>Federico Mayor Zaragoza, José Miguel Ortiz Melón y María Cascales Angosto</i>	23
Premio Nobel de Física 2015, <i>Rafael Bachiller García</i>	55
Premio Nobel de Química 2015, <i>María Cascales Angosto y Margarita Salas Falgueras</i>	87
Premio Nobel de Literatura 2015, <i>Ángel Sánchez de la Torre</i>	123
Premio Nobel de la Paz 2015, <i>Federico Mayor Zaragoza y María Cascales Angosto</i>	149
Premio Nobel de Economía 2015, <i>Rafael Morales-Arce Macías</i>	175

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Ramón Areces, por el patrocinio que viene prestando a la publicación anual sobre los Premios Nobel. A los doctores Julio Rodríguez Villanueva y José María Medina Jiménez, miembros del Comité Científico de la Fundación, por considerar esta monografía de interés científico y cultural.

Reconocemos con gratitud la labor eficiente y entusiasta de los doctores Rafael Bachiller García, Rafael Morales-Arce Macías, José Miguel Ortiz Melón, Margarita Salas Falgueras 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.

Federico Mayor Zaragoza
María Cascales Angosto
Coordinadores-Editores
Madrid, enero 2016

PONENTES

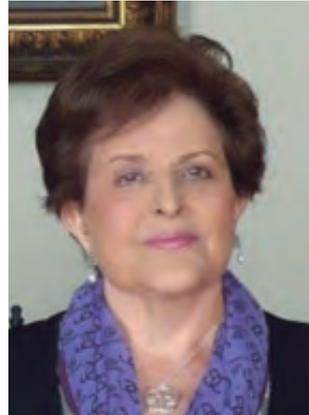
Rafael Bachiller García

Doctor en Ciencias Físicas
Director del Observatorio Astronómico Nacional
(IGN) de I+D+I
Académico de Número de la Real Academia
de Doctores de España
r.bachiller@oan.es



María Cascales Angosto

Doctora en Farmacia y Doctora ad honorem del CSIC
Académica de Número de las RRAA Nacional de
Farmacia y de la de Doctores de España
Hija Predilecta de Cartagena
cascales1934@gmail.com



Federico Mayor Zaragoza

Doctor en Farmacia
Catedrático de Universidad
Académico de Número de las RRAA de Farmacia,
Medicina y Bellas Artes
Director General de la UNESCO (1978-1999)
Presidente del Consejo Científico
de la Fundación Ramón Areces
Presidente de la Fundación para una Cultura de Paz
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
rafaelmoralesarce@hotmail.com



José Miguel Ortiz Melón

Doctor en Farmacia
Catedrático de la Universidad de Cantabria
Académico de Número de la Real Academia
Nacional de Farmacia
ortizjm@unican.es



Margarita Salas Falgueras

Doctora en Ciencias Químicas
Doctora ad honorem del CSIC vinculada al
Centro de Biología Molecular
Académica de Número de la RRAA Española
y de Ciencias
msalas@cbm.csic.es

Ángel Sánchez de la Torre

Doctor en Derecho

Catedrático de la Universidad (UCM)

Académico de Número de las RRAA de Jurisprudencia
y Legislación y de Doctores de España
angelsanchezdelatorre29@gmail.com



PRÓLOGO

Federico Mayor Zaragoza
María Cascales Angosto

“Premios Nobel 2015, comentarios a sus actividades y descubrimientos” es la cuarta monografía que publica la Fundación Ramón Areces en la serie de Premios Nobel que se inició el año 2011. Como en anteriores ediciones, la presente cuenta con los seis capítulos correspondientes a los seis Premios Nobel que se han concedido en el pasado octubre y se han entregado el 10 de diciembre de 2015. Los Premios Nobel de Fisiología o Medicina, Física, Química, Literatura, Paz y Economía, suponen el reconocimiento máximo para científicos, escritores y activistas, que son distinguidos año tras año por sus contribuciones al progreso de la Humanidad y sus destacadas trayectorias.

Los premios se entregan en una ceremonia celebrada anualmente en la Sala de Conciertos de Estocolmo (Suecia) el 10 de diciembre, fecha del aniversario de la muerte de Alfred Nobel. La entrega del “Premio Nobel de la Paz” se realiza en el Parlamento, en Oslo (Noruega). Los nombres de los laureados son anunciados previamente en octubre.

La esperada lista de laureados empezó a desvelarse el 5 de octubre de 2015, cuando la Asamblea del Nobel del Instituto Karolinska dio a conocer en Estocolmo los ganadores del **Premio Nobel de Fisiología o Medicina**. Estos fueron tres científicos que descubrieron nuevos fármacos para combatir enfermedades causadas por infecciones parasitarias tropicales, que se cobran cada año millones de vidas.

Una mitad del premio, y el primero para un científico chino, ha sido para la bioquímica-farmacéutica Youyou Tu, quien se inspiró en la medicina tradicional china para descubrir la *artemisinina*, el fármaco más eficaz utilizado hasta ahora para combatir la malaria. Según palabras de Tu en su discurso Nobel “la artemisinina es un regalo de la medicina tradicional china al mundo”. La otra mitad fue compartida por el microbiólogo japonés Satoshi Ōmura y el científico irlandés-estadounidense William Cecil Campbell, descubridores de la *ivermectina*, cuyos derivados han permitido casi erradicar considerablemente en algunos lugares la oncocercosis y la filariasis linfática, enfermedades provocadas por gusanos parasitarios y difundida por mosquitos que afectan a muchísimas personas en países del Tercer Mundo.

Los galardonados con el **Premio Nobel de Física 2015** son el japonés Takaaki Kajita y el canadiense Arthur B. McDonald por sus aportes cruciales a la demostración de que los neutrinos cambian de identidad. Estas partículas subatómicas son generadas en reacciones nucleares en las estrellas o en “usinas” nucleares. Con su descubrimiento, Kajita y McDonald han demostrado por separado que el neutrino tiene masa y sufre metamorfosis, un descubrimiento fundamental para esta rama de la física y para la comprensión del universo, lo cual, según el comité Nobel, ha cambiado “nuestro conocimiento de los procesos más íntimos de la materia”.

El **Premio Nobel de Química 2015** ha sido concedido al sueco Tomas Lindahl, al estadounidense Paul L. Modrich y al turco-estadounidense Aziz Sancar por sus investigaciones sobre el proceso de reparación del DNA en las células. Las investigaciones de estos tres científicos ha proporcionado conocimientos fundamentales sobre el funcionamiento de la célula viva, y han explicado los mecanismos básicos de reparación de nuestra cadena genética. El DNA sufre daños a diario, pero el motivo por el que se mantiene “intacto”, es por la serie de mecanismos de reparación molecular que posee el organismo: una serie de proteínas que controlan los genes, analizando minuciosamente el genoma en busca de alteraciones. Estos procesos son fundamentales para el organismo y la supervivencia del ser humano. Lindahl, Modrich y Sancar han realizado un mapa de estos procesos a nivel molecular, lo que ha permitido avanzar en la comprensión de cómo funcionan las células, además de explicar en detalle las causas moleculares de las enfermedades hereditarias, y especialmente de los mecanismos implicados en el cáncer y el envejecimiento.

El **Premio Nobel de Literatura** ha sido otorgado a la escritora y periodista bielorrusa Svetlana A. Alexiévich por sus obras, que el jurado consideró “un monumento al sufrimiento y el valor”. Alexiévich, de 67 años, aplicó a sus obras las destrezas propias de un periodista, en forma de crónicas de las grandes tragedias de la Unión Soviética y su derrumbe: la Segunda Guerra Mundial, la Guerra en Afganistán, el desastre nuclear de Chernóbil y los estragos sociales, hasta llegar al suicidio, provocados por la caída del comunismo. Su primera novela, llamada “La guerra no tiene cara de mujer”, publicada en 1985 y basada en historias inéditas de mujeres que habían luchado contra los nazis, vendió más de 2 millones de ejemplares.

El **Premio Nobel de La Paz 2015** ha sido concedido por el Comité Nobel del Parlamento Noruego al Cuarteto para el Diálogo Nacional Tunecino, por su contribución decisiva a la construcción de una democracia plural en Túnez tras la revolución de 2011. El Cuarteto, constituido en el verano de 2013, está formado por cuatro organizaciones de la sociedad civil: la central sindical UGTT, la patronal UTICA, el sindicato de abogados y la Liga Tunecina para los Derechos Humanos. El Comité Nobel Noruego ha asegurado que el Cuarteto fomentó el “diálogo pacífico entre ciudadanos, partidos políticos y autoridades”, y ayudó a “construir soluciones basadas en el contexto para un amplio abanico de asuntos”. Gracias a este diálogo, se pudo frenar una violencia que amenazaba gravemente a la Revolución de los Jazmines. Para dicho Comité, la transición tunecina iniciada tras el fin del régimen de Zine el Abidine Ben Alí es “única” por la unidad entre movimientos laicos y religiosos y por la implicación “clave” de organizaciones e instituciones de la sociedad civil.

A pesar de no ser propiamente un Nobel, ya que el galardón de Economía es el único de los seis premios que no fue designado en su legado por Alfred Nobel, se reconoce como el **Nobel de Economía**. Se concede desde 1969 como Premio Sveriges Riksbank en Ciencias Económicas, en memoria de Alfred Nobel, que 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 en las ceremonias del 10 de diciembre.

El Premio correspondiente a 2015 se ha concedido al académico escocés Angus Deaton por su análisis de las interrelaciones entre el consumo, la pobreza y el bienestar social. Su trabajo ha sido clave para establecer políticas públicas en algunos países porque trata de explicar las decisiones económicas individuales

—especialmente cómo gastan sus ingresos las personas— y cómo las sociedades miden y analizan el bienestar y la pobreza. Es el segundo año consecutivo y la vigésimo cuarta ocasión desde la primera edición de estos premios en 1969 en la que el Nobel de Economía se entrega a un único ganador.

Angus Deaton, nació en Edimburgo hace 69 años y cuenta con nacionalidad británica y estadounidense. Profesor de Economía y Asuntos Internacionales en la Escuela de Asuntos Públicos e Internacionales Woodrow Wilson y miembro del Departamento de Economía de la Universidad de Princeton, en Nueva Jersey, forma parte de la Academia Británica y de la Academia Americana de las Artes y las Ciencias, así como de la Sociedad Econométrica. En 2012, Deaton fue galardonado con el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento por sus métodos para la medición de la pobreza con el uso del consumo per cápita como eje para medir el bienestar. En abril 2014 fue elegido miembro de la Sociedad Filosófica Americana y en abril de este año fue nombrado miembro de la Academia Nacional de Ciencias. La investigación actual de este profesor se centra en los determinantes de la salud en los países ricos y pobres, así como en la medición de la pobreza en la India y en todo el mundo.

INFORMACIÓN SOBRE LOS PREMIOS NOBEL

María Cascales Angosto
Federico Mayor Zaragoza

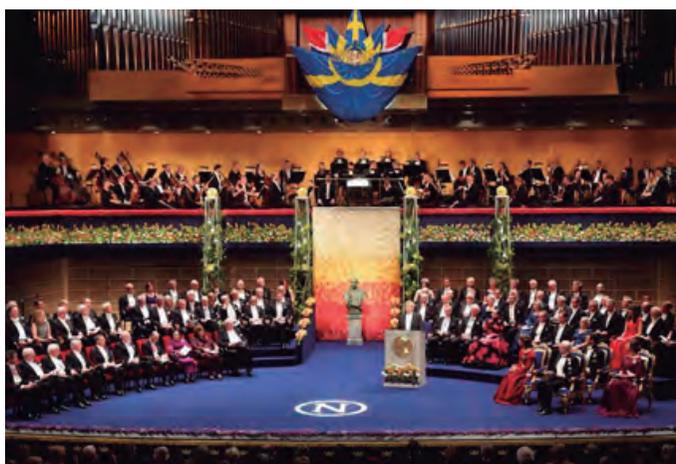
Los Premios Nobel se instituyeron en 1895 como última voluntad del industrial sueco Alfred Nobel y se entregaron por primera vez en 1901. Cada laureado recibe una medalla de oro, un diploma y una suma de dinero, que determina cada año la Fundación Nobel y que se reparte en caso de los Nobel compartidos. No pueden otorgarse de manera póstuma, a menos que el nombre del ganador haya sido anunciado antes de su defunción, y tampoco pueden designarse más de tres por categoría y año. Aunque el anuncio de los ganadores se produce en octubre día a día, la ceremonia de entrega de premios es conjunta y tiene lugar cada 10 de diciembre en Estocolmo (Suecia), a excepción del Nobel de la Paz, que elige el Comité Noruego del Nobel y se entrega en Oslo, el mismo día. El 10 de diciembre es una fecha emblemática, por ser el aniversario de la muerte de Alfred Nobel en 1896 en la localidad italiana de San Remo.



Cada 10 de diciembre, la ciudad de Estocolmo se engalana para celebrar la entrega de los Premios Nobel. Esta es una fecha marcada a fuego en el calendario de todos los miembros de la Familia Real Sueca, que participan en el evento de la entrega de los Premios considerados como los galardones más prestigiosos de los que se entregan en todo el mundo.

Este año, al igual que otros, la ceremonia de entrega de los Premios Nobel a los galardonados, presidida por el rey Carlos Gustavo XVI y la reina Silvia, con asistencia de los miembros de la Casa Real, se celebró en el Palacio de Congresos de Estocolmo. El rey Carlos Gustavo hizo entrega de los Premios Nobel 2015, a ocho hombres y a dos mujeres, que con su obra han “conferido el mayor beneficio a la Humanidad”. La ceremonia comenzó a las 16,30 hora local, en la Sala de Conciertos. La entrega de cada Premio estuvo precedida por un discurso pronunciado por el presidente de la Junta directiva de la Fundación Nobel Carl-Henrik Heldin, que expuso la actividad o los descubrimientos de cada premiado. Inmediatamente después el Rey entregó a los laureados un diploma, una medalla y un documento confirmando la cantidad relativa al Premio.

Una parte importante de este ceremonial fue, como todos los años, el discurso protocolario que cada galardonado pronuncia en Estocolmo pocos días antes de la ceremonia de entrega de los Premios.



Vista general de la Ceremonia de entrega de los Premios Nobel el 10 de diciembre de 2015 en el Palacio del Congreso en Estocolmo. Los Reyes, los laureados y los invitados escuchan el discurso de Carl-Henrik Heldin, presidente de la Junta directiva de la Fundación Nobel.



Sus majestades los reyes Carlos Gustavo XVI y Silvia, la princesa heredera Victoria y su esposo el príncipe Daniel.

La jornada concluyó con una cena de gala que se celebró en el Salón Azul del Ayuntamiento de Estocolmo a la que asistieron la familia real, los laureados y cientos de invitados.

Por su parte, el *Premio Nobel de la Paz*, concedido por el Comité Noruego del Nobel, se entregó el 10 de diciembre de 2015 en el Ayuntamiento de Oslo, horas antes de la ceremonia de Estocolmo. El Comité Noruego del Nobel, si bien tiene su sede en Oslo, es una entidad autónoma que no está vinculada al gobierno noruego. Por consiguiente, la embajada no interviene ni transmite comunicaciones dirigidas al Comité del Nobel. La Presidente del Comité Noruego del Nobel, Kaci Kullmann entregó el Premio Nobel de la Paz al *Cuarteto de Diálogo Nacional de Túnez*, en presencia de la familia Real Noruega, Sus Majestades el rey Harald V de Noruega y la reina Sonia, sus hijos los príncipes Haakon y Mette Marit, representantes del Gobierno y del Parlamento Noruego, y una audiencia invitada. Una vez terminada la ceremonia, el Comité Nobel Noruego invitó a un banquete en honor de los galardonados y sus invitados.



Los reyes Harald y Sonja de Noruega, y los herederos príncipe Haakon y la princesa Mette-Marit en la ceremonia de entrega del Premio Nobel de la Paz 2015 en el City Hall en Oslo, el 10 de diciembre de 2015.

En la ceremonia, que comenzó a las 13.00 hora local en el ayuntamiento de Oslo, se encontraban los líderes de las organizaciones que fundaron el Cuarteto en el verano de 2013: *Abdessattar ben Moussa*, presidente de la Liga Tunecina de los Derechos Humanos (LTDH), *Houcini Abassi*, secretario general de la Unión General de Trabajadores Tunecinos (UGTT), *Ouided Bouchamaoui*, presidenta de la patronal (UTICA) y *Mohamed Fadhel Mahmud*, presidente de la Asociación Nacional de Abogados. Este grupo ha ganado el Premio Nobel de la Paz 2015 por ayudar a construir la democracia en el lugar donde se originó la ‘Primavera Árabe’. La ceremonia ha tenido lugar bajo fuertes medidas de seguridad tras los ataques terroristas del 13 de noviembre en París. “Hoy estamos ante la necesidad imperiosa de hacer de la lucha contra el terrorismo una prioridad absoluta, lo que significa perseverancia en la coordinación y cooperación entre todos los países hasta lograr agotar sus recursos”, ha afirmado *Houcini Abassi*. “Necesitamos acelerar la eliminación de los puntos “*calientes*” en todo el mundo, particularmente la resolución del tema palestino y permitir al pueblo palestino el derecho a la autodeterminación en su tierra y construir su Estado independiente”.

La presidenta del Comité Nobel de Noruega, Kaci Kullman felicitó la labor humanitaria y democrática desarrollada por el Cuarteto. “La multitud siempre es más fuerte que un rey” y “las amenazas que sufre Túnez no son diferentes a las que sufren otros pueblos”, en clara referencia a los atentados cometidos por el autodenominado



Palabras de la presidenta del Comité Nobel de Noruega Kaci Kullmann antes de entregar el Premio.

Estado Islámico, cuya solución pasa por “trabajar todos juntos para combatirlo. Es necesario el desarrollo económico de Túnez, por lo que la Comunidad Internacional debe cumplir su papel y actuar en Túnez”.

Estas organizaciones propiciaron un proceso político, pacífico y alternativo de democratización en Túnez, que se inició tras la denominada “revolución de los jazmines” de 2011. Esta democratización estaba en peligro después de varios asesinatos políticos y revueltas sociales, según destacó el fallo del Comité Nobel Noruego.



La presidenta del Comité Noruego del Nobel, Kaci Kullmann hace entrega del diploma a uno de los miembros del Cuarteto, Ouidet Bouchamaoui, presidente de la patronal sindicato tunecino (UTICA).

El otorgar el premio al Cuarteto, y no a las cuatro entidades de forma individual, el Comité Nobel quiso resaltar su trabajo unificado para fortalecer la democracia en el país tras la Revolución de los Jazmines, Sin embargo, por deseo expreso de los cuatro miembros del Cuarteto, recibieron cada uno una medalla del Premio.

Horas antes de la ceremonia el programa se abrió en el Ayuntamiento de Oslo, con un acto en el que intervinieron cientos de niños en el Centro del Nobel de la Paz continuando por la tarde con la tradicional procesión con antorchas hasta el hotel donde se encuentran hospedados los representantes del Cuarteto, donde tuvo lugar la cena de gala.

Premio Nobel de Fisiología o Medicina 2015

WILLIAM C. CAMPBELL, SATOSHI ŌMURA Y YOUYOU TU, HAN RECIBIDO EL NOBEL DE FISIOLOGÍA O MEDICINA POR DESCUBRIR NUEVOS TRATAMIENTOS CONTRA INFECCIONES PARASITARIAS



En el anverso de la medalla se muestra la efigie de Alfred Nobel con las fechas de su nacimiento NAT MDCCCXXXIII y muerte OB MDCCCXCVI. El reverso de la medalla del Premio Nobel de Fisiología o Medicina, representa a la “Genio de la Medicina” sosteniendo un libro abierto en su regazo, y recogiendo agua que sale de una roca para saciar la sed de una mujer enferma. La inscripción *Inventas vitam iuvat excoluisse per artes* ha sido tomada de la obra de Virgilio del siglo I AC, *Eneida*. El nombre del Laureado se muestra debajo de la imagen, y además aparece un texto “REG. UNIVERSITAS. MED. CHIR. CAROL”. Diseñada por Erik Lindberg.

Federico Mayor Zaragoza
José Miguel Ortiz Melón
María Cascales Angosto

Las infecciones causadas por parásitos afectan principalmente a las regiones menos desarrolladas del planeta, donde durante miles de años han constituido y constituyen hoy en día un grave problema de salud pública y una plaga para la humanidad. El Nobel de Medicina de 2015 ha premiado sobre todo el esfuerzo de tres investigadores por desarrollar tratamientos eficaces contra estas infecciones.

El 5 de octubre de 2015 la Asamblea Nobel del Instituto Karolinska decidió reconocer los descubrimientos realizados por el parasitólogo irlandés William C. Campbell y el microbiólogo japonés Satoshi Ōmura por conseguir terapias efectivas contra las

infecciones parasitarias que causan la filariasis linfática (elefantiasis) y la oncocercosis (ceguera de los ríos). La Asamblea Nobel ha premiado también a la científica china Youyou Tu por haber conseguido a lo largo de múltiples estudios un fármaco de una enorme eficacia para el tratamiento contra la malaria, a partir de extractos utilizados en la medicina tradicional china. Youyou Tu es la primera mujer china y la duodécima mujer de todo el mundo ganadora de un Premio Nobel en Fisiología o Medicina.

En síntesis, los laureados con el Premio Nobel de Fisiología o Medicina 2015 han conseguido desarrollar terapias que revolucionan el tratamiento y suponen avances cruciales frente a enfermedades que durante milenios han asolado a la Humanidad.

El irlandés Campbell y el japonés Ōmura han sido galardonados por el descubrimiento de la *ivermectina*, fármaco que ha logrado reducir de forma radical la incidencia de la filariasis linfática o elefantiasis, y de la oncocercosis o ceguera de los ríos y demostrar además una eficacia parcial contra otras enfermedades parasitarias. La científica china Yoyou Tu, por su parte, descubrió la *artemisinina*, fármaco que ha reducido de manera muy significativa la mortalidad producida por la malaria, especialmente en niños.

“Estos dos descubrimientos han proporcionado a la Humanidad nuevas armas poderosas para combatir estas graves enfermedades que afectan a centenares de millones de personas cada año. El impacto que han logrado para mejorar la salud humana y reducir el sufrimiento son incalculables”, destaca el fallo del jurado. “Su impacto en la mejora de la salud humana y en la reducción del sufrimiento es inconmensurable”.

La decisión del comité de los Nobel merece un aplauso por premiar una investigación sobre enfermedades parasitarias, a menudo olvidadas tanto por las compañías farmacéuticas como por los organismos públicos de financiación de la ciencia, probablemente debido a que afectan predominantemente a los países del Tercer Mundo. El premio puede servir también como llamada de atención sobre la necesidad de progresar en la obtención de terapias contra las dolencias más devastadoras de la humanidad, que continúan siendo las enfermedades infecciosas.

■ Introducción

El mundo en el que vivimos es biológicamente muy complejo. Está poblado por seres humanos y animales, y por una enorme cantidad de organismos, algunos

de los cuales pueden ser patógenos. Una gran variedad de parásitos producen enfermedades, estimándose que los gusanos (helmintos), afligen a una tercera parte de la población mundial que habita en África subsahariana, el sur de Asia, en América del Sur y en América Central.

Las enfermedades causadas por parásitos han asolado a la humanidad desde la antigüedad y constituyen uno de los principales problemas de salud global. Las enfermedades parasitarias afectan a las poblaciones más deprimidas del planeta y representan un gran problema para la mejora de la salud humana y el bienestar y desarrollo de estas poblaciones.

La filariasis comprende una serie de enfermedades causadas por gusanos parasitarios (filarias) y transmitidas por artrópodos. Entre ellas, la denominada *filariasis linfática* o *elefantiasis* aflige a más de 100 millones de personas a las que causa hinchazones crónicas que estigmatizan a los pacientes a lo largo de su vida con síntomas clínicos de minusvalía, incluyendo la elefantiasis o linfoedema y la hidrocele escrotal. La denominada *ceguera de los ríos* u *oncocercosis*, conduce a la pérdida de la visión debido a las lesiones derivadas de la inflamación crónica de la córnea (figura 1).



Figura 1. Enfermedades parasitarias. un problema de salud global.

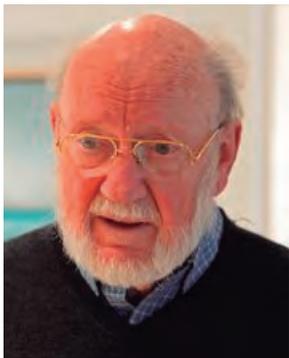
El Premio Nobel de Fisiología o Medicina 2015 premia los descubrimientos relativos a nuevas terapias para algunas de las enfermedades parasitarias más devastadoras. La ceguera de los ríos, la filariasis linfática (elefantiasis) y la malaria. La distribución de estas enfermedades es bastante similar y se muestra en el mapa en color azul (Mattias Karlén, Fundación Nobel).

La malaria es una enfermedad tan antigua como la humanidad, transmitida por un mosquito y causada por parásitos unicelulares que invaden los glóbulos rojos causando fiebre y en casos severos daño cerebral y muerte. Los ciudadanos más vulnerables del mundo están en riesgo de contraer la malaria, que cada año se cobra más de 450.000 vidas predominantemente entre niños.

Hoy en día la ivermentina, fármaco derivado de la avermectina, se utiliza en todas las partes del mundo que sufren de las enfermedades parasitarias descritas y presenta una elevada efectividad frente a un amplio rango de parásitos, tiene efectos colaterales limitados y se encuentra disponible en todo el planeta. Es inconmensurable la importancia de la ivermectina para mejorar la salud y el bienestar de millones de seres humanos que padecen enfermedades tales como la ceguera de los ríos y filariasis linfática. El tratamiento tiene tanto éxito que estas enfermedades se encuentran ya en muchos países al borde de la erradicación, lo que constituiría una de las mayores hazañas de la medicina en la historia de la humanidad.

La artemisinina se está usando para combatir la malaria en todas las partes del mundo donde se padece esta plaga. Cuando la artemisinina se usa en combinación (terapia de combinación), se estima que reduce la mortalidad causada por la malaria solo en África, en más de un 20% del total y en más de un 30% de los niños. Esto significa que se salvan, gracias a este fármaco, más de 100.000 vidas cada año. Al igual que las otras afecciones mencionadas, la malaria afecta a una tercera parte de la población mundial, sobre todo en el África subsahariana, sur de Asia y centro y el sur de América, representando un enorme obstáculo para la salud y el bienestar humano de estas poblaciones

William C. Campbell



Nació en 1930 en Ramelton, Condado de Donegal, Irlanda en 1930. Asistió al colegio Campbell y se graduó, en 1952, en el Trinity College, de la Universidad de Dublin en Irlanda. Obtuvo el grado de Doctor por la Universidad de Wisconsin, Madison, Estados Unidos, en 1957. Desde 1957 hasta 1990 ha trabajado realizando estudios en el Instituto Merck para Investigaciones Terapéuticas y en el periodo 1984-1990 ha figurado como científico senior y director de Investigación y

Desarrollo, en el mismo Instituto. En 2002 fue elegido miembro de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos. En la actualidad es investigador emérito en la Universidad de Drew, en Madison, New Jersey, Estados Unidos. Es el segundo científico irlandés en ganar el Premio Nobel después de Ernest Walton que obtuvo el Nobel de Física en 1951.

Satoshi Ōmura



Nació el 12 de julio de 1935 en la Yamanashi Prefectura en Japón. Obtuvo el grado de Master en Ciencias por la Universidad de Tokio en 1963, el grado de Doctor en Ciencias Farmacéuticas por la Universidad de Tokio en 1968, y dos años más tarde el de Doctor en Química por la Universidad de Ciencias de Tokio. Ha sido investigador en el Instituto Kitasato de Japón desde 1965 a 1971, y Profesor de la Universidad Kitasato desde 1975 a 2007. En 2007 fue nombrado Profesor Emérito de la Universidad Kitasato. Satoshi Ōmura es reconocido como un experto mundial en el campo de Química Bioinorgánica, particularmente por el descubrimiento, desarrollo, biosíntesis y manipulación de agentes químicos útiles, derivados de microorganismos que se encuentran en la naturaleza. Presidente Emérito del Instituto Kitasato desde 2008 a 2012, es en la actualidad Profesor Emérito distinguido y Coordinador Especial de Proyectos de investigación para el descubrimiento de productos naturales en el Instituto Kitasato de Ciencias de la Vida, en la Universidad Kitasato. En 2005 fue contratado como Profesor inaugural Max Tishler de Química en la Universidad Wesleyan de los Estados Unidos, puesto que todavía mantiene.

Satoshi Ōmura ha investigado unos cuarenta compuestos bioactivos en microorganismos y ha descubierto más de 330 compuestos de significativo interés biomédico y comercial. En una entrevista a la cadena estatal nipona NHK afirmó entre risas que los microorganismos son “los verdaderos merecedores” de este premio. “He llegado hasta aquí gracias a los microorganismos. He dedicado mi vida a ellos, y ellos me lo han enseñado todo. Por eso serían los verdaderos merecedores del Nobel”. Con el Premio Nobel otorgado a Ōmura, Japón suma ya 23 Premios Nobel y se sitúa como tercer país más laureado en la categoría de Medicina.

Ambos investigadores consiguieron, trabajando en colaboración, la *avermectina*, fármaco a partir del cual se han obtenido posteriormente fármacos derivados, como la ivermectina, que han reducido de manera significativa la prevalencia de las patologías producidas por gusanos antes citadas, siendo además muy eficaces ante un número en expansión de otras enfermedades parasitarias de gran incidencia. Ōmura estudió microorganismos de la especie *Streptomyces* obtenidos del suelo, seleccionando, entre miles, los cincuenta cultivos que él consideró más prometedores. De estos cultivos Campbell aisló y purificó el agente bioactivo que resultó efectivo frente a los parásitos indicados.

■ Terapia frente a los nematodos: descubrimiento de la avermectina

Los nematodos intestinales son gusanos redondos de longitud variable cuando son adultos: desde 1 mm a varios centímetros. Su ciclo de vida es complejo y variado. Algunos se transmiten de persona a persona, pero la mayoría requieren un hospedador o vector para la transmisión. Como la mayoría de parásitos helmintos no se autoreplican, se requieren repetidas exposiciones al parásito. Por lo tanto, los síntomas clínicos, opuestos a la infección asintomática, se desarrollan generalmente después de una prolongada residencia en un área endémica.

Los agentes etiológicos son helmintos nematodos *oncocercidia* de la especie *Wuchereria bancrofti* y *Onchocerca volvulus*. Los gusanos adultos presentan los dos sexos, habitan en el sistema linfático y producen embriones, las microfilarias, que se desarrollan en mosquitos hematófagos que funcionan como hospedadores intermediarios. Las microfilarias sufren 3 mudas y se transforman en larvas infectantes.

Se denomina filariasis a un grupo de enfermedades producidas por gusanos nematodos (filarias), que se transmiten a los vertebrados en forma de larva (microfilarias), mediante la picadura de un mosquito o una mosca. Por algunas descripciones en libros egipcios de Medicina hace más de 3.000 años, se tiene noticia que ya entonces había casos que parece que corresponden a estas enfermedades. Posteriormente en el siglo XVI, Jan Huygen Linschoten, un explorador que visitó Goa, describió la enfermedad, aunque no fue hasta el siglo XIX cuando se obtuvo la conexión entre la filariasis y la elefantiasis y se demostró la presencia de los gusanos en los mosquitos.

El hombre es el reservorio y la fuente de infección primaria para todas las filarías humanas. Su mecanismo de transmisión se produce por vectores intermedios, que incorporan el parásito de la sangre de un individuo y lo transmiten a otro mediante una picadura. Los artrópodos que transmiten la enfermedad varían en función del parásito (figura 2).

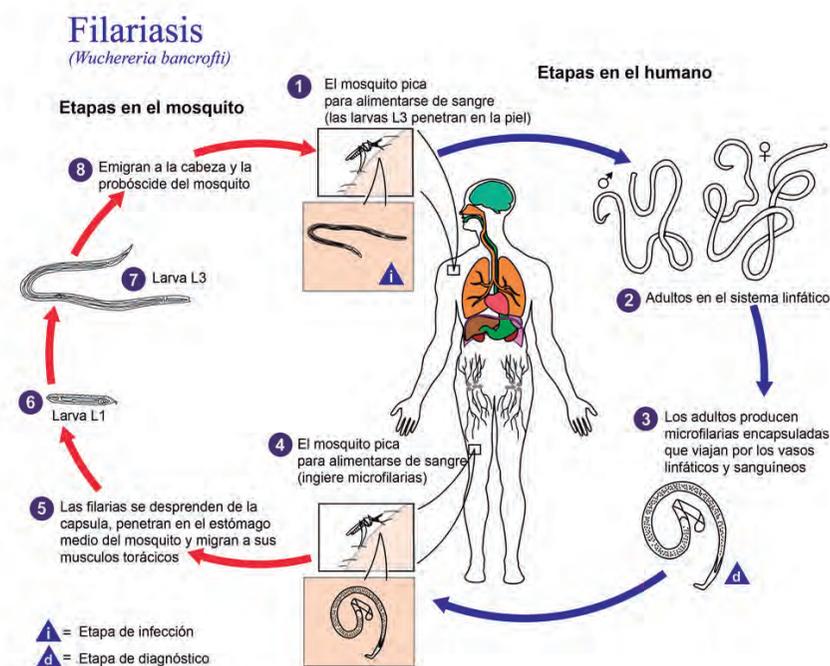


Figura 2. Ciclo de la *Wuchereria bancrofti*, productor de la filariasis linfática.

Las filarias producen enfermedad porque poseen sustancias alergénicas que dan lugar a reacciones inflamatorias en el organismo. Las microfilarias llamadas así por su pequeño tamaño tienen gran movilidad y llegan a diversas áreas y tejidos, incluido el ojo, como ocurre en el caso de la oncocercosis. La reacción inflamatoria que se produce en el organismo en respuesta a la presencia del gusano se localiza alrededor del parásito adulto, convirtiendo la zona en una cicatriz que, en ocasiones, es responsable de los síntomas. Éste es el caso de la elephantiasis, ya que la obstrucción de los conductos linfáticos provoca hinchazón especialmente en las piernas y en otras zonas del cuerpo.

La enfermedad suele contraerse en la infancia, aunque los síntomas tardan años en aparecer, e incluso algunos individuos no llegan a padecerlos. Los

pacientes asintomáticos son, sin embargo, fuente de infección para otros pacientes. En la sangre de estos pacientes suele haber cientos o millones de larvas y gusanos adultos circulando por el sistema linfático.

Se considera que estas enfermedades podrían erradicarse mediante la aplicación de políticas sanitarias adecuadas, dirigidas a controlar y eliminar la enfermedad en los seres humanos, con la combinación de medicamentos usados en grandes poblaciones y luchando contra el vector.

Filariasis linfática



Figura 3. Mosquito del género *Culex* transmisor de la filariasis linfática.



Figura 4. *Wuchereria bancrofti* rodeada de linfocitos.

La filarisis linfática es una infección del sistema linfático causada por nematodos de la familia *Filariodidea* (*Wuchereria bancrofti*; *Brugia malayi*; *Brugia timori*). Los nematodos desarrollan su ciclo vital en dos hospedadores, siendo los humanos el hospedador definitivo y los mosquitos su hospedador intermediario (figura 3). Los nematodos hembra de la familia Filarioidea son más grandes que los machos. Los *Brugia malayi* son más pequeños que los *Wuchereria bancrofti* (figura 4) con hembras adultas de 43-55 mm de largo y 130 a 170 μm de grosor. Las hembras fertilizadas liberan multitud de larvas (microfilarias) (177-230 μm de largo y 5-7 μm de grosor) que sobreviven de 3-36 meses. Las adultas típicas viven de 5 a 7 años y residen en el sistema linfático del hospedador humano. Las larvas migran siguiendo una pauta, durante el día en las venas profundas y durante la noche en la circulación periférica. El ciclo vital continúa hasta que otro mosquito se infecta

con microfilarias al picar al humano infectado. Las microfilarias desarrollan larvas infecciosas en el interior del mosquito, las cuales son transferidas a una nueva

víctima cuando el hospedador siguiente sufre una picadura. Como el número de nematodos en el cuerpo humano se incrementa con el tiempo, los peores efectos de esta enfermedad inflamatoria crónica aparecen en el estado adulto, cuando los vasos linfáticos lesionados y dilatados causan bloqueos, hinchazones en las extremidades, fiebre e inmovilización. La filarisis linfática o elefantiasis afecta a más de 120 millones de personas.

Las especies *Wuchereria bancrofti* y *Brugia malayi* son nematodos vivíparos cuyos embriones o microfilarias son los que provocan la hipertrofia del tejido subcutáneo. Los síntomas pueden ser muy variados y los registros sanitarios indican que afectan más a los hombres que a las mujeres. El caso más espectacular es la filarisis linfática o elefantiasis, producida por la *Wuchereria bancrofti* (figuras 1 y 4), que produce un engrosamiento de la piel y tejido subcutáneo provocado por la obstrucción del sistema linfático. Suele afectar a las extremidades inferiores, aunque algunas especies tienen predilección por los genitales.

La ceguera de los ríos (oncocercosis)



Figura 5. Mosca Negra, díptero del género *simulium* (*S. yahense*) causante de la transmisión de la oncocercosis.

La oncocercosis o ceguera de los ríos, que está causada por el *Onchocerca volvulus*, es otro tipo de filaria que migra hasta los ojos y produce ceguera cuando llega a la córnea. Se transmite solamente a humanos cuando una mosca negra hembra (figura 5) introduce larvas microfilarias en su tercer estado, en la piel del hospedador penetrando en su interior a través de la herida de la picadura. Las larvas forman nódulos en el tejido subcutáneo, donde maduran a gusanos adultos. Las hembras

de gusanos *O. volvulus* adultos son dos veces más grandes que los machos, de unos 33-50 cm de largo por 270 a 400 μm de ancho. Los gusanos adultos pueden vivir hasta 18 años. Después de aparearse en el hospedador infectado, la hembra puede generar hasta 1.000 microfilarias embrionarias cada día, que emigran a través del organismo y causan dermatitis crónica, sarpullidos en la piel, lesiones, picor intenso y despigmentación de la piel. Las microfilarias que alcanzan el ojo causan inflamación, cicatrices en la córnea y ceguera. Las moscas se suelen

localizar en los ríos, de ahí el nombre de “ceguera de los ríos”. La mayoría de las infecciones de oncocercosis ocurren en África sub-sahariana, sur de Asia, América Central y Sudamérica, afectando a las poblaciones más vulnerables del mundo. Se estima que 25 millones de personas están infectadas y más de 300.000 sufren ceguera. La población total en riesgo de oncocercosis en 31 países endémicos alcanzará en 2016 los 250 millones.

Descubrimiento de un microorganismo con propiedades antihelmínticas

Satoshi Ōmura poseía una gran experiencia en el aislamiento de productos naturales y además trabajaba en el Instituto Kitasato cuyos laboratorios ostentaban el record en la búsqueda y aislamiento de productos naturales. En 1971, Omura se trasladó al laboratorio de Max Tishler en la Universidad Wesleyan en los Estados Unidos. Tishler, que había sido director de investigación de los laboratorios Merck Sharpe & Dome, le puso en contacto con Woodruff, microbiólogo de Merck. El interés de Ōmura en establecer esta colaboración tenía su base en que tanto Tishler como Woodruff habían trabajado previamente con el Premio Nobel Selman Waksman, descubridor de la estreptomicina.

Ōmura enfocó sus investigaciones en un grupo de bacterias *Streptomyces*, que se encuentran en el suelo y se sabe que producen una plétora de actividades antibacterianas. Dotado de una extraordinaria habilidad para desarrollar métodos específicos para cultivar a gran escala y caracterizar estas bacterias, Ōmura aisló y caracterizó nuevas cepas de *Streptomyces* partiendo de muestras de suelo, y las cultivó con éxito en su laboratorio. Partiendo de varios miles de diferentes cultivos, seleccionó unos 50, aquellos que él creyó que eran los más prometedores frente a organismos patógenos. Una de estas nuevas cepas de *Streptomyces* fue el *Streptomyces avermitilis*, la fuente de la avermectina. En 2002, Yoko Takahashi y otros investigadores del Instituto Kitasato propusieron que el *Streptomyces avermitilis* fuese denominado *Streptomyces avermectinius*.

■ Caracterización del componente efectivo

Por otra parte, William C. Campbell, experto en biología de los parásitos ensayó la eficacia de los cultivos de *Streptomyces* obtenidos por Ōmura y demostró que

en uno de esos cultivos aparecía un componente con una notable actividad destructiva de los parásitos de animales “salvajes” y de granja. El agente bioactivo una vez purificado se denominó *avermectina*, el cual fue posteriormente modificado en su estructura química para conseguir una mayor efectividad. El derivado es la *ivermectina*, la cual, al ser ensayada en humanos con infecciones parasitarias, destruyó con gran eficiencia las larvas (microfilaria) de los gusanos.

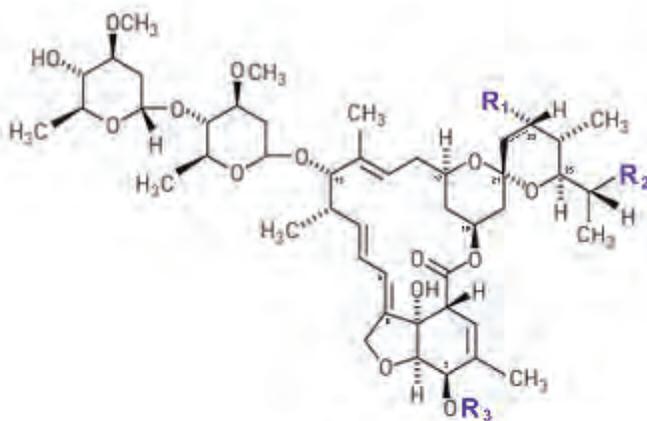
En resumen, en 1978 fue aislado un actinomiceto en el Instituto Kitasato a partir de una muestra de suelo recogida en Ito, Prefectura de Shizuoka en Japón, que fue enviado a los laboratorios de investigación de la empresa Merck Sharp & Dohme para su investigación. Las primeras pruebas indicaron que alguno de los líquidos obtenidos en las fermentaciones eran activos contra el parásito helmíntico del ratón *Nematospiroides dubius* sin presentar toxicidad notable. Posteriormente, la actividad antihelmíntica se identificó como procedente de una familia de compuestos estrechamente relacionados. La familia de compuestos antihelmínticos fue caracterizada y las nuevas especies fueron descritas por un equipo de Merck en 1978.

Estructura y propiedades de las avermectinas

Las *avermectinas* forman una serie de 16 compuestos, lactonas macrocíclicas con propiedades insecticidas, acaricidas y antihelmínticas. Presentan un disacárido, la α -1-oleandrosa, sobre el C 13 del macrociclo (figura 6). Estos compuestos se generan como productos de la fermentación natural del *Streptomyces avermitilis*. Se aislaron ocho avermectinas diferentes en cuatro pares de compuestos homólogos, con un componente en mayor proporción y otro en menor, generalmente en proporciones de 80:20 a 90:10. Los nombres de estas mezclas de avermectinas son: ivermectina, selamectina, doramectina y abamectina.

Las avermectinas bloquean la transmisión eléctrica de las células de los nervios y músculos, causando un flujo de iones de cloro hacia las células y llegando a paralizar el sistema neuromuscular del parásito. El uso de las avermectinas no está exento de problemas. Se ha descrito la aparición de resistencia, lo cual aconseja que debe usarse con moderación y con control médico. Las investigaciones con ivermectina, piperazina y diclorvos en combinación también muestran un potencial tóxico.

Los efectos adversos en los humanos suelen ser pasajeros. Los efectos graves son raros y solo tienen lugar con una gran sobredosis, pudiendo provocar coma, hipotensión y fallos respiratorios, que en ocasiones pueden producir la muerte. No existe terapia específica pero los tratamientos sintomáticos normalmente dan buenos resultados.



	R ₁	R ₂	R ₃
A _{1a}		C ₂ H ₅	CH ₃
A _{1b}		CH ₃	CH ₃
A _{2a}	OH	C ₂ H ₅	CH ₃
A _{2b}	OH	CH ₃	CH ₃
B _{1a}		C ₂ H ₅	H
B _{1b}		CH ₃	H
B _{2a}	OH	C ₂ H ₅	H
B _{2b}	OH	CH ₃	H

Figura 6. Estructura de las avermectinas. Donde R1 está ausente está presente el doble enlace. Ambos azúcares de α -1-oleandrosa se unen en el carbono en 13 (Ikeda *et al.*, 1987).

La ivermectina es una mezcla 80:20 de avermectina B1a y B1b, que son lactonas macrocíclicas producidas por el *Streptomyces avermitilis*. Se utiliza como antiparasitario, únicamente bajo control profesional. Como fármaco antifilárico ha sido ampliamente empleado en medicina veterinaria y en la actualidad su eficacia es reconocida en la filarisis humana.

La ivermectina tiene una poderosa actividad microfilaricida frente a *Wuchereria bancrofti*, *Brugia malayi*, *Loa loa* y *Mansonella ozzardi*, si bien no llega a destruir las formas adultas. Para tratar de eliminar las formas adultas ha de administrarse conjuntamente con albendazol. La ivermectina es microfilaricida también frente al *Onchocerca volvulus* siendo el fármaco de elección hoy día en las infecciones dérmicas y oculares. En la actualidad se está utilizando en los programas de

quimioterapia masiva para controlar la oncocercosis en las zonas endémicas. Es eficaz frente a *Strongyloides stercorales*, incluso en pacientes inmunodeficientes, contra la larva migratoria cutánea.

También se usa como una opción por vía oral para el tratamiento en pacientes con escabiosis o con acarosis, y para eliminar los piojos. En este último caso, un tratamiento eficaz es la aplicación externa de soluciones al 8% o en lociones o jabones con ivermectina. Se absorbe bien por vía oral, con un tiempo máximo de unas 4 horas.

Mecanismo de acción de las avermectinas

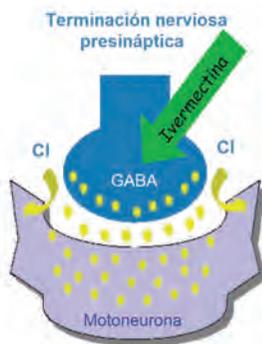


Figura 7. Mecanismo de acción de la Ivermectina.

La avermectina B1a (AVM) produce una inmovilización de los nematodos al bloquear la transmisión de señales desde las interneuronas centrales a las motoneuronas periféricas. Este bloqueo puede ser revertido por la picrotoxina, agente que bloquea el canal del ion cloro. Los artrópodos se paralizan por acción de la avermectina B1a mediante la inhibición de los potenciales postsinápticos tanto inhibidores como excitadores, en las uniones neuromusculares. El mecanismo de acción es la reducción de la resistencia

de las membranas musculares por apertura de los canales del ion cloro controlados por el GABA (ácido gamma aminobutírico), en la membrana sináptica, (figura 7). AVM tiene sitios de unión específicos y de elevada afinidad en la membrana sináptica del cerebro de mamíferos. Los sitios están concentrados en el cerebelo y estrechamente asociados con el complejo GABA-benzodiazepina/canal del ión cloro. La liberación de GABA desde los sinaptosomas del cerebro se estimula de manera específica por AVM. La densidad de los receptores GABA post-sinápticos disponibles se elevan por acción de la AVM, proceso que requiere ion cloro y es inhibido por picrotoxina. AVM también estimula la unión de la benzodiazepina y potencia la actividad *in vivo* del diazepam sobre la relajación del músculo. Estos datos demuestran el mecanismo de acción de la AVM como potenciador de la activación del GABA. Esta acción de la AVM sobre el GABA en nervios de

invertebrados supone un atractivo enfoque para la quimioterapia frente a nematodos e insectos y sugiere que AVM puede ser útil para aislar los receptores GABA y estudiar de manera más profunda su función.

La AVM se metaboliza totalmente y su vida media es de unas 12 horas. Es apenas excretada por heces y orina. Pasa a la leche materna. Puede provocar hipotensión ortostática, que se ha relacionado con el número de microfilarias eliminadas. Puede producir prurito, edema, cefaleas, linfadenopatías, artralgias y mialgias, efectos que también pueden considerarse reacciones alérgicas a las filarias destruidas.

El compuesto ha resultado especialmente útil contra las dos infecciones, elefantiasis y oncocercosis, resaltadas por el comité del Nobel, ambas transmitidas por la picadura de moscas y mosquitos. La elefantiasis afecta al sistema linfático y produce graves deformaciones en algunas partes del cuerpo, causando dolor y discapacidad grave. Según la OMS, hay más de 120 millones de personas infectadas y unos 40 millones de estas personas están desfiguradas e incapacitadas por la enfermedad. La oncocercosis o ceguera de los ríos, que acaba impidiendo la visión de los infectados, sigue siendo un problema en 31 países tropicales de África, en Yemen, y en cuatro naciones de América del Sur, donde aún hay focos dispersos. En 1987 el fabricante de la ivermectina (Merck) se comprometió a dar el medicamento gratis mientras se necesite.

Youyou Tu



Nació en Ningbo, China el 30 de diciembre de 1930. Su formación preuniversitaria fue en la Escuela media de Xiaoshi y de Hingbo. Desde 1951 a 1955 asistió a la Facultad de Medicina de la Universidad de Pekin/Colegio Médico de Beijing donde se graduó en el Departamento de Ciencias Farmacéuticas en 1955. Más tarde se especializó en Medicina China tradicional. Después de su graduación trabajó en la Academia China de Medicina (ahora Academia China de Ciencias Médicas), en Beijing. En 1980, dos años después de la reforma económica china, fue promovida a Investigadora, el rango más elevado en el territorio chino equivalente al de Catedrático. En 2001 fue promovida a Académica consejera para candidatos al doctorado (nuestros doctorandos). Actualmente es la Jefe científica en la Academia. Desde 2007

su despacho está en un viejo edificio de apartamentos en Dongchengd distrito de Beijing. Durante décadas, Tu ha estado completamente olvidada por la comunidad científica internacional.

Tu es considerada como la profesora de los tres noes: no tiene estudios postgraduado (no existía educación postgrado en China), no tiene estudios o experiencia investigadora en el extranjero, y no es miembro de alguna Academia Nacional China. Hasta 1979 no hubo en China, aislada del resto del mundo, programas postgrado. Tu es ahora una figura representativa de la primera generación de profesionales de la medicina China desde el establecimiento de la República Popular China en 1949.

Youyou Tu es una científica y educadora médico-farmacéutica conocida por descubrir la artemisinina (*qinghaosu*) y la dihidroartemisinina utilizada en el tratamiento de la malaria, que ha salvado a millones de personas y ha mejorado el nivel de vida de países tropicales. Por su trabajo, Youyou Tu ha sido el primer ciudadano de la República China y la primera mujer china en recibir el Premio Nobel de Fisiología o Medicina. También recibió en 2011 el Premio Lasker en Medicina Clínica.

El primer ministro chino, Li Keqiang reconoció en un mensaje de felicitación que el Premio Nobel otorgado a la científica Youyou Tu, de 85 años, significa la prosperidad y el progreso de China en los campos científico y tecnológico, a la vez que constituye una gran contribución de la medicina tradicional asiática a la salud humana.

■ Terapia frente a la malaria. Descubrimiento de la artemisinina

Malaria o paludismo

La malaria o paludismo es una enfermedad contagiosa parasitaria aguda o crónica producida por un protozoo del género *Plasmodium*, el *P. falciparum*, y transmitida por un vector, el mosquito *Anophelex*. La hembra del *Anophelex* infectada es portadora de los esporozoitos del *Plasmodium* en sus glándulas salivales (figura 8). Cuando la hembra del mosquito pica a un ser humano, los esporozoitos entran en el organismo través de la saliva del mosquito, alcanzan el torrente sanguíneo y migran al hígado, donde se multiplican rápidamente dentro de los hepatocitos, mediante una división asexual múltiple, y se transforman en *merozoitos* (figura 9), que vuelven a la sangre donde infectan a los eritrocitos y siguen multiplicándose, dando lugar a unas



Figura 8. Hembra del mosquito *Anopheles* en el momento de succionar la sangre de un humano.

formas iniciales típicamente anulares o los *trofozoitos*, en división asexual múltiple, y finalmente un número variable de merozoitos provoca la ruptura del eritrocito (figura 10). Algunos merozoitos se transforman en unas células circulares relativamente grandes, gametocitos femeninos y masculinos, que dejan de multiplicarse, y en el caso del *P. falciparum* son más grandes que el propio eritrocito, lo que ocasiona su ruptura.

Cuando una hembra de *Anopheles* no infectada pica a un humano enfermo, adquiere los gametocitos del *Plasmodium* y se inicia el ciclo sexual del parásito. Con la unión de los gametos en el intestino del mosquito, tiene lugar la formación de un huevo, que dará origen a un *ooquiste* que se divide y genera *esporozoitos* los cuales, al llegar a las glándulas salivales del mosquito, estarán listos para infectar nuevamente.

La ruptura de glóbulos rojos libera sustancias que estimulan el hipotálamo, ocasionando repentinas crisis febriles muy intensas, cada dos o tres días (el tiempo necesario para completarse el ciclo eritrocítico o asexual del *Plasmodium*), seguidas al cabo de unas horas de una brusca vuelta a una aparente normalidad. Este proceso va dejando al organismo exhausto, y en el caso de los niños pequeños hay una gran probabilidad de un desenlace fatal en ausencia de tratamiento.

Las mujeres gestantes son muy atractivas para los mosquitos y la malaria en ellas es especialmente nefasta, dada la sensibilidad del feto (que no tiene un sistema inmunitario desarrollado) a la infección.

Para contagiarse de malaria se necesitan dos organismos anfitriones: mosquitos para las fases de reproducción sexual, y el ser humano y animales para la reproducción (figura 9). Existe una excepción con *Plasmodium vivax* y *Plasmodium ovale*. Cuando pica la hembra del mosquito *Anopheles* a una persona le inyecta los esporozoitos, que se acumulan en el hígado, y algunos se quedan latentes en el interior de los hepatocitos. Hay un periodo de incubación largo, se reactivan, se replican y pueden dar manifestaciones clínicas después de varios meses. *P. vivax*, *P. ovale* y *P. malariae* causan anemia leve, bajos niveles de parasitemia, rotura esplénica y síndrome nefrótico. *P. falciparum* causa niveles elevados de parasitemia, insuficiencia renal, anemia grave, etc.

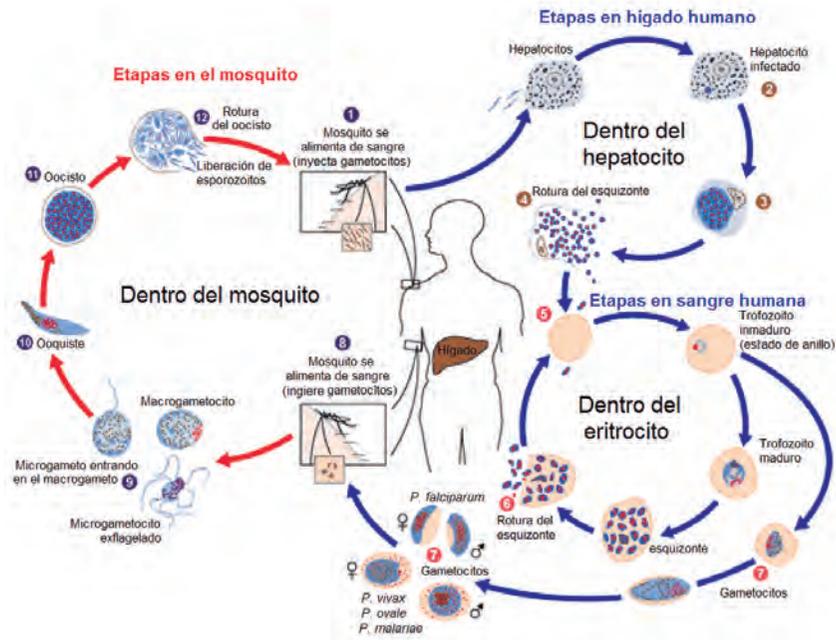


Figura 9. Mecanismo de transmisión de la malaria y ciclo biológico de *Plasmodium falciparum* (www.dpd.cdc.gov/dpdx).

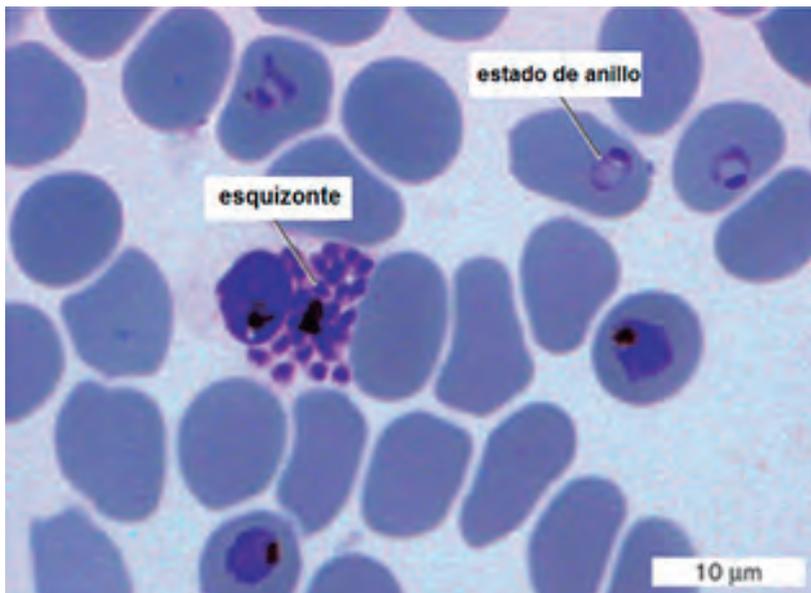


Figura 10. Muestra de sangre con el *P. falciparum* causante de la malaria (en *Microbiology: An evolving science*, third edition, Figure 20.38).

La Malaria en España

En España la fiebre terciana (de 3 días) benigna, causada por el *Plasmodium vivax* y en menor grado, la fiebre terciana maligna causada por el *Plasmodium falciparum*, así como la fiebre de cuatro días causada por el *Plasmodium malariae*, fueron endémicas hasta la mitad del siglo XX. En 1943 se diagnosticaron unos 400.000 casos y se registraron 1.307 muertes debidas a la malaria. El último caso autóctono se registró en mayo de 1961. En 1964 España fue declarada libre de malaria y recibió el certificado oficial de erradicación. Sin embargo cada año se identifican casos, procedentes principalmente de inmigrantes y turistas. El crecimiento del número de viajeros a países donde la malaria está presente y los viajes de inmigrantes donde es endémica aumentan los casos de malaria importada. Así, en 1967 hubo 21 casos declarados, en 1995 hubo 263 y en 2004 hubo 351 casos.

■ **Descubrimiento de la artemisinina**

El descubrimiento de la artemisinina o *qinghao* ha sido parte de una serie de procesos históricos complejos que empezaron con la investigación sistemática de la materia medica china en 1969 y condujo a la primera demostración de los efectos antimalaria de un extracto del qinghao en 1971. La estructura química de la sustancia activa en los extractos fue identificada a final de los 1970 y se encontró, inesperadamente, que consistía en una lactona sexquiterénica con un puente peróxido. La producción farmacéutica comercial empezó en 1986. La Organización Mundial de la Salud (WHO) empezó a investigar la artemisinina y sus derivados a principios de los 1990 y ha sido promocionada a gran escala desde 2004.

La malaria o paludismo ha sido tratada tradicionalmente con cloroquina o quinina, pero con poco éxito. Al final de los 1960, los esfuerzos para erradicar la malaria habían fracasado y la enfermedad iba en ascenso. En aquel momento, Youyou Tu en China volvió hacia la medicina tradicional de plantas tratando de encontrar nuevas terapias. A partir de una investigación a gran escala, emergió un extracto de la planta *Artemisia annua* como un candidato interesante. Sin embargo, los resultados al principio fueron inconsistentes, así que Tu revisó la literatura antigua y encontró pistas que la guiaron en su búsqueda para extraer el componente activo. Tu fue la primera en mostrar que este componente, posteriormente denominado *artemisinina*, era muy eficiente contra el parásito causante de la malaria, tanto en animales infectados como en humanos. La artemisinina representa una nueva

clase de agentes antimalaria, que destruye rápidamente los parásitos en un estado temprano de su desarrollo, lo que explica su potencia sin precedentes en el tratamiento de casos severos de la enfermedad.

Como ha explicado muy bien la Asamblea Nobel de científicos que elige a los ganadores del Premio Nobel, “el paludismo, o malaria, ha asolado a la humanidad desde que tenemos memoria. En la actualidad, la enfermedad sigue siendo uno de los grandes “asesinos” de pobres en las regiones más desfavorecidas del planeta. Esta infección parasitaria que se transmite por la picadura de mosquitos acaba cada año con la vida de más de medio millón de personas”.

En 1967 los líderes de Vietnam del Norte, pidieron ayuda a la china comunista de Mao para asistir a su ejército. La causa no era tanto la guerra contra los Estados Unidos como una variante de la malaria que estaba matando a muchos más soldados y civiles que la propia contienda, pues el parásito se había vuelto inmune a los tratamientos convencionales basados en la cloroquina y la quinina. Con China sumida en la Revolución Cultural, Mao y su primer ministro Zhou se reunieron el 23 de mayo de 1967 con el objeto de pedir a sus científicos un esfuerzo urgente para encontrar soluciones a la malaria y se discutieron planes de acción en un denominado Proyecto 523, que trazaban objetivos a corto y largo plazo, para el desarrollo de terapias antimalaria. Este programa secreto movilizó a unos 50 institutos de todo el país para encontrar un nuevo tratamiento. Youyou Tu fue nombrada jefe del proyecto en su instituto. La investigadora revisó unas 2.000 recetas de la medicina tradicional china en busca de compuestos de interés y analizó la eficacia de 380 extractos de plantas en animales infectados de paludismo. Como ya se ha indicado, el mejor compuesto resultó ser la artemisinina, extraída al cocer plantas de ajenjo chino (*Artemisia annua*).

Youyou Tu perfeccionó la técnica extractiva hasta lograr un compuesto 100% efectivo frente al *Plasmodium falciparum*. Ella fue la primera voluntaria en comprobar el efecto en sí misma. En 1979 se publicó el primer estudio científico en inglés describiendo los excelentes resultados del compuesto en la lucha contra el *P. falciparum*. Este éxito muestra la importancia de recuperar la medicina tradicional y analizarla desde la perspectiva científica. La artemisinina ha conseguido salvar la vida de más de 450.000 personas, entre ellas muchos niños. Siguiendo la tradición comunista, en sus publicaciones no había firmantes, lo que contribuyó a que Youyou y su excepcional hallazgo fuesen poco conocidos hasta hace pocos años, incluso por expertos en este campo.



Figura 11. Un libro de prescripciones para emergencias de Ge Hong (284-346 CE).
(a) Versión de la dinastía Ming (1574 CE).
(b) Volumen 3. En la quinta línea a partir de la derecha se lee “Un puñado de qinghao se sumerge en 2 litros de agua, se escurre y se bebe” (Tù, 2012).



Figura 12. (a) Dibujo coloreado a mano del qinghao en el Bu Yi Lei Gong Pao Zhi Bian Lan (Dinastía Ming, 1591 CE). (b) *Artemisia annua* L en el campo (Tù, 2012).

La *Artemisia annua* es una planta común que se encuentra en muchas partes del mundo, y ha sido utilizada por la medicina china desde hace más de dos mil años para el tratamiento de muchas dolencias, tales como enfermedades de la piel y la malaria. El uso más antiguo se remonta a 200 años AC en *Recetas para las cincuenta y dos enfermedades*. Uno de los textos de Mawangdui para combatir la malaria fue descrito por primera vez en el *Manual de prescripciones para emergencias*, editado a mediados del siglo IV por Ge Hong, donde se detallan 43 tratamientos para la malaria (figuras 11 y 12).

En la actualidad, la artemisinina se sigue extrayendo del ajeno y se usa en combinación con otros fármacos, lo que supone salvar cada año 100.000 vidas solo en África, uno de los continentes más castigados por esta enfermedad. No obstante, como el parásito de la malaria está desarrollando resistencia a la artemisinina, se hace crucial desarrollar nuevos tratamientos o una vacuna. Youyou, a sus 85 años sigue afiliada a la Academia China de Medicina Tradicional, y en 2011 recibió el prestigioso Premio Lasker de medicina por sus descubrimientos.

Estructura y propiedades de la Artemisinina

El nombre del género deriva de la diosa griega Artemisa y, más específicamente de la reina Artemisia II de Caria. En 1596, Li Shizhen recomendó el té hecho de *Artemisia annua* específicamente para tratar síntomas de la malaria.

La artemisinina es una lactona sesquiterpénica que contiene un raro puente peróxido, el cual se cree que es el responsable de su mecanismo de acción, al alterar la homeostasis redox de los parásitos en la fase eritrocítica. No se conoce ningún otro componente natural con un puente de peróxido similar (figura 13).

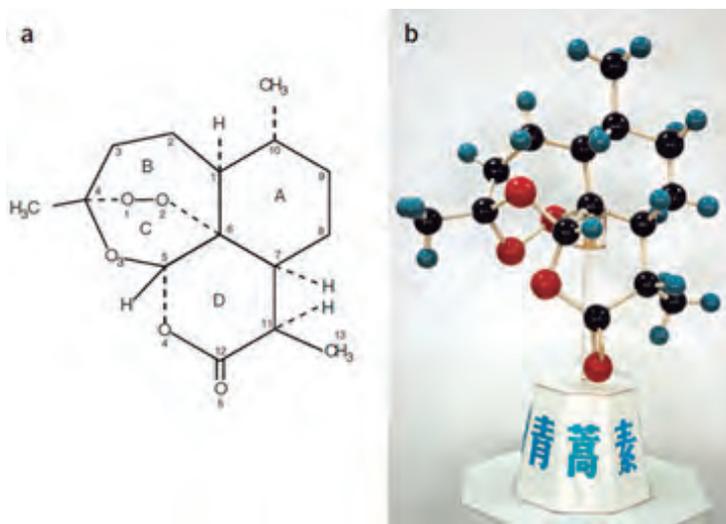


Figura 13. (a) Estructura molecular de la artemisinina. (b) Modelo tridimensional de la artemisinina. Los átomos de carbono están representados por bolas negras, los átomos de hidrógeno en azul y los átomos de oxígeno en rojo. Los caracteres chinos en la base del modelo significan Qinghaosu (Tu, 2012).

Los tratamientos que contienen derivados de la artemisinina (terapias de combinación de artemisinina, ACT) son hoy día el tratamiento estándar a nivel mundial para la malaria. El uso de la artemisinina como único tratamiento contradice las recomendaciones de la OMS, ya que existen evidencias de la aparición de resistencia en los parásitos de malaria. Las terapias que combinan la artemisinina con algún otro fármaco antimalaria son los tratamientos preferidos por su mayor efectividad y por su tolerancia por los pacientes.

La artemisinina fue uno de los muchos candidatos probados por científicos chinos como posibles tratamientos para la malaria, de una lista de cerca de 500 medicinas tradicionales chinas. Youyou Tu también descubrió que un proceso de extracción a baja temperatura se podía utilizar para aislar de la planta la sustancia efectiva contra la malaria. Un estudio de 2012 describió que las terapias basadas en la artemisinina eran las más efectivas para el tratamiento de la malaria en ese momento, y se demostró que elimina los parásitos de la malaria del

cuerpo del paciente de manera más rápida que los otros fármacos anteriormente utilizados. Además de la artemisinina, el *Proyecto 523* descubrió otros productos que pueden potenciar la acción de la artemisinina, incluyendo la lumefantrina, piperaquina y pironadina.

Años después de este descubrimiento, el gobierno chino restringió el acceso al fármaco purificado y a la planta de la que era extraída. No fue hasta finales de los 1970 y principios de los 1980 que el descubrimiento de la artemisinina y su obtención y purificación alcanzaron a científicos fuera de China a través de resultados publicados en el *Chinese Medical Journal* en 1979. Ying Lee, uno de los científicos involucrados en la investigación de la artemisinina, confesó que los chinos desconfiaban de Occidente en ese momento. Al principio, estas investigaciones fueron recibidas con escepticismo, en parte porque la estructura química de la artemisina, con su raro puente peróxido, parecía ser demasiado inestable para ser considerada como un fármaco viable. El retraso en el informe del descubrimiento de la artemisinina y estudios asociados se atribuye a que el trabajo fue inicialmente un proyecto militar y secreto, y a que la academia en China, durante la Revolución cultural (1966-1976), no permitió las publicaciones de los datos científicos en revistas de Occidente.

A finales de los 1990, Novartis adquirió una nueva patente china para un tratamiento combinado con artemeter y lumefantrina, proporcionando las primeras terapias combinadas basadas en la artemisinina (Coartem) a precios reducidos. En 2006, cuando la artemisinina comenzó a ser el tratamiento preferido para la malaria, la OMS pidió limitar los preparados de artemisinina con una sola droga, favoreciendo las combinaciones con otras drogas antimalaria, con el fin de reducir el riesgo de que los parásitos desarrollaran resistencia.

Artemisinina y sus derivados

Como la artemisinina es poco soluble en agua o éter, el grupo carbonilo se reduce para obtener dihidroartemisinina (DHA) y sus derivados, tales como el artesunato hidrosoluble o el artemeter y arteeter liposolubles, que también muestran una gran actividad antimalaria (figura 14). A pesar de que se han descrito diversas rutas de la síntesis de la artemisina y ha habido varios intentos de producir el fármaco usando técnicas de bioingeniería con microbios, la fuente comercial de la artemisinina es todavía la planta *Artemisia*. El rendimiento de la artemisinina varía considerablemente según las condiciones de crecimiento.

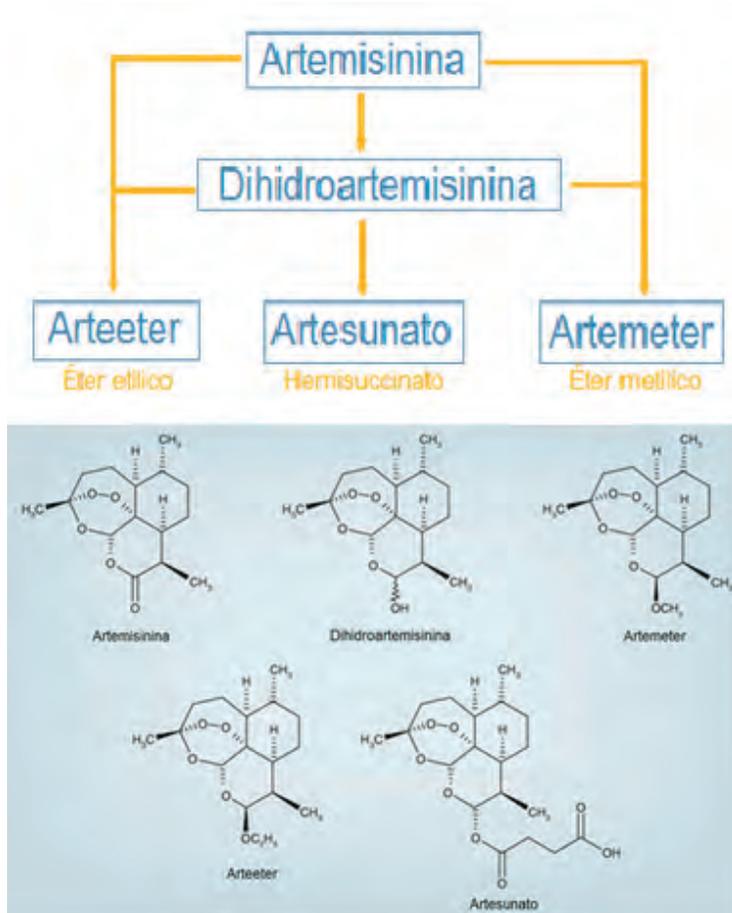


Figura 14. Artemisinina, dihidroartemisinina y sus derivados arteeter (éter etílico), artemeter (éter metílico) y artesunato (hemisuccinato) (Cui y Su, 2009).

Una vez absorbidos, los derivados de la artemisinina se convierten en dihidroartemisinina ((DHA) y a partir de aquí en metabolitos inactivos vía citocromo P-450 y otros sistemas enzimáticos hepáticos. La DHA es un potente agente antimalaria con una vida media de unos 45 minutos. La artemisinina por sí misma no se metaboliza a DHA pero actúa como el primer agente antimalaria, mientras que el artesunato se hidroliza rápidamente (minutos) a DHA y su actividad antimalaria está mediada por el DHA. Artemeter y arteeter contribuyen a la actividad antimalaria de manera similar al DHA y se convierten más lentamente en DHA. El 90% del DHA se une a proteínas plasmáticas.

Intervención de la artemisinina en el ciclo de vida del *Plasmodium falciparum*

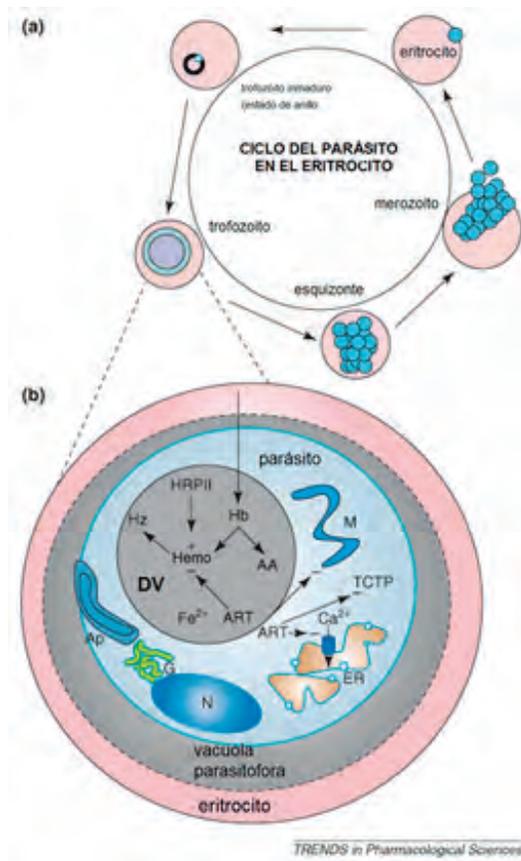


Figura 15. Esquema que muestra la intervención de la artemisinina en el ciclo de vida del *Plasmodium falciparum*. AA, aminoácidos; Ap, apicoplasto; ART, artemisininas; DV, vacuola digestiva; ER, retículo endoplásmico; G, aparato de Golgi; Hb, hemoglobina; Hz, hemozoina; M, mitocondria; N, núcleo; TCTP, proteína tumoral controlada en la traducción (Krisna *et al.*, 2008 modificado).

El Plasmodium falciparum se multiplica en los eritrocitos y la digestión de la hemoglobina durante las 48 horas de su vida sexual es esencial para su supervivencia. Durante muchos años las artemisininas se han considerado que actúan sobre el proceso de digestión de la hemoglobina dentro de la vacuola digestiva (figura 15b). Otros estudios indican que las artemisininas pueden tener como objetivo la mitocondria del parásito o la proteína tumoral traducionalmente controlada (TCTP) y el PfATP6, una ATPasa codificada por el retículo sarcoplásmico-endoplásmico del parásito (SERCA).

La fase intraeritrocítica del parásito y las dianas de las artemisininas

Los parásitos causantes de la malaria humana tienen un ciclo de vida complejo (figura 8) que requiere el mosquito vector y el hospedador humano, con tres ciclos de reproducción asexual y uno de reproducción sexual. Una de las fases asexuales tiene lugar en el interior de los eritrocitos del hospedador (figura 15a). Las formas invasivas del parásito, los merozoitos, entran en los eritrocitos y permanecen casi inactivos durante 10-15 h (estado de anillo). El parásito sufre una fase rápida de crecimiento durante las 25 horas siguientes y forma el trofozoito, durante el cual el parásito digiere la mayor parte de la hemoglobina del hospedador y crece hasta ocupar el 50% del volumen del eritrocito del hospedador. La hemoglobina se digiere dentro de la vacuola alimenticia (figura 15b), y da lugar a la formación del hemo, el cual se asocia a través de uno de los grupos carboxilo periféricos con el Fe^{3+} de un hemo adyacente para formar la hemozoína insoluble. Se ha propuesto, aunque no demostrado, que este proceso está ayudado por una proteína denominada proteína II rica en histidina. Al final del estado de trofozoito, el parásito se divide varias veces (estado esquizonte) antes de que el eritrocito del hospedador se rompa y libere los nuevos merozoitos que continúan el ciclo (figura 9).

El mecanismo de acción de la artemisinina en la fase intraeritrocitaria del parásito implica la escisión del puente endoperóxido por acción del Fe^{2+} , muy abundante en el parásito, que al pasar a Fe^{3+} rompe el puente endoperóxido con formación de radicales. Estos radicales libres, derivados de la artemisinina dañan las macromoléculas celulares del parásito y le producen la muerte.

Resistencia a la artemisinina

Se han realizado diferentes estudios de genotipos y fenotipos para localizar la región del genoma donde reside la resistencia de artemisinina. Para ello se llevaron a cabo estudios poblacionales en el sudeste asiático desde 2001 a 2010. Se ha elegido esta zona como referencia para tomar las muestras a estudio por tratarse de una zona endémica de malaria, donde han empezado las resistencias a otros antimaláricos. En estos estudios se comparan poblaciones vecinas, como son Laos, Tailandia y Camboya, con bajos niveles de diferenciación genética por la proximidad (cepas de *Plasmodium falciparum* con elevada similitud) pero con diferencias en el “aclaramiento” del parásito después del tratamiento con artemisinina o terapias combinadas (ACT).

Las conclusiones de estos estudios son:

- En el cromosoma 1 no existe asociación con el gen de la ATPase6.
- Se identifican cinco genes asociados a resistencias en otros fármacos: *pfcr1*, *dhfr*, *pfmdr1*, *dhps* and GTP-ciclohidrolasa I.
- Identifican tres zonas de posible asociación a esta resistencia, en los cromosomas 6, 13 y 14.
- La región localizada en el cromosoma 13 contiene varios genes candidatos y está asociada con la variación en el aclaramiento del parásito.

Semi-síntesis de la artemisinina

Jay Keasling y sus colaboradores de la Universidad de California en Berkeley, son los responsables de la tecnología pionera para producir un precursor de la artemisinina (el ácido artemisínico) a partir de *Saccharomyces cerevisiae*. Se identificaron cinco enzimas clave para la síntesis del ácido artemisínico: CYP71AV1, CPR1, CYB5, ADH1 y ALDH1. La levadura fue modificada por ingeniería genética para que expresase dichas enzimas y así conseguir la obtención de dicho precursor. Sanofi-Aventis ha fabricado el fármaco a bajo coste. Mantiene el mismo proceso de fermentación, pero ha ido un paso más allá en la optimización de la semi-síntesis química. Con el método de Amyris, el $1O_2$ se obtenía a partir H_2O_2 concentrado en un proceso muy exotérmico de difícil escalonamiento. Sanofi es capaz de obtener el $1O_2$ mediante fotoquímica, lo cual es completamente novedoso alcanzándose un rendimiento del 55%. El precio por kilogramo de artemisinina es 350-400\$, similar al de la artemisinina obtenida en cultivos. Este nuevo método de obtención abre nuevas esperanzas para el tratamiento y erradicación de la malaria, ya que garantiza el suministro de la artemisinina y sus derivados, que son de los antimaláricos más potentes conocidos. Además, es de esperar que una mayor disponibilidad de la artemisinina permita mejores precios de las ACT, y por tanto facilitará el acceso de millones de personas a estos tratamientos.

■ Final

El Premio Nobel de Fisiología o Medicina 2015 ha supuesto un homenaje para quienes trabajan por la salud de los más desfavorecidos y ha premiado avances cruciales contra enfermedades provocadas por parásitos que durante milenios han

asolado a la Humanidad y hoy siguen constituyendo uno de los problemas sanitarios más graves del mundo, sobre todo en los países más pobres. El Instituto Karolinska ha anunciado en Estocolmo el galardón que comparten William C. Campbell y Satoshi Ōmura por descubrir una nueva terapia contra infecciones de lombrices redondas (nematodos) y Youyou Tu por desarrollar un tratamiento eficaz contra la malaria.

El irlandés Campbell y el japonés Ōmura al descubrir un nuevo fármaco, la *avermectina*, han logrado reducir de forma radical la incidencia de la oncocercosis o ceguera de los ríos y la filariasis linfática o elefantiasis, además de mostrar una eficacia parcial contra otras enfermedades parasitarias. Por su parte, la científica china Youyou Tu, descubrió, profundizando en la medicina tradicional china, los efectos antimalaria de la *artemisinina*. “El impacto de estos fármacos va más allá de reducir la enfermedad. Permiten que los niños vayan a la escuela, que los adultos vayan a trabajar y que salgan de la pobreza”, ha declarado Hans Fossberg, miembro del Comité Nobel, al anunciar los premios. “Representan un cambio de paradigma en la historia de la medicina, no solo en cuanto a tratamientos, sino en aportar bienestar y prosperidad a las personas y al conjunto de la sociedad”.

■ Bibliografía consultada

Andersson J, Forsberg H y Zierath JR (2015) Avermectin and Artemisinin-Revolutionary Therapies against Parasitic Diseases. Karolinska Institutet. Nobel Foundation pp 1-15.

Antoine T, Fisher N, Amewu R, O'Neill PM, Ward, SA, Biagini GA (2014) Rapid kill of malaria parasites by artemisinin and semi-synthetic endoperoxides involves ROS-dependent depolarization of the membrane potential. *J Antimicrob Chemother.* 69, 1005-1016.

Ariey F, Witkowski B, Amaratunga C, et al (2014) A molecular marker of artemisinin-resistant *Plasmodium falciparum* malaria. *Nature* 505, 50-55.

Bhatt S, Weiss DJ, Cameron E, Bisanzio D, Mappin B et al., (2015).W. The effect of malaria control on *Plasmodium falciparum* in Africa between 2000 and 2015. *Nature* 526, 207-211.

Blair LS y Campbell WC (1980) Efficacy of Ivermectin against *Dirofilaria immitis* larvae in dogs 31, 60, and 90 days after injection. *Am J Vet Res.* 41, 2108.

- Burg RW Miller BM, Baker EE, Birnbaum J, Currie SA, Hartman R, Kong Y, Monaghan RL, Olson G, Putter I, Tunac JB, Hallick H, Stapley EO, Ruiko O y Omura S (1979) Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: producing organism and fermentation. *Antimicrob. Agents Chemotherap.* 15, 361-367.
- Campbell WC, Blair LS y Lotti VJ (1979) Efficacy of avermectins against *Trichinella spiralis* in mice. *J Helminthol.* 53, 254-256.
- Campbell WC, Fisher MH, Stapley EO, Albers-Schönberg G, Jacob TA (1983) Ivermectin: A potent new antiparasitic agent. *Science* 221, 823-828.
- Collaboration Research Group for Qinghaosu (1977) . A new sesquiterpene lactone-qinghaosu [en chino]. *Kexue Tongbao* 3, 142.
- Cumming JN, Ploypradith P y Posner GH (1997). Antimalarial activity of artemisinin (qinghaosu) and related trioxanes: mechanism(s) of action. *Adv Pharmacol* 37, 253-297.
- Dondorp AM, Fanello CI, Hendriksen IC, Gomes *et al.*, AQUAMAT group (2010). Artesunate versus quinine in the treatment of severe falciparum malaria in African children: an open-label, randomised trial. *Lancet* 376, 1647-1657.
- Egerton JR, Ostlind DA, Blair LS, Eary CH, Suhayda D, Cifelli S, Riek RF, Campbell WC (1979) Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: Efficacy of the B1a component. *Antimicrob Agents Chemother.* 15, 372-378.
- Ge Hong. Zhou hou bei ji fang [Emergency Prescriptions kept up one's Sleeve] Jin, 4th c. (340 AD). Si ku quan shu [Collection of the Works from the Four Storehouses].
- Hsu E (2006) Reflections on the 'discovery' of the antimalarial qinghao Br *J Clin Pharmacol* 61, 666-670.
- Ikeda H, Kotaki H, Omura S (1987) Genetic studies of avermectin biosynthesis in *Streptomyces avermitilis*. *J Bacteriol.* 169, 5615-5621.
- Ikeda H, Nonomiya T, Usami M, Ohta T Omura, S (1999) Organization of the biosynthetic gene cluster for the polyketide anthelmintic macrolide avermectin in *Streptomyces avermitilis*. *PNAS USA.* 96, 9509-9514.

- Ikeda H, Nonomiya T, Omura S (2001) Organization of biosynthetic gene cluster for avermectin in *Streptomyces avermitilis*: analysis of enzymatic domains in four polyketide synthases. *J Ind Microbiol Biotechnol.* 27,170-176.
- Ikeda H, Ishikawa J, Hanamoto A, Shinose M, Kikuchi H, Shiba T, Sakaki Y, Hattori M, Omura S (2003) Complete genome sequence and comparative analysis of the industrial microorganism *Streptomyces avermitilis*. *Nat. Biotechnol.* 21, 526-531.
- Kannan R. (2005) Reaction of artemisinin with haemoglobin: implications for antimalarial activity. *Biochem J* 385,409-418].
- Karlen M Klayman DL (1985) Qinghaosu (artemisinin): an antimalarial drug from China. *Science* 228, 1049-1055.
- Krishna S, Bustamante L Haynes RK y Staines HM (2008) Artemisinins: their growing importance in medicina. *Trends Pharmacol Sci* 29, 520-527.
- Lajarín Cuesta R (2013) Innovadora semi-síntesis de la artemisinina: un paso más cerca del tratamiento y erradicación de la malaria en el mundo. En: *Actualidad en Farmacología y terapéutica* (ed Mercedes Villaroya) 11, 115-116.
- Ottesen EA y Campbell WC (1994) Ivermectin in human medicine. *J. Antimicrob. Chemotherap.* 34, 195-203.
- Sun X, Xie S, Long Z, Zhang Z, Tu Y (1991) Experimental study on the immunosuppressive effects of Qinghaosu and its derivatives (en chino). *Zhongguo Zhong Xi Yi Jie He Za Zhi* 11, 37-38.
- Tu Y, Ni M, Zhong Y, Li L, Cui S, Zhang M, Wang X, Liang X. (1981) Studies on the constituents of *Artemisia annua* L (en chino). *Yao Xue Xue Bao* 16, 366-368.
- Tu Y, Ni M, Zhong Y, Li L, Cui S, Zhang M, Wang X, Ji Z y Liang X (1982) Studies on the constituents of *Artemisia annua* L. (II). *Planta Med.* 44, 143-145.
- Tu Y (1987) Study on authentic species of Chinese herbal drug Qinghao. (en chino) *Bulletin of Chinese material medica.* 12, 2-5.
- Tu Y, Zhu Q, Shen X (1985) Studies on the constituents of Young *Artemisia annua* L. (En Chino). *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi* 10, 419-420.

Tu Y (2004) The development of the antimalarial drugs with new type of chemical structure: Qinghaosu and Dihydro Qinghaosu. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health* 35, 250-251.

Tu Y (2011) The discovery of artemisinin (qinghaosu) and gifts from Chinese medicine. *Nature Medicine* 17, 1217-1220.

Useem M y Vagelos R (1998) attacks river blindness. In: *The Leadership Moment*; Times Books, Random House Inc.: New York NY, pp.10-42, 1998.

Wang CC y Pong SS (1982) Actions of avermectin B1a on GABA nerves. *Prog Clin Biol Res.* 97, 373-395.

Xiao Y y Tu Y (1984) (1998) Isolation and identification of the lipophilic constituents from *Artemisia anomala* S. Moore (en chino). *Yao Xue Xue Bao* 19, 909-913.







Premio Nobel de Física 2015

EL NOBEL DE FÍSICA 2015 HA SIDO CONCEDIDO A TAKAAKI KAJITA Y A ARTHUR B. MCDONALD QUE HAN RESUELTO EL ENIGMA DE LOS NEUTRINOS



En el anverso de la medalla se muestra la efigie de Alfred Nobel con las fechas de su nacimiento NAT MDCCCXXXIII y muerte OB MDCCCXCVI. El reverso de la medalla de los Premios Nobel de Física y Química representa a la Naturaleza en la forma de una diosa emergiendo de las nubes y sosteniendo en sus brazos el cuerno de la abundancia. El velo que cubre su rostro está sostenido por la Genio de la Ciencia. Lleva la inscripción: *Inventas vitam iuvat excoluisse per artes*, palabras tomadas de la Eneida de Virgilio del siglo I AC. El nombre del Laureado aparece debajo de la imagen, y además aparece un texto que dice “REG. ACAD. SCIENT. SUEC.” por Real Academia Sueca de Ciencias. Diseño Erik Lindberg.

Rafael Bachiller García

El 6 de octubre de 2015 la Real Academia de Ciencias de Suecia decidió otorgar el Premio Nobel de Física 2015 a Takaaki Kajita (de la Colaboración Super-Kamiokande, Universidad de Tokio, Japón) y a Arthur B. McDonald (Sudbury Neutrino Observatory Collaboration Queen’s University, Kingston, Canadá) “*por el descubrimiento de las oscilaciones de los neutrinos, que muestran que los neutrinos tienen masa*”.

Los neutrinos son posiblemente las partículas más enigmáticas de la naturaleza. Después de los fotones, los neutrinos son las partículas más abundantes del cosmos, se producen en gran número en las reacciones nucleares en el interior de

las estrellas. Los procedentes del Sol y de las reacciones de los rayos cósmicos con la atmósfera terrestre atraviesan nuestros cuerpos en un número que alcanza el billón por segundo. Y es que los neutrinos son las partículas elementales más elusivas, apenas hay nada que pueda detenerlos en sus trayectorias de propagación.

Hace unos quince años que Takaaki Kajita, utilizando el gran detector denominado ‘Super-Kamiokande’, en Japón, presentó el descubrimiento de que los neutrinos procedentes de la atmósfera pueden cambiar entre dos identidades. Casi simultáneamente, Arthur B. MacDonald en Canadá demostró que los neutrinos procedentes del Sol no desaparecían en su camino hacia la Tierra, sino que transformaban su identidad antes de ser capturados en el Observatorio de Neutrinos de Sudbury.

Estos dos experimentos resolvían así un puzle que había intrigado a los físicos durante años. El número de neutrinos capturados en la Tierra era tan solo un tercio de los que predecía la teoría. Los experimentos de Kajita y MacDonald demostraron que lo que realmente sucedía es que los neutrinos cambiaban de personalidad y, cuando se tenían en cuenta las tres identidades posibles, las predicciones teóricas cuadraban bien con los datos experimentales. Este descubrimiento de las metamorfosis de los neutrinos (conocidas en lenguaje técnico como ‘oscilaciones’) tenía además una implicación de muy gran alcance: contrariamente a lo que se pensó durante varias décadas, los neutrinos deben tener algo de masa.

A su vez, el hecho de que los neutrinos tengan masa tiene implicaciones profundas en la Teoría de la Física de Partículas y, concretamente, indica que el Modelo Estándar, a pesar de ser ampliamente aceptado y de uso generalizado, no puede ser una teoría completa de los constituyentes de la naturaleza. Actualmente se mantiene una intensa actividad en todo el mundo para atrapar neutrinos y examinar sus propiedades. Revelar los secretos de estas ligerísimas partículas deberá ayudar a comprender la estructura de la naturaleza y la historia del universo.

■ 1. Introducción: neutrones y neutrinos

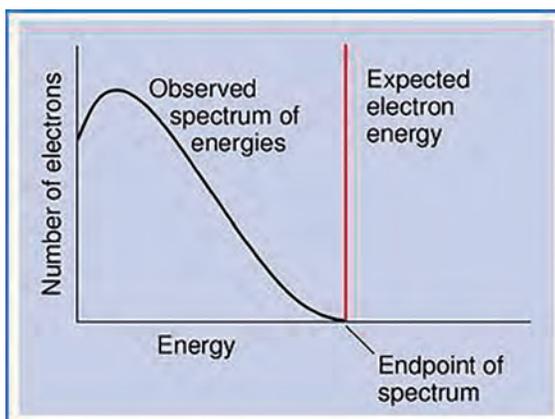
La historia de los neutrinos se remonta al hallazgo de la radioactividad beta, que había sido realizado de manera accidental por Henri Becquerel mientras experimentaba con fenómenos fluorescentes. Entre 1896 y 1897 Becquerel observó

que el uranio impresionaba una placa fotográfica, envuelta con papel negro, con una radiación que no podía ser considerada como rayos X. Las partículas emitidas por el uranio, lo que se había denominado radiación beta, fueron identificadas con electrones (estudiados antes por J. J. Thompson) por el propio Becquerel en el año 1900. Por este descubrimiento de la radioactividad natural, Becquerel compartió con el matrimonio Curie el Premio Nobel de Física en el año 1903.



Placa que sirvió Becquerel para descubrir la radiactividad beta

Los primeros indicios de la existencia de los neutrinos tuvieron lugar en 1914, cuando el físico británico James Chadwick (1891-1974) demostró por vez primera que el espectro energético de emisión de la radiación β era continuo. Este espectro continuo revelaba que los electrones emitidos en los procesos de radioactividad β eran emitidos con un amplio abanico de energías, lo que resultó incomprendible en la época desde un punto de vista teórico. En efecto, si los estados nucleares iniciales y finales del proceso beta tenían energías bien definidas, todos los electrones debían ser emitidos con una energía bien determinada.



El espectro continuo de energías en la radiación beta

La continuidad energética de la radiación beta parecía implicar bien que la energía no se conservaba en el proceso, o bien que, junto con el electrón, se emitiese una segunda partícula desconocida que quedaba por detectar. Esta segunda hipótesis parecía más razonable, pues la energía disponible en la desintegración radioactiva podía repartirse de manera asimétrica

entre las dos partículas, lo que permitiría un amplio abanico de valores para la energía de los electrones.

Por otra parte, los físicos de la década de 1920 se enfrentaban con otra dificultad que estaba relacionada con una extraña propiedad intrínseca de las partículas subatómicas, el espín, que había sido introducida en 1925. El problema era de inconsistencia entre el espín nuclear, el momento magnético y la estadística de los núcleos. Por ejemplo, en 1928 se había determinado que el momento angular del núcleo de nitrógeno era 1, lo que resultaba inexplicable en esa época en que se consideraba que los núcleos atómicos estaban constituidos por protones y electrones, todos de espín semientero. En concreto, el núcleo del nitrógeno se consideraba compuesto por 14 protones y 7 electrones, un número total impar de partículas que debía ocasionar un espín también semientero para el núcleo resultante.

Wolfgang Pauli (1900-1958) ofreció, en el año 1930, una posible solución a ambos problemas (el espectro continuo de la radiación β y la inconsistencia del espín nuclear) realizando la hipótesis de que en el núcleo atómico existiesen unas nuevas partículas, a las que llamó neutrones, con espín $\frac{1}{2}$, carga nula y masa similar a la del electrón. Pero, al cabo de muy poco tiempo, Pauli se convenció de que su nueva partícula como constituyente de los núcleos atómicos era insostenible y siguió elaborando su hipótesis con creciente cautela. En 1931, en una visita a los EEUU, Pauli habló de sus ideas al New York Times y poco después, en Roma, al físico italiano Enrico Fermi, quien desde el principio se mostró muy entusiasmado con la hipótesis de Pauli.



Wolfgang Pauli

En 1932, James Chadwick descubrió experimentalmente el neutrón: una partícula neutra con espín $\frac{1}{2}$ y masa similar a la del protón, muy diferente por tanto al neutrón propuesto por Pauli que era mucho más ligero. Este descubrimiento tuvo un impacto enorme en la comprensión de la estructura de los núcleos atómicos:

los núcleos pasaban ahora a estar constituidos por protones y neutrones, con lo que se explicaba de manera convincente tanto el espín como la estadística de los diversos núcleos. Por ejemplo el núcleo del átomo de nitrógeno estaba formado por 7 protones y 7 neutrones, lo que era consistente con su espín entero. Como reconocimiento por su descubrimiento, Chadwick fue galardonado en 1932 con la medalla Hughes, concedida por la Royal Society y con el Premio Nobel de Física en 1935.

El neutrón descubierto por Chadwick fue rápidamente aceptado por la comunidad científica, por lo que hubo de buscarse un nombre diferente para la partícula propuesta por Pauli. Enrico Fermi sugirió para ella el nombre de 'neutrino' (diminutivo de neutrón en italiano). En la conferencia Solvay que tuvo lugar en Bruselas en mayo de 1933, Pauli publicó por vez primera un trabajo científico sobre el neutrino y, también en ese congreso, se mencionó por vez primera la posibilidad de que los neutrinos, al igual que los fotones, tuviesen masa nula.

■ 2. Fermi y los muchachos de la via Panisperna

Los siguientes capítulos en la historia del neutrino se escribirían en Roma y, más concretamente en la via Panisperna donde se encontraba el Departamento de Física de la Universidad de La Sapienza. La calle tomaba su nombre del monasterio de San Lorenzo en Panisperna, que se encuentra en la vecindad.

Bajo la supervisión de Orso Mario Corbino, físico, ministro y senador, que también fue director del Instituto de Física en la Vía Panisperna, se constituyó un grupo de investigadores que había de realizar contribuciones



Algunos de los muchachos de la via Panisperna. Desde la izquierda: D'Agostino, Segrè, Amaldi, Rasetti y Fermi

fundamentales en Física nuclear. Corbino pron-

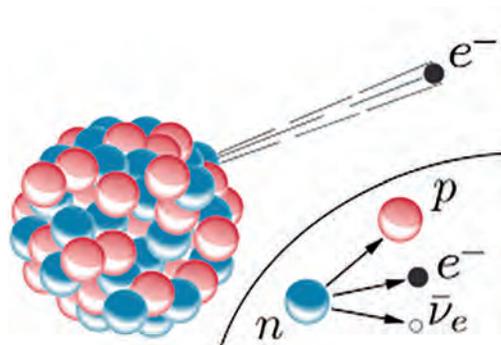
to reconoció las cualidades del joven físico Enrico Fermi instituyendo para él la primera Cátedra de Física Teórica en Italia. Desde 1929, Fermi y Corbino se dedicaron a la transformación de este pequeño instituto de Física en un centro de investigación moderno. Además de Fermi, los otros miembros del grupo eran: Edoardo Amaldi, Oscar D'Agostino, Ettore Majorana, Bruno Pontecorvo, Franco Rasetti y Emilio Segrè. Todos ellos eran físicos, a excepción de D'Agostino, que era químico.

La primera versión de su laboratorio de investigación estuvo especialmente dedicada a la espectroscopia atómica y molecular, pero posteriormente, se centraron en los estudios experimentales del núcleo atómico. Entre sus líneas de investigación estuvo el bombardeo de varias sustancias con neutrones, que obtenían irradiando berilio con partículas alfa emitidas por radón, un gas fuertemente radiactivo.

Pero aquí nos interesan más las contribuciones teóricas referidas a los neutrinos que fueron realizadas entre 1933 y 1934 por tres personajes singulares de este grupo: Fermi, Pontecorvo y Majorana.

2.1. Fermi y la desintegración beta

Fermi partió del postulado de Pauli para elaborar una teoría de la desintegración beta en la que un neutrón se transformaba en un protón con la consiguiente emisión del electrón y el neutrino. La emisión del electrón era precisa para conservar la carga, mientras que la emisión del neutrino era necesaria para conservar el momento angular y la energía. Ya se sabía en la época que un neutrón tiene



Desintegración beta

espín $\frac{1}{2}$ y que, por tanto, solo puede transformarse en un número impar de partículas de espín semientero. De aquí se deducía que el neutrino también debía ser un fermión (nombre que se dio a las partículas de espín semientero).

De manera análoga, Fermi encontró una explicación simple para el proceso β^+ que acababa de ser des-

cubierto por el matrimonio Joliot-Curie y que consistía en la emisión radiactiva de positrones. Según Fermi, ello se debía a la transformación de un protón en un neutrón, un positrón y un neutrino.

Naturalmente en los procesos radiactivos β y β^+ , la transformación de un neutrón en protón (o viceversa) en el núcleo atómico conlleva la transmutación del elemento original en un nuevo elemento químico. Además, la razón por la cual tenían lugar estos procesos se encontraba en la búsqueda del estado físico de mayor estabilidad. Los cálculos de Fermi reproducían con precisión el espectro continuo de la desintegración beta, pero aún persistía en muchos físicos cierto escepticismo en torno al neutrino. Como ejemplo de este escepticismo citemos que la prestigiosa revista *Nature* rechazó el artículo de Fermi '*Teoría tentativa de los rayos beta*' por "considerar que contenía especulaciones demasiado alejadas de la realidad", una decisión que, cincuenta años más tarde, fue considerada por la propia revista como uno de los mayores errores de su historia.

Fermi es sin duda uno de los físicos más sobresalientes del siglo XX. En 1938 recibió el Nobel de Física "*por sus demostraciones sobre la existencia de nuevos elementos radiactivos producidos por procesos de irradiación con neutrones y por sus descubrimientos sobre las reacciones nucleares debidas a los neutrones lentos*". Tras recibir el Premio en Estocolmo, emigró a Nueva York junto con su esposa Laura y sus hijos. Su emigración fue consecuencia de las leyes antisemitas promulgadas por Mussolini, que representaban una amenaza para Laura, judía. Apenas desembarcó en Nueva York, Fermi comenzó a trabajar en la Universidad de Columbia.



Enrico Fermi

Fermi lideró la construcción de la primera pila nuclear logrando, en diciembre de 1942, la primera reacción en cadena controlada de fisión nuclear, en la Universidad de Chicago. Durante el resto de la Segunda Guerra Mundial participó en el desarrollo de la bomba atómica en los laboratorios de Los Álamos, Nuevo México, en el marco del Proyecto Manhattan. Con posterioridad se opuso al desarrollo de

la bomba de hidrógeno por razones éticas. En 1946 fue nombrado profesor de Física y director del Instituto de Estudios Nucleares de la Universidad de Chicago. Murió a los 53 años en su casa de Chicago a causa de un cáncer de estómago, y fue enterrado en el cementerio Oak Woods.

2.2. Bruno Pontecorvo: un genio entre la Física y el espionaje

Detengámonos ahora en un personaje de la historia de los neutrinos que más bien parece extraído de una novela de espías: Bruno Pontecorvo (1913-1993). Nacido en Marina di Pisa, en el seno de una familia judía, pronto destacó en los estudios de ciencias y con tan solo 18 años fue admitido en el tercer año de Físicas en la Universidad de Roma La Sapienza. Allí pronto llegó a ser uno de los asistentes más cercanos (y el más joven) de Fermi y uno de los más brillantes de los muchachos de la via Panisperna. Fermi se referió a él como “uno de los hombres más brillantes científicamente de los que yo he estado en contacto a lo largo de mi carrera”.



Bruno Pontecorvo

En 1936 Pontecorvo se trasladó a París para trabajar en el laboratorio de Irène y Frédéric Joliot-Curie sobre los efectos de las colisiones de los neutrones con protones. Fue posiblemente durante este periodo cuando fue influido profundamente por las ideas del socialismo a las que permaneció fiel durante el resto de su vida. También en París, en 1938, estableció una relación con Marianne Nordblom, una joven sueca estudiante de literatura francesa con quien tuvo su primer hijo en ese mismo año.

Debido a las leyes raciales impuestas en Italia por el régimen fascista, Pontecorvo no pudo regresar a su país, y cuando los nazis entraron en París, voló con su familia a España desde donde se trasladó a Tulsa, Oklahoma (EE.UU.), donde había encontrado trabajo en una compañía de petróleo. A pesar de sus conocimientos en física nuclear y de su cercanía a Fermi, y posiblemente debido a sus sospechosas simpatías con los comunistas, Pontecorvo no fue solicitado para participar en el Proyecto Manhattan mediante el que EE.UU. se puso a construir una

bomba atómica. Sin embargo, en 1943 le ofrecieron un puesto en el Laboratorio Montreal de Canadá, donde trabajó en el diseño del reactor y en diferentes temas relacionados con los neutrinos. Tras recibir la nacionalidad británica en 1948, fue invitado por John Cockcroft para trabajar en el proyecto británico de bomba atómica en el Atomic Energy Research Establishment (AERE, o coloquialmente 'Harwell', por encontrarse cerca de esta localidad en Oxfordshire), y en 1950 ganó la cátedra de Física en la Universidad de Liverpool, a la que debía incorporarse el 1 de enero de 1951.

Sin embargo, el 31 de agosto de 1950, mientras se encontraba de vacaciones en Italia, Bruno Pontecorvo, su esposa y sus tres hijos desaparecieron sin dejar rastro. Se supo después que la familia había volado a Estocolmo sin informar a ningún familiar ni amigo. Y que al día siguiente de su llegada a Suecia, la familia había sido ayudada por agentes soviéticos para entrar en la Unión Soviética desde Finlandia.

La repentina desaparición de Pontecorvo preocupó mucho a los servicios de inteligencia británicos y estadounidenses pues se temían que el físico italiano podría pasar información atómica secreta a la Unión Soviética, quizás de manera similar a como había hecho recientemente el físico atómico germano-británico Klaus Fuchs. Sin embargo, Pontecorvo había tenido poco acceso a información reservada y, de hecho, nunca se le acusó de espionaje.

Un libro reciente escrito por el físico Frank Close sostiene que Pontecorvo estaba siendo investigado por el FBI en el momento en que decidió atravesar el telón de acero. Según Close, el famoso agente doble Kim Philby (quien en principio era un alto miembro del servicio secreto británico), al enterarse de las investigaciones del FBI, puso al tanto a los rusos que inmediatamente informaron a Pontecorvo y le ayudaron a escapar. Philby, que era miembro del grupo de espías conocido como 'los 5 de Cambridge' también desertó a la Unión Soviética en 1963.



Bruno Pontecorvo en Moscú en los años 1950

En la Unión Soviética Pontecorvo fue acogido con todos los honores y recibió muchos privilegios de los reservados a la nomenclatura. Allí cambió su nombre por el de Bruno Maksimovich Pontekorvo, y allí trabajó hasta su muerte, en lo que hoy es el Instituto Conjunto de Investigación Nuclear de Dubna (a unos 125 kilómetros de Moscú), continuando sus estudios sobre los neutrinos y sobre partículas de altas energías. Recibió el Premio Stalin en 1953, ingresó en la Academia Soviética de Ciencias en 1958 y fue distinguido con dos órdenes de Lenin. Hasta 1978, año en que viajó a Italia, no salió de la Unión Soviética.

Murió en Dubna en 1993 sufriendo la enfermedad de Parkinson y, de acuerdo con sus últimas voluntades, la mitad de sus cenizas están enterradas en Dubna y la otra mitad en el Cementerio Protestante de Roma. En 1995, el Instituto Conjunto de Investigación Nuclear de Dubna instituyó el prestigioso Premio Pontecorvo para reconocer 'las investigaciones más significativas en Física de partículas elementales'.

2.3. El misterio de Ettore Majorana

Otro personaje peculiar que jugó un papel importante en el estudio de los neutrinos fue Ettore Majorana que nació en Catania en 1906 y desapareció misteriosamente en el Mar Tirreno, en el curso de un viaje de Palermo a Nápoles el 28 de marzo de 1938.



Ettore Majorana

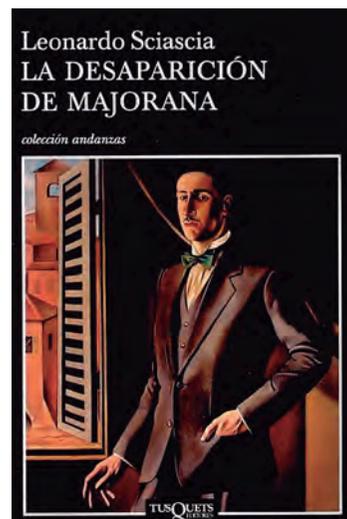
Era el menor de cinco hermanos nacidos en el seno de una familia acomodada y de buena tradición cultural y científica: su padre también era físico y entre sus tíos se contaban juristas, estadistas y diputados. Religioso, fue alumno en el colegio jesuita Massimo de Roma. También en Roma cursó la carrera de ingeniería hasta el penúltimo curso cuando, aconsejado por su amigo Emilio Segrè y tras una entrevista con Enrico Fermi, a principios de 1928, se pasó a la Física para formar parte de los muchachos de la via Panisperna. En 1933 consiguió una beca y viajó a Alemania donde conoció a Heisenberg, con quien trabó una buena amistad, y a Dinamarca donde se encontró con Bohr.

En el momento de su desaparición, a los 31 años de edad, Majorana ya era profesor titular de la Universidad de Nápoles (había obtenido el puesto 3 años antes). Tímido e introvertido, había quien le consideraba un neurótico. Huía de las demostraciones de talento que le rodeaban y a menudo ocultaba brillantes ideas físicas al resto. Se dice que los cuatro años anteriores a su desaparición salía poco de casa, aquejado de ‘agotamiento nervioso’. Según su hermana, Ettore solía decir que los físicos “van por mal camino”, y hay quien relaciona estas manifestaciones con la liberación inminente del poder de la energía atómica.

Alguna vez, su maestro Enrico Fermi comentó que Majorana carecía de sentido común ya que no parecía capaz de solucionar sus conflictos personales. Pero el mismo Fermi llegó a compararlo con Galileo y Newton. En su “Recordatorio de Ettore Majorana”, Edoardo Amaldi escribió: *“Las personas cercanas a él habían terminado de comprender que tanta severidad no era otra cosa que la manifestación de un espíritu insatisfecho y atormentado... Bajo un aparente aislamiento del prójimo, no solo de hechos sino también de sentimientos, se escondía una viva sensibilidad...”*.

El gran escritor Leonardo Sciascia, en ‘La desaparición de Majorana’ de 1975 (Barcelona, Tusquets, 2007), hizo una reconstrucción bien documentada sobre los enigmas de la misteriosa desaparición del joven físico. Recordó su trayectoria familiar, sus relaciones con Fermi y con Heisenberg, su extraño comportamiento con los colegas, su inteligencia huraña, la conciencia de su valía.

No está claro que su carácter fuese un factor determinante en su desaparición, sobre la que se consideran hoy tres hipótesis principales: suicidio, ingreso en un convento, o huída a Sudamérica. En cualquier caso es un hecho que fue premeditada, ya que escribió una carta a Carrelli, director del Instituto de Física de Nápoles, y otra a su familia, que podrían interpretarse como un aviso de suicidio: *“Sólo os pido una cosa: no vistáis de negro, y, si es por seguir la costumbre, poneos solo alguna señal de luto, pero no más de tres días. Luego, si podéis, recordadme con vuestro corazón y perdonadme”*. Pero, en contra de la hipótesis del suicidio puede decirse que días antes retiró del banco



El libro de Sciascia sobre Majorana

el importe de las pagas de los meses de octubre a febrero que había dejado acumularse y, es más, a principios de año le había pedido a su madre que le enviara todo su dinero. Las hipótesis del monasterio y de Sudamérica se basan en diversos testimonios más o menos fiables y vagos, ninguno concluyente.

En 1937, el año anterior al de su desaparición, Majorana propuso que podría haber fermiones que fuesen sus propias antipartículas. Durante un tiempo se especuló si el neutrino podría ser, o no, un ‘fermión de Majorana’ (como ha pasado a denominarse este tipo de partículas).

■ 3. El descubrimiento experimental del neutrino

Las contribuciones de Pontecorvo al estudio de los neutrinos fueron absolutamente decisivas. En 1946 publicó su primer trabajo en el que argumentaba que la observación del neutrino era posible y ofrecía un método para llevarla a cabo. Para ello se precisaba una fuente abundante, de miles de millones de neutrinos, lo que posibilitaría que alguno de ellos pudiese ser detectado. Esta fuente de neutrinos parecía difícil de encontrarse en la naturaleza, pero podía ser imaginada gracias al desarrollo de las bombas y reactores nucleares. Para la detección del neutrino, Pontecorvo recurría a la teoría de Fermi según la cual un neutrino al interactuar con un núcleo daba lugar a un electrón. Lo que sucedía, además, era que un neutrón del núcleo se transformaba en un protón, cambiando así su naturaleza química. Detectar los electrones emergentes resultaba extremadamente difícil, pero detectar esta transmutación química era algo mucho más factible.

Pontecorvo propuso utilizar cloro como detector. El neutrino al reaccionar con un átomo de cloro debía producir argón, un gas inerte y radiactivo, con un periodo de desintegración de 35 días, lo que facilitaba su detección. Si se hacían incidir los miles de millones de neutrinos procedentes de un reactor nuclear sobre un gran tanque de cloro, era altamente posible que se produjese algo de argón. La detección de argón implicaría sin ambigüedad la presencia del neutrino.

La vida de Pontecorvo se complicó en los años siguientes y no pudo llevar a cabo por sí mismo el experimento que había propuesto, pero el físico estadounidense Raymond Davis (1914-2006) que hacia 1948 había comenzado a trabajar en el Laboratorio Nacional de Brookhaven (Nueva York) retomó la idea. Junto al pequeño reactor de este laboratorio instaló un tanque con 4.000 litros de tetra-

cloruro de carbono, pero al analizar la cantidad de argón producido llegó a la conclusión de que esta cantidad era independiente de que el reactor estuviese encendido o apagado, por lo que concluyó que este argón era generado por efecto de los rayos cósmicos.

Davis estaba convencido de la validez de sus ideas y de las de Pontecorvo, por lo que perseveró en ellas y mejoró las condiciones del experimento utilizando un reactor más potente en Savannah River (Carolina del Sur) y un detector enterrado a varios metros de profundidad para apantallarlo de la radiación cósmica. Sin embargo, tampoco en este caso obtuvo resultados positivos. Davis no podía imaginar entonces que estos experimentos no podían tener éxito porque las partículas que se producían en sus reactores no eran realmente neutrinos, sino antineutrinos. Y las leyes de conservación de las partículas elementales impedían que tales antineutrinos transformasen el cloro en argón.

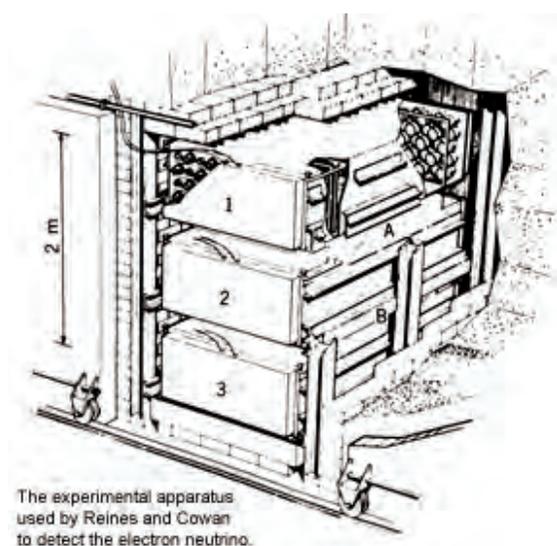


Reines y Cowan contralando su experimento en Handford en 1953

En 1945 explota la primera bomba atómica. A pesar del horror que a todos nos inspira, para los físicos una explosión de estas características suponía una fuente suficientemente intensa como para llegar a detectar los escurridizos neutrinos. Frederick Reines, en Los Alamos, discutió con Enrico Fermi en 1951 sobre su proyecto de situar un detector de neutrinos cerca de una bomba atómica. Pero en 1952, entró en contacto con el físico Clyde Cowan y finalmente acordaron usar una fuente más pacífica de neutrinos: la planta nuclear de Hanford, en Washington.

El detector se construyó rápidamente bajo la dirección de Reines y Cowan, y el experimento fue llevado a cabo en la primavera de 1953, haciéndose públicos sus resultados durante el verano del mismo año. Pero tampoco en esta ocasión el experimento fue determinante.

Reines y Cowan realizan de nuevo el experimento en 1956, más cuidadosamente y esta vez cerca de la planta nuclear de Savannah River, Carolina del Sur, la misma que había utilizado Davis. En este nuevo experimento utilizaron un blanco de 400 litros de una mezcla de agua y cloruro de cadmio. El antineutrino que emerge del reactor nuclear interacciona con un protón del blanco, dando lugar a un positrón y un neutrón. El positrón se aniquila con un electrón del material produciendo simultáneos fotones, mientras que el neutrón marcha lentamente hasta que es capturado finalmente por un núcleo de cadmio, implicando la emisión de fotones unos 15 microsegundos después de la aniquilación del par positrón-electrón. Las mejoras realizadas respecto del experimento de 1953, especialmente la disminución de la señal de *background* (ruido de fondo) les proporcionan la evidencia que andaban buscando. Su señal era claramente visible en el detector. Todos los fotones eran detectados y los quince microsegundos, medidos exactamente, identificaban la existencia real del (anti)neutrino más allá de toda duda. El neutrino estaba ahí.



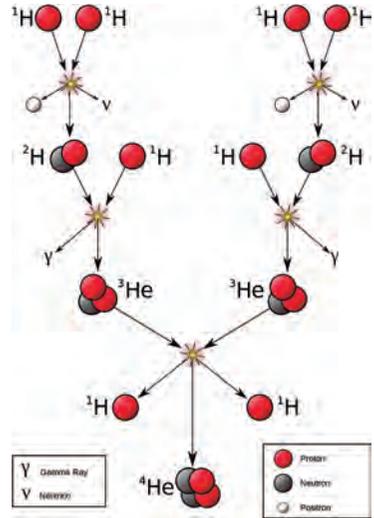
Esquema del experimento de Cowan y Rives para detectar el neutrino por vez primera

De esta manera, veinticinco años tras la predicción de Pauli, Reines y Cowan detectaron por vez primera un miembro de la familia de los neutrinos. El 14 de junio de 1956 enviaron un telegrama a Pauli en el que escribían “*Estamos encantados de informarle de que hemos detectado los neutrinos definitivamente*”. Reines fue premiado con el Nobel de Física en 1965, mientras que Cowan no pudo disfrutar de la recompensa por haber fallecido antes (el Nobel no se otorga a título póstumo).

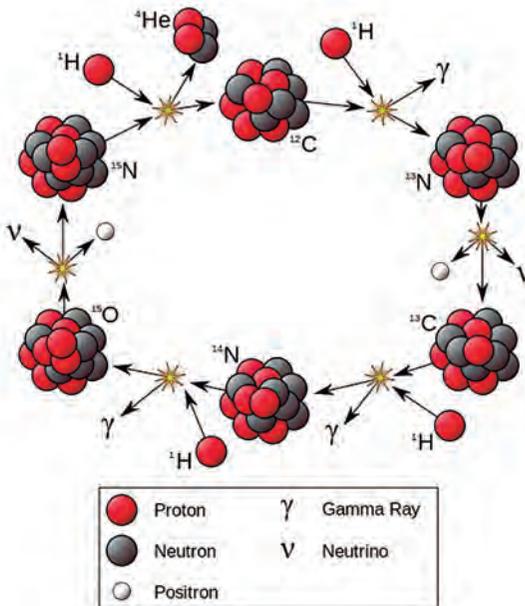
■ 4. La detección de los neutrinos solares

En 1920 Arthur Eddington (1882-1944) se convenció de que el secreto que proporcionaba al Sol su energía se encontraba en el defecto de masa que resultaba en la fusión de cuatro núcleos de hidrógeno para producir uno de helio. Esta pequeña diferencia de masa podía convertirse en energía gracias al principio de equivalencia masa-energía de Einstein que ya se había expresado mediante la ecuación más famosa de la historia de la Física: $E=mc^2$.

Aunque estas ideas eran correctas en términos generales, aún tuvieron que pasar veinte años para que el joven físico germano-americano Hans Bethe describiese de manera específica los procesos de fisión nuclear que tienen lugar en el interior de las estrellas y que son la fuente de toda su energía. En su artículo de 1939 'La producción de energía en las estrellas' Bethe describió los dos procesos fundamentales de producción de helio: el ciclo carbón-nitrógeno-oxígeno (CNO), que necesita una temperatura de 17 millones de grados para ser efectivo, y la cadena protón-protón (pp).



La cadena pp



El ciclo CNO de producción de energía nuclear en estrellas masivas

La temperatura del interior solar no alcanza el valor umbral para desencadenar el ciclo CNO, pero sí es suficiente para generar energía mediante la cadena pp. El resultado neto de esta cadena es la producción de un

La temperatura del interior solar no alcanza el valor umbral para desencadenar el ciclo CNO, pero sí es suficiente para generar energía mediante la cadena pp. El resultado neto de esta cadena es la producción de un

átomo de helio-4 a partir de 4 protones generando, a manera de subproductos, positrones, fotones y neutrinos. Los positrones se aniquilan rápidamente con electrones del plasma solar produciendo más fotones. Todos estos fotones, en su viaje desde el centro del Sol, sufren múltiples absorciones y reemisiones, lo que hace que su energía vaya disminuyendo hasta alcanzar la superficie solar, donde emergen, tras 200.000 años de viaje, como luz visible. Sin embargo, los neutrinos, que no interactúan con la materia que encuentran a su paso, alcanzan la superficie solar en tan solo un par de segundos.

Fue nuevamente Ray Davis quien, utilizando el mismo tanque de cloro con el que unos años antes había intentado detectar los neutrinos procedentes de un reactor nuclear, se dispuso ahora a atrapar los neutrinos producidos en el centro del Sol. Sin embargo sus primeros experimentos fracasaron. Ello era debido a que los neutrinos producidos en la cadena pp no eran suficientemente energéticos como para inducir la transformación del cloro en argón (los producidos en el ciclo CNO sí que lo eran, pero este ciclo solo es importante en estrellas más masivas que el Sol).

En 1958, Bethe descubrió varios procesos para producir helio-4 que eran alternativos a la cadena pp canónica. Un núcleo de helio-3 podía fusionarse con uno de helio-4 para producir dos de helio-4, pasando por el intermedio de berilio-7 y litio-7 (cadena ppII); y uno de berilio-7 también podía producir 2 núcleos de helio-4 mediante la producción de boro-8 y berilio-8 en los pasos intermedios (cadena ppIII). Según Bethe, estos nuevos procesos sí que producían neutrinos con energías suficientes como para activar el tanque de Davis, pero faltaba calcular con precisión el número de neutrinos que se producían mediante estos procesos.



Davis y Bahcall junto al tanque de cloro en Homestake, Dakota del Sur, en 1967

Tales cálculos los realizó con sumo cuidado, teniendo en cuenta las condiciones físicas del centro del Sol, el astrofísico teórico John Bahcall (1934-2005). La asociación del tenaz físico experimental Ray Davis con este teórico habría de llevar al descubrimiento de los neutrinos solares. Juntos idearon el Experimento Homestake que, siguiendo los requerimientos de los

cálculos de Bahcall, consistió en la instalación de un enorme tanque de 400.000 litros de cloro a 1600 metros de profundidad en una mina en Dakota del Sur. De los 66.000 millones de neutrinos que atraviesan cada centímetro cuadrado de la Tierra por segundo, Bahcall estimó que este equipo experimental sería capaz de detectar 10 neutrinos por semana.

En 1968 Davis anunció las primeras detecciones de neutrinos solares. Estaban claramente ahí, pero el número que se obtenía era tan sólo un tercio del número que había calculado Bahcall. Durante los años siguientes, Bahcall se esforzó por afinar sus cálculos y Davis por perfeccionar el montaje experimental, pero a principios de los años 1970, a pesar de los cálculos más precisos y del experimento mejorado, las nuevas medidas confirmaron que la discrepancia persistía.

Davis y Bahcall siguieron diseñando nuevos experimentos tratando de detectar los neutrinos solares menos energéticos, los asociados a la cadena pp, y pronto se dieron cuenta de que el material idóneo para su detección (que debía reemplazar al cloro) era el galio. Sin embargo, el galio era mucho más costoso y los detectores de galio no pudieron desarrollarse hasta la década de 1990, cuando el proyecto europeo GALLEX se instaló en el Laboratorio Nacional del Gran Sasso (Italia central) y estuvo funcionando desde 1991 hasta 2003, mientras que el proyecto soviético-norteamericano SAGE se instaló en el Cáucaso para funcionar desde 1990 hasta 2007. Pero la discrepancia que se vino en llamar ‘el problema de los neutrinos solares’ persistió casi hasta el fin del milenio.

■ 5. La múltiple personalidad del neutrino

La clave a la solución al problema de los neutrinos solares (el hecho de que tan solo se detectase un tercio de los predichos teóricamente) la había avanzado Bruno Pontecorvo en 1959. En un artículo publicado en la Revista Soviética de Física, que pasó desapercibido hasta que se tradujo al inglés un año más tarde, Pontecorvo había propuesto que los neutrinos podían aparecer en distintas clases, de acuerdo con una nueva propiedad a la que denominó ‘sabor’. En concreto, podían existir neutrinos electrónicos (los asociados con procesos en los que intervenía el electrón) y neutrinos muónicos (los asociados con el muon). Esta hipótesis significaba que el neutrino guardaba memoria de su origen. Si un neutrino había surgido junto a un electrón, en posteriores interacciones con la materia solo podía dar lugar a electrones (nunca muones).



Existen neutrinos de tres ‘sabores’: electrónicos, muónicos y tauónicos

Pontecorvo propuso en su artículo un experimento para demostrar la validez de su teoría. Tal experimento lo llevaron a cabo los físicos L. Lederman, M. Schwartz y J. Steinberger con un nuevo acelerador que acababa de construirse en Brookhaven en 1960. Un haz de protones acelerados con 15 GeV de energía incidían sobre núcleos de berilio produciéndose así una enorme cantidad de piones que se desintegraban en muones y neutrinos. Se observó que todos estos neutrinos al incidir sobre una gran

masa (10 toneladas) de aluminio solo producían muones, lo que confirmó que todos los neutrinos producidos tenían el sabor muónico. Ventiocho años después, en 1988, Lederman, Schwartz y Steinberger recibieron el premio Nobel por este logro experimental.

Sabemos hoy que existen neutrinos con tres sabores: electrónicos ν_e , muónicos ν_μ y tauónicos ν_τ , que se corresponden con los otros tres tipos de leptones: el electrón, el muón y el tau.

■ 6. El Modelo Estándar

La existencia de tres tipos de neutrinos juega un papel clave completando la familia de 12 partículas de la materia, que son un ingrediente fundamental del modelo más ampliamente aceptado para la explicación de la constitución de la materia y de la energía: el denominado ‘Modelo Estándar’.

En efecto, a falta de una teoría del todo que reduzca el comportamiento de la materia y de la energía a unos pocos principios muy básicos, el Modelo Estándar es la teoría considerada hoy más completa y aceptada que cumple con tal cometido aunque considere un conjunto de leyes no bien unificadas. El Modelo Estándar está compuesto de la teoría electrodébil y la cromodinámica cuántica. La primera,

describe las interacciones electromagnética y débil en un conjunto de ecuaciones unificado, mientras que la cromodinámica describe el comportamiento de los quarks. El aparato matemático mediante el que se expresa el Modelo Estándar ha venido a denominarse ‘teoría cuántica de campos’.

Para simplificar, podemos dividir los conceptos principales del Modelo Estándar en tres partes: (i) partículas de materia, (ii) partículas mediadoras de las interacciones y (iii) bosón de Higgs.

6.1. Partículas de materia

La materia está constituida por 12 partículas fundamentales, todas ellas fermiones de espín $\frac{1}{2}$. Estas partículas son 6 leptones y 6 quarks. Los fermiones siguen el principio de exclusión de Pauli: no puede haber dos partículas iguales con un estado igual de espín. Esto es lo que confiere a la materia su característica impenetrabilidad.

Los 6 leptones son tres de tipo ‘down’: el electrón, el muón y el tau y tres de tipo ‘up’: los tres tipos de neutrinos: electrónicos ν_e , muónicos ν_μ y tauónicos ν_τ , cada uno de ellos asociado con uno de los tres primeros leptones.

Tres generaciones de la materia (fermiones)

	I	II	III	
masa --	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
carga --	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
espín --	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
nombre --	u arriba	c encanto	t cima	Y fotón
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Quarks	d abajo	s extraño	b fondo	g gluón
	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	ν_e neutrino electrónico	ν_μ neutrino muónico	ν_τ neutrino tauónico	Z⁰ bosón Z
Leptones	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV
	-1	-1	-1	± 1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	e electrón	μ muón	τ tauón	W[±] bosón W

Bosones de gauge

Partículas elementales del Modelo Estándar

Los 6 quarks fundamentales también se pueden agrupar en dos tríos: uno de tipo ‘up’: *up*, *top* y *charm*; y tres de tipo ‘down’: *down*, *bottom* y *strange*; es decir: arriba, culmen y encanto; y abajo, fondo y extraño.

Cada una de estas partículas tiene algunas propiedades bien definidas y que resultan de los principios generales del Modelo Estándar: los leptones de tipo down tienen carga electromagnética -1 , mientras que los de tipo ‘up’ (los tres

tipos de neutrinos) tienen carga electromagnética 0. Los quarks tipo up (up, top o charm) llevan una carga eléctrica de $+2/3$, y los tipo down (down, strange y bottom) llevan una carga eléctrica de $-1/3$.

De manera similar a como la interacción electromagnética se describe con la ayuda de la carga eléctrica, la interacción fuerte entre los quarks se describe mediante tres cargas de color, que son denominadas, por simple conveniencia, roja, verde y azul. Los leptones no tienen carga de color y no están sometidos a la interacción fuerte.

Leptones y quarks están sometidos a la interacción nuclear débil, que se describe mediante varias cargas de 'sabor', incluyendo al isospín débil, que es la más conocida.

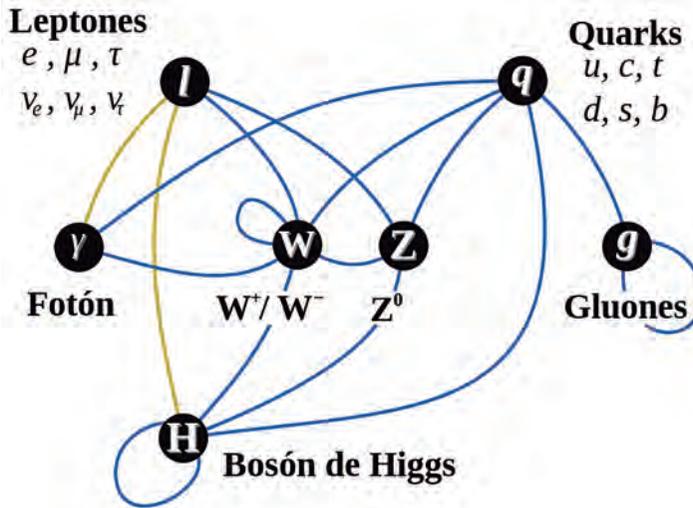
Estas 12 partículas elementales, en cada grupo, también pueden agruparse por parejas o 'familias'. Por ejemplo: cada quark tipo up con su correspondiente quark tipo down, y cada leptón tipo down con su neutrino correspondiente. Las diferencias entre los dos miembros de cada una de estas 6 familias son la masa, la carga y el sabor.

Un problema inicial de este Modelo Estándar es que las masas de las partículas no surgen de manera natural de las ecuaciones fundamentales y debía ser introducida 'ad hoc'. Esta deficiencia fue resuelta mediante la inclusión en la teoría de un hipotético campo de Higgs.

6.2. Partículas mediadoras de las interacciones

Todas las partículas elementales están sometidas a interacciones: gravitatoria, electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil. En el Modelo Estándar estas interacciones suceden mediante el intercambio de otras partículas que son denominadas 'mediadoras'. Al igual que las partículas elementales de la materia, las partículas mediadoras también poseen espín, pero todas éstas tienen espín entero, por lo que son denominadas bosones (en contraste con los fermiones que están definidos por un espín fraccionario). Los bosones son los siguientes:

El fotón: mediador de la interacción electromagnética. No posee masa. Su interacción con la materia está descrita mediante la electrodinámica cuántica.



Interacciones entre partículas elementales

Los bosones de gauge W^+ , W^- , y Z^0 .- median las interacciones nucleares débiles (entre quarks y leptones). Son masivos, con el Z^0 más masivo que W^+ y W^- . Además, W^+ y W^- llevan una carga eléctrica de $+1$ y -1 y participan en las interacciones electromagnéticas, mientras que Z^0 es eléctricamente neutro. Estos tres bosones gauge junto con los fotones median colectivamente las interacciones electrodébiles.

Ocho gluones: median las interacciones nucleares fuertes entre las partículas cargadas con color (los quarks). Los gluones no tienen masa. La multiplicidad de los gluones se etiqueta por las combinaciones del color y de una carga de anti-color. Como el gluon tiene una carga efectiva de color, pueden interactuar entre sí mismos. Los gluones y sus interacciones se describen mediante la teoría de la cromodinámica cuántica.

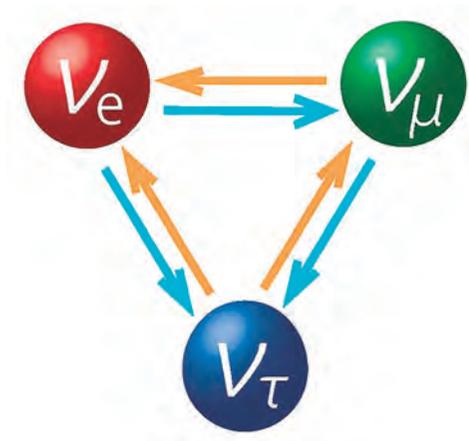
Cada interacción va asociada con una ley de conservación de carga y cada ley de conservación de la física siempre lleva asociada una invariancia de la ley respecto de transformaciones de simetría gauge por grupos de Lie. Las interacciones electromagnética, débil y fuerte, van asociados a los grupos de Lie $U(1)$, $SU(2)$ y $SU(3)$, respectivamente.

Las propiedades de las tres interacciones quedan resumidas en la siguiente tabla.

Interacción	Grupo gauge	Bosón mediador	Símbolo	Fuerza relativa
Electromagnética	U(1)	fotón	γ	$a_{em} = 1/137$
Débil	SU(2)	bosones intermedios	W^\pm, Z^0	$a_{weak} = 1,02 \cdot 10^{-5}$
Fuerte	SU(3)	gluones (8 tipos)	g	$a_s(M_2) = 0,121$

■ 7. Las metamorfosis del neutrino

Tras este inciso sobre el encaje de los tres tipos de neutrinos en el Modelo Estándar, volvamos a Pontecorvo. Poco después de que, en 1960, se demostrase la existencia de los diferentes sabores de neutrinos, el genial físico italo-soviético especuló con la idea de que los neutrinos pudiesen cambiar de sabor, es decir, pudiesen transformarse de un tipo en otro. El problema de los neutrinos solares todavía no se había planteado y la idea de Pontecorvo era un mero ejercicio académico.



Los tres tipos de neutrinos pueden cambiar su 'sabor'

Pero cuando, en 1968, Davis y Bahcall hicieron patente las discrepancias de las medidas de los neutrinos solares, Pontecorvo regresó a su idea y publicó en 1969 (junto a Vladímir Gribov) un artículo en el que demostraba que la transformación de sabores de los neutrinos estaba permitida por la mecánica cuántica, lo que podía ofrecer una solución al desconcertante problema de los neutrinos solares perdidos. En efecto, el déficit podría explicarse si los neutrinos electrónicos producidos en el Sol cambiaban de personalidad en su viaje desde el astro rey a la Tierra y nuestro detector en tierra tan solo detectaba un sabor, dejando sin medir los otros dos.

Esta propuesta de Pontecorvo fue muy discutida por los físicos teóricos de la época. Algunos de ellos consideraban excesiva la desaparición de los dos tercios de neutrinos y muchos se resistían por la falta de acuerdo con el Modelo Estándar. En efecto, en el Modelo Estándar el neutrino tiene sabor inalterable y masa nula,

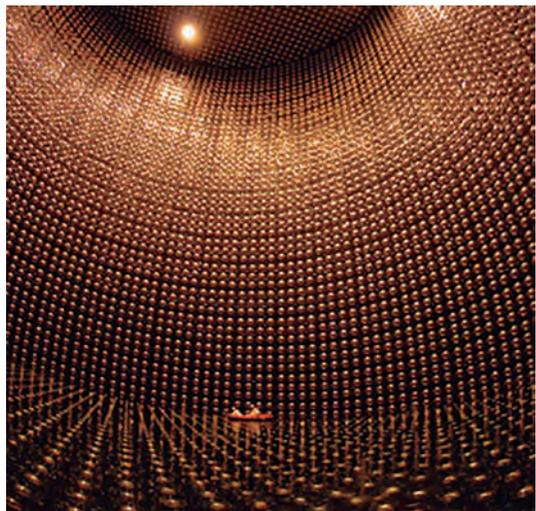
pero según Pontecorvo, cada neutrino de sabor bien definido podía representarse por una onda que era superposición de estados de masa diferente, lo que llevaba implícito que los neutrinos tengan masas no nulas. Durante la propagación de los neutrinos aparecen fenómenos de interferencias que modifican la probabilidad de detectarlo con un sabor u otro. Esta probabilidad de detectar uno u otro sabor oscila durante el viaje del neutrino y es por ello que el fenómeno se conoce como ‘oscilaciones de neutrinos’.

La detección experimental de las oscilaciones de los neutrinos no pudo ser llevada a cabo hasta finales del siglo XX, cuando estuvieron operativos dos grandes observatorios construidos expresamente para el estudio de estas escurridizas partículas: Super-Kamiokande en Japón y el Observatorio de Neutrinos de Sudbury en Canadá.

7.1. Super-Kamiokande

Este observatorio fue diseñado para estudiar tanto los neutrinos solares y atmosféricos, y para detectar el decaimiento de protones y neutrinos provenientes de supernovas en nuestra galaxia. Su diseño actual data de 1996 y es la extensión de proyectos previos menos ambiciosos. El observatorio está localizado a 1.000 m bajo tierra en la mina de Mozumi, en la ciudad de Hida (antiguamente conocida como Kamioka), en Gifu, Japón. El detector es un tanque de 50.000 toneladas de agua pura rodeado por cerca de 11.000 tubos fotomultiplicadores. La estructura cilíndrica tiene 40 m de alto y 40 m de ancho.

La interacción de un neutrino con los electrones o los núcleos de agua puede producir una partícula que se mueve más rápida que la velocidad de la luz en el agua (aunque, claro está, más lentamente que la velocidad de la luz en el vacío). Esto crea un cono de luz a causa de la radiación de Cherenkov, el equivalente óptico



El observatorio de neutrinos Super Kamiokande

de una onda de choque. El patrón característico de este destello provee información sobre la dirección y, en el caso de los neutrinos atmosféricos, la clase de neutrino que llega. La diferencia en el tiempo que se experimenta entre la llegada a la pared del detector de la parte superior del cono y la inferior puede usarse para calcular la dirección en la que se aproxima la partícula; cuanto más grande sea la diferencia, mayor será el ángulo de la horizontal de la trayectoria de la partícula. El tipo de partícula puede inferirse dependiendo de la nitidez del borde del cono. Un muón penetra fácilmente, pues raramente interactúa con el agua, por lo que produce un cono bien definido. Sin embargo, un electrón regularmente interactuará, causando lluvias de partículas adicionales y, por ello, se detectará un cono más borroso.

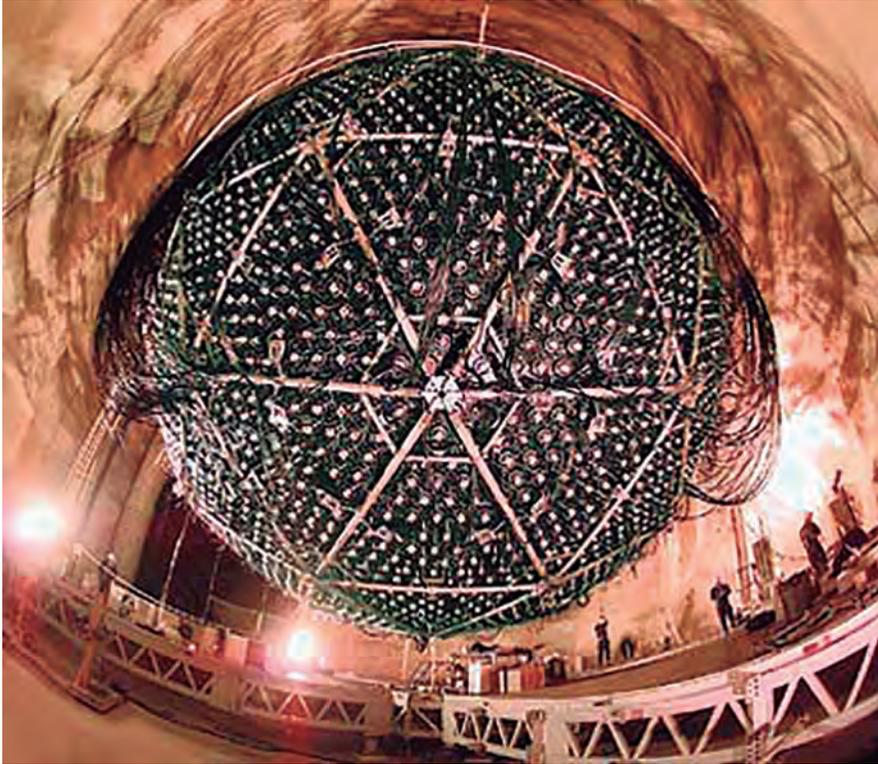
El 12 de noviembre de 2001, varios miles de tubos fotomultiplicadores del detector Super-Kamiokande implosionaron en una aparente reacción en cadena (las ondas de presión de cada tubo que implosionaba fueron destruyendo los tubos contiguos). El detector fue reparado después, redistribuyendo el resto de los tubos fotomultiplicadores y añadiéndoles un escudo protector de acrílico, con la esperanza de que esto impida otro desperfecto del mismo tipo. Entre julio de 2005 y julio de 2006, se realizaron las preparaciones para restaurar el detector a su forma original, reinstalando unos 6.000 tubos fotomultiplicadores.

Takaaki Kajita, junto a la Colaboración Super-Kamiokande, anunció la primera evidencia de oscilaciones de neutrinos en 1998, consistente con la teoría de Pontecorvo enunciada más arriba de que los neutrinos no tienen masa nula (aun cuando el valor sea muy pequeño).

7.2. El Observatorio de neutrinos de Sudbury

El Observatorio de Neutrinos de Sudbury (en inglés: Sudbury Neutrino Observatory, o SNO) es un observatorio de neutrinos localizado cerca de 2 km bajo el suelo en Sudbury, provincia canadiense de Ontario. El detector está localizado en el fondo de una antigua mina.

El observatorio fue planeado para detectar neutrinos solares a través de su interacción con un gran tanque de agua pesada mediante la técnica del efecto Cherenkov que también utilizaba SuperKamiokande. El detector fue activado en mayo de 1999 y desactivado en 28 de noviembre de 2006. Consistía en un recipiente



El Observatorio de neutrinos de Sudbury

esférico de 12 metros de diámetro que contenía mil toneladas de agua pesada con una pureza isotópica superior al 99,9 %. Este recipiente iba rodeado por una segunda esfera concéntrica en la que se situaban unos diez mil fotomultiplicadores. Finalmente, todo el sistema se entraba sumergido en una cavidad llena de agua ultrapura a unos dos mil metros bajo tierra.

A pesar de no realizar ya más observaciones, científicos de la colaboración SNO continúan aún hoy analizando los datos obtenidos por el detector durante los años que estuvo en funcionamiento. El laboratorio subterráneo fue recientemente ampliado con otros experimentos y el detector en sí está siendo sometido a una reforma para uso en el nuevo experimento SNO+.

Los datos obtenidos por el observatorio durante sus dos primeros años se publicaron por el equipo de investigadores con su director, Arthur B. McDonald a la cabeza, el 18 de junio de 2001. En ellos se demostraban de manera inequívoca

las oscilaciones de los neutrinos, resolviendo así el famoso problema de déficit de los neutrinos solares.

7.3. El Nobel de Física 2015



El neutrino: partícula camaleónica

Los datos obtenidos por el SNO resultaron completamente compatibles con los obtenidos por la colaboración Super-Kamiokande. Las medidas canadienses permitían además calcular tanto el flujo total de neutrinos solares (de los tres tipos) como la proporción correspondiente exclusivamente a los neutrinos electrónicos. Los datos definitivos anunciados en septiembre de 2003 confirmaron, sin lugar a dudas, que los neutrinos electrónicos constituían una tercera parte del total de los neutrinos que llegaban del Sol. Se concluía así con una grandísima fiabilidad que, tal y como había

avanzado Pontecorvo, los neutrinos del Sol oscilan (cambian de un sabor a otro) en su larga trayectoria desde el centro del Sol hasta la Tierra. Tras más de treinta años de dudas y conjeturas, finalmente se probaba que los cálculos de Bahcall, los experimentos de Davis y la explicación tentativa avanzada por Pontecorvo, eran todos correctos.

Es este gran logro científico y tecnológico el que se viene a premiar, en las personas de dos de sus mayores responsables, Takaaki Kajita (Sper-Kamiokande) y Arthur B. McDonald (SNO), y de manera completamente justificada, con el Premio Nobel 2015.

Davis había compartido el Nobel de 2002 con Mastoshi Koshiba y Riccardo Giacconi, por sus contribuciones pioneras en astrofísica. Resulta sin embargo descorazonador que los otros dos grandes físicos protagonistas de esta fascinante

historia, Bahcall por sus cálculos tan detallados, y Pontecorvo por sus visionarias e ingeniosas hipótesis, no hayan podido ser galardonados con el Nobel. Como muy a menudo sucede en la vida, no todos los hallazgos, ni todas las grandes empresas, ni todos los grandes logros reciben sus merecidas recompensas.

■ 8. Conclusiones y Perspectivas

Aunque las oscilaciones de los neutrinos son hoy una realidad que nadie pone en duda, aún quedan muchos interrogantes sobre estas partículas tan ligeras como enigmáticas. En primer lugar, aún no conocemos en detalle las diferencias entre neutrinos y antineutrinos. En segundo lugar, aunque estamos convencidos de sus masas no nulas, las estimaciones actuales de las masas de los neutrinos son muy pobres. Tan solo disponemos de límites superiores: el neutrino electrónico tiene masa menor de 2,2 eV, mientras que para los neutrinos muónicos y tauónicos tan solo disponemos de límites muy burdos: $< 0,17$ MeV y $< 15,5$ MeV, respectivamente.



Edificio del IceCube. El detector de neutrinos se despliega entre 1,4 y 2,4 kilómetros bajo el hielo

En la actualidad existen tres grandes observatorios de neutrinos en funcionamiento: ANTARES (en el mar Mediterráneo), BAIKAL (en el lago Baikal, en Rusia) y IceCube. IceCube está situado en la Antártida y es particularmente impresionante. Su construcción finalizó en el año 2010 y su objetivo principal es detectar neutrinos en el rango de la alta energía, que abarca de 10^{11} hasta cerca de 10^{21} eV. Al igual que su precursor, AMANDA, IceCube despliega en las profundidades del hielo antártico (entre 1.450 y 2.450 metros) millares de fotomultiplicadores. Estos sensores ópticos son desplegados en “cuerdas” de sesenta módulos cada una, dentro de hoyos fundidos en el hielo por medio de un taladro de agua caliente. En 2012 los responsables de IceCube anunciaron la detección de dos neutrinos superenergéticos, de más de 1.000 teraelectronvoltios. Sus descubridores los denominaron Bert y Ernie en honor a los personajes televisivos. Posteriormente han encontrado otros 26 neutrinos de energía superior a los 30 TeV, en lo que es la primera muestra de neutrinos de muy alta energía procedentes de más allá del Sistema Solar.

La medidas de IceCube, junto con la detección de la Supernova 1987A que se realizó con Super-Kamiokande, abren la posibilidad de que los observatorios de neutrinos constituyan una herramienta importante para el estudio del universo y, muy concretamente, de que permitan explorar los procesos astrofísicos más violentos, como los asociados a su propio origen, el Big Bang.

Europa se encuentra ahora planificando la construcción del Telescopio de Neutrinos del Kilómetro Cúbico (KM3NeT) en el fondo del Mediterráneo, con tres enormes detectores que serán emplazados cerca de las costas de Toulon (Francia), Capo Passero (Sicilia, Italia) y Pylos (Peloponeso, Grecia). Situados en hemisferios diferentes, KM3NeT junto con IceCube tendrán una visión completa de la bóveda celeste y formarán un observatorio de neutrinos verdaderamente global, capaz de enfrentarse a los múltiples enigmas que aún nos plantean las partículas más esquivas del universo.

■ 9. Biografías de los premiados

Takaaki Kajita

Takaaki Kajita nació el 9 de marzo de 1959 en Higashimatsuyama, Saitama (Japón). Estudió en la Universidad Saitama graduándose en 1981 y recibió su



Takaaki Kajita

doctorado en 1986 en la Universidad de Tokio. Desde 1988 trabajó en el Instituto para la Investigación de Radiación Cósmica de la Universidad de Tokio, donde llegó a ser profesor asistente en 1992 y profesor en 1999. También en 1992 y profesor en 1999. También en 1999 fue nombrado director del Centro para Neutrinos Cósmicos del Instituto para la Investigación de Rayos Cósmicos (ICRR). Actualmente, en 2016, trabaja en el Instituto de física y matemáticas del universo en Tokio y es director de ICRR.

En 1988, descubrió junto con el equipo del Kamiokande un déficit de neutrinos muónicos en los neutrinos atmosféricos, fenómeno al cual llamaron ‘anomalía de neutrinos atmosféricos’ y en 1998 descubrió las oscilaciones de neutrinos que le han llevado a ganar el Premio Nobel en 2015. Entre otros de sus galardones se cuentan el Premio Bruno Rossi y dos Premios Panofsky (en 1989 y en 2002), el Premio Asahi, recibido en 1987 también como parte del Kamiokande, y nuevamente en 1999 en esta ocasión como parte del Super-Kamiokande, el Premio del Memorial Nishina (1999) y el Premio Julius Wess (2013).

Una de las primeras personas a quien llamó Kajita tras recibir el Nobel fue a su profesor, también investigador sobre neutrinos, Masatoshi Koshiba, quien había recibido el premio Nobel de Física en el 2002, por sus trabajos sobre detección de neutrinos con el experimento Kamiokande, compartiéndolo con Ray Davis y Riccardo Giacconi.

Arthur B. McDonald

Nació en Sídney, Nueva Escocia (Canadá) el 29 de agosto de 1943. Se graduó en físicas en 1964 y obtuvo el máster en ciencias físicas en 1965 por la Universidad Dalhousie de Nueva Es-



Arthur B. McDonald

cocia. Consiguió su doctorado en física en el Instituto de Tecnología de California (Caltech) en 1969.

Entre 1970 y 1982, trabajó como oficial de investigación en los laboratorios nucleares de Chalk River al noroeste de Ottawa. A continuación, fue nombrado profesor de física en la Universidad de Princeton donde ejerció de 1982 a 1989, dejando luego Princeton para incorporarse a la Universidad de Queen en Kingston donde ocupa la cátedra 'Gordon y Patricia Gray' de Astrofísica de Partículas. Actualmente es el jefe de investigación en dicha universidad y miembro del consejo directivo del Instituto Perimeter de Física Teórica.

En el año 2001, un estudio llevado a cabo en el Observatorio de Neutrinos de Sudbury (SNO), el laboratorio de detección localizado a 2,100 m bajo tierra en una mina fuera de Sudbury, Ontario, dirigido por Arthur B. McDonald, descubrió a través de observación directa pruebas que sugerían que los neutrinos de tipo electrónico provenientes del Sol realmente oscilaban a neutrinos muónicos y tauónicos. El SNO publicó su informe el 13 de agosto de 2001, en la prestigiosa revista *Physical Review Letters*.

La actividad de Arthur B. McDonald ha sido premiada con numerosas distinciones. Recibió la Orden de Canadá en grado de oficial en el año 2006 y la medalla Henry Marshall Tory (de la Real Sociedad de Canadá) en el 2011. Fue elegido miembro de la Royal Society de Londres en el 2009.

En el año 2007, McDonald y Yoji Totsuka recibieron la Medalla Benjamin Franklin de Física "*por descubrir que los tres tipos conocidos de partículas elementales llamados neutrinos cambian de uno a otro cuando viajan por distancias suficientemente largas, y que los neutrinos tienen masa*". Todos estos galardones se redondean ahora con el flamante Nobel de Física 2015.

■ Bibliografía

Arns, R. G., 2001, “Detecting the neutrino”. Phys. Perspect. 3, 314-334.

Bachiller, R., 2012, “La astronomía en la encrucijada de la filosofía, la ciencia y la tecnología”, Discurso de ingreso a la Real Academia de Doctores de España.

Bachiller, R., “El bosón de Higgs”, en “Premios Nobel 2013. Comentarios a sus actividades y descubrimientos”, coordinado por F. Mayor Zaragoza y M. Cascales Angosto. Real Academia de Doctores de España y Fundación Ramón Areces. Madrid 2014.

Baggott, J., 2012, “Higgs. The invention and discovery of the ‘God particle’”, Oxford University Press.

Bahcall, J. N., 1989. “Neutrino Astrophysics”. Cambridge University Press.

Caballero, J. A., 2015. “Los neutrinos. Las partículas elementales que todo lo atraviesan”. RBA.

Close, F., 2012. “Neutrino”. Oxford University Press.

Close F., 2015. “Half Life: The Divided Life of Bruno Pontecorvo”. Oneworld Publications.

Pastor, S., 2014. “¿Qué sabemos de los neutrinos?”. CSIC.

Recursos en Internet:

www.nobelprize.org

http://en.wikipedia.org/wiki/Standard_Model

<https://icecube.wisc.edu/>

<http://www.km3net.org/home.php>

<http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/sk/index-e.html>

<http://www.sno.phy.queensu.ca/>

Premio Nobel de Química 2015

TOMAS LINDAHL, PAUL L. MODRICH Y AZIZ SANCAR RECIBEN EL NOBEL DE QUÍMICA POR SUS DESCUBRIMIENTOS DE LOS MECANISMOS DE REPARACIÓN DEL DNA



En el anverso de la medalla se muestra la efigie de Alfred Nobel con las fechas de su nacimiento NAT MDCCCXXXIII y muerte OB MDCCCXCVI. El reverso de la medalla de los Premios Nobel de Física y Química representa a la Naturaleza en la forma de una diosa emergiendo de las nubes y sosteniendo en sus brazos el cuerno de la abundancia. El velo que cubre su rostro está sostenido por la Genio de la Ciencia. Lleva la inscripción: *Inventas vitam iuvat excoluisse per artes*, palabras tomadas de la Eneida de Virgilio del siglo I AC. El nombre del Laureado aparece debajo de la imagen, y además aparece un texto que dice “REG. ACAD. SCIENT. SUEC.” por Real Academia Sueca de Ciencias. Diseño Erik Lindberg.

María Cascales Angosto
Margarita Salas Falgueras

El 7 de octubre de 2015, la Real Academia Sueca de Ciencias decidió otorgar el Premio Nobel 2015 de Química a los investigadores Tomas Lindahl, Paul L. Modrich y Aziz Sancar por sus estudios sobre los mecanismos de la reparación del DNA.

Este año el Premio Nobel de Química se ha concedido a los pioneros descubridores de una serie de mecanismos que posee la célula para salvaguardar la información genética. En palabras de Göran Hansson, secretario general de la Real Academia Sueca de Ciencias “estos mecanismos actúan a modo de una caja de herramientas”, y continúa explicando que “el DNA de cada individuo, la suma

de toda la información genética almacenada en los cromosomas, se encuentra en constante cambio y degradación debido a las radiaciones, los errores de replicación o las sustancias tóxicas. De no existir estos sistemas moleculares que lo supervisan y reparan continuamente, el DNA de cada ser vivo se degradaría rápidamente no haciendo posible el sostenimiento de la vida en la Tierra.”

Las lesiones al material genético suponen una amenaza para todos los organismos vivos. Para contrarrestar esta amenaza, las células han desarrollado una serie de intrincados mecanismos de reparación del DNA que corrigen las lesiones que afectan al apareamiento de las bases o a la estructura del DNA. Hoy se conocen con gran detalle los mecanismos moleculares que gobiernan estos sistemas de reparación, en gran parte debido a los estudios pioneros de los galardonados con el Premio Nobel de Química 2015. Tomas Lindahl, Paul L. Modrich y Aziz Sancar han descubierto mecanismos que explican cómo las células reparan su DNA y salvaguardan la información genética

■ Introducción

La información genética que gobierna los seres vivos por miles de años está constantemente sometida a agresiones endógenas y exógenas. A pesar de ello, esta información permanece sorprendentemente estable. La información genética en humanos procede de la fusión de los 23 cromosomas del esperma con los 23 cromosomas del óvulo. El huevo fertilizado se divide y transmite a cada célula hija un juego completo de 46 cromosomas. Cada una de esas células posee una cantidad de DNA que puesta en fila (a nivel molecular) mide unos 2 metros de largo. Considerando los miles de millones de células contenidas en un cuerpo humano, el DNA total de un humano cubriría 250 veces la distancia de la Tierra al Sol ida y vuelta. Aunque nuestro material genético se haya copiado tantas veces a lo largo de la vida, la copia más reciente es increíblemente similar a la original creada en el huevo fertilizado. Las moléculas de la vida muestran esta extraordinaria grandeza que desde una perspectiva química se pensaría que es imposible.

El genoma humano codifica la información necesaria para la generación de un ser humano. Durante cada división celular, más de tres mil millones de pares de bases en el DNA se replican y las copias que se obtienen del genoma se transfieren a las células hijas (figura 1). Aunque este proceso es muy eficiente, la maquinaria de replicación del DNA responsable de esta tarea a veces se equivoca.

Si se considera el tamaño del genoma humano ($3,3 \times 10^9$ pb), y el gran número de células en el cuerpo humano ($3,7 \times 10^{13}$), los errores se acumularían durante la vida de un individuo. Aunque la mayoría de estos errores no se manifiestan, a veces exhiben su presencia y pueden ser la causa de serias enfermedades.

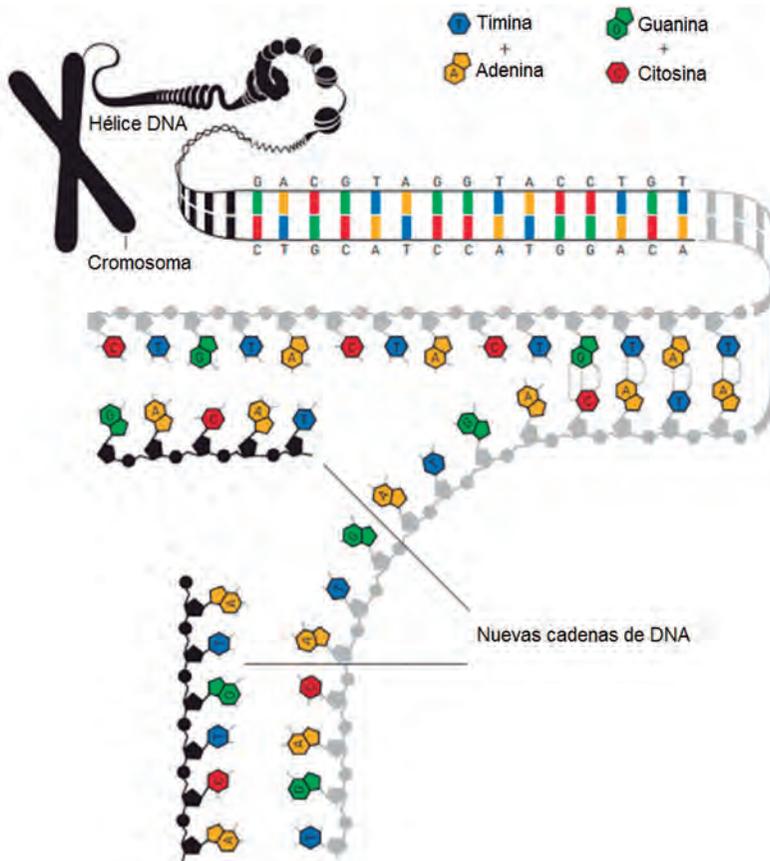


Figura 1. Estructura del DNA. El cromosoma está formado por DNA de doble cadena compuesto por nucleótidos con cuatro bases diferentes: la adenina que aparea con la timina y la guanina con la citosina. Juntas forman los pares de bases. Las células humanas con 46 cromosomas poseen aproximadamente tres mil millones de pares de bases. Cuando la célula se divide, todos los cromosomas se copian. La maquinaria de replicación desenrolla la hélice del DNA y se sintetizan dos nuevas cadenas de DNA utilizando como molde la cadena original. En estas nuevas cadenas, de nuevo la adenina aparea con la timina y la citosina con la guanina (Johan Jarnestad/The Royal Academy of Sciences, modificado).

A pesar de su papel esencial en el almacenamiento de la información genética, la molécula del DNA tiene una estabilidad química muy limitada y está sometida a un espontáneo y continuo deterioro (Lindhal, 1993). Procesos tales como hidrólisis

y oxidación se producen *in vivo* con relativa frecuencia, debido en parte a metabolitos reactivos generados en los procesos metabólicos, o a factores externos tales como la radiación y agentes químicos genotóxicos que producen la lesión del DNA.

La inestabilidad inherente del DNA constituye una continua amenaza, ya que las lesiones al DNA, en cualquiera de sus puntos vulnerables (figura 2), pueden bloquear procesos celulares tan importantes como la replicación y la transcripción del DNA, causando inestabilidad genómica y alterando la expresión génica. Las lesiones pueden también ser mutagénicas alterando las proteínas codificadas y pueden producir graves enfermedades, entre las que se incluyen el cáncer, enfermedades degenerativas y el envejecimiento biológico.

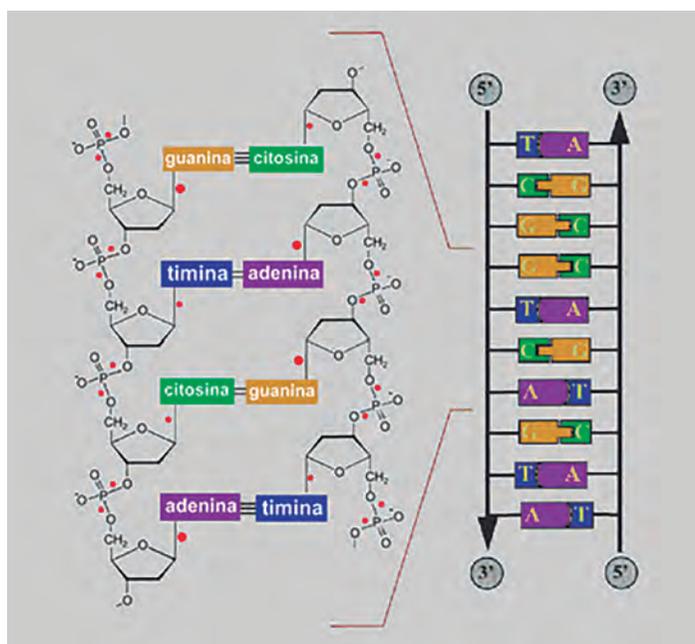


Figura 2. Estructura del DNA. Los puntos rojos indican los sitios principales de ataque hidrolítico (Adaptado de Lindhal, 1996).

Por otra parte, los agentes químicos mutagénicos y la radiación pueden tener un efecto positivo para el tratamiento del cáncer, ya que al introducir lesiones en el DNA de las células cancerosas pueden interrumpir su proliferación celular y estimular la muerte celular programada.

Puntos de control de las lesiones al DNA

La célula ha desarrollado medios para contrarrestar las lesiones al DNA y mantener las mutaciones en un nivel tolerable. Los diferentes mecanismos de reparación del DNA corrigen las lesiones y garantizan la integridad del genoma. Sin embargo, los puntos de control del DNA son sistemas que bloquean transitoriamente la progresión del ciclo celular mientras que el DNA no se haya reparado. Los puntos de control previenen la inestabilidad genómica, el cáncer y la muerte de organismos multicelulares. Al igual que otros mecanismos de transducción de señales, los puntos de control de la lesión al DNA tienen cuatro componentes: sensores del daño, mediadores, transductores de señales y efectores. El desafío de los investigadores es purificar las proteínas integrantes de estos puntos de control, caracterizarlas desde el punto de vista bioquímico y reconstituir este proceso de control al DNA *in vitro*. Se conoce que la respuesta anormal de estos puntos de control es una característica universal del cáncer y que la caracterización de la respuesta de estos puntos de control de la lesión del DNA puede ser de gran ayuda para el desarrollo de la quimioterapia del cáncer.

■ **TOMAS LINDAHL**

Nació en 1938 en Estocolmo y realizó los estudios de Medicina, incluido el grado de doctor (1967), en el Instituto Karolinska de Suecia. A finales de 1960, cuando la biología molecular se encontraba en plena ebullición contemplando el descubrimiento de la estructura en doble hélice del DNA y su forma de empaquetamiento en los cromosomas, el DNA se consideraba extremadamente resistente. El joven científico sueco, como becario postdoctoral en la Universidad de Princeton, descubrió que el RNA era bastante inestable. Años después, cuando volvió a Suecia al Instituto Karolinska (1969), pudo comprobar que el DNA también era inestable, y comenzó la búsqueda de algún mecanismo que lo reparase. A principios de los 1970 detectó que el DNA de cada una de nuestras células sufre cientos de cambios químicos indeseables de manera espontánea cada día. Estas observaciones le llevaron a vislumbrar la existencia de algún mecanismo natural de reparación de estos cambios y descubrió un tipo de bricolaje celular denominado reparación por escisión de bases (*Base Excision Repair, BER*). Poco después,



en 1974, publicó un estudio describiendo unas enzimas que cortan y eliminan los trozos dañados del DNA para proteger el resto de la cadena. También descubrió enzimas entonces desconocidas, las DNA glicosilasas que son las *herramientas* utilizadas por este proceso reparador constante. Por tanto, fue Tomas Lindahl quien inauguró este campo de investigación al demostrar en los años 70, que el DNA no era una molécula estable sino que cambiaba a un ritmo muy rápido. El trabajo de Lindahl demostró que las células poseían un mecanismo para reparar su genoma. Después de que Lindahl publicara sus primeros resultados, se descubrió que las células no tienen solo un mecanismo de reparación, sino una variada caja de herramientas, y que emplean la más apropiada para cada tipo de daño.

En 1978 Tomas Lindahl alcanzó una plaza de profesor en la Universidad de Gothenburg. En 1981 se trasladó a Londres como Jefe del Laboratorio de Mutagénesis en los laboratorios ICRF Mill Hill. Desde 1983 hasta 2006 ha sido director de los laboratorios Clare Hall en el “Cancer Research UK”. Las contribuciones de Lindahl son fundamentales para comprender la reparación del DNA y han tenido un gran impacto en el campo de la terapia del cáncer y de las enfermedades transmitidas por herencia.

En una entrevista telefónica durante la conferencia de prensa del comité Nobel, Tomas Lindahl explicó que la reparación del DNA podía ser vista como “una espada de doble filo”. Si el DNA puede ser reparado en células sanas, también las células cancerosas son capaces de reparar su propio DNA y de esta manera pueden contrarrestar todo tipo de tratamiento anticanceroso. Después de estos importantes descubrimientos, Lindahl se dedicó a la investigación del cáncer. En la actualidad es director emérito del Instituto de Investigación contra el Cáncer en el Reino Unido en el Laboratorio Clare Hall en Hertfordshire, liderando el grupo emérito en el Instituto Francis Crick. Ha recibido los más prestigiosos honores: miembro de EMBO, Miembro de la Real Academia Noruega de las Ciencias y las Artes y de la Royal Society.

■ **DESCUBRIMIENTOS DE LINDAHL**

A principios de los 1970 Tomas Lindahl demostró que el DNA tenía una limitada estabilidad química incluso en ausencia de agresiones físicas externas. En condiciones fisiológicas el DNA está sometido a un número de reacciones químicas tales como la desaminación hidrolítica, la oxidación y la metilación no enzimática. Estas

reacciones modifican las bases del DNA y como consecuencia incrementan el riesgo de mutaciones. Tomas Lindahl utilizó el término *decay* (deterioro o decadencia), para describir estos procesos y demostró que en condiciones fisiológicas, la despurinación hidrolítica del DNA ocurre de manera espontánea a niveles significativos, estimulando con ello la rotura de las cadenas del DNA. Quizás el descubrimiento más importante entonces fue la demostración de la desaminación espontánea de la citosina produciendo la formación de uracilo que aparea con la adenina. La desaminación de la citosina → uracilo, es un proceso altamente mutagénico con importantes consecuencias. Una elevada desaminación de la citosina producirá el reemplazamiento de pares de bases citosina-guanina por timina-adenina.

Reparación por escisión de bases (BER)

Teniendo en cuenta de que el uracilo se formaba con frecuencia en el DNA, Tomas Lindahl llegó a la conclusión de que debía existir una vía enzimática capaz de corregir este y otros tipos de alteraciones en las bases. En un estudio, ahora clásico, identificó en *Escherichia coli* la uracilo-DNA glicosilasa (UNG) como la primera proteína reparadora, y dos años después una segunda glicosilasa específica para el DNA 3-metiladenina. Hoy se sabe que la UNG es el miembro fundacional de una gran familia de proteínas que orquestan la *reparación por escisión de bases (BER)*. Lindahl demostró que el enzima era específico del DNA y no actuaba sobre desoximononucleótidos o RNA. También demostró que el esqueleto del DNA permanecía intacto en el proceso, lo que inmediatamente le sugirió que tenía que estar implicada otra clase de enzimas, las endonucleasas apurinica/apirimidinica (AP endonucleasas). Dos años antes de estos experimentos de Lindahl, Walter Verly había identificado una actividad de *E. coli* específica de sitios apurínicos. Lindahl podía ya explicar los conceptos básicos para la *reparación por escisión de bases*, que describe en una publicación de 1974. Lindahl pudo reconstituir el sistema completo con enzimas purificados, obtenidos a partir de *E coli* y de células humanas. El proceso se inicia cuando una DNA glicosilasa reconoce y rompe por hidrolisis el enlace glicosílico base-desoxiribosa de un nucleótido dañado (figura 3). Las células de mamíferos contienen diferentes DNA glicosilasas que actúan sobre las diferentes formas de bases modificadas. Una vez que un nucleótido lesionado ha sido identificado, la DNA glicosilasa dobla el DNA y el nucleótido anómalo se va hacia afuera de la doble hélice. La base alterada interacciona con un hueco específico de reconocimiento en la glicosilasa y se libera por rotura del enlace glicosílico. La DNA glicosilasa permanece a menudo unida al sitio abásico

hasta que es reemplazada por el enzima siguiente en el ciclo de la reacción, la endonucleasa apurínica/apirimidiníca (AP), que rompe el esqueleto del DNA en el sitio 5' de la posición abásica. La AP endonucleasa también se asocia con la DNA polimerasa β (pol β), para rellenar el hueco. Además, pol β tiene una actividad liasa que escinde el residuo azúcar fosfato 5'terminal en un proceso de eliminación no hidrolítica. Sin embargo, la reparación de nucleótidos dañados por oxidación no requiere tal liasa asociada a la actividad pol β , porque la DNA glicosilasa posee ella misma actividad AP liasa endógena. En un paso final, el heterodímero DNA ligasa III/XRCC1 interacciona con pol β , desplaza la polimerasa y cataliza la formación de un nuevo enlace fosfodiéster.

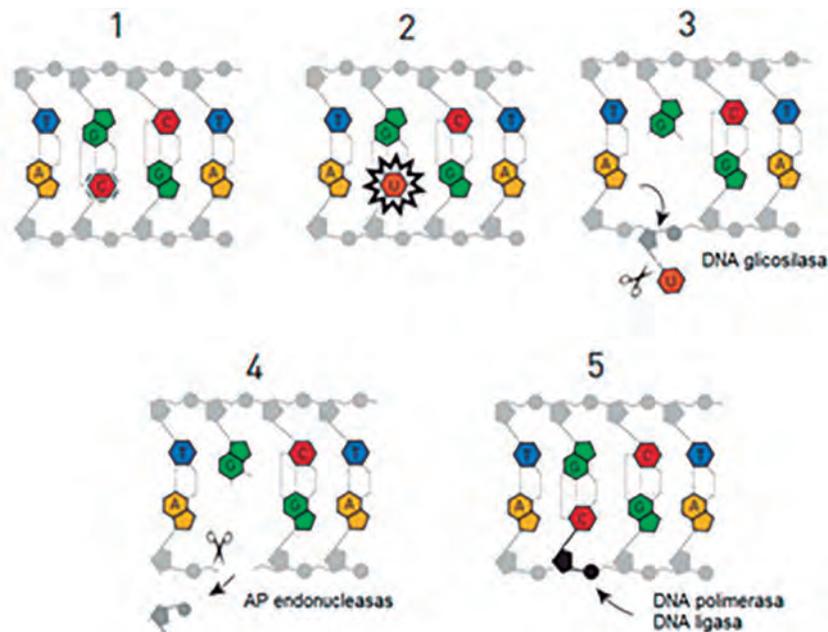


Figura 3. Reparación por escisión de bases. 1. La citosina puede perder con facilidad un grupo amino y convertirse en uracilo. 2. El uracilo no puede aparear con la guanina. 3. Un enzima, la DNA glicosilasa, reconoce este defecto y elimina el uracilo. 4. Otro par de enzimas, AP endonucleasas, eliminan el resto del nucleótido de la cadena del DNA. 5. La DNA polimerasa rellena el hueco y la DNA ligasa cierra la cadena del DNA con el nucleótido de citosina (Johan Jarnestad/The Royal Academy of Sciences, modificado).

Se conoce en la actualidad que la reparación por escisión de bases corrige muchas formas diferentes de lesión que afectan a las bases sin causar grandes perturbaciones en la estructura del DNA. Las lesiones de este tipo presentan un gran desafío para la maquinaria de replicación, ya que las bases alteradas en su

composición química tienen el potencial de replicarse. Hasta la fecha se han identificado más de 100 tipos diferentes de lesiones oxidativas y la gran mayoría de ellas son corregidas por este sistema de escisión de bases. Las lesiones en las bases también pueden ser ocasionadas por factores exógenos tales como la radiación ionizante o agentes tóxicos.

■ AZIZ SANCAR

Nació en 1946 en Savur (Turquía). Estudió Medicina en la Facultad de Medicina de la Universidad de Estambul obteniendo el título de MD en 1969. Ejerció la Medicina durante unos dos años, pero prefirió dedicarse a la investigación científica y comenzó a estudiar bioquímica. Se trasladó a los Estados Unidos en 1973 donde inició su Tesis Doctoral en el grupo de Claude Rupert en la Universidad de Texas sobre la fotorreactividad de la fotoliasa y la supervivencia de las bacterias sometidas a dosis letales de radiación UV.



Al inicio de sus estudios un fenómeno le dejó asombrado: algunas bacterias que habían sido sometidas a una dosis letal de radiación UV eran capaces de recuperarse si después se exponían a luz visible azul. El intento, a partir de entonces, fue encontrar el mecanismo molecular responsable de este efecto. Mientras escribía su Tesis Doctoral en la Universidad de Texas en Dallas, consiguió clonar el gen de la fotoliasa, un enzima que podía reparar la lesión en el DNA producida por la radiación UV y que incluso se podían generar bacterias productoras de este enzima. En 1977 obtiene el título de Doctor en Biología Molecular por sus trabajos sobre la reparación del DNA. Estos importantes resultados de su Tesis Doctoral no fueron tenidos aparentemente en cuenta por la comunidad científica de aquel momento y al no poder encontrar una posición postdoctoral tuvo que aceptar un trabajo como técnico de laboratorio en la Escuela de Medicina de la Universidad de Yale, donde, desde 1977 hasta 1982, continuó sus investigaciones, que al correr de los años le condujeron al Premio Nobel 2015. En estos años Sancar descubrió que no eran solo los mecanismos reparadores de la fotoliasa dependiente de la luz, sino que también existía un mecanismo en oscuridad que podía eliminar los nucleótidos lesionados por la luz UV y reemplazarlos. Comparado con el mecanismo de reparación por escisión de bases, él descubrió el mecanismo de

reparación por escisión de nucleótidos en el que una cantidad de DNA mayor tenía que ser eliminada. Después de la publicación de estos resultados en 1983, obtuvo una posición de Profesor asociado de Bioquímica y Biofísica en la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill, donde sigue siendo profesor.

Aziz Sancar es un turco-americano que mantiene la doble nacionalidad y se ha convertido en el primer Nobel de ciencia turco. Ha recibido numerosas distinciones y junto a su mujer Gwen, también profesora, han creado una Fundación (AGS Foundation) para promover la cultura en Turquía y ayudar a los jóvenes turcos que quieran realizar sus estudios en los Estados Unidos. El jurado del Nobel reconoce ahora a Sancar por haber descrito en 1983 el mecanismo de *Reparación del DNA por Escisión de Nucleótidos (NER)*, en el que están implicadas otras enzimas que cortan cadenas mucho más largas de DNA dañado y permiten al genoma seguir funcionando correctamente. Ha recibido numerosas distinciones, entre ellas: Miembro honorario de la Academia de Ciencias Turca y de la Academia de las Artes y las Ciencias de Estados Unidos. Es también el primer turco que accede a la National Academy of Sciences de Estados Unidos.

■ Descubrimientos de Sancar

Fotorreactivación

La fotorreactivación fue el primer mecanismo de reparación del que se tiene conocimiento. En 1927 Hermann Muller, científico estadounidense experto en genética y Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1946, encontró que los rayos X tenían la capacidad de destruir las células. En aquellos tiempos se desconocía la diana celular de los efectos letales de los rayos X y de la luz UV, y no se habían identificado los mecanismos celulares que podían reparar las lesiones una vez que estas ocurrían. En los años 1940, Albert Kelner, estudiando bacterias y su recuperación en respuesta a la lesión causada por luz UV, encontró que la luz visible podía estimular la recuperación del crecimiento celular detenido por exposición a la luz UV. Este fenómeno se denominó fotorreactivación y demostraba la existencia de un mecanismo celular dependiente de la luz que podía corregir la lesión celular inducida por la radiación UV. En los 1950 se sospechó que esta lesión estuviera dirigida al DNA. En este momento Renato Dulbecco, también Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1975, sugirió que la fotorreactivación se debía a una reacción enzimática dependiente de la luz visible, lo cual fue demostrado

por Stanley Rupert, quien observó que el DNA se reactivaba por la luz visible en presencia de extractos de *E. coli* o *Saccharomyces cerevisiae* libres de células. El descubrimiento de una actividad enzimática, conocida como fotoliasa, tuvo una enorme importancia al demostrar por primera vez la existencia de enzimas reparadores del DNA que podían rescatar el DNA lesionado por la luz UV. En 1978 Aziz Sancar pudo clonar la fotoliasa de *E. coli* y amplificar el producto del gen *in vivo*. Como Sancar era un doctorando del grupo de Stanley Rupert, en vez de continuar con la caracterización de la fotoliasa, tuvo que dedicarse a escribir su Tesis Doctoral y graduarse. Pasaron seis años antes de que Sancar volviera a sus investigaciones sobre la fotoliasa.

La lesión producida por radiación UV anteriormente mencionada, puede ser también reparada por un proceso independiente de la luz, conocido como reparación en oscuridad. En 1960 Beukers y Berend observaron que la irradiación UV introducía dímeros de timina en el DNA *in vitro*. Dos años más tarde Setlow y Setlow demostraron en la bacteria *Haemophilus influenzae*, que la lesión en el DNA responsable del efecto biológico de la radiación UV eran los dímeros de timina. Este hallazgo hizo posible estudiar las consecuencias moleculares de los dímeros de timina e investigar cómo las células los podían eliminar. Después de diversas investigaciones, Setlow y Carrier sugirieron que los dímeros de timina tenían que ser eliminados del DNA.

El mecanismo emergente de lo que más tarde se denominó reparación por escisión de nucleótidos (*Nucleotide Excision Repair*, NER) fue posteriormente aclarado por Pettijohn y Hanawalt, quienes encontraron que la irradiación UV estimulaba la reparación del DNA independientemente de la replicación del genoma. Las contribuciones de estos autores pusieron de manifiesto la existencia de mecanismos de reparación que pueden corregir las lesiones inducidas por UV, aunque aún no estaban aclarados los mecanismos moleculares que los producían.

Reparación del DNA por escisión de nucleótidos (NER)

La identificación de los enzimas responsables de la reparación por escisión de nucleótidos fue conseguida por análisis genéticos. Estudios previos de Howard-Flandes *et al.*, en 1966, habían identificado los genes *uvrA*, *uvrB*, y *uvrC* en bacterias con mutaciones que alteraban este sistema y dificultaban la reanudación del crecimiento después de la irradiación con UV. Otros estudios indicaron que los

productos del gen *uvr* funcionaban por rotura endonucleolítica del DNA irradiado, pero esto no pudo ser estudiado en detalle debido a la carencia de proteínas purificadas.

En los 1970 el desafío más importante era la identificación de las proteínas. Aziz Sancar, una vez incorporado al grupo de Dean Rupp en la Facultad de Medicina de la Universidad de Yale, desarrolló la técnica Maxicell, que se basa en una cepa bacteriana deficiente en la reparación de la lesión inducida por radiación con luz UV. Después de la transformación con un plásmido DNA de interés, la bacteria hipersensible pudo ser irradiada con UV, lo que causó la rotura del DNA cromosómico más largo, mientras que los plásmidos que no habían sido afectados por la irradiación UV podían continuar replicándose y expresando proteínas. Utilizando la incorporación de aminoácidos radioactivos, pudo detectarse las proteínas codificadas por el plásmido. La técnica Maxicell permitió a Aziz Sancar identificar las proteínas codificadas por los genes *uvrA*, *uvrB* y *uvrC*.

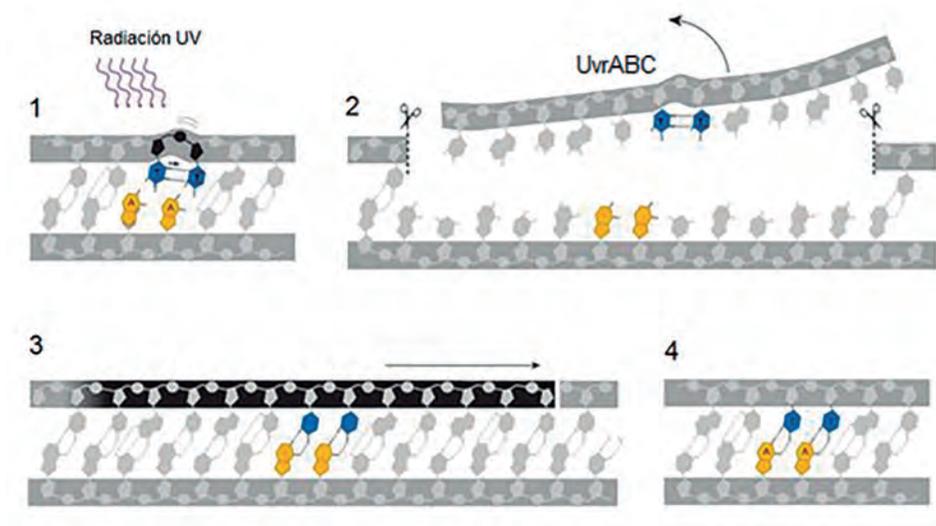


Figura 4. Reparación por escisión de nucleótidos. La reparación por escisión de nucleótidos (NER) repara las lesiones causadas por radiación UV o sustancias carcinogénicas como las encontradas en el humo de cigarro. 1. La radiación UV puede hacer que dos timinas se unan de manera incorrecta formando un dímero de timina 2. La enzima excinucleasa encuentra la lesión y corta la cadena del DNA. Se eliminan doce nucleótidos. 3. La DNA polimerasa rellena el hueco resultante. 4. La DNA ligasa sella la cadena de DNA (Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences, modificado).

En un trabajo publicado en 1983, Aziz Sancar describió las proteínas UvrA, UvrB, y UvrC purificadas que había utilizado para reconstituir las etapas esenciales en la vía de reparación por escisión de nucleótidos. Las tres proteínas actuaron de manera específica sobre el DNA lesionado. Utilizando DNA irradiado con UV como sustrato, las proteínas hidrolizaron dos enlaces fosfodiéster de la cadena de DNA dañado. Las incisiones se realizaron en lugares precisos, uno en el octavo enlace fosfodiéster en 5' respecto a la lesión y un segundo en el cuarto o quinto enlace fosfodiéster en 3' respecto a la lesión, generándose así un fragmento de 12 a 13 nucleótidos. Posteriormente, Sancar demostró que la velocidad de la reacción se estimula por acción de la proteína UvrD (DNA helicasa II) y la DNA polimerasa I, las cuales catalizan la eliminación de la cadena escindida y la síntesis de una nueva cadena, respectivamente. Finalmente, la DNA ligasa cataliza la formación de dos nuevos enlaces fosfodiéster sellando así el esqueleto azúcar-fosfato (figura 4). Sancar describió que las proteínas UvrA, UvrB y UvrC funcionaban juntas como un complejo simple UvrABC (excinucleasa). Las proteínas Uvr se asocian con la lesión del DNA de una manera escalonada. Primero, un complejo de dos subunidades UvrA y una subunidad UvrB (UvrA₂B) rastrea el DNA. Las subunidades UvrA son responsables del reconocimiento inicial de la lesión en la doble cadena del DNA. Después, la helicasa se activa y se produce un desenrollamiento local del DNA alrededor de la lesión (unos 5 pares de bases), se dobla el molde y se reconoce por UvrB la cadena lesionada. Posteriormente, las proteínas UvrA se disocian de UvrB y una sola subunidad UvrC se une al complejo remanente UvrB-DNA. UvrC activa a UvrB, que es la que realiza la incisión en el lado 3' de la lesión y después UvrC cataliza la incisión en el lado 5'. La helicasa UvrD desplaza la cadena lesionada, mientras que solo UvrB permanece unida al hueco del DNA. Después, la DNA polimerasa se asocia con el DNA, rellena el hueco y se libera UvrB. Finalmente, la cadena reparada se une mediante la ligasa (figura 5).

Los dímeros de timina son una de las numerosas lesiones del DNA que interfieren con el apareamiento normal de las bases y distorsionan la estructura helicoidal del DNA. El mecanismo de reparación del DNA por escisión de nucleótidos puede reconocer estos problemas y corregirlos por su mecanismo de corte y empalme. El mecanismo de este sistema en células de mamíferos se parece al caracterizado en bacterias. El proceso de reconocimiento de la lesión, escisión de ambos lados de la lesión, eliminación del oligonucleótido lesionado y la nueva síntesis para rellenar el hueco, son muy similares entre los dos sistemas. Sin embargo, aunque la estrategia completa de la reparación es la misma, las proteínas responsables son diferentes. Mientras que en *E. coli* el reconocimiento del daño y la doble incisión

en la cadena del DNA la realizan solo tres proteínas, en células humanas esta misma operación es realizada por más de quince.

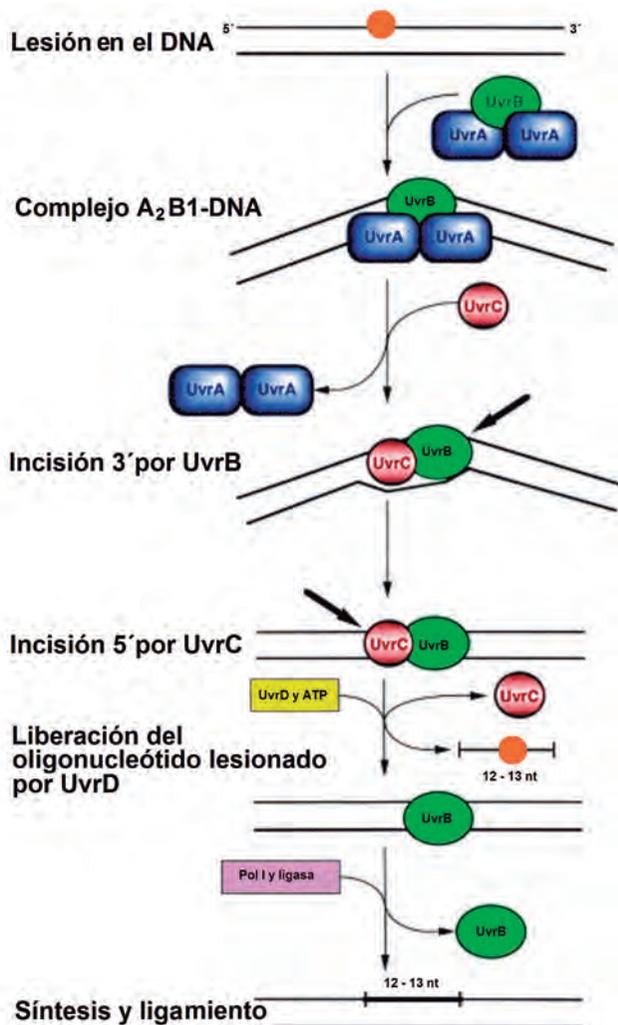


Figura 5. Modelo simplificado del mecanismo de reparación del DNA por escisión de nucleótidos en *E. Coli*. Primero, un heterodímero formado por las proteínas UvrA y UvrB se localiza en el lugar de la lesión en el DNA. Después, el DNA se dobla y se desenrolla parcialmente por UvrB mediante una reacción dependiente de ATP. UvrA se separa y UvrC se une al complejo UvrB-DNA, activando a UvrB que hace la incisión en 3', y después UvrC realiza la incisión en 5'. El oligomero escindido se libera por la helicasa UvrD. La DNA polimerasa (Pol I) rellena el hueco y libera UvrB al mismo tiempo. Finalmente, actúa la ligasa que sella los extremos (Petit y Sancar 1999, modificado).

Las mutaciones en el sistema de escisión de nucleótidos van unidas a un número de enfermedades genéticas humanas, entre las que se incluye el *Xeroderma pigmentosum* (XP), caracterizado por hipersensibilidad a la radiación UV y por un elevado riesgo de cáncer de piel.

La fotoliasa y su mecanismo de acción

Una vez que Sancar obtuvo en 1983 una posición de profesor en la Universidad de Carolina del Norte, Chapel Hill, volvió a ocuparse de la fotoliasa. Entre 1984 y 1989 realizó una serie de investigaciones que le llevaron a describir el mecanismo y función de la fotoliasa, empezando por la identificación de dos cromóforos presentes en el enzima de *E. coli*. Sancar demostró que los cromóforos estaban unidos a la proteína enzimática por enlaces no covalentes. Uno de estos cromóforos, el dinucleótido de flavina y adenina reducido (FADH⁻), era capaz de convertir la energía lumínica de un fotón absorbido, en energía química necesaria para generar un radical libre localizado que iniciaba la rotura del dímero de timina.

El FADH⁻ funciona como factor catalítico, pero para ello necesita ser excitado directamente por absorción de un fotón o por transferencia de energía de resonancia desde un segundo cromóforo, que es un pigmento antena (meteniltetrahidrofolato o desazaflavina), que recoge la luz del sol y aumenta la eficiencia de la reparación.

En el modelo de reacción catalítica el cofactor flavínico excitado realiza la transferencia de electrones al dímero de pirimidina ciclobutano (CPD), generando un par radical (FADH⁻ + Pir⁻ ↔ Pir⁻). El anillo aniónico del dímero se divide por ciclorreversión, y el exceso de electrones retorna al radical flavina para restaurar el cofactor FADH⁻ en su forma reducida catalítica competente, cerrándose así el fotociclo catalítico (figura 6).

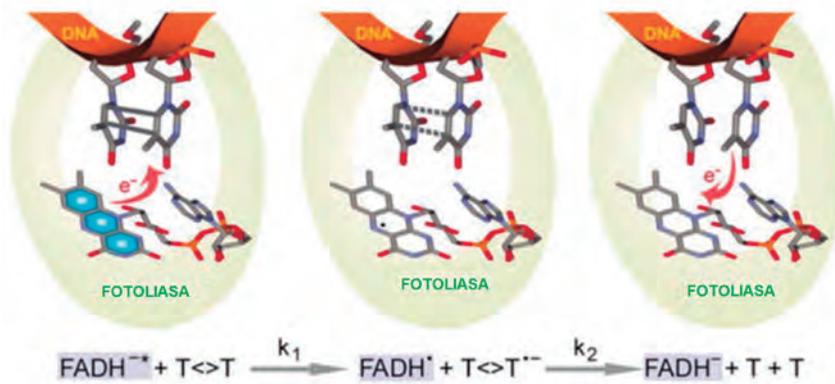


Figura 6. Reparación del DNA lesionado por la fotoliasa. La fotoliasa actúa a través de un mecanismo de transferencia de electrones. Las reacciones catalíticas clave, incorporación del electrón (k_1) y la escisión del anillo (k_2), se muestran en la parte de abajo de la figura (Kao et al., 2005).

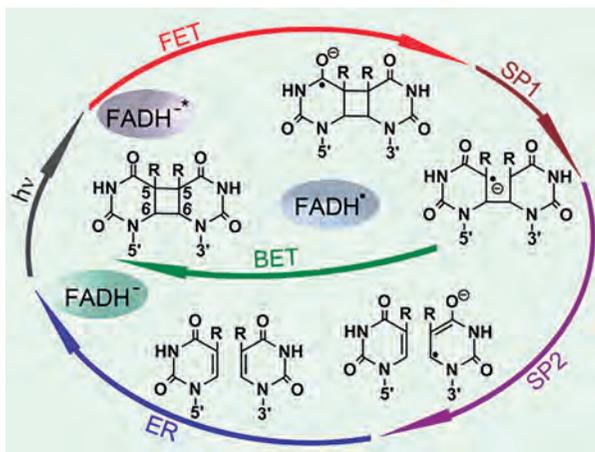


Figura 7. Fases del ciclo de reparación del ciclobutano dímero de pirimidina por la fotoliasa. FET: transferencia electrónica (170 ps); SP1: rotura del enlace C5-C5' del dímero (>10 ps); SP2: rotura del enlace C6-C6' (70 ps); BET: retorno electrónico desde el intermediario CPD* (> 1500 ps); ER: retorno electrónico desde los monómeros de timina (520 ps) $h\nu$, energía lumínica. CPD, dímero de pirimidina ciclobutano (Zheyun et al. 2010, modificado).

El electrón cataliza la división del dímero por rotura del anillo ciclobutano dejando separados los dos monómeros de timina que constituyen el dímero. Sancar capturó el intermediario flavina excitado y observó que el ciclo fotoliasa implicaba que la transferencia electrónica desde la flavina al dímero de timina se realizaba en 170 ps; la rotura del enlace C5 - C5' entre las timinas, en 10 ps; la rotura del enlace C6 - C6' entre las timinas, en 70 ps; el retorno de electrones desde el intermediario CPD*, en >1500 ps y el retorno de electrones desde los monómeros de timina al dinucleótido de flavina, para restaurar la forma reducida

catalítica competente del FADH⁻, en 520 ps (figura 7). Sancar pudo observar, utilizando espectroscopía ultrarrápida, como todas estas reacciones se verifican en un tiempo real de resolución de femtosegundos. Monitorizando la desaparición y la formación de todos los reactivos, intermediarios y productos, pudo mapear la dinámica funcional de la reparación del CPD, demostrando que todas las etapas de la reacción, ida y vuelta de electrones y rotura de enlaces, ocurren a escala de sub nanosegundos. La dinámica se ha observado que se correlaciona con la máxima eficiencia de la reparación a través del fotociclo redox sin cambio neto de electrones. De esta manera los avances tecnológicos han servido para demostrar con claridad el mapa espacio-temporal de la reparación de los CPD.

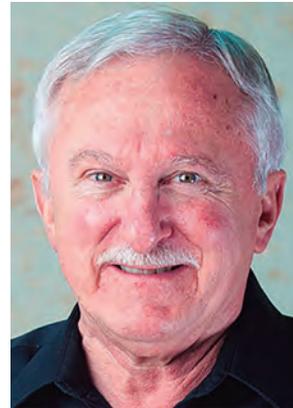
La fotorreactivación, la primera forma identificada de reparación de DNA, está muy ampliamente distribuida en la naturaleza, aunque su distribución evolutiva es poco corriente. *E coli* la posee, pero *Bacillus subtilis* no la tiene. Se encuentra en los mamíferos, pero no en los mamíferos placentarios. Estos últimos cuentan, para la reparación del daño al DNA, con el mecanismo de escisión de nucleótidos. Sin embargo, la fotoliasa tiene homólogos en mamíferos que se usan para ayudar al establecimiento del reloj circadiano o regulación de los procesos biológicos en respuesta a la luz.

Fotoliasa y regulación del reloj biológico

El reloj circadiano es un cronómetro innato que mantiene el ritmo diario de las funciones bioquímicas, fisiológicas y de comportamiento, de manera independiente de los cambios externos. El ritmo circadiano es la oscilación de los mecanismos moleculares de los organismos, que se sincronizan con el ciclo de la luz solar, con una periodicidad aproximada de 24 horas. Sancar descubrió una proteína denominada criptocromo estrechamente relacionada con la fotoliasa, y dependiente de la luz. El criptocromo es un fotorreceptor flavoproteínico, componente esencial del reloj circadiano de mamíferos, que actúa por mecanismos dependientes o independientes de la luz. Para Sancar el descubrimiento del criptocromo supuso uno de los hallazgos más excitantes que había obtenido ya que consideró que abría ante sus ojos un campo de investigación completamente nuevo. En la actualidad Sancar trata de establecer conexión entre el ciclo circadiano, los puntos de control del ciclo celular y la reparación del DNA y de qué manera la disrupción del ciclo circadiano puede afectar la susceptibilidad al cáncer de ratones y de humanos.

■ Paul Lawrence Modrich

Nació en 1946 en Ratón, una pequeña ciudad en el Norte de Nuevo México, Estados Unidos. De ascendencia croata, su abuelo paterno y su abuela, de origen montenegrino, emigraron a los Estados Unidos desde Croacia. Obtuvo el grado de BS en 1968 en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), una universidad privada que cuenta entre sus antiguos alumnos 83 Premios Nobel. Obtuvo el grado de Doctor en 1973 por la Universidad de Stanford, y realizó su postdoctorado en Harvard, donde llegó a ser a profesor de la cátedra James B. Duke de Bioquímica en la Facultad de Medicina de la Universidad Duke, Durham, en Carolina del Norte. Es también investigador en el Howard Hughes Medical Institute, cargos que ostenta en la actualidad. Descubrió en 1989, un tercer mecanismo de reparación del DNA, que corrige las erratas que surgen durante el proceso de replicación. Demostró que este mecanismo corrige 999 de cada 1.000 errores de copia. Modrich se centró en los errores que se producen cada vez que se divide una célula y se copia su DNA. Aunque no son muy frecuentes (una frecuencia de 1 por 10^9 - 10^{10} bases por cada división celular), el acumulo y mantenimiento de este tipo de errores podría impedir el funcionamiento correcto de la célula, por lo que Modrich también vislumbró que debía existir algún mecanismo para corregirlos. Modrich descubrió que las células tienen una especie de corrector ortográfico interno llamado sistema de reparación de errores de apareamiento (*Mismatch Repair System*).



Entre otros enzimas, Modrich estudió la 'DNA metilasa', un enzima que añade grupos metilo al DNA. Como la función señalizadora de la Dam metilasa se encontraba entonces en discusión, se unió al investigador de Harvard Matthew Meselson. Modrich construyó virus con diversos desapareamientos en su DNA al que se habían añadido varios grupos metilo. Cuando las bacterias fueron infectadas con estos virus, estas bacterias corregían automáticamente los desapareamientos de bases en cada cadena de DNA que no poseía grupos metilo.

Se llegó a la conclusión de que este sistema de reparación es un proceso natural que trabaja durante la división celular y que reconoce las cadenas lesionadas por su estado no metilado. Modrich estudió este mecanismo de reparación con gran detalle y consiguió descubrir todos los enzimas implicados. Modrich calculó

que este mecanismo de reparación reducía errores durante la replicación celular cerca de mil veces. Sus resultados se publicaron en 1989. Paul Modrich es miembro de la Academia de Artes y Ciencias y de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos.

■ Descubrimientos de Modrich

Errores de apareamiento de bases (mismatch repair, MMR)

Como se comentó con anterioridad, la maquinaria de replicación del DNA no está libre de errores. Existe siempre la posibilidad de que un nucleótido incorrecto sea introducido durante la síntesis de una nueva cadena del DNA. Como resultado, se forma una pareja de bases que no sigue el modelo de Watson-Crick, lo cual distorsiona la hélice de doble cadena del DNA. Estos tipos de errores se conocen con el nombre de errores de apareamiento de bases y tienen la capacidad de cambiar la secuencia del DNA de tal manera que, si no son corregidas, pueden dar lugar a mutaciones. Como primera línea de defensa frente a los errores de apareamiento, las DNA polimerasas replicadoras contienen actividad exonucleasa 3' a 5' que les permite corregir la cadena de DNA recién sintetizada. La actividad exonucleasa puede corregir errores durante la replicación del DNA revirtiendo la dirección de la polimerasa y escindiendo los nucleótidos introducidos incorrectamente. Incluso si esta corrección repara la mayoría de los errores que han surgido durante la síntesis del DNA, todavía pueden permanecer algunos pares de bases que no se ajustan al apareamiento de Watson-Crick. Para corregir estos errores, las células utilizan el mecanismo de *reparación de errores de apareamiento de bases (mismatch repair)*. Se estima que las DNA polimerasas replicativas con corrección *in vitro* muestran frecuencias de errores de 5×10^{-5} . La reparación del desajuste de bases disminuye esta frecuencia de manera significativa.

Los primeros estudios de reparación de bases mal apareadas fueron llevados a cabo principalmente por investigadores interesados en recombinación. Robin Holliday había emitido la hipótesis que durante la recombinación podían formarse heteroduplex entre diferentes cadenas de DNA. Los desajustes de bases formados de esta manera tenían que ser corregidos por alguna clase de sistema celular. Efectivamente, la transfección de moléculas heteroduplex del DNA del fago lambda en *E. coli* conduce a la reparación de bases mal apareadas, pero el sistema enzimático requerido para este efecto aún se desconocía. Un importante

avance sucedió en 1976, cuando Robert Wagner y Matthew Meselson describieron que la reparación de dos o más sitios cercanos en la misma molécula de DNA heteroduplex ocurre con más frecuencia en la misma cadena que en la cadena opuesta. Esta observación les llevó a proponer que los desapareamientos de bases son reparados por un mecanismo específico de cadena dirigido hacia una cadena, lo cual permite la reparación de largos tramos de DNA. En *E. coli* el DNA se metila normalmente en ambas cadenas en sitios GATC, pero durante la síntesis del DNA la cadena naciente no está metilada durante un tiempo, lo cual puede permitir a la maquinaria de reparación de bases desapareadas distinguir el nuevo DNA replicado de la cadena de DNA molde. En apoyo a esta idea, ya se demostró en 1975 que la pérdida de la DNA metilasa celular, el enzima que añade un grupo metilo a la adenina de la secuencia GATC, causaba un mayor ritmo de mutación en *E. coli*. La genética de la reparación del desapareamiento de bases fue posteriormente aclarada cuando Glickman y Radman demostraron que los genes *mutH*, *mutL*, *mutS* y *uvrD* eran requeridos para la reparación de bases desapareadas del DNA dirigida por metilación.

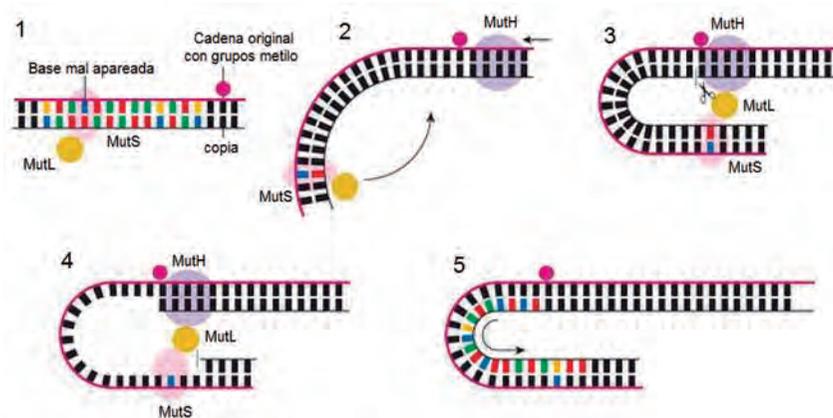


Figura 8. Reparación de errores de apareamiento de bases. Cuando el DNA se replica durante la división celular a veces se incorporan en la nueva cadena errores en el apareamiento de nucleótidos. 1. Dos enzimas, MutS y MutL detectan el error de apareamiento en la cadena de DNA. 2. El enzima MutH reconoce grupos metilo en el DNA. Solo la cadena original, que actúa como molde durante el proceso de copiado, tendrá grupos metilo. 3. La copia lesionada se corta. 4. La base mal apareada se elimina. 5. La DNA polimerasa rellena el hueco y la DNA ligasa sella los dos extremos de la nueva cadena (Johan Jarnestad/The Royal Academy of Sciences, modificado).

La evidencia directa para la reparación de errores de apareamiento dirigida por metilación fue en 1983. En primer lugar, Paul L. Modrich y Matthew Meselson

utilizaron heteroduplex con distintos grados de metilación del DNA para demostrar que la metilación del DNA dirigía la eliminación de los desapareamientos de bases específicos de cadena en *E. coli*. Posteriormente, Modrich puso a punto un ensayo que permitía el análisis del desapareamiento de las bases del DNA en un extracto de *E. coli* libre de células. A unas 1.000 pares de bases del desapareamiento se encontraba un sitio GATC que podía ser metilado de modo controlado y ser usado para monitorizar la corrección específica de ese sitio. Con este ensayo, Modrich pudo demostrar que la actividad reparadora dependía de ATP, del estado de metilación del DNA y que las mutaciones que afectaban a *mutH*, *mutL*, *mutS*, y *uvrD*, alteraban la reparación del desapareamiento en extractos de *E. coli* libres de células. De esta manera Modrich pudo aislar los productos de diferentes genes reparadores, identificar las proteínas e investigar sus propiedades *in vitro* con gran detalle.

Las investigaciones de Modrich culminaron en una publicación en 1989, en la cual muestra la reconstitución del mecanismo de *reparación de los errores de desapareamiento* del DNA en un sistema *in vitro* definido. En esta publicación, Modrich demuestra el requerimiento de DNA polimerasa III, exonucleasa I y DNA ligasa para la reparación por este sistema. Modrich combinó estos factores con las proteínas MutH, MutL, MutS, UvrD purificadas y con la proteína de unión a la cadena simple del DNA. Juntos todos estos factores pudieron procesar las bases desapareadas *in vivo* de manera específica de cadena, dirigidos por la secuencia GATC metilada sólo en una cadena (hemimetilada) y localizada distante del desapareamiento. En este y otros estudios, Modrich demostró que MutS, que reconoce y se une a pares de bases no-Watson-Crick, realiza una función central en el sistema de reparación de bases mal apareadas. Para conferir especificidad en la cadena, MutH se une a sitios hemimetilados GATC en la cadena naciente. MutL actúa como un mediador, que interactúa con MutH y MutS. MutL transduce señales desde MutS, lo cual conduce a la activación de la endonucleasa latente MutH, causando un corte en la cadena de DNA naciente cerca del sitio hemimetilado GATC. La maquinaria interacciona entonces con una helicasa (UvrD), la cual junto con las proteínas MutS, MutL y MutH separa las dos cadenas del DNA hacia el lugar del desapareamiento. El desplazamiento de la cadena mutante continúa y se detiene justo pasado el desapareamiento. La cadena naciente se reemplaza mediante una reacción que rellena el hueco, en la cual la DNA polimerasa III utiliza la cadena parental como molde.

Reparación de bases mal apareadas del DNA en mamíferos

Trabajos posteriores de Modrich y otros han demostrado la conservación de la reparación de bases mal apareadas en células eucariotas. En 2004 Modrich consiguió reconstituir este sistema con factores purificados. Al contrario de lo que ocurre en *E coli*, la metilación del DNA no dirige la reparación específica de la cadena en células eucariotas. Una posibilidad es que los cortes específicos de cadena formados durante la replicación del DNA puedan dirigir la corrección de los errores de replicación específicos de cadena. De esta manera, la reparación de las bases desapareadas es más eficiente en la cadena retrasada de la horquilla de replicación, y un único corte es suficiente para dirigir la reparación específica de la cadena in vitro. Alternativamente, la maquinaria de replicación de las bases mal apareadas puede ser dirigida por ribonucleótidos presentes de manera transitoria en el DNA después de la replicación. En otros aspectos, la reparación de bases desapareadas en eucariotas está estrechamente relacionada con la del sistema de *E. coli*, con homólogos a factores clave tales como MutS y MutL. La importancia del sistema de reparación de bases mal apareadas en mamíferos está apoyada por el descubrimiento de que los defectos en este sistema causan de cáncer de colon no polipósico hereditario.

■ Enfermedades relacionadas con alteraciones en los mecanismos de reparación del DNA

La radiación UV procedente de la luz solar es uno de los factores etiológicos principales para el cáncer de piel, como también del envejecimiento prematuro de la piel. La radiación UV causa la lesión específica entre las bases pirimidínicas del DNA. Estas lesiones son reparadas por el mecanismo de reparación por escisión de nucleótidos. El no funcionamiento de este mecanismo reparador de la lesión inducida por los rayos UV conduce al acumulo de mutaciones, a la predisposición al cáncer o al prematuro envejecimiento. La pérdida genética del mecanismo de reparación por escisión de nucleótidos conduce a enfermedades severas, entre ellas la xerodermia pigmentosa (XP), la tricotiodistrofia (TTD) y el síndrome Cockayne (CS), las cuales se asocian a un gran riesgo al cáncer de piel en edades jóvenes y al desarrollo de alteraciones neurológicas.

Se puede afirmar que la mayoría de las formas del cáncer tienen su origen en el daño al DNA, por lo tanto, la carencia o la alteración de los mecanismos de repara-

ción del DNA aumenta la aparición del cáncer. La predisposición o la resistencia al desarrollo de tumores no se encuentra condicionada a un solo gen, sino a una serie de ellos y depende del carácter del genotipo individual y de ciertos factores ambientales carcinogénicos. Un ejemplo de esta predisposición genética es la hipersensibilidad a la luz ultravioleta que aparece en los individuos que sufren la XP, enfermedad que se manifiesta poco después del nacimiento. En la piel expuesta a los rayos ultravioleta de estos individuos aparecen lesiones que se convierten en tumores que pueden causar la muerte temprana. Esta enfermedad es relativamente rara, se transmite por herencia como un carácter recesivo autosómico y se debe a defectos en el mecanismo enzimático encargado de reparar el DNA lesionado por los rayos ultravioleta. Los enzimas que catalizan la primera fase de la *reparación por escisión de nucleótidos (NER)* en una de las cadenas del DNA, se encuentran deficitarios en los pacientes con XP.

Existen pacientes con otras formas de variantes de XP, en los que su capacidad para reparar los dímeros de timina es normal, pero muestran una deficiencia en los últimos estadios de la reparación en la formación de DNA de elevado peso molecular a partir de los fragmentos de bajo peso molecular sintetizados después de la irradiación. Por tanto, es indudable el incremento del riesgo de cáncer en estos individuos en casos de insolación cuando son deficitarios de alguna etapa de los mecanismos reparadores del DNA.

Los productos genéticos mejor conocidos que participan en las reacciones de la reparación del DNA por escisión de nucleótidos, son aquellos que corresponden a siete grupos de complementación genéticos (A - G) de la XP. Las células mutantes que posean alguno de estos grupos muestran defectos, de diverso grado, en las primeras etapas del proceso de reparación por escisión de nucleótidos. Los individuos así afectados son sensibles a la luz del sol, tienen predisposición al cáncer de piel y algunos muestran anomalías neurológicas severas.

XP es una enfermedad rara de humanos transmitida por herencia en la cual, entre otras cosas, predispone al paciente a lesiones pigmentadas en áreas de la piel expuestas al sol. A su vez XP puede ser causada por mutaciones en algunos de los varios genes de los que intervienen en el sistema de reparación por escisión de nucleótidos. Por ejemplo, algunos de ellos:

- *XPA*, que codifica una proteína que se une al sitio dañado y ayuda al ensamblaje de otras proteínas necesarias para la reparación por escisión de nucleótidos.

- *XPB* y *XPD*, que son parte del factor de transcripción TFIIH. Algunas mutaciones en *XPB* y *XPD* también producen signos de envejecimiento prematuro.
- *XPF*, que corta el esqueleto del DNA en la región 5' de la lesión.
- *XPG*, que corta el esqueleto del DNA en la región 3'.

La ataxia telangiectasia (AT) es otra enfermedad grave, relacionada con deficiencias en el mecanismo de reparación del DNA, que se caracteriza por una sensibilidad extrema a las radiaciones ionizantes y por la pérdida de ciertas defensas inmunitarias. Las personas que padecen esta enfermedad presentan un elevado riesgo de padecer cáncer, 1.200 veces superior que los individuos normales. Los tipos de cáncer observados entre los enfermos de AT son los de origen linfático. Esta enfermedad se caracteriza también por un síndrome de degeneración a nivel del cerebro y del timo, que origina una descoordinación motriz de los miembros (ataxia) y se explica por la disminución de las defensas inmunitarias. La hipersensibilidad a las radiaciones ionizantes que presentan estos enfermos es de tal magnitud, que el tratamiento con radioterapia convencional puede producir de inmediato una reacción de tipo ulceroso seguida de necrosis con desenlace fatal.

La (AT) es una enfermedad multisistémica autosómica recesiva causada por la mutación del gen de la ataxia telangiectasia (ATM), una proteína serina/treonina quinasa, la fosfoinositol 3-quinasa, miembro de la familia de las proteínas quinasa, cuya función es la de controlar la transducción de señales para la respuesta al daño al DNA, en el caso de la rotura de la doble cadena.

La AT se hereda como un trastorno autosómico recesivo. El gen responsable de la enfermedad ha sido identificado y se sabe que se encuentra en el cromosoma 11, concretamente en la posición 11q22-23 y controla la producción de una enzima del tipo -fosfatidilinositol-3- quinasa, involucrada en respuestas celulares y control de ciclo.

La AT, al igual que la XP, se transmite por herencia. Las células de los enfermos con AT conservadas *in vitro* son muy sensibles a las radiaciones ionizantes X o gamma, pero también a ciertas sustancias que reaccionan con el DNA, como los agentes alquilantes. Tanto unas como otras originan en las células AT la formación de aberraciones cromosómicas muy desfavorables para la supervivencia celular que se traducen en una pérdida de la información genética contenida en los cromosomas. La reparación de las lesiones inducidas por las radiaciones ionizantes o por los agentes alquilantes sobre las células AT, es similar a la de los dímeros de pirimidina,

pero son diferentes los enzimas que reconocen estas lesiones. Cada tipo de base lesionada es reconocida por una DNA glicosilasa específica cuya misión es detectar la lesión. La eliminación de las bases la realiza una DNA endonucleasa que rompe la cadena del DNA. Una vez separado el fragmento del DNA lesionado, el resto del proceso reparador se efectúa con los mismos enzimas ya descritos para la reparación de los dímeros de pirimidina: exonucleasa, DNA polimerasa y DNA ligasa. El tamaño de los fragmentos de DNA liberados y resintetizados es de 3 - 10 nucleótidos en reparaciones de lesiones causadas por radiaciones ionizantes y de 30 - 100 nucleótidos para las lesiones debidas a radiaciones ultravioleta.

Las células de los enfermos que sufren AT son deficientes en la eliminación de las bases dañadas por las radiaciones ionizantes. Sin embargo, son capaces de efectuar la reparación de los dímeros de pirimidina, lo que demuestra que las primeras etapas de los sistemas de reparación son distintas. Así pues, la ausencia de reparación de las lesiones del DNA explica la hipersensibilidad de los enfermos de AT a las radiaciones ionizantes y a los agentes alquilantes, así como su elevada frecuencia en tumores.

Tanto en XP como en AT, toda célula procedente de estos enfermos que sea deficiente en los mecanismos de reparación del DNA será aniquilada por cantidades mucho menores de agentes citotóxicos, que las necesarias para aniquilar a una célula normal. Esta diferencia podría tener una aplicación práctica importante en el tratamiento del cáncer por quimioterapia. Las mutaciones hereditarias que afectan la reparación del DNA se asocian con elevado riesgo de cáncer en humanos. El cáncer colorrectal hereditario no polipósico se relaciona con mutaciones específicas en la vía que repara los errores de apareamiento de las bases. También las mutaciones en los productos genéticos BRCA1 y BRCA2 (cáncer mamario 1 y 2 de aparición temprana), confieren a sus portadores un elevado riesgo de cáncer de mama y se asocian con las vías de reparación del DNA.

■ Reparación del DNA y envejecimiento

El acúmulo de lesiones y mutaciones en el DNA se considera que es un factor asociado a las enfermedades relacionadas con la edad. Las alteraciones genéticas en los mecanismos de reparación del DNA causan un envejecimiento prematuro, una progresión acelerada a padecer enfermedades y un acortamiento en la expectativa de vida en humanos y ratones. Estos datos son prueba evidente de que el mantenimiento del

genoma es un seguro de longevidad. Sin embargo, la contribución del mantenimiento del genoma a la propia longevidad humana permanece aún sin establecer.

El envejecimiento es un proceso complejo que origina un declive funcional de los organismos y va asociado a mayor propensión a la mortalidad. La senescencia celular se ha utilizado como modelo de envejecimiento y su estudio tiene implicaciones importantes en la salud de la población. Las observaciones iniciales sugirieron que la senescencia celular se debía al acortamiento de los telómeros, pero hallazgos más recientes han propuesto que también se debe a lesiones al DNA. De hecho, ambos, acortamiento de telómeros y lesión al DNA, inducen la senescencia y comparten un mecanismo común, la respuesta al daño al DNA.

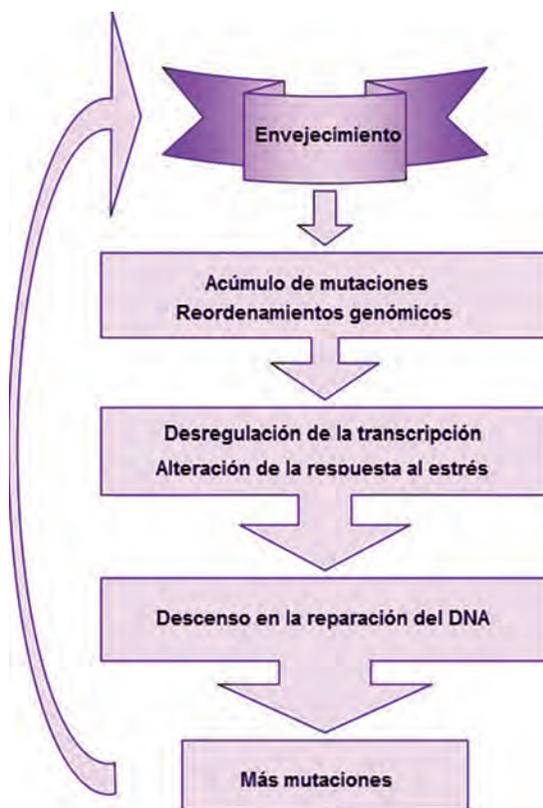


Figura 9. Ciclo envejecimiento y estabilidad genómica. Con el tiempo se acumulan mutaciones espontáneas y reordenamientos genómicos, que conducen a la alteración de la transcripción y a un descenso en la función de los genes reparadores del DNA. La menor eficiencia y fidelidad de la reparación del DNA da origen a más mutaciones que exacerban el declinar funcional relacionado con la edad (Gorbunova et al., 2007, modificado).

El envejecimiento representa, por tanto, la consecuencia inevitable del fallo en la reparación del DNA. Existe una correlación entre la expectativa de vida y la efectividad relativa de reparación del DNA en células de mamíferos. Ya en 1974 Hart y Sellow observaron en células mantenidas en cultivo, que cuando se irradiaron con luz UV la eficiencia con la que reparaban el DNA era menor en células senescentes.

El acúmulo de mutaciones contribuye al envejecimiento porque altera la expresión de genes esenciales. La lesión del DNA no reparada contribuye al envejecimiento porque aumenta la apoptosis. Un desequilibrio entre muerte y renovación celular conduce al agotamiento del “pool” de células madre, pérdida del recambio celular de los tejidos y disminución funcional. En ratones con DNA polimerasa mutada se ha observado un envejecimiento acelerado debido a la apoptosis, y los mutantes NER sufren también un envejecimiento prematuro debido a una mayor apoptosis la cual no se asocia con un incremento en la frecuencia de la mutación.

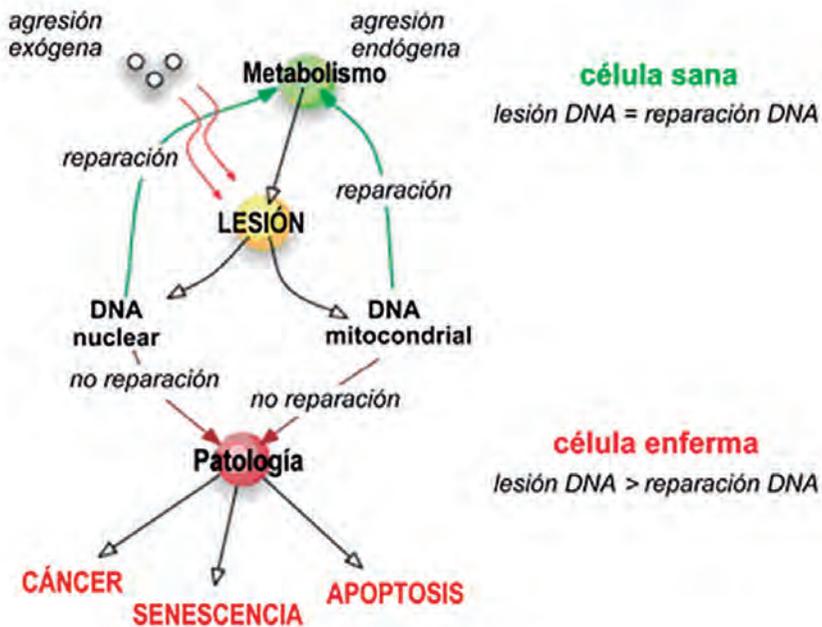


Figura 10. Lesión y reparación del DNA y destino celular. Como consecuencia de las agresiones exógenas y endógenas y del metabolismo celular, el DNA mitocondrial y el nuclear se lesionan. En una célula sana (en verde) existe un equilibrio entre lesión y reparación. No ocurre lo mismo en la célula enferma donde la lesión del DNA sobrepasa la capacidad celular de reparación. En caso de no reparación, o reparación insuficiente, la célula tiene tres posibilidades: la quiescencia que deriva en envejecimiento, la muerte celular programada o apoptosis, o la proliferación aberrante que conduce al cáncer.

El envejecimiento se caracteriza por un declinar en el funcionamiento de los tejidos y órganos y por un riesgo imparable de sucumbir ante las enfermedades propias de la edad. Conocer las causas del envejecimiento y los mecanismos que las determinan son los principales desafíos científicos en las sociedades que se enfrentan a los actuales cambios demográficos.

En los albores de la historia de la evolución, los procesos de reparación del DNA se formaron para permitir el mantenimiento de las especies. La importancia del mantenimiento del genoma para resistir el proceso del envejecimiento ha llegado a ser evidente en una variedad de enfermedades genéticas que son causadas por mutaciones heredadas en los genes de reparación del DNA y se manifiestan en el envejecimiento prematuro en una multitud de tejidos. Es cierto que las lesiones al DNA se están formando constantemente: por un lado, las agresiones genotóxicas exógenas, tales como luz UV, radiaciones ionizantes o una variedad de agentes químicos, y por otro, las agresiones endógenas, tales como las especies reactivas de oxígeno o subproductos metabólicos. Un resultado de estas agresiones constantes genotóxicas es el incremento en el riesgo del cáncer en el envejecimiento cuando las mutaciones se acumulan como resultado de una reparación errónea del DNA. A pesar de la alta especialización de los sistemas de reparación que mantienen la estabilidad del genoma, persiste una fracción de daño al DNA que va acumulándose y forma obstáculos para el metabolismo normal del DNA. Cuando la DNA polimerasa es incapaz de reparar las lesiones, las células entran en senescencia o incluso sufren la muerte celular programada, lo que origina la pérdida de la integridad del tejido y reduce la capacidad regeneradora de los compartimentos de células madre.

¿Por qué van degradándose con la edad los mecanismos de reparación del DNA? Los organismos en estado salvaje sucumben a menudo a la predación o a accidentes, antes de que acumulen suficientes mutaciones para mostrar el deterioro propio del envejecimiento. Ante estas poblaciones salvajes no supone una ventaja el mantenimiento en perfectas condiciones del sistema de reparación del DNA. Sin embargo, ante las enormes diferencias en la expectativa de vida entre las especies, no existe una razón que explique por qué no se mantiene el mecanismo de reparación del DNA en los organismos de vida larga.

Se ha demostrado que la sobreexpresión de los enzimas de reparación del DNA puede a menudo resultar perjudicial, lo cual subraya la importancia de encontrar la expresión coordinada de los factores reparadores del DNA. El conocimiento de

la naturaleza de estos mecanismos reparadores, dependientes de la edad, puede permitir encontrar medios para regular la reparación del DNA, retrasar el envejecimiento y el cáncer.

■ Resumen final

Tomas Lindahl, Paul L. Modrich, y Aziz Sancar han hecho descubrimientos fundamentales sobre los mecanismos de reparación del DNA. Lindahl observó que el DNA era una molécula inherentemente inestable sometida a la degradación incluso en condiciones fisiológicas. Esta observación le llevó a identificar un nuevo grupo de glicosilasas y a describir su papel en la *reparación por escisión de bases*. Modrich transformó el campo de la *reparación de bases mal apareadas*, desde las observaciones genéticas a una detallada comprensión bioquímica, primero en bacterias y después en células eucariotas. Sancar ha transformado el campo de la *reparación por escisión de nucleótidos* desde la genética y los fenómenos en extractos celulares, a una detallada descripción molecular de los mecanismos implicados, primero en bacterias y después en células eucariotas. Sancar ha explicado también los mecanismos moleculares implicados en la *fotorreactivación*, la primera forma descrita de reparación del DNA.

El futuro próximo de los tres galardonados es continuar investigando sobre los descubrimientos que se iniciaron hace más de treinta años y que tanta repercusión tienen en la salud y la enfermedad.

Lindahl, a sus 77 años y en su categoría de emérito, continúa interesándose por la ciencia. Para él es estimulante y gratificante porque la ciencia cambia cada día. Él mantiene su entusiasmo y desearía cumplir los 100 años para poder disfrutar de los nuevos avances. Sancar sigue profundizando en los factores estructurales y cinéticos que capacitan a la nucleasa de escisión a eliminar tipos infinitos de lesiones de bases. Sus objetivos actuales son definir las interconexiones entre la reparación por escisión del DNA y el cáncer, y los puntos de control del daño al DNA y su relación con el reloj circadiano. Modrich continúa publicando sus datos recientes sobre las mutaciones de las proteínas MutS and MutL que son las que inician la reparación de las bases mal apareadas, y demuestra que estas mutaciones se encuentran asociadas en más de un 80% al cáncer colorrectal hereditario no-polipósico, y con otros cánceres esporádicos.

Los desafíos futuros de estos científicos son la identificación de los componentes de estas vías de reparación del DNA, de progresar en el conocimiento de sus alteraciones y la implicación de esas alteraciones en la susceptibilidad al cáncer y desentrañar la genética de los defectos heredados o adquiridos de estos sistemas de reparación del DNA en la población humana. Los tres laureados con el Nobel 2015 continúan sus estudios sobre los mecanismos de reparación que ellos mismos han descubierto, y han encontrado que todos ellos juegan un papel importante en el conocimiento del mantenimiento del DNA humano y en la salud. Miles de reparaciones del DNA son realizadas cada día por cada mecanismo dentro del cuerpo humano y su mal funcionamiento puede conducir a enfermedades serias, en su mayor parte cánceres e incluso la muerte.

■ Bibliografía consultada

- Aboussekhra A, Biggerstaff M, Shivji MK, Vilpo JA, Moncollin V, Protić M, Hübscher U, Egly JM, Wood RD (1995), Mammalian DNA nucleotide excision repair reconstituted with purified protein components. *Cell* 80, 859-868.
- Beukers R y Berends W (1960), Isolation and identification of the irradiation product of thymine. *Biochim Biophys Acta* 41, 550-551.
- Boyce RP y Howard-Flanders P (1964), Release of Ultraviolet Light-Induced Thymine Dimers from DNA in *E. coli* K-12. *PNAS USA* 51, 293-300.
- Brutlag D y Kornberg A (1972), Enzymatic synthesis of deoxyribonucleic acid. 36. A proofreading function for the 3' leads to 5' exonuclease activity in deoxyribonucleic acid polymerases. *J Biol Chem* 247, 241-248.
- Cleaver JE (1968), Defective repair replication of DNA in xeroderma pigmentosum. *Nature* 218, 652-656.
- Dianov G y Lindahl T (1994), Reconstitution of the DNA base excision-repair pathway. *Curr Biol* 4, 1069-1076.
- Dzantiev L, Constantin N, Genschel J, Iyer RR, Burgers PM y Modrich P (2004), A defined human system that supports bidirectional mismatch-provoked excision. *Mol Cell* 15, 31-41.

- Dulbecco R (195), Experiments on photoreactivation of bacteriophages inactivated with ultraviolet radiation. *J Bacteriol* 59, 329-347.
- Fernholm A (2015), DNA repair – providing chemical stability for life. *Popular Science Background, The Nobel Prize in Chemistry 2015. The Royal Swedish Academy of Sciences.* pp 1 – 15.
- Fishel R, Lescoe MK, Rao MR, Copeland NG, Jenkins NA, Kone H, Kolodnor R y Modrich P (1993), The human mutator gene homolog MSH2 and its association with hereditary nonpolyposis colon cancer. *Cell* 75, 1027-1038.
- Gensler HL y Bernstein, H (1981), DNA damage as the primary cause of aging. *Q Rev Biol*, 1981, 56, 279-303.
- Glickman BW y Radman M (1980), *Escherichia coli* mutator mutants deficient in methylation-instructed DNA mismatch correction. *PNAS USA* 77, 1063-1067.
- Gorbunova V, Seluanov A, Mao Z e Hine G (2007), Changes in DNA repair during aging. *Nucleic Acids Res* 35, 7466-7464.
- Grilley M, Welsh KM, Su SS, Modrich P (1989), Isolation and characterization of the *Escherichia coli* mutL gene product. *J Biol Chem* 264, 1000-1004.
- Guftafsson CM (2015), Mechanistic studies on DNA repair. *Scientific background on the Nobel Prize in Chemistry 2015. The Royal Swedish Academy of Sciences.* pp 1-15.
- Hoeijmakers JHJ (2009), DNA damage, aging, and cancer. *New Eng J Med* 361, 1475–1485.
- Hart RW y Sellow RB (1974), Correlation between deoxyribonucleic acid excision repair and life-span in a number of mammalian species. *Proc Natl Acad Sci USA* 71, 2169-2173.
- Holmes J Jr, Clark S y Modrich P (1990), Strand-specific mismatch correction in nuclear extracts of human and *Drosophila melanogaster* cell lines. *PNAS USA* 87, 5837-5841.

- Holliday R (2007), Mechanisms for gene conversion in fungi. *Genetical Research* 89, 285-307.
- Howard-Flanders P, Boyce RP y Theriot L (1966), Three loci in *Escherichia coli* K-12 that control the excision of pyrimidine dimers and certain other mutagen products from DNA. *Genetics* 53, 1119-1136.
- Husain I. (1985), Effect of DNA polymerase I and DNA helicase II on the turnover rate of UvrABC excision nuclease. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 1985. 82, 6774-6778.
- Jorns MS, Baldwin ET, Sancar GB, Sancar A. (1987), Action mechanism of *Escherichia coli* DNA photolyase. II. Role of the chromophores in catalysis. *J Biol Chem* 262, 486-491.
- Kao YI, Saxena C, Wang L, Sancar A y Zong L (2005). Direct observation of thymine dimer repair in DNA by photolyase. *Proc Natl Acad Sci USA* 102, 16128-16132.
- Kelner A. (1949), Effect of Visible Light on the Recovery of *Streptomyces Griseus* Conidia from Ultra-violet Irradiation Injury. *Proc Natl Acad Sci USA* 35, 73-79.
- Kelner A (1949), Photoreactivation of Ultraviolet-Irradiated *Escherichia coli*, with Special Reference to the Dose-Reduction Principle and to Ultraviolet-Induced Mutation. *J Bacteriol* 58, 511-522.
- Kraemer KH, Patronas NJ, Schiffmann R, Brooks BP, Tamura D, DiGiovanna JJ (2007), Xeroderma pigmentosum, trichothiodystrophy and Cockayne syndrome: A complex genotype-phenotype relationship. *Neuroscience*. 45, 1388-1396.
- Kraemer KH, Ruenger TM (2008), Genome instability, DNA repair and cancer. En: Wolff K, et al., editores. *Fitzpatrick's Dermatology in General Medicine*. New York: McGraw Hill; pp. 977-986.
- Kubota Y, (1996) Reconstitution of DNA base excision-repair with purified human proteins: interaction between DNA polymerase beta and the XRCC1 protein. *EMBO J* 15, 6662-6670.

Lahue RS, Au KG y Modrich P (1989), DNA mismatch correction in a defined system. *Science* 245, 160-164.

Lindahl T y Nyberg B (1972), Rate of depurination of native deoxyribonucleic acid. *Biochemistry* 11, 3610-3618.

Lindahl T y Andersson A (1972), Rate of chain breakage at apurinic sites in double-stranded deoxyribonucleic acid. *Biochemistry* 11, 3618-3623.

Lindahl T y Nyberg B (1974), Heat-induced deamination of cytosine residues in deoxyribonucleic acid. *Biochemistry* 13, 3405-3410.

Lindahl T (1974), An N-glycosidase from *Escherichia coli* that releases free uracil from DNA containing deaminated cytosine residues. *Proc Natl Acad Sci USA* 71, 3649-3653.

Lindahl T (1976), New class of enzymes acting on damaged DNA. *Nature* 259, 64-66.

Lindahl T. (1993), Instability and decay of the primary structure of DNA. *Nature* 362, 709-715.

Lindahl T (1994), DNA repair. DNA surveillance defect in cancer cells. *Curr Biol* 4, 249-251.

Lindahl T (1996), The Croonian Lecture. Endogenous damage to DNA. *Phil Trans R Soc London* 351, 152-1538.

Lindahl T y Wood RD (1999), Quality control by DNA repair. *Science* 286, 1897-1905. Muller HJ. (1927) Artificial Transmutation of the Gene. *Science* 66, 84-87.

Lindahl T (2013), My journey to DNA repair. *Genomics, proteomics and bioinformatics* 11, 2-7.

Lu AL, Clark S y Modrich P (1983), Methyl-directed repair of DNA base-pair mismatches in vitro. *Proc Natl Acad Sci USA* 80, 4639-4643.

- Lujan SA, Williams JS, Clausen AR, Clark AB, Kunkel TA (2013), Ribonucleotides are signals for mismatch repair of leading-strand replication errors. *Mol Cell* 50, 437-443.
- Marinus MG (1976), Adenine methylation of Okazaki fragments in *Escherichia coli*. *J Bacteriol* 128 853-854.
- Marinus MG y Morris NR (1975), Pleiotropic effects of a DNA adenine methylation mutation (*dam-3*) in *Escherichia coli* K12. *Mutat Res* 28, 15-26.
- Matsumoto Y y Kim K (1995), Excision of deoxyribose phosphate residues by DNA polymerase beta during DNA repair. *Science* 269, 699-702.
- Modrich P (1994), Mismatch repair, genetic stability, and cancer. *Science*. 66, 1959-1960.
- Modrich P (2006), Mechanisms in eukaryotic mismatch repair. *J Biol Chem* 281, 30305-30309.
- Mol CD (1995), Crystal structure and mutational analysis of human uracil-DNA glycosylase: structural basis for specificity and catalysis. *Cell* 80, 869-878.
- Mu D, Park CH, Matsunaga T, Hsu DS, Reardon JT y Sancar A (1995), Reconstitution of human DNA repair excision nuclease in a highly defined system. *J Biol Chem* 270, 2415-2418.
- Muller H J (1927), Artificial Transmutation of the Gene. *Science*. 66, 84-87.
- Paul TT (2015), Mechanisms of ATM Activation. *Annu Rev Biochem*. 84, 711-738.
- Pavlov YI, Mian IM y Kunkel TA (2003), Evidence for preferential mismatch repair of lagging strand DNA replication errors in yeast. *Curr Biol* 13, 744-748.
- Parsons R, Li GM, Longley MJ, Fang WH, Papadopoulos N, Jen J, de la Chapelle A, Kinzler KW, Vofelstein B y Modrich P (1993), Hypermutability and mismatch repair deficiency in RER+ tumor cells. *Cell* 75, 1227-1223.
- Petit C y Sancar A (1999), Nucleotide excision repair: from *E. coli* to man. *Biochimie* 81, 15-25.

- Pettijohn D y Hanawalt P (1964), Evidence for Repair-Replication of Ultraviolet Damaged DNA in Bacteria. *J Mol Biol* 9, 395-410.
- Pukkila PJ, Peterson J, Herman G, Modrich P y Meselson M (1983), Effects of high levels of DNA adenine methylation on methyl-directed mismatch repair in *Escherichia coli*. *Genetics* 104, 571-582.
- Rupp WD y Howard-Flanders P (2005), Discontinuities in the DNA synthesized in an excision-defective strain of *Escherichia coli* following ultraviolet irradiation. 1968. *DNA Repair (Amst)* 4, 620-633.
- Rupert CS, Goodgal SH y Herriott RM (1958), Photoreactivation in vitro of ultraviolet-inactivated *Hemophilus influenzae* transforming factor. *J Gen Physiol* 41, 451-471.
- Rupert CS, (1960), Photoreactivation of transforming DNA by an enzyme from bakers' yeast. *J Gen Physiol* 43, 573-595.
- Sancar A y Rupert CS (1978), Cloning of the *phr* gene and amplification of photolyase in *Escherichia coli*. *Gene* 4, 295-308.
- Sancar A, Hack AM y Rupp WD (1979), Simple method for identification of plasmid-coded proteins. *J Bacteriol* 137, 692-693.
- Sancar A, Warton RP, Seltzen S, Kacinski BM, Clarke ND y Rupp WD (1981), Identification of the *uvrA* gene product. *J Mol Biol* 148, 45-62.
- Sancar A y Rupp WD (1983), A novel repair enzyme: UVRABC excision nuclease of *Escherichia coli* cuts a DNA strand on both sides of the damaged region. *Cell* 33, 249-260.
- Sancar A, Clarke NP, Griswold J, Kennedy WJ y Rupp WD (1981), Identification of the *uvrB* gene product. *J Mol Biol* 148, 63-76.
- Sancar A y Sancar GB (1988), DNA repair enzymes *Annu Rev Biochem* 57, 29-67.
- Sancar A (1996), DNA excision repair *Annu Rev Biochem* 65, 43-81.

- Sancar GB, Jorns MS, Payne G, Fluke DJ, Rupert CS y Sancar A (1987), Action mechanism of *Escherichia coli* DNA photolyase. I. Formation of the enzyme-substrate complex. *J Biol Chem* 262, 478-485.
- Sancar GB, Jorns MS, Payne G, Fluke DJ, Rupert CS, Sancar A. (1987), Action mechanism of *Escherichia coli* DNA photolyase. III. Photolysis of the enzyme-substrate complex and the absolute action spectrum. *J Biol Chem* 262, 492-498.
- Segurel L, Wyman MJ y Przeworski M (2014), Determinants of mutation rate variation in the human germline. *Annu Rev Genomics Hum Genet* 15, 47-70.
- Setlow RB y Setlow JK (1962), Evidence that ultraviolet-induced thymine dimers in DNA cause biological damage. *Proc Natl Acad Sci USA* 48, 1250-1257.
- Setlow RB y Carrier WL (1994), The disappearance of thymine dimers and inhibition of DNA synthesis by ultraviolet radiation of cells. *Science* 142, 1464-1446.
- Sobol RW, Horton JK, Kühn R, Gu H, Singhal RK, Prasad R, Rajewsky K, y Wilson SH (1996), Requirement of mammalian DNA polymerase-beta in base-excision repair. *Nature* 379, 183-186.
- Su SS y Modrich P (1989), *Escherichia coli* mutS-encoded protein binds to mismatched DNA base pairs. *Proc Natl Acad Sci USA* 83, 5057-5061.
- Verly WG y Paquette Y (1972), An endonuclease for depurinated DNA in *Escherichia coli* B. *Can J Biochem* 50, 217-224.
- Verly WG, Paquette Y y Thibodeau L (1973), Nuclease for DNA apurinic sites may be involved in the maintenance of DNA in normal cells. *Nat New Biol* 244, 67-69.
- Wagner R Jr y Meselson M (1976), Repair tracts in mismatched DNA heteroduplexes. *PNAS USA* 73, 4135-4139.
- Welsh KM, Lu AL, Clark S, Modrich P (1987), Isolation and characterization of the *Escherichia coli* mutH gene product. *J Biol Chem* 262, 15624-15629.

Premio Nobel de Literatura 2015

SVETLANA A. ALEXIÉVICH, HA RECIBIDO EL PREMIO NOBEL DE LITERATURA POR “SUS ESCRITOS POLIFÓNICOS, UN MONUMENTO AL SUFRIMIENTO Y AL CORAJE EN NUESTRO TIEMPO”



En el anverso de la medalla se muestra la efigie de Alfred Nobel con las fechas de su nacimiento NAT MDCCCXXXIII y muerte OB MDCCCXCVI. El reverso de la medalla del Premio Nobel de Literatura otorgado por la Academia Sueca representa a un hombre joven sentado bajo un árbol de laurel, quien escucha encantado y escribe el canto de una musa. La inscripción dice: *Inventas vitam iuvat excoluisse per artes*, las palabras han sido tomadas de la obra de Virgilio del siglo I AC, *Eneida*. El nombre del Laureado se graba debajo de la imagen, y además aparece un texto que dice “ACAD. SUEC.” por Academia Sueca. Diseñada por Erik Lindberg.

Ángel Sánchez de la Torre

La Real Academia de Suecia publicó el día 8 de octubre de 2015 su decisión de conceder el Premio Nobel de Literatura de este año a Svetlana A. Alexiévich una escritora nacida en la ciudad de Ivano-Frankvsk, Ucrania, el 31 de mayo de 1948. Su padre y su madre ejercían como profesores de enseñanza primaria. Ella inició su carrera también como maestra rural, posteriormente estudió periodismo en la Universidad de Minsk donde se graduó en 1972, y comenzó a ejercer su profesión atendiendo a la información literaria. Pero volcaba su técnica investigadora en conversar con quienes se hallaran en su entorno sobre cuantas cosas podrían serle interesantes. Su nombre, ampliamente conocido ya por sus libros traducidos a muchos idiomas, Svetlana A. Alexiévich.

¿Cuál era el interés humano que encaminaba la dirección de su mirada? ¿Cuál fue la razón que hizo prevalecer su candidatura en el inmenso y proceloso cauce que la llevó hasta emerger en el ánimo de quienes llegaron a identificar en ella al Premio Nobel de 2015? ¿Cuáles eran los méritos más relevantes que la condujeron hasta el más alto podio de la literatura contemporánea?

■ Introducción

El conjunto de sus escritos muestra una modalidad estilística: la “polifonía” de testimonios en que personas reales manifiestan opiniones, pensamientos, juicios, sentimientos. Es el género “entrevista” donde la aportación del escritor no hace sino mantener y subrayar los materiales recibidos, y plasmarlos, además, con la intensidad dramática que la índole de las cosas sugiere. Su talento literario es el de convertir ese coro de comunicaciones individuales en un concierto que se llega a percibir como una proyección esencial de la naturaleza humana, con desarrollos, tiempos, variaciones y motivaciones conjugadas en un presente histórico.

La atención de la escritora se dirige a temas profundamente literarios, y ellos pueden parangonarse con otros que ya han trazado, en épocas anteriores, la historia de grandes fenómenos culturales, definidores del perfil más notorio de países, épocas, personajes asentados en el recuerdo colectivo por su significación humana.

El contenido de la obra literaria de Svetlana A. Alexiévich constituye –según la referencia que el Jurado del Premio Nobel expresa–, “un monumento al sufrimiento y al coraje de nuestro tiempo”.

¿Cuáles son los matices de ese sufrimiento y de ese coraje, y dónde se producen los eventos de esa percepción que la escritora condensa en sus escritos?

Las vivencias percibidas en la experiencia de una maestra, una periodista y una autora de libros tienen lugar en el ámbito de la vida corriente de su país, Ucrania, Bielorrusia, Rusia que en los tiempos de su juventud abarcaba toda clase de acontecimientos, desde el régimen político propio de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, que posteriormente tendía a dominar lo más posible de su antigua extensión, hasta la pretensión imperialista de su más importante territorio, Rusia, desde su capitalidad en Moscú.

Podría ser que en la concesión del Premio Nobel a esta escritora pudiera transparentarse una crítica ideológica contra procedimientos políticos que habían caracterizado al régimen soviético y que había moldeado creencias y actitudes populares desde comienzos del siglo XX. Nuestra escritora lamenta muchas veces que ese *homo sovieticus* siguiera existiendo de múltiples maneras, pero también explica que el espíritu de los eslavos venía de muchos modos condicionando la espontaneidad y duración de un cierto talante, simultáneamente personal y colectivo, en que lo profundo del alma individual y lo intenso de la pertenencia grupal se hospedan en un abrazo irrompible.

Es la espontaneidad de situaciones, protagonistas y sentimientos la virtud literaria que proyecta la obra escrita de Svetlana Alexiévich, y es la trascendencia humana de los eventos en que se revela tal obra lo que da relevancia literaria a lo relatado.

Los títulos de sus libros: *La guerra no tiene rostro de mujer* (1983), *La voz de la utopía* (1985), *Últimos testigos* (1985), *Los chicos del zinc* (1989), *Hechizados por la muerte* (1994), *Voces de Chernóbil* (1997), *Tiempo de segunda mano* (2013), reflejan la experiencia vital del pueblo que se organizaba en escalones jerárquicos, que durante largos decenios enraizaban en las profundidades del infantilismo más utópico, y florecían en las purgas y asesinatos fraguados entre “mayoritarios” y “minoritarios”, “líderes inconmensurables” y “ejecutores heroicos”.

Svetlana A. Alexiévich es la sexta persona en alzarse con el premio Nobel de Literatura en la lengua rusa. El último ganador fue el célebre poeta ruso Joseph Brodsky, que lo logró en 1987.

La Academia Sueca ha otorgado el Premio Nobel de Literatura a la escritora bielorrusa Svetlana Aleksándrovna Alexiévich, una maestra del reportaje literario, género con el que relata con toda su crudeza el fracaso de la utopía soviética.

■ Su vida y su obra

De padre bielorruso y de madre ucraniana, Alexiévich nació el 31 de mayo de 1948 en el pueblo de Stanislav –actual Ivano-Frankivsk– en la Ucrania soviética, pero se crió en la república soviética de Bielorrusia. Estudió periodismo en la Universidad de Minsk desde 1967 y al graduarse marchó a la ciudad de Biaroza, en el óblast o provincia de Brest, para trabajar en el periódico y en la escuela locales como profesora de historia y de alemán. Durante ese tiempo se debatió entre la tradición familiar de trabajar en la enseñanza y el periodismo.



Al principio ejerció como profesora de historia y de lengua alemana, aunque pronto optó por dedicarse a su verdadera pasión, el reportaje, y, de hecho, en 1972 se licenció en la Facultad de Periodismo de Minsk y trabajó como redactora en varios diarios de su país. Fue reportera en la prensa de Narowla, en el óblast o provincia de Gómel. Desde sus días de escuela había escrito poesía y artículos para la prensa escolar y también en la revista literaria *Neman* de Minsk, donde publicó sus primeros ensayos, cuentos y reportajes.

A imagen y semejanza de una arqueóloga, Alexiévich se sumerge con la ayuda de cientos de entrevistas en los acontecimientos más traumáticos que han marcado la vida del *homo soviéticus* como la Segunda Guerra Mundial, la Guerra de Afganistán, la catástrofe de Chernóbil y la desintegración de la URSS. Alexiévich no se queda anclada en el pasado, sino que documenta de manera muy crítica el derrotero que han tomado desde 1991 países como Rusia, a cuyo presidente, Vladímir Putin, acusa de llevar a su país al medioevo con su “culto a la fuerza”.

Su primer libro, *La guerra no tiene rostro de mujer* (1983), le costó un varapalo de las autoridades soviéticas, que le acusaron de naturalismo y pacifismo, duras críticas en esos tiempos que impidieron su publicación. Aunque ingresó en 1984 en la Unión de Escritores de la Unión Soviética, no pudo publicar hasta la llegada de la Perestroika en 1985 el primer libro de su ciclo *El hombre rojo. La voz de la utopía*

ha sido traducida a más de veinte idiomas, el libro narra el inconmensurable coste de la victoria sobre la Alemania nazi en la Gran Guerra Patria (1941-1945), como se conoce en esa zona del mundo, la Segunda Guerra Mundial. Ese mismo año se publicó también *Últimos testigos*, relatos que fueron muy alabados por la crítica como precursores de la “nueva prosa bélica” y que recoge las voces de aquellos que vivieron de niños (6-12 años) la contienda. La Guerra de Afganistán, acontecimiento que precipitó la desintegración soviética, es la protagonista de *Los chicos del zinc* (1989), pero desde el punto de vista de los veteranos y de las madres de los caídos en el país centroasiático. Una vez consumada la caída de la URSS, Alexiévich dio una nueva vuelta de tuerca en su investigación sobre el fracaso de la utopía comunista con *Hechizados por la muerte*, un reportaje literario sobre el suicidio de aquellos que no soportaron el fracaso del mito socialista (1994). *Voces de Chernóbil* (1997) documenta las vivencias orales sobre el trauma que supuso la mayor catástrofe nuclear de la historia de la humanidad (1986) y que puso de manifiesto la amenaza que el fallido proyecto soviético representaba para el resto del mundo. Alexiévich cerró el ciclo sobre *El fin del Hombre rojo, con Tiempo de segunda mano*, publicada en 2013, un año en el que sonó como una de las favoritas al Nobel.

El escritor bielorruso Ales Adamóvich la inclinó a la literatura apoyando un nuevo género de escritura polifónica que denominó «novela colectiva», «novela-oratorio», «novela-evidencia» o «coro épico», entre otras fórmulas. En sus textos a medio camino entre la literatura y el periodismo usa la técnica del *collage* que yuxtapone testimonios individuales, con lo que consigue acercarse más a la sustancia humana de los acontecimientos. Para esto tuvo que transformarse en viajera y visitar casi toda la Federación Rusa.

■ Comentarios a sus escritos polifónicos

Svetlana pregunta a los actores y a los que sirven a los actores. Indaga sin ocultar su sufrimiento sobre las implicaciones de estos eventos.

Sin haberlo pretendido, Svetlana amplía el ámbito de la experiencia humana hasta límites anteriormente no alcanzados con esa lucidez emanada de los propios hechos. Pues esos límites amplían el campo anteriormente conocido para entender la vida, el amor, el mundo, la desmesura de las pretensiones humanas, la trabazón entre el cosmos y el destino.

Ello no constituye un fenómeno aislado. Ningún género literario y ningún tema humano surgen por sí mismos ni carecen de precedentes. Para su modo personal de captar y expresar la realidad, nuestra escritora hallaría inspiraciones en la literatura romántica alemana, en el dramatismo de los novelistas rusos, en las divagaciones de Nietzsche y en los análisis de Freud. Pero además su tiempo, y por ello su experiencia personal propia, está inmerso en guerras, catástrofes, ilusiones sociales, descubrimientos científicos, viajes cósmicos, hipótesis alucinantes sobre el origen de todo cuanto hay. Pensadores como Kierkegaard, Chestof, Berdiaef, Scheler, Sartre han encauzado el conocimiento de la realidad humana desde una perspectiva que ellos mismos califican como “filosofía existencial”, donde se estudian nuevas preguntas, nuevos confines, nuevas religiosidades, nuevos métodos, nuevos modos de creatividad y de imaginación de lo real, nuevas concepciones de la Nada y del Individuo, de la racionalidad y de la irracionalidad. ¿Qué sentido tiene “el vivir”?

Sería exagerado, e impertinente, señalar a Svetlana A. Alexiévich como una “pensadora existencialista”. Solamente dice lo que sucede en la existencia de muchos, refleja en su propia manifestación lo que muchos revelan de su existencia auténtica, y ofrece materiales para que sus lectores amplíen y consoliden dentro del crisol de la experiencia propia la lucidez y el significado de lo vivido por los personajes, siempre espontáneos y aplomados en vivencias de cada uno, a los que la escritora deja asomar incidentalmente en las páginas de su cosecha humana. Se trata de testimonios. Algunas veces se manifiestan como “martirios”, pero sin pretensión de dejar constancia de creencias o de lealtades supremas, sino reconociendo humilde y cotidianamente lo que les pasa, sin poder evitarlo. Se trata solo de “tragedias”.

Quien ahora pretenda ofrecer un cuadro definitorio de la totalidad de los valores metodológicos y temáticos presentes en esta obra literaria se enfrentaría a una empresa imposible. Escrita en lengua rusa esconde matices y misterios que se escaparían al mérito de los traductores y que no serían imaginados por quienes no fueran la propia escritora. Por ello solamente procede comentar el género literario elegido, y las reflexiones a que conduce la visión impactante proyectada desde los temas tratados.

La oportunidad presente ha de acotar, por ello sus pretensiones. Pues una exploración completa y atinada será objeto posterior de los historiadores de la lite-

ratura y del pensamiento, una vez que su autora está ya sacralizada en la lista, de relevancia mundial, de los distinguidos por el Premio Nobel de Literatura.

Sin dejar de traer referencias de otros libros, puede estimarse que el que centra con mayor profundidad y con mayor alcance la obra literaria de Svetlana es el libro *Voces de Chernóbil*, leído por el comentarista en la traducción española de Ricardo San Vicente. A ello inducen, no solo el subtítulo que aparece en este volumen y que ignoro si se halla en el original: *Crónica del futuro*, sino también el texto de Merab Mamardashvili escogido como lema del libro: “Somos aire, no tierra”.

El acontecimiento en cuyo torno gira este libro es tomado por la autora en los términos del frío lenguaje narrativo de la Enciclopedia de Bielorrusia: “El 26 de abril de 1986, a la 1 h 23’ 58”, una serie de explosiones destruyeron el reactor y el edificio del cuarto bloque energético de la Central Eléctrica Atómica de Chernóbil, situada cerca de la frontera bielorrusa. La catástrofe de Chernóbil se convirtió en el desastre tecnológico más grave del siglo XX...”.

Los documentos (relatos, reflexiones) de que consta este libro están acogidos bajo tres partes que llevan, a su vez, títulos que expresan de algún modo la proyección temática que su autora pretende, al darles un significado que resume el alma de las diversas aportaciones: “La tierra de los muertos”, “La corona de la creación”, “La admiración de la tristeza”. Las líneas que lo comentan ahora los enunciarían juntos bajo un lema intencional, transparentado en la actitud de la propia escritora: “a pesar de todo, la fe de la esperanza”.

El plano común a los relatos, “confesiones” puestas en boca de otros o “meditaciones” que el clima de los eventos graba en la conciencia de la propia escritora, es que estamos en la época de las catástrofes. Transcribiremos testimonios surgidos en boca de interlocutores (cuyo nombre omitimos pues su mención en cada frase haría caótica nuestra selección) que en diferentes relatos recoge la escritora, y a los que mencionamos mirando exclusivamente a nuestra conveniencia crítica.

“Chernóbil ha pasado para que haya filósofos. A los animales los llamaba ‘despojos andantes’, y al hombre ‘tierra hablante’ porque comemos tierra, es decir, crecemos en la tierra”. “Me siento impelido a filosofar. Hables con quien hables de Chernóbil, a todo el mundo le da por filosofar”, “Somos metafísicos. No vivimos en la tierra sino en nuestras quimeras, en las conversaciones. En las palabras. Debemos añadirle algo más a la vida cotidiana para comprenderla.

Incluso cuando nos encontramos junto a la muerte”. “Una persona se levanta temprano por la mañana. Empieza su jornada. Y no se para a pensar en la eternidad, sus pensamientos están en el pan de cada día. Usted, en cambio, quiere que la gente piense en la eternidad. Este es el error de todos los humanistas”. “Nos hallamos ante una nueva historia. Ha empezado la historia de las catástrofes. Pero el hombre no quiere pensar en esto, porque nunca se ha parado a pensar en esto: se esconde tras aquello que le resulta conocido. Tras el pasado”. “La zona (*contaminada*)... Es un mundo aparte. Otro mundo en medio del resto de la Tierra. Primero se lo inventaron los escritores de ciencia ficción, pero la literatura cedió su lugar ante la realidad. Ahora ya no podemos creer, como los personajes de Chéjov, que dentro de cien años el mundo será maravilloso... Hemos perdido ese futuro”.

“Esta es la primera señal, donde no se ven ni escarabajos ni lombrices, es que allí es alta la radiación. ¿Qué es eso de la radiación?”.

“No existe ni el lugar que nosotros llamábamos nuestra patria. Ahora somos como los murciélagos”. “La gente que me encuentro... se asombra. No entiendo... Este miedo de aquí no lo conozco. No lo veo. Y no lo tengo en mi memoria, a quien temo es a los hombres. A la gente armada”. “De modo que nos trajeron aquí. Nos dieron una bata blanca y un gorrito blanco. En todas partes con una pala. Los robots no lo aguantaban; las máquinas se volvían locas. Nosotros, en cambio, aguantábamos... Por los caminos nos encontrábamos perros asilvestrados y gatos... Nos ordenaron que disparáramos contra ellos. No había nadie, solo nosotros...”. “Luego regresamos a casa. Me quité de encima todo aquello, toda la ropa que llevaba, y la tiré a la basura. Pero la gorra se la regalé a mi hijo pequeño. Tanto me la pidió que... No se la quitaba para nada. Al cabo de dos años, el diagnóstico fue tumor en el cerebro”. “Los robots se morían. Nuestros robots, creados por el académico Lukachev, se hicieron para explorar Marte. Pero decían que se les quemaban todas las extrañas por la alta radiación. En cambio, los soldaditos corriendo con sus trajes y sus guantes de goma, estos funcionaban”. “¿Qué podemos hacer? ¿Qué hacer a partir de ahora?” “Esta histeria generalizada. ¿Se acuerda? Miles de personas... millones veían la televisión y unos brujos que se atribuían a sí mismos unos poderes ultrasensoriales... Las cabezas llenas de una nueva utopía”.

“La vida es algo asombroso... ¿En qué creo?... El Hombre se desprende de la Tierra. Se remite no solo a la Tierra sino a otros mundos. El Apocalipsis. El invierno

nuclear... La atmósfera se saturará de humo. Los rayos solares no podrán alcanzar la Tierra, y se producirá una reacción en cadena: frío, más frío y aún más frío”.

Svetlana proyecta en su escrito el mundo de Chernóbil, y de él selecciona la historia omitida, las huellas imperceptibles, la cotidianidad de los sentimientos, de los pensamientos y de las palabras, la vida cotidiana del alma de las gentes corrientes. El arte ha imaginado el Apocalipsis en las más distintas versiones tecnológicas, pero –revela la escritora– la vida es mucho más fantástica. Transmite una sensación de misterio, el sentimiento de haber alcanzado lo nunca visto. Antes de Chernóbil, por cada 100.000 habitantes de Belarús, se producían cerca de 82 casos de enfermedades oncológicas. Hoy, las estadísticas son las siguientes: por cada 100.000 habitantes, hay 6.000 enfermos. Esto quiere decir que se han multiplicado por 74 –comenta. “¿Y qué es lo que teníamos aquí? 3.000 microrroetgen por hora. Pero lo que les preocupaba no era la gente, sino su poder. En un país donde lo importante no son los hombres, sino el poder, la prioridad del Estado está fuera de toda duda. Y el valor de la vida humana se reduce a cero”.

¿Responsables legales? “En las cabeceras de los periódicos soviéticos y extranjeros aparecen reportajes sobre el juicio de los acusados por la catástrofe de Chernóbil. En las más altas instancias, en el Comité Central del PCUS, se decidió que la causa debía examinarse en el propio lugar del delito. En el propio Chernóbil. En el banquillo de los acusados había seis personas... Los asientos destinados al público estaban vacíos. De todos modos, tampoco vivía ya nadie en el lugar”.

“Nuestro sistema es por lo general militar, funciona a la perfección en situaciones límite”. “Encerraron al director de la central nuclear y ya está. En el sistema de antes era muy difícil decir quién tenía la culpa. Si le dan una orden de arriba, ¿qué se supone que debe usted hacer? Una sola cosa, cumplirla. Investigarían alguna cosa”. “Las instrucciones está hechas para la gente instruida, para determinado nivel cultural. ¡Pero no lo hay! Las instrucciones no están hechas para nuestra gente... Yo a esto lo llamaría fatalismo”. “Como dijo en una reunión el redactor jefe: ‘¡Recordad! Ahora entre nosotros no hay ni médicos, ni maestros, ni científicos, ni periodistas; hoy solo existe para nosotros una profesión: la de hombre soviético”. “Durante mucho tiempo hemos vivido tras una alambrada... Y teníamos miedo del otro mundo. Mi diagnóstico es... ¿Quiere oírlo? Una mezcla de prisión y jardín de infancia: esto es el socialismo”.

“Cuando vuelvan los comunistas, no tardarán in un instante en encontrar a los culpables... Míralos, vienen aquí... y se disponen a grabar”. “En la central está trabajando una comisión gubernamental. También la fiscalía. Allí aclararán el asunto. No conviene olvidar la guerra fría. Estamos rodeados de enemigos... En una combinación letal de ignorancia y corporativismo, la piedra angular de la vida y sus hábitos adquiridos eran: no te destaques. Di sí a todo”.

Han cambiado las dimensiones del mundo.

“Viene gente, Nos hacen películas, cintas que nosotros nunca veremos. No tenemos ni televisor, ni electricidad. Te queda solo mirar por la ventana. Y rezar, claro. Un tiempo, en lugar de Dios tuvimos a los comunistas, ahora, en cambio, solo tenemos a Dios”. Ya es inútil que pensemos que “nos casaremos y tendremos hijos. Mire, esta es la oración...’Dios mío, si has hecho que no pueda hacerlo, haz entonces que no quiera’... San Francisco predicaba a las aves. Hablaba con los pájaros de igual a igual... Él comprendía su lenguaje secreto”.

“Alguien ha escrito que en el siglo XX... y ahora ya en el siglo XXI, vivimos tal como nos ha enseñado a hacerlo la literatura del siglo XIX. ¡Dios santo! A menudo me asaltan las dudas. Pero ¿quiénes somos? ¿Quiénes? “Habríamos necesitado un buen traje de protección, unas gafas especiales y una máscara... No pensábamos... Qué lástima que entonces nos paráramos tan poco a pensar”. “Nos encontramos de nuevo en este mundo. Lo principal es la vida y la muerte. No existe nada más. No hay nada más que colocar en la balanza. He comprendido que soto tiene sentido el tiempo vivido. Nuestro tiempo vivido”.

Nos asomamos a otro tiempo cósmico. “Chernóbil es ante todo una catástrofe del tiempo. Los radionúclidos diseminados por nuestra Tierra vivirán cincuenta, cien, doscientos mil años. Y más. Desde el punto de vista de la vida humana, son eternos. Entonces, ¿qué somos capaces de entender? ¿Está dentro de nuestras capacidades alcanzar y reconocer un sentido a este horror del que seguimos ignorando casi todo?”. El mundo de Chernóbil. “De pronto, se encendió cegadora la eternidad. Callaron los filósofos y los escritores, expulsados de sus habituales canales de la cultura y la tradición. Durante aquellos primeros días, con quien resultaba mas interesante hablar, no era con los científicos, los funcionarios o los militares de muchas estrellas, sino con los viejos campesinos. Gente... cuya conciencia, de algún modo, había dado cabida a un nuevo escenario del mundo. Y su conciencia no se destruyó”.

Pero “¿cómo devolverles el mundo de antes? ¿Cómo devolverles el futuro? Tenemos que responder a una pregunta: ¿Quiénes somos? ¿Qué es para nosotros la vida? ¿Y qué es para nosotros la libertad? La libertad, solo sabemos soñar con ella... Hemos construido durante setenta años el comunismo y ahora construimos el capitalismo... Nos hemos perdido en la historia... Y nosotros... ¿quiénes somos?”.

“Unos conocidos nuestros han tenido un niño. Lo esperaban: era su primer hijo. Una pareja joven, guapa. Pero el niño tiene una boca que le llega a las orejas, aunque no tiene orejas. Yo no voy a verlos como antes, no puedo. En cambio mi hija, un día sí y otro también... Le tira esa casa: no sé si imagina su futuro, o se prepara.

Se avizora una transformación de la naturaleza. Anteriormente todo estaba en su lugar como siempre. “La misma tierra, el mismo agua, los mismos árboles. En ellos, tanto las formas como los colores, así como los olores, son eternos, y nada será capaz de cambiarlos, ni siquiera un poco. Pero ya el primer día me explicaron que no hay que arrancar las flores de la tierra, que es mejor no sentarse, como tampoco hay que beber agua de los manantiales. Al atardecer, observé cómo los pastores querían dirigir hacia el río al cansado rebaño, pero las vacas se acercaban al agua y, al instante, daban media vuelta. Y los gatos, me contaban, dejaron de comer los ratones muertos de los cuales estaba lleno el campo y los patios. La muerte se escondía por todas partes, pero se trataba de algo diferente. Una muerte con una nueva máscara. Con aspecto falso”.

La madre de mi novio –relata alguien a la escritora– “cuando se enteró que soy de una familia de Chernóbil... me preguntó asombrada: ‘Cariño, ¿cómo puedes tener hijos?’... Él suplicaba: ‘Me iré de casa, alquilaremos un piso’. Pero a mí no se me salen de la cabeza las palabras de su madre: ‘Cariño, para algunos parir es pecado’. Amar es pecado... ¿Y usted sabría decirme por qué recae sobre nosotras este pecado? El pecado de parir un hijo. Si yo no tengo culpa alguna. ¿Tengo yo la culpa de querer ser feliz?”.

(Observación de este comentarista: si aquella joven viviera en la España actual no se plantearía esa pregunta sino esta otra: “¿Seré buena progresista si no aborto cada vez que quedo preñada? Una ley progresista debería obligar a abortar, y la felicidad del mundo sería total”).

Pero hay que reconocer una cosa. “Hay algo que no va.... El organismo reacciona ante las altas radiaciones: se bloquean algunos órganos”... Ello “significa mil millones de años... Más allá de esta cifra mi mente no podía imaginar. Dejaba de comprender qué es el tiempo. ¿Dónde estoy? ¿Qué ha quedado de la Grecia antigua? Los mitos de la Grecia antigua. De todos modos, nos inventaremos algo que se asemeje a nuestra vida”. “El hombre se cura. También la tierra se cura. Hay que trabajar. Pensar... Observe la naturaleza. Hay que aprender de ella. La naturaleza trabaja, se autodepura, nos ayuda. Se comporta con más sensatez que el hombre. La naturaleza aspira a recuperar el equilibrio primitivo. Aspira a la eternidad”.

En el episodio titulado *Una solitaria voz humana* se plantea la escritora una cuestión radical en este orden del ser y del no ser, puesto que el ser o es eterno o no es: “No sé de qué hablar... ¿De la muerte, o del amor? ¿O es lo mismo? ¿De qué?”.

La tragedia surge cuando el acto de amor que da lugar a una vida lleva consigo también la condena de muerte. La recién nacida padecía de cirrosis fatal y murió a las cuatro horas de nacer. La madre la enterró junto a la tumba en que yacía ya su marido muerto por haber padecido radiaciones. Y la madre desolada exclama: “Siempre vengo a verlos con dos ramos: uno es para él y el segundo lo pongo en un rinconcito para ella... Ella me ha salvado... Recibió todo el impacto radiactivo, se convirtió, como si dijéramos, en el receptor de todo el impacto. Ella me salvó... ¿Cómo se puede matar con el amor? El amor y la muerte. Tan juntos”.

Alguien se sabe herida de radiactividad, y relata: “Cuando iba por la calle, a cada momento, miraba para los lados, me parecía que a mis espaldas alguien ya estaba a punto de... Que me estaba esperando... Cada día salía de casa con toda la ropa limpia... Ahora en cambio (pues ha regresado a la zona contaminada, de donde la población ha sido evacuada) ando sola por el bosque y no le tengo miedo a nadie. En el bosque no hay gente, ni un ser vivo... A veces, das con algún cazador, con su escopeta, el perro y el dosímetro... Por eso aquí no tengo miedo. No puedo tenerle miedo a la tierra, al agua. A quien temo es al hombre”. Efectivamente el horror a la enfermedad es superado por el horror a los asesinos que se matan entre sí en las guerras civiles. Pero el miedo a la contaminación es semejante al pánico suscitado por la guerra, como leemos en otros relatos: “En todas partes, la gente se ha acostumbrado a ver personas muertas”. “Nos fuimos como si huyéramos de una guerra... Viajamos en tren doce días... No existe ni el lugar

que nosotros llamábamos nuestra patria... Nuestro país no existe, pero nosotros sí". "¿Por qué rezo? No rezo en la iglesia sino sola. ¡Quiero amar! ¡Amo! ¡Rezo por mi amor!".

"En todas partes se hablaba de la catástrofe... Pero nadie lo creía. ¿Cómo se puede creer en algo que no se comprende?... Recuerdo que cuando nos marchábamos de nuestra ciudad, el cielo era de un azul espléndido". Una profesora relata conversaciones con sus alumnos infantiles. "Discuten y me preguntan: '¿Da miedo o no la muerte?' Si hasta hace poco a los pequeños les interesaba de dónde venían... Ahora lo que les preocupa es qué pasará después de una bomba atómica... El vacío. A su alrededor ha surgido otro mundo. Leen ciencia ficción: esto les atrae, les gusta leer cómo el hombre se aleja de la Tierra... La muerte que te rodea te obliga a pensar mucho... Ante los ojos de estos críos, constantemente, entierran algo o a alguien... No hay nada que les pueda asombrar ni alegrar"... "No tenemos el cielo que llamamos cosmos, esto no existe en nuestra conciencia. "Un día incluso se me apareció en sueños este futuro espectáculo mío. El arte es memoria. Es el recuerdo de aquello que fuimos".

"Esta gente se está muriendo –recita una viuda– pero nadie les ha preguntado de verdad sobre lo sucedido. La gente no quiere oír hablar de la muerte. De los horrores. Pero yo he hablado del amor... De cómo he amado". Mas "¿qué le voy a decir? Lo más justo en la vida es la muerte. Nadie la ha evitado. La tierra da cobijo a todos: a los buenos y a los malos... Y no hay más justicia en este mundo... Un joven puede morir; el viejo debe morir". "La caza y la guerra son la principal ocupación del hombre. Desde el principio de los tiempos". Por ello los evacuados que habían regresado a sus tierras cazaban para proporcionar a los científicos materiales de análisis, y terminaron comiendo caza, "Al principio teníamos miedo, pero ahora ya nos hemos acostumbrado. Algo hay que comer; porque lo que es todos no cabremos en la Luna, ni en ningún otro planeta".

A falta de seguridades vinieron los adivinos y las brujas que pretendían curar y prevenir todos los males. ¿De dónde venían estos personajes? Creo que los engendraba nuestro deseo de un milagro. Nuestra esperanza. Porque alguien les destinaba columnas enteras en los periódicos, les cedía las horas de máxima audiencia en la televisión. Si la fe en la razón abandona al hombre, en su alma se instala el miedo, como ocurre con los salvajes. Y aparecen los monstruos".

Los trabajadores que se ocuparon de remediar los más inmediatos efectos de la radiación percibieron una nueva idea de la muerte. Todo moría en su entorno: insectos, aves, hojas, flores. “Su mundo ya era otro mundo, un mundo con un nuevo derecho a la vida, con un nuevo sentido de la responsabilidad y un nuevo sentido de culpa”, pues se trataba de un fracaso humano... “El tiempo se había mordido la cola. El principio y el fin se habían unido... Y estos hombres no regresaron de una guerra... Sino se diría que de otro planeta... Habrán de hacer alguna cosa con este conocimiento y emplearlo de algún modo”. Y uno de ellos decía, mucho después: “...Me estoy destruyendo con esta incapacidad de comprender. Porque no reconozco este mundo, un mundo en el que todo ha cambiado. Hasta el mal ha cambiado... A mí me destruye el futuro, no el pasado”... “El hombre está en el vacío, sin nada suyo”.

El reinado de la inconsciencia. “Apunte usted –me decían–. No hemos comprendido todo lo que hemos visto, pero que queden nuestras palabras. Alguien las leerá y entenderá. Más tarde. Después de nosotros...”. Sin embargo, quienes habían acumulado toneladas de materiales sobre las ruinas del reactor eran más bien héroes que suicidas. “Estos hombres salvaron a su país. Han salvado a Europa. ¿Quién puede imaginarse aunque sea por un segundo el panorama si hubieran explotado los tres reactores restantes? Ellos han salvado algo más importante que su propia patria, han salvado la vida misma. El tiempo de la vida. El tiempo vivo”. Pues la vida aún sigue. “El pope dice y nos promete que somos inmortales. De modo que rezamos. Señor, danos fuerzas para sobrellevar las fatigas de nuestra vida”. Aunque otro superviviente confiesa: “Espere... Quiero que sepa una cosa... Yo no temo a Dios. A mí lo que me da miedo son los hombres”. Matiza una joven: “Yo temo al hombre. Y, a la vez, siempre quiero encontrarlo. A un buen hombre. Ya ve...”.

¿A dónde se ha ido el cósmico *homo sovieticus*? “Valiente estúpido...lo que le encantaría es cambiar el curso de los ríos siberianos o algo parecido... un manotazo colosal... Pero, cuando se trata de sobrevivir...”. Sin embargo, sobrevive, al precio de reconocer limitaciones: “Cuando quieres encontrar sentido a algo, notas que te conviertes en una persona religiosa. Yo, en cambio, soy ingeniero. Soy persona de otras convicciones. Y me rijo por otros símbolos”.

¿Emergen dentro de este nuevo mundo nuevos parámetros de la realidad?

Este punto es una aportación directa (entrevista de la autora consigo misma). “Han confluído dos catástrofes. Una social: ante nuestros ojos se derrumbó la Unión Soviética, se sumergió bajo las aguas el gigantesco continente socialista; y otra cósmica: Chernóbil... ¿Hay que aprender a vivir para uno mismo, vivir cada uno su propia vida? Esto último lo ignoramos, no lo sabemos... En cambio, de Chernóbil querríamos olvidarnos, porque ante él nuestra conciencia capitula. Es una catástrofe de la conciencia. El mundo de nuestras convicciones y valores ha saltado por los aires... Seguimos viviendo en un mundo cuando nuestra conciencia habita en otro. La realidad resbala sobre nosotros y no tiene cabida en el hombre... No hay modo de atrapar la realidad”.

Y uno de sus interlocutores busca respuestas, más adelante, confesando: “El pope dice y nos promete que somos inmortales. De modo que rezamos. Señor, dadnos fuerzas para sobrellevar las fatigas de nuestra vida”. Y otro acude a la percepción de lo inmediato: “A partir de aquello empezó todo. Aquel manzano en flor... Ahora solo filmo animales. Ya se lo he dicho, he descubierto el sentido de mi vida... Nuestro arte solo trata del sufrimiento y del amor humano y no de todo lo vivo. ¡Solo del hombre! No nos rebajamos hasta ellos, los animales, las plantas. No vemos el otro mundo. Porque el hombre puede destruirlo todo. Matarlo todo. Esto no es ya ninguna fantasía”. Y ello –otra interlocutora– entre titubeos y pasos en falso: “Yo soy poca cosa. ¿Qué puedo hacer yo? Cada uno encontraba alguna justificación. Alguna explicación. Yo he hecho el experimento conmigo misma. Y, en una palabra, he comprendido que en la vida las cosas más terribles ocurren en silencio y de manera natural”.

“Por qué nos sentimos impotentes?... Nos faltan nuevas ideas, nuevos objetivos y pensamientos. ¿Dónde están nuestros escritores, nuestros filósofos? ¿Por qué callan? Y ya no digo nada sobre que nuestra intelectualidad, los hombres que más han esperado la libertad y que más han hecho para que llegara la libertad, hoy se hayan visto abandonados, arrojados a la cuneta... De pronto hemos descubierto que no somos necesarios. Que no hacemos ninguna falta”.

Tras los esfuerzos por recuperar un mundo en que no hubiera radiaciones letales, “estos hombres tenían una idea completamente distinta de la muerte, y esta idea se extendía a todo desde el ave a la mariposa: su mundo ya era otro mundo; un mundo con un nuevo derecho a la vida, con un nuevo sentido de la responsabilidad y un nuevo sentimiento de culpa... Aquellos hombres convertían sus sufrimientos en un nuevo conocimiento”.

“Los hombres nunca están a la altura de los grandes acontecimientos. Siempre les superan los hechos”.

“¿Y la disciplina de la técnica? Para nuestra gente es una parte de la opresión, es un yugo, unas cadenas. Un pueblo elemental, libre. Siempre soñando no con la libertad, sino con hacer lo que se le antoje...”. “...Hemos sido educados en este peculiar paganismo soviético: el hombre es el amo y señor, es la corona de la creación. Y está en su derecho de hacer con el mundo lo que le plazca... Me refiero a este propósito de inculcar al pueblo unas cualidades, unas propiedades que no tiene. El sueño de la revolución mundial es el sueño de reformar al hombre y de cambiar todo el mundo que nos rodea... La conocida consigna bolchevique: ‘¡Conduzcamos a la humanidad con mano de hierro hacia la felicidad!’”. La psicología del agresor. Un materialismo de caverna. Un reto a la Historia y un reto a la Naturaleza. Y esto no tiene fin. Se derrumba una utopía y otra ocupa su lugar... Una vez más, nos dedicamos a sobrevivir. Toda nuestra energía se consume en esto. Pero el alma se deja a un lado. De nuevo el hombre está solo”.

Los ritos de paso de un mundo a otro se suceden, bajo la mirada de la escritora, en detalles mínimos que adquieren relevancia y significación desde su recuerdo. Así cuando en boca de un padre de familia que debe abandonar su hogar y sus campos, en el territorio contaminado se entiende: “No me llevaré todas las cosas, pero sí una. ¡Una sola cosa! Tengo que quitar la puerta del piso y llevármela; no puedo dejar la puerta. Cerraré la entrada con tablones”. Se evoca la ancestral diferencia entre lo íntimo y lo común, lo entrañable y lo indiferente, los afectos de familia y lo hostil de los merodeadores: eso puede estar esencializado en la puerta de casa, abierta a los amigos, cerrada a los profanos. La vida ya no será igual después. “¡Aquella puerta era nuestro talismán!” –prosigue. Y también las ceremonias caseras en la espera de la muerte: las preguntas instantes: “¿Cómo estás”; el colocar una vela entre las manos del moribundo que se agarra a ella mirando su temblorosa llama como si de esto esperase la inmortalidad: “Él la cogió, aún respiraba. Veo que los ojos se le enturbian. Pero yo no lloraba. Solo le pedí una cosa: Saluda allí a nuestra hijita y a mi madre. Recé para reunirme con ellos...”.

La capacidad de recordar es precisa para poder entender las diferencias entre el pasado y el presente, o sea, entre el pasado y el futuro, así como el sentido de la adaptación en que se reconoce la identidad personal de quien proviene del pasado y busca cómo instalarse en el presente. Un monólogo de Svetlana despliega estas cuestiones:

“...¿Para qué recuerda la gente? ¿Para restablecer la verdad? ¿La justicia? ¿Para liberarse y olvidar? ¿Porque comprenden que han participado en un acontecimiento grandioso? ¿O porque buscan en el pasado alguna protección? Y todo eso, a sabiendas de que los recuerdos son algo frágil, efímero; no se trata de conocimientos precisos sino de conjeturas sobre uno mismo. No son aún conocimientos, sino solo sentimientos. Lo que siento. Recuerdo... Recuerdo...”

En una entrevista se lee: “Nadie sabe qué hay en el otro mundo. Aquí se está mejor. Nos conocemos más... Y nos animaban a que nos fuéramos... Otros se marchaban... La gente escribía sus nombres en las casas. En las vigas. En las cercas. En el asfalto”. Y otra evacuada: “Yo canto en el coro de la iglesia. Leo los Evangelios. Voy a la iglesia porque solo allí hablan de la vida eterna y reconfortan a la gente. En ninguna otra parte escucharás palabras de consuelo, y tienes tantas ganas de escucharlas... Cuando caminábamos camino de la evacuación, si por el camino aparecía una iglesia, todos se dirigían hacia el templo. No había modo de abrirse paso. Ateos, comunistas, todos iban”... “De pronto comencé a dudar, ¿qué es mejor, recordar u olvidar? Pregunté a los amigos. Unos lo han olvidado, otros no quieren recordar, porque nosotros no podemos cambiar nada. Ni siquiera podemos marcharnos de aquí. Ni siquiera eso... Así pues, ¿qué es mejor? ¿Recordar u olvidar?”.

La escritora describe una situación en que se compara con el naufragio del Titanic. “Las lámparas encendidas. Suena la música. Sirven champán. Nuestra mentalidad. Este es un tema aparte. En primer lugar, nosotros ponemos los sentimientos. Esto le da un gran vuelo, una gran altura a nuestra vida, pero al mismo tiempo es fatal. En cambio, la opción racional siempre es para nosotros negativa. Nosotros comprobamos nuestros actos con el corazón y no con la razón”.

El sentimiento básico es el de ser comunidad. “En nuestras aldeas la gente vive junta. En comunidad”... “Segamos con la hoz y la guadaña. Trillamos el grano con cadenas sobre el asfalto mismo. Mi hombre trenza cestas. Yo, durante el invierno, coso. Y tejo”... “Quien ha dado su vida por la patria es un hombre santo... Lo único que no puedo es matar... El bien siempre triunfa... Cuando nació mi hijo dejé de tener miedo a la muerte. Se me abrió el sentido de mi vida”. Y evoca cuando su vida en comunidad creaba los signos de la tradición:

“El Domingo de Ramos siempre cortaba unas ramas de sauce. Y como no teníamos pope, me iba al río y allí yo misma las bendecía. Una la colocaba en mi

puerta. También en casa las ponía y con ellas la adornaba. Las colocaba en las paredes, en las puertas, en el techo. Y mientras las repartía por casa salmodiaba: ‘Oh, ramita, salva a mi vaca. Para que el cereal crezca alto y el manzano me dé buenos frutos. Que tenga muchos pollitos y las ocas muchos polluelos’. Hay que recorrer así la casa y pronunciar largo rato el encanto”. Pero ahora, en el lugar donde está alojada, siente la pérdida de aquella vida aldeana, y reconoce sentir pánico: “No por mí, sino por mi hijo. No tiene ya a dónde regresar”.

■ Cronología de sus publicaciones

1983: *La Guerra no tiene rostro de mujer*, donde entrevistó a mujeres rusas que participaron en la Segunda Guerra Mundial. La obra finalizó en 1983, pero por cuestionar clichés sobre el heroísmo soviético las autoridades soviéticas le acusaron de naturalismo y pacifismo, duras críticas en aquellos tiempos. Fue publicada dos años más tarde gracias al proceso de reformas conocido como la *Perestroika*. La adaptación teatral de esta obra en Moscú, en 1985, dio apoyo a la Glásnost del régimen soviético iniciada por Migaíl Gorbachov. Aunque ingresó en 1984 en la Unión de Escritores de la Unión Soviética, no pudo publicar el primer libro de su ciclo hasta la llegada de la Perestroika en 1985.

1985: Primer volumen de su ciclo *El Hombre rojo, La voz de la utopía*, Traducida a más de veinte idiomas, la obra narra el costo de la victoria sobre la Alemania nazi en la Gran Guerra Patria (1941-1945), como se conoce en esa zona del mundo, la Segunda Guerra Mundial. “Elegí un género donde las voces humanas hablan por sí mismas”, señala la autora, que suele colocar en primer plano las historias de sus muchos entrevistados, dejando testimonios que arrojan una luz inquietante sobre tragedias como la Segunda Guerra Mundial y la guerra afgano-soviética.

1985: *Últimos testigos. Cuentos nada infantiles (Poslednie svideteli: sto nedetskikh kolibel'nikh)*, Moscú: Molodaya Gvardiya, 2ª ed. Moscú: Palmira, que recoge el testimonio de niños que sobrevivieron a la invasión nazi.

1989: *Los chicos de zinc (Tsinkovye Málchiki)*, traducida a veces como Ataúdes de zinc), sobre la experiencia de la guerra en Afganistán y para escribirlo se recorrió el país entrevistando a madres de soldados que perecieron en la contienda.

1993: *Cautivos de la muerte* (Zacharovannye Smertiu), ofrece la visión de aquellos que no pudieron sobrevivir a la idea de la caída del régimen soviético y se suicidaron.

1997: *Voces de Chernóbil*, traducido al español en 2006 (Siglo XXI) y reimpresso en 2014 (Penguin Random House). En esta obra trata sobre los que se sacrificaron en la catástrofe nuclear de Chénobil. El libro recoge información recopilada durante diez años tras haber entrevistado a más de quinientas personas que fueron testigos del desastre en Ucrania.

2014: *Época del desencanto*. En ruso y traducido al alemán.

2013: *Tiempo de segunda mano*. Alexiéovich cerró el ciclo sobre el “homo sovieticus” con *Tiempo de segunda mano*, publicada en un año en el que ya sonó como una de las favoritas del Nobel. En su opinión, el título de ese libro alude a que los soviéticos viven de prestado, ya que no estaban preparados ni para la *Revolución Bolchevique*, ni para la *Perestroika*, ni para la pesada carga de libertad que trajo la caída del sistema comunista. Es este libro Alexievich hace un registro de los rusos que soportaron la transformación del país entre la segunda mitad de los años 90 y la primera década del nuevo siglo. El *homo sovieticus* nunca ha tenido experiencia de libertad o democracia. Creímos que nada más derribar la estatua de Félix Dzhzhzhinski, el fundador del KGB, seríamos Europa. “La democracia es un trabajo duro que lleva generaciones”, dijo entonces. La escritora rememora el viejo debate entre *Alexandr Solzhenitsin* –“el campo de trabajo hace al hombre más fuerte”– y *Varlam Shalámov*, quien opinaba que “el campo destruye al hombre, ya que al salir ya no puede seguir viviendo, pues cree que el mundo entero es un GULAG”. Los interlocutores de Alexievich están atenazados por un profundo “sentido derrotista”, no tanto por la decepción que supuso la caída de la Unión Soviética, sino por el fin de un gran imperio. En este nuevo documento, Svetlana Alexiéovich se propone “escuchar honestamente a todos los participantes del drama socialista”, según dice en el prólogo. La escritora afirma que el *homo sovieticus* sigue todavía vivo, y no es solo ruso, sino también bielorruso, turcomano, ucraniano, kazajo... “Ahora vivimos en distintos Estados, hablamos en distintas lenguas, pero somos inconfundibles, nos reconocen en seguida. Todos nosotros somos hijos del socialismo”. “El mundo ha cambiado completamente y no estábamos verdaderamente preparados”. Atrapada aún en el espacio soviético,

Alexiévich indaga con angustia y sufrimiento sobre el fin de una cultura, una civilización, unos mitos y unas esperanzas.

■ Palabras de Svetlana A. Alexiévich en el Banquete

Me gustaría dar las gracias a la Academia Sueca por este distinguido premio, que no me atrevo a reclamar como mío solamente. Más bien, lo veo como un tributo a las muchas generaciones que no hace mucho tiempo vivían juntas en un imperio marxista de futuro brillante –ese enorme país llamado la URSS. Este premio reconoce su sufrimiento, su dolor. Ellos desaparecieron en el olvido en los campos estalinistas, en las minas de Magadan y Vorkuta; se les disparó en la parte posterior de la cabeza en las cámaras de tortura de la NKVD; y perecieron en la Segunda Guerra Mundial y en otras guerras del imperio. La gran idea devoraba a sus propios hijos sin piedad. Las ideas no experimentan dolor. Uno siente lástima por la gente.

Durante la Perestroika soñábamos con la libertad, pero nos encontramos en un punto totalmente diferente de la historia. En la era postsoviética, en lugar de la libertad, varios tipos de totalitarismo autocrático han florecido: ruso, bielorruso, kazajo... Estamos encontrando nuestro camino, lenta y progresivamente debajo de los escombros del “Imperio Rojo”. En mi libro “Tiempo de segunda mano,” hay una mujer cuya familia entera fue exiliada a Siberia, y allí murió. Cuando nos sentamos en su cocina, cantó esta canción popular soviética con lágrimas en los ojos:

*Así como la mañana tiñe de colores tiernos
Los edificios y paredes antiguas del Kremlin,
Nuestra espaciosa tierra Soviética
Despierta con el amanecer...
Exuberante, poderosa, invencible como está
Mi país, mi Moscou,
Tu eres lo más querido de mi corazón.*

El pasado no le liberaría de su abrazo destructor. Le habían enseñado a creer. La niña, de quien Stalin una vez que se llevó todo, todavía vivía dentro de ella, y ella todavía creía. ¿En qué puede creer ella?

Yo quiero hablar de mi país –Bielorrusia. Dos mujeres jóvenes se acercaron a mí en el aeropuerto de Minsk cuando yo me iba a Varsovia. Estaban llorando. ¡Gracias!”, Dijeron.” ¿Usted entiende? ¡Ahora nosotras realmente existimos! Ahora todo el mundo sabe dónde está Bielorrusia! “Quiero transmitir este ‘gracias’ para todos ustedes. Varias generaciones han crecido desde que Bielorrusia se independizó después del golpe de agosto de 1991. Cada uno de ellos ha tenido su propia revolución, ha salido a la calle a demostrarlo, y cada uno ha querido vivir en un país libre. Todos ellos han sido golpeados, enviados a prisión, expulsados de las universidades, y despedidos de sus puestos de trabajo. Nuestra revolución no ha logrado la victoria, pero sí tenemos nuestros propios héroes revolucionarios”.

La libertad no es una fiesta instantánea, que una vez soñamos. Es un camino. Un largo camino. Esto lo sabemos ahora.

Todos vivimos en el mismo mundo. Se llama “La Tierra”. Este mundo nuestro se ha convertido en incómodo. Encienda el televisor y se escuchará a locutores llenos de emoción describiendo nuevos buques de guerra y aviones... En Rusia, en América y en otros países e idiomas. Una época bárbara está sobre nosotros una vez más. Una era de poder. La democracia está en retirada. Pienso en los ‘90... En ese momento, pareció a usted y a todos nosotros..., que habíamos entrado en un mundo seguro. Recuerdo el diálogo de Gorbachov con el Dalai Lama sobre el futuro, el fin de la historia... Hoy todo nos parece como un cuento bonito. Estamos en presencia de un nuevo enfrentamiento entre el bien y el mal. Los dos somos testigos y participantes.

¿Qué puede lograr el arte? El propósito del arte es potenciar el ser humano dentro del ser humano. Pero cuando estuve en Afganistán durante la guerra soviética, hablando con los refugiados Donbass en Ucrania, oí la rapidez con que el hombre arroja la cultura, y emerge en él un monstruo. La bestia se revela. Sin embargo, yo escribo... y sigo escribiendo... Escribo como me enseñaron mis maestros, los escritores bielorrusos Ales Adamovich y Vasil Bykov, a los que hoy recuerdo con gratitud.... escribo como mi abuela me enseñó en la infancia en Ucrania cuando

ella recitaba poemas del libro de Taras Shevchenko Kobzar (The Bard) para mí. ¿Por qué escribo? Me han llamado una escritora de catástrofes, pero eso no es cierto. Siempre estoy en busca de palabras de amor. El odio no nos salvará. Solo el amor. Y tengo esperanza...

Como me despido de ustedes, me gustaría que la lengua bielorrusa que es la lengua de mi pueblo, fuera escuchada en esta magnífica sala;

[En bielorruso:]

En un pueblo bielorruso, una anciana me despidió con las siguientes palabras:

“Pronto vamos a ir por caminos separados. Gracias por escucharme y por llevar mi dolor a otras personas. Te lo ruego, al salir, echa un vistazo a mi pequeña cabaña, no una vez, sino dos. Cuando una persona te mira por segunda vez, no es con los ojos de un extraño, es una mirada con el corazón ...”

[En Ruso:]

Quiero agradecer de todo corazón a todos. Gracias por escuchar nuestro dolor.

■ Final

¿No es admirable la radicalidad de la situación vital descrita por Svetlana?

Lo reconoció admirablemente el Jurado del Premio Nobel, al afirmar que encarnaba “el coraje de nuestro tiempo”. Escribió relatos que sabía que no obtendría autorización para publicarlos, aunque hubiera ingresado en la Unión de Escritores de la Unión Soviética, requisito necesario para alcanzar un mínimo de tolerancia por parte de las autoridades públicas. Éstas comenzaron por impedirle alguna publicación. Más tarde la acusaron de naturalismo y de pacifismo para obstaculizar por algún tiempo que escritos suyos (simbolizados en los ataúdes de cinc que contenían cadáveres caídos en tierras de Afganistán, por ejemplo) salieran a la luz. Otro libro se refería a la etapa de la *Perestroika*, que permitió al autoritarismo ruso cambiar de aspecto (sin que nuestra escritora se dejara engañar), y el último (de

2013, *Tiempo de segunda mano*) prolonga las consideraciones que hemos visto a través de su libro sobre Chernóbil. Aunque el tema más impactante se desarrolla en *Cautivados por la muerte*, en que trata de entender los fenómenos que siguieron al desplome del régimen soviético, siguiendo el hilo de la oleada de suicidios que tradujo el desconcierto y desamparo producidos entre la multitud que había puesto sus ilusiones en aquel sistema milagroso: “podemos”. Svetlana continúa así ahondando en el tema del fin de una cultura, de una civilización, de unos mitos y de unas esperanzas transportadas en la amplitud, casi un siglo, de vigencias ideológicas precedentes.



■ Premios

Desde 1996 ha recibido numerosos premios internacionales, entre otros:

1996: Ryszard-Kapuściński, Polonia.

1999: Premio Herder.

2000: Premio del Círculo de Críticos Nacional del Libro.

2013: Premio de la Paz del Comercio Librero Alemán.

2015: Premio Nobel de Literatura 2015, por 'su obra polifónica' que, de acuerdo con el jurado, *es un monumento al valor y al sufrimiento en nuestro tiempo.*



■ Referencias

«Aleksiévich o Alexiévich, formas adecuadas». *www.fundeu.es*. Consultado el 2015-10-08.

«Svetlana A. Alexiévich, Premio Nobel de Literatura 2015». *ABC.es*. 8 de octubre de 2015.

“La bielorrusa Svetlana A. Alexiévich, premio Nobel de Literatura”, Pilar Bonet, en *El País*, 8 de octubre de 2015.

«Voces de Chernóbil 20 años después». *El País*, 9 de abril de 2006.

«Un fragmento de La plegaria de Chernobyl: crónica del futuro». *Lanacion.com.ar* (8 de octubre de 2015).

«Svetlana A. Alexiévich, la primera periodista que gana el premio Nobel de Literatura». *BBC Mundo* (8 de octubre de 2015).

http://cultura.elpais.com/cultura/2015/10/08/actualidad/1444297840_159906.html, consultado el 8 de octubre de 2015.

wikipedia.org/wiki/Svetlana_Aleksiévich

Premio Nobel de la Paz 2015

EL CUARTETO DEL DIÁLOGO NACIONAL TUNECINO, HA SIDO PREMIADO CON EL NOBEL DE LA PAZ POR SU CONTRIBUCIÓN DECISIVA A LA TRANSICIÓN A LA DEMOCRACIA PLURALISTA TRAS LA REVOLUCIÓN DE LOS JAZMINES EN 2011



La anverso de la medalla que concede el Comité Nobel Noruego al Premio Nobel de la PAZ, muestra a Alfred Nobel en una pose un poco diferente a la de las otras medallas, aunque la inscripción es la misma. El reverso de la medalla representa un grupo de tres hombres formando un vínculo fraternal. La inscripción dice: *Pro pace et fraternitate Gentium*. En el canto de la medalla aparece grabado “Prix Nobel de la Paix”, el año correspondiente, y el nombre del Laureado al Premio Nobel de la Paz. Diseño Gustav Vigeland.

Federico Mayor Zaragoza
María Cascales Angosto

El viernes 9 de octubre el comité Nobel Noruego, ha elegido otorgar el premio de este año a la sociedad civil de Túnez, el único país protagonista de las revueltas árabes que ha sido capaz de llevar su transición democrática a buen puerto. Por eso el premio es coral y recae sobre el llamado *Cuarteto Tunecino*, las cuatro organizaciones de la sociedad civil que patrocinaron una salida dialogada a la aguda crisis política que vivía Túnez y que amenazaba con dar al traste con el proceso de transición iniciada tras la *Primavera Árabe* en 2011. El Cuarteto lo componen el

sindicato *Unión General de los Trabajadores Tunecinos* (UGTT), la patronal del país (UTICA), *la Liga Tunecina Derechos Humanos* (LTDH) y *la Asociación Nacional de Abogados*.



La crisis política de Túnez de 2010-2011, conocida como la Revolución tunecina, y también como la Revolución de los Jazmines o la Intifada de Sidi Bouzid, puesto que comenzó en la ciudad de Sidi Bouzid, en el centro/sur de la zona más poblada del país, se inició con una serie de protestas democráticas, con gran presencia de jóvenes, sentando un precedente decisivo en el mundo árabe cuando consiguieron derrocar al gobierno autocrático de *Zine El Abidine Ben Ali*.

Los medios de comunicación han tomado como fecha de inicio el viernes 17 de diciembre de 2010, cuando el joven universitario y vendedor ambulante Mohamed Bouazizi se quemó a lo bonzo en la citada ciudad de Sidi Bouzid, para protestar por la acción de la policía que, al confiscarle su puesto callejero de venta de frutas, le había condenado al paro y a la miseria.

■ Introducción

Durante muchos años, los países occidentales describieron a Túnez como un oasis de estabilidad. Hasta la revuelta popular que tumbó al presidente Zine el-Abidin Ben Ali, Túnez era para Occidente un país donde invertir, estable y competitivo respecto a sus vecinos, y que avanzaba en los *rankings* de transparencia. Pero algunos gobiernos occidentales comenzaron a tener problemas para adaptar su discurso sobre Túnez a la evidencia que surge de una nación hastiada del autoritarismo y la corrupción gubernamental, así como de las dificultades económicas cotidianas. Esa contradicción surgió con nitidez en Francia, la antigua potencia colonial *que no vio venir los acontecimientos* en Túnez, según admitió entonces la jefa de su diplomacia, Michèle Alliot Marie.

Al igual que otras potencias, Francia apoyó durante largo tiempo a Ben Ali como un aliado con el cual se podían hacer negocios y contar como freno de la militancia islámica que tanto inquietaba a Occidente. Túnez experimentó violen-

tos disturbios que causaron el colapso del anterior gobierno. El apoyo del gobierno de Nicolas Sarkozy al hombre que estuvo durante 23 años en el poder de Túnez pareció continuar hasta que su caída fue inevitable.

París llamó a la “calma” en medio de la revuelta popular y Alliot Marie sugirió dar asistencia a las autoridades de Túnez para “restablecer el orden”. Francia era un gran socio comercial de Túnez y uno de sus principales inversores extranjeros, con cerca de 1.250 empresas que operan en la nación.

El Cuarteto de Diálogo fue una iniciativa conformada para impulsar el proceso democrático en Túnez en 2013. Según explicó el Comité Noruego del Nobel, el premio reconoce su “*decisiva contribución a la construcción de una democracia pluralista en Túnez en el despertar de la Revolución de los Jazmines entre 2010-2011*”. Es un premio para instituciones, no para personas.

■ Cuarteto Nacional Tunecino

El **Cuarteto para el Diálogo Nacional en Túnez** se formó en 2013, dos años después del comienzo en ese país del proceso democrático llamado la *Primavera Árabe*. Este Cuarteto se formó en unos momentos en que en el país peligraba el proceso de democratización debido a varios asesinatos políticos y revueltas sociales. El Comité Nobel de Noruega lo reconoció por su “decisiva contribución a la construcción de una democracia plural” en el país. El Cuarteto ha sido un instrumento que permitió, en unos años, que Túnez contara con “un sistema constitucional que garantiza los derechos fundamentales al conjunto de la población, sin importar el sexo, las convicciones políticas o las creencias religiosas”, destacó el jurado. A partir de su experiencia en distintos ámbitos y sectores de la sociedad, el grupo ejerció un papel mediador para avanzar hacia el desarrollo democrático de Túnez con *gran autoridad moral*. El país norteafricano afronta todavía numerosos retos políticos, económicos y de seguridad y el Comité Nobel confía en que este galardón contribuya a salvaguardar la democracia y sea una inspiración para todos aquellos que buscan impulsar la paz y la democracia en Oriente Medio, en el Norte de África y en el resto del mundo.

La Presidenta del Comité Noruego del Nobel, Kaci Kullmann comentó: “*Estas organizaciones representan distintos sectores y valores de la sociedad tunecina.*”



Ouided Bouchamaoui

Houcine Abbassi

Abdessattar ben Moussa

Mohamed Fadhel Mahmud

Con esa base, el Cuarteto ejerció su rol como mediador y fuerza convocante para avanzar en el desarrollo pacífico en el país africano con una gran autoridad moral”.

La presidente de la patronal sindicato tunecino (UTICA), Ouided Bouchamaoui, el secretario general de la Unión General Tunecina del Trabajo (UGTT) Houcine Abbassi, el presidente de la Liga Tunecina de Derechos Humanos (LTDH), Abdessattar ben Moussa y el presidente de la Asociación Nacional de Abogados (AFP), Mohamed Fadhel Mahmud.

Al otorgar el premio al Cuarteto, y no a las cuatro entidades de forma individual, el Comité de Nobel quiso resaltar su trabajo unificado para fortalecer la democracia en el país tras la Revolución de los Jazmines.

La revolución pacífica

Esta revolución fue el proceso que, en 2010, inició la llamada *Primavera Árabe* y después de meses de protestas condujo a la caída del gobierno de Zine El Abidine Ben Ali. Después de la salida de Ben Ali en enero de 2011, el gobierno quedó en manos del partido islamista Ennahda que *polarizó las posiciones dentro del país*. Esta polarización llegó a su punto álgido con el asesinato del político progresista Mohamed Brahmi, en julio de 2013.

Dicho crimen desencadenó una serie de protestas y actos de violencia a lo largo de Túnez, lo que evidenció la falta de diálogo entre el gobierno representado por Ennahda y la oposición de orientación laica. Y fue en ese momento cuando se

originó el Cuarteto, con la idea de acercar las partes y destrabar el proceso iniciado a principios de 2011.

Así, mientras que en varios de los países donde se expandió la “Primavera Árabe” el clima social había descendido hacia serios problemas de violencia y caos, en Túnez el proceso fue pacífico y democrático. Un factor esencial para la culminación de la Revolución de los Jazmines de forma pacífica con las elecciones realizadas el año pasado, fue el esfuerzo realizado por el Cuarteto para apoyar el trabajo de la Asamblea constituyente y asegurar la aprobación del proceso constitucional en toda la población del país.

■ Primavera árabe

La *Primavera Árabe* hace referencia a una serie de alzamientos populares en los países árabes acontecidos desde 2010. Estos alzamientos fueron calificados por la prensa internacional como revoluciones que se desencadenaron comenzando por la tunecina en diciembre de 2010. Sin embargo, Noam Chomsky, célebre filósofo y activista estadounidense, considera que las protestas de octubre de 2010 en el Sahara Occidental fueron el punto de partida de las revueltas. En un primer momento, la prensa occidental la denominó también como “revolución democrática árabe”.

Estas revueltas no tienen precedentes en el mundo árabe, y aunque en su historia ha habido numerosas revoluciones laicas y republicanas, éstas se habían caracterizado por nacer de golpes de Estado militares y dar paso a gobiernos autoritarios con o sin apoyo popular, en tanto que los acontecimientos actuales se caracterizan por un reclamo democrático y de una mejora sustancial de las condiciones de vida. Por la naturaleza de sus protestas (libertades democráticas, cambios políticos, económicos y sociales), algunos observadores europeos las asocian con las revoluciones europeas de 1830 y de 1848, y las de 1989 en el oeste europeo a partir de la caída del muro de Berlín.

La Primavera Árabe, si bien partió como protestas populares, en varios países creció de tal manera que el alzamiento civil tomó un protagonismo global. En Túnez y en Egipto, donde tras celebrarse elecciones se instauró un gobierno de corte islamista, derrocado más tarde con un golpe de estado militar en 2013, las rebeliones derrocaron a los respectivos gobiernos en pocas semanas, pero en paí-

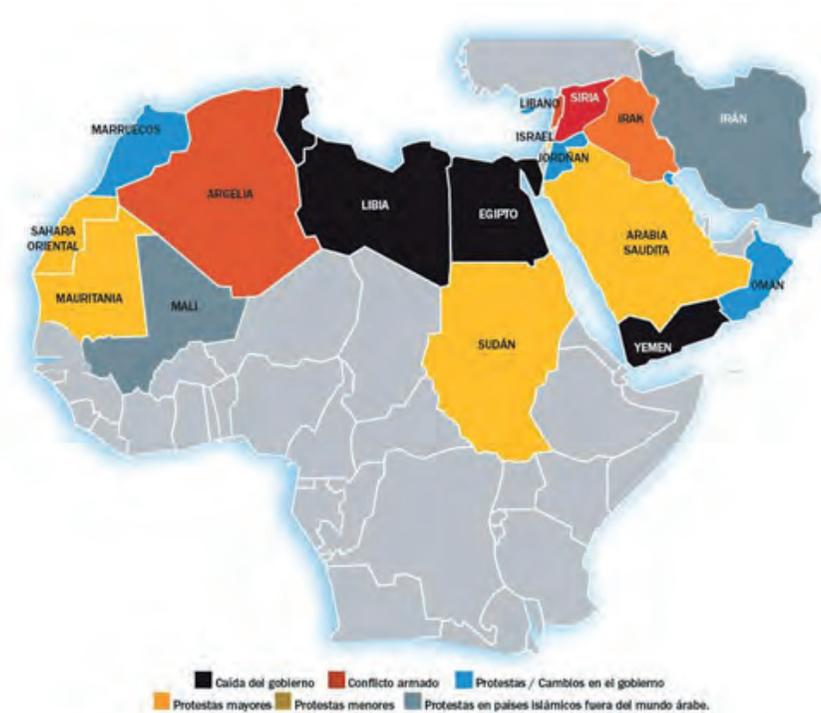
ses como Libia o Siria, el gobierno respondió y se negó a abandonar el poder, lo que llevó a parte de la población a armarse y comenzar guerras civiles en ambos países. En Libia, los rebeldes insurgentes derrocaron a las fuerzas gubernamentales seis meses después del inicio de la revolución con ayuda de la OTAN. Sin embargo, en Siria, la guerra se ha prolongado y el impacto bélico se ha intensificado, sin visualizarse un fin cercano y con registros que estiman en cientos de miles la cifra de muertos. Muchos ven en la situación de Siria el lado más oscuro de la Primavera Árabe, debido al surgimiento del Estado Islámico, que ha tomado grandes extensiones tanto en Siria como en Irak. La *explosión yihadista* también se está dando en Libia desde el fin del gobierno de Gadafi. En cambio, en los restantes países, la rebelión solo se ha visto plasmada en pequeñas protestas y manifestaciones.



Movimiento de la Primavera Árabe en 2011.

Esta serie de protestas a favor de la democracia o un cambio de régimen o de gobierno contrastó inicialmente con el silencio de la Unión Europea y con un apoyo relativo de Estados Unidos. El ministro de Asuntos Exteriores de Italia, Franco Frattini, explicó la falta de respuesta europea aduciendo que eran Estados independientes y no *colonias de Europa*. La Unión Europea se reunió el 31 de Enero de 2011 para decidir si apoyaba o no las revueltas populares en Túnez y Egipto. Endureció su postura frente a Hosni Mubarak, presidente de Egipto, y abogó por una solución pacífica sin condenar al gobierno.

Cuatro años después, algunos países han vuelto al autoritarismo y otros están en plena descomposición estatal o se han enzarzado en guerras civiles.



Estado actual del mundo árabe tras los levantamientos.

Hace cuatro años la población tunecina protagonizó una revolución popular en el curso de la cual el presidente Ben Ali fue derrocado. Este acontecimiento inesperado tuvo efectos inmediatos en una parte significativa del mundo árabe, donde se registraron diversas réplicas en forma de movilizaciones antiautoritarias. En algunos casos se registraron tímidos procesos de apertura democrática, pero en otros se asistió a una peligrosa espiral de violencia que todavía no ha tocado fondo.

Transcurrido un tiempo razonable se dispone ya de la suficiente perspectiva para concluir que las expectativas que generó la *primavera árabe* se han visto defraudadas, si bien es cierto que algunos países han emprendido una transición hacia la democracia con relativo éxito, como es el caso de Túnez, donde se ha registrado una transferencia pacífica de poder. Algunos países han optado por una vuelta de tuerca autoritaria, como en Egipto, donde un golpe militar desalojó a los Hermanos Musulmanes del poder, y otros están inmersos en conflictos por el



reparto del poder ante la descomposición estatal, como es el caso de Libia o Yemen o, peor aún, se han enzarzado en guerras civiles con tintes sectarios, como en el caso de Irak en el pasado y de Siria en la actualidad.

En estos últimos ya no se cumple la máxima de que el Estado tiene el monopolio del uso legítimo de la violencia, puesto que un amplio abanico de actores no estatales se lo disputan, tales como las milicias armadas y grupos yihadistas (Estado Islámico, Frente Al Nusra, Ansar Al Sharía, Ansar Bait Al Maqdis, todos ellos en la órbita de Al Qaeda).

Una de las claves para entender el meteórico ascenso de los grupos terroristas es la exacerbación de las tensiones sectarias en Oriente Medio, resultado directo de la lucha por la supremacía regional que libran entre bastidores Arabia Saudí e Irán, una guerra fría que ha contaminado a Siria, Irak, Baréin y Yemen (todos ellos con importantes concentraciones de población chií). El hecho de que sean precisamente Arabia Saudí e Irán quienes pretendan convertirse en referentes para los países de la región debería encender todas las alarmas, ya que son dos teocracias que violan sistemáticamente los derechos humanos más elementales y persiguen las libertades públicas, donde la igualdad de género es una quimera y donde todo aquel que eleva la voz o disiente es perseguido de manera brutal.

La irrupción del Estado Islámico supone un nuevo factor desestabilizador

La *primavera árabe* fue una reacción popular ante los reiterados abusos de los regímenes autoritarios. A pesar de las diferencias existentes entre los países árabes, la mayoría de ellos se caracterizan por un déficit de libertades (expresión, reunión o asociación), una sistemática violación de los derechos humanos (falta de rendición de cuentas e impunidad), una legislación restrictiva (que impide o dificulta la formación de asociaciones y partidos políticos), una patente desigualdad de género (fruto del contexto religioso, pero también de los valores patriarcales imperantes) y leyes de emergencia o antiterroristas establecidas con el pretexto de combatir las amenazas externas (casos de Egipto, Argelia, Siria y Arabia Saudí).

Cuatro años después de la *primavera árabe* no existen demasiadas razones para el optimismo. En Egipto se ha experimentado un retroceso generalizado de las libertades desde la llegada a la presidencia de Al Sisi. En primer lugar, los Hermanos Musulmanes, la formación que se impuso en las elecciones legislativas de 2011 y presidenciales de 2012, han sido desalojados del poder e ilegalizados bajo la acusación de haberse convertido en un grupo terrorista, equiparándole, nada más y nada menos, con Al Qaeda. Veinte mil de sus simpatizantes y dirigentes han sido encarcelados y varios cientos de ellos ya han sido condenados a muerte, entre ellos sus máximos responsables. En segundo lugar, se ha aprobado una Ley Antiprotestas para impedir que vuelvan a repetirse las multitudinarias manifestaciones de la plaza de Tahrir y 23 activistas, entre ellos conocidos blogueros y activistas del Movimiento de Jóvenes 6 de abril, han sido condenados a elevadas penas de prisión por cuestionarla. Por último, el Ministerio de Asuntos Sociales y Justicia ha dado un ultimátum a todas las asociaciones a que se registren conforme a la muy restrictiva Ley de 84/2002, que permite a las autoridades disolver las asociaciones, bloquear sus fondos e, incluso, encarcelar a sus responsables si representan una amenaza para la seguridad nacional.

En el caso de Siria e Irak nos encontramos con dos regímenes sectarios que tratan de instrumentalizar la heterogeneidad religiosa en su propio beneficio. El conflicto civil que sufren ambos países ha provocado que diferentes grupos no estatales disputen al poder central el monopolio del uso legítimo de la violencia. Milicias armadas y grupos yihadistas se han apoderado de partes significativas del territorio, lo que en algunas zonas implica la imposición de una retrógrada interpretación de la ley islámica o *sharía* y, en ocasiones, la persecución de las minorías religiosas. Cinco millones de iraquíes se vieron obligados a abandonar sus hogares en la pasada década como consecuencia de la guerra sectaria librada entre diferentes milicias armadas sunníes y chiíes. Esta cifra se ha superado ampliamente en Siria, donde nueve millones de personas, casi la mitad de la población, se han convertido en refugiados o desplazados internos. En Irak, los secuestros, extorsiones y ejecuciones por parte de las milicias armadas, que muchas veces actúan en connivencia con el poder central, son el pan de cada día. En Siria, el régimen y algunas milicias armadas practican a diario crímenes de guerra y de lesa humanidad y el conflicto ya ha costado la vida a 225.000 personas.

La irrupción del Estado Islámico supone un nuevo factor desestabilizador. Dicho grupo, que controla ocho provincias sirias e iraquíes y que gobierna a cinco millones de personas, pretende restaurar un califato islámico. Sus prácticas com-

prenden flagelaciones, amputaciones, crucifixiones, torturas y ejecuciones sumarias. No solo se aplican a sus enemigos, sino también a quienes beben alcohol, cometen adulterio o roban. El Estado Islámico ha situado en el punto de mira a las minorías confesionales con la deportación de cristianos y la eliminación de los yazidíes, pero también a los propios musulmanes, puesto que tachan de apóstatas a los chiíes y a todos aquellos que se atreven a cuestionar su delirante interpretación del islam. En este sentido merece recordarse que en los últimos meses se han perpetrado masacres entre varias tribus sunníes que se alzaron contra ellos y ejecutado a diversos ulemas que se resistieron a jurarles obediencia.

Yemen y Libia, otros dos países donde la primavera árabe prendió y sus dirigentes fueron desalojados del poder, se han adentrado en una peligrosa huida hacia ninguna parte como resultado de la descomposición del poder central. Yemen se enfrenta a una revuelta protagonizada por los huzíes del norte que se han apoderado de la capital Saná, mientras que Libia dispone de dos Gobiernos –uno en Trípoli y otro en Tobruz– que se disputan el poder. En ambos países, las milicias armadas imponen su ley y Al Qaeda goza de significativas bolsas de apoyo. Las organizaciones de defensa de los derechos humanos han denunciado masacres de civiles, así como secuestros, torturas y ejecuciones de rivales políticos, muchas veces basados en criterios tribales o sectarios, crímenes que quedan impunes ante la creciente anarquía.

Si bien es cierto que este diagnóstico puede parecer excesivamente sombrío, también lo es que existe una profunda desafección hacia las élites dirigentes en el conjunto del mundo árabe que podría servir de detonante para nuevas movilizaciones populares. No debe olvidarse que el pan, la libertad y la justicia social que demandaban los manifestantes hace cuatro años siguen siendo asignaturas pendientes que podrían traducirse en una segunda ola revolucionaria.

■ Revolución tunecina

Desencadenada la “primavera árabe” los hechos continuaron por la reacción de la población con fuertes protestas, así como por el incremento excesivo de los precios de los alimentos básicos, la corrupción, las malas condiciones de vida de los habitantes tunecinos y la falta de oportunidades para superar la crisis económica que sufría el país desde 2008. El presidente Ben Ali mandó reprimir las manifestaciones que, por todo el país, produjeron 66 muertos en un mes. Cuando se percató de que la revolución se extendía a la vez que sus efectos desestabili-

zadores se mostraban imparables, ordenó el cese de los disparos por parte de las fuerzas de seguridad contra los manifestantes y anunció que dejaría el poder en 2014 y prometió libertad de información en todos los medios de comunicación, incluido internet. Unos días después, el 14 de enero de 2011, ante la presión de las protestas, el presidente cedió el poder al primer ministro *Mohammed Ghannouchi*, huyó del país y se refugió en Arabia Saudita.

Poco más de un mes después, el 27 de febrero, Mohammed Ghannouchi anunció su dimisión como primer ministro del gobierno de transición, tras unos días de intensas manifestaciones en las que miles de manifestantes pedían su dimisión y la del gobierno. Ese día, el cargo de primer ministro pasó a *Béji Caïd Essebi*, antiguo decano del Colegio de Abogados de Túnez.

Cronología de los sucesos acaecidos

1. Previos al derrocamiento del gobierno de Ben Alí

Viernes 17 de diciembre de 2010: el joven desempleado Mohamed Bouazizi, tras perder su fuente de ingresos, se inmoló con fuego frente al ayuntamiento de Sidi Bouzid.

Viernes 24 de diciembre: la policía mata a dos manifestantes en Menzel Bouzayane.

Domingo 2 de enero de 2011: el movimiento de internautas *Anonymus* comenzó la *Operación Túnez* en apoyo a los manifestantes, y sus ataques lograron colapsar la web del gobierno tunecino.

Martes 4 de enero: falleció Mohamed Bouazizi como consecuencia de las heridas provocadas por su acción de protesta. Se anuncia la huelga general.

Viernes 7 de enero: gran operación gubernamental contra disidentes, en la que se detuvieron también a periodistas y activistas (incluso al bloguero Slim Amamou).

Sábado 8 de enero: Enfrentamientos graves (9 muertos y 6 heridos).

Lunes 10 de enero: Ben Ali prometió 300.000 puestos de trabajo en un intento por aplacar al pueblo.

Martes 11 de enero: toque de queda en las localidades de Béja, Gafsa, Kasserine y Telab.

Miércoles 12 de enero: toque de queda en la capital. Destitución del ministro del Interior.

Jueves 13 de enero: Ben Ali prometió retirarse en 2014. Sin embargo, no logró reprimir la violencia y ese día murieron 13 personas más.

Viernes 14 de enero: manifestación multitudinaria en la capital, gritando *¡Fuera Ben Ali!* Destitución del gobierno y puesta en vigor del estado de excepción. Horas después, el presidente abandona Túnez.

2. Tras el derrocamiento del gobierno de Ben Alí

Lunes 17 de enero de 2011: formación de un gobierno de unidad con carácter provisional, integrado por cuatro ministros de Ben Ali y políticos de la oposición. Anuncio de la legalización de todos los partidos y de la liberación de todos los presos políticos.

Martes 18 de enero: entre protestas populares contra un gobierno en el que 12 de sus 20 miembros eran fieles a Ben Ali, disueltas por la policía, cuatro ministros de la oposición abandonan el gobierno de unidad.

Sábado 22 de enero: con el gobierno de unidad completamente desestabilizado, la policía, hasta entonces represora de las manifestaciones, se suma a ellas.

Domingo 20 de febrero: el gobierno de transición solicita a Arabia Saudí la extradición de Ben Ali.

Viernes 25 de febrero: miles de personas se concentran frente al Palacio de Gobierno para pedir la renuncia del Ejecutivo de transición y de Mohamed Ghannouchi.

Sábado 26 de febrero: tras otra manifestación de protesta contra el gobierno de transición, en la que los manifestantes pedían su dimisión, se produjeron enfren-

tamientos entre la policía y los manifestantes, produciéndose 3 civiles muertos y 85 heridos.

Domingo 27 de febrero: el primer ministro del gobierno de transición, Mohamed Ghannouchi, anuncia su dimisión del gobierno de transición. El cargo de primer ministro lo pasa a ocupar Béji Caïd Essebsi.

3. Después del derrocamiento del gobierno de Mohamed Ghannouchi

Lunes 28 de febrero 2011: dimiten los ministros de Industria, Aziz Chlabi, y de Cooperación Internacional, Mohamed Nuri Yuini, ambos pertenecientes al partido Reagrupación Constitucional Democrática (RCD), del depuesto Ben Ali.

Martes 1 de marzo: dimiten dos nuevos ministros del gobierno de transición, ésta vez los ministros de Desarrollo Regional, Nayib Chebbi (perteneciente al Partido Demócrata Progresista), y de Educación Superior, Ahmed Ibrahim (perteneciente al Movimiento de Renovación).

Jueves 3 de marzo: el presidente del gobierno de transición, Fouad Mebazaa, anuncia, en un discurso televisado, la convocatoria de elecciones a una Asamblea Constituyente para el 24 de julio.

Miércoles 8 de junio: El primer ministro del Gobierno de transición, Béji Caïd Essebsi, anunció el retraso para el 23 de octubre de la convocatoria de elecciones a la Asamblea Constituyente.

23 de octubre: elecciones de la Asamblea Constituyente.

13 de diciembre: Moncef Marzouki designado presidente del gobierno.

Consecuencias en el gobierno de Túnez

Como ya se ha indicado el presidente Zine el Abidine Bel Ali huyó del país el viernes 14 de enero, dejando el poder en manos del primer ministro, y trató de llegar a Francia en un avión del ejército pero, tras el rechazo del país galo, fue acogido en Arabia Saudita. Unos días después, el 20 de enero, se revelaron



Zine El Abidine Ben Ali huyó del país el 14 de enero de 2011, ante la presión de las protestas.



Mohamed Channouchi asumió la presidencia de la República.



Fouad Mebaza fue proclamado Presidente interino por el Consejo Constitucional de Túnez el 15 de enero de 2011.

más datos sobre el derrocamiento y huida de Ben Alí. Se conoció entonces que el Jefe del Estado Mayor de las Fuerzas Armadas (que había dejado claro desde el inicio de la crisis que los militares no dispararían contra los manifestantes) le dijo a Ben Ali que se tenía que ir de inmediato. Así que el dictador tuvo que marcharse en contra de su voluntad, e incluso al llegar a Arabia Saudita llamó por teléfono al primer ministro para decirle que quería regresar, pero éste le respondió que ya era imposible.

Posición y situación de las fuerzas políticas opositoras

Las fuerzas de la oposición criticaron la “violenta represión” de las manifestaciones y demandaron al Gobierno que estableciera un diálogo nacional entre todos los sectores políticos y sociales del país. El secretario general del Movimiento de la Renovación, Etajdid, denunció el “fracaso de la política gubernamental, incapaz de comprender las demandas populares”. Vieron en el origen de las protestas el nepotismo del Gobierno y de la familia del presidente Ben Ali.

El portavoz del Partido Comunista de los Obreros Tunecinos (POT), Hama Hammani, fue detenido por la policía en la mañana del miércoles 12 de enero, cuando se encontraba en su domicilio. Según relató él mismo, una veintena de hombres irrumpieron en su casa para detenerlo destrozando la puerta del apartamento y cogiendo el ordenador de su esposa y una cámara de fotos. Posteriormente fue llevado al Ministerio del Interior dónde permaneció con las manos atadas hasta su liberación. Fue puesto en libertad el 14 de enero, el mismo día de la caída de Ben Ali.-

El presidente del partido Congreso para la República (CPR), Moncef Marzouki, exiliado en París, anunció su vuelta inmediata al país y declaró que Túnez está viviendo una segunda independencia y que ahora “el poder está en la calle” mostrando su satisfacción por la marcha de Ben Alí y solicitando que todos sus esbirros abandonen el poder.

El partido islamista Ennahda fue legalizado el martes 1 de marzo por el Ministerio del Interior del gobierno de transición. Posteriormente, el 7 de marzo, fue legalizado el CPR de Marzouki junto a otros nueve partidos más, y el 18 de marzo fue legalizado el PCOT junto a otros seis partidos.

■ Consecuencias inmediatas en otros países árabes

El alzamiento del pueblo tunecino, el primero de corte no islamista que sucede con éxito en un país árabe, ha generado incertidumbre en otros países árabes, cuyos habitantes viven en condiciones similares a los de Túnez, y ha provocado protestas similares y manifestaciones en apoyo del pueblo tunecino. Así, tras conocerse el derrocamiento del presidente unos manifestantes apoyaron a los tunecinos frente a la embajada de Túnez en la capital jordana Aman, y el domingo

16 de enero un joven argelino se quemó a lo bonzo, al igual que había sucedido en diciembre en Túnez, siendo el cuarto argelino que intentó suicidarse de esa manera en menos de una semana. El mismo tipo de suicidio se repitió el lunes 17 de enero en Egipto, donde un hombre se prendió fuego frente al Parlamento, en pleno centro de El Cairo, y en Mauritania otro hombre se ha quemado frente al Senado de Nuakchot, la capital.

Otras manifestaciones han ocurrido en diferentes países árabes en apoyo de Túnez, como en Egipto, donde los manifestantes se han opuesto también a su propio gobierno, en contraste con el silencio de sus gobernantes, pues sólo Egipto y Qatar han hablado sobre la revolución popular de Túnez, tarde y ambiguamente; Marruecos prohibió las manifestaciones solidarias con Túnez. Distinta reacción tuvo la revuelta en la prensa independiente árabe: el diario libanés *As Safir* llegó incluso a difundir su deseo de que *esta primera revolución popular árabe del siglo XXI sea un modelo para el cambio en el mundo árabe esperado desde hace mucho tiempo*. En Libia, si bien Muammar al-Gadafi se declaró a favor del pueblo tunecino, registró protestas violentas en diversas localidades que incluía la quema de comercios. En Gaza también hubo manifestaciones a favor de Túnez.

Después de la multitudinaria manifestación que tuvo lugar en Egipto el viernes 28 de enero de 2011, horas después de que el líder egipcio Mubarak ordenara el cese de los enrutadores y de los teléfonos móviles, con lo cual el país quedó desconectado del mundo, en un intento de que los disidentes no pudieran comunicarse entre sí, las protestas se expandieron con fuerza a Jordania, Siria y Arabia Saudi.

■ Reacción en los países no árabes

 **Unión Europea.** La jefa de Política Exterior de la UE, Catherine Ashton, y el Comisario Stefan Füle expresaron conjuntamente su “apoyo y reconocimiento al pueblo tunecino y sus aspiraciones democráticas, que deben ser alcanzados de manera pacífica”, instando a “todas las partes a mostrar moderación y mantener la calma para evitar más víctimas y la violencia”. La UE también expresó su “disposición a ayudar a encontrar soluciones duraderas democráticas a la crisis en curso”.

 **ONU.** Los informes de las Naciones Unidas señalaron que la mayoría de las protestas era de naturaleza pacífica, y que las fuerzas de seguridad habían reaccionado con una fuerza excesiva que no cumplía con los valores internacio-

nales. Naciones Unidas exigió que el Gobierno realizase una investigación “transparente, creíble e independiente sobre la violencia y las muertes”. La Alta Comisionada para Túnez mostró su preocupación por el gran número de arrestos producidos, “incluyendo defensores de los derechos humanos, blogueros y activistas”, y lamentó los informes sobre el uso de la tortura y los malos tratos a los detenidos. El secretario general, Ban Ki.moon, afirmó que “la situación política se está desarrollando rápidamente y todos los esfuerzos deben ser realizados por todas las partes interesadas para establecer un diálogo y resolver problemas de forma pacífica para evitar una mayor pérdida, la violencia y la progresividad”.

 **España.** El Gobierno de España realizó un llamamiento a la calma e instó a las autoridades que han asumido provisionalmente el poder a que “promuevan la concertación nacional en estos momentos difíciles” y “convoquen elecciones generales cuanto antes y con plenas garantías”.

 **Francia.** El presidente francés, Nicolas Sarkozy, declaró que “solo el diálogo puede aportar una solución democrática y duradera a la crisis actual”. El Primer Secretario del Partido Socialista de Francia, Martine Aubry, pidió al Gobierno de Francia ser más duro con el gobierno tunecino: “Me gustaría decir a la gente de Túnez que cuenta con el apoyo y solidaridad del PSF, y le pedimos que Francia adopte una posición firme para condenar la represión inaceptable”. También prohibió al expresidente de Túnez refugiarse en territorio francés y afirmó que sus allegados radicados en Francia deberían salir del país, negándole así cualquier tipo de apoyo.

 **Reino Unido.** El Secretario de Asuntos Exteriores británico, William Hague, condenó la violencia y pidió “un rápido retorno a la ley y el orden, la moderación de todas las partes, un movimiento ordenado y justo hacia elecciones libres y una expansión inmediata de las libertades políticas en Túnez”, instando a las autoridades de Túnez “a hacer todo lo posible para resolver la situación pacíficamente”.

 **Estados Unidos.** El presidente estadounidense, *Barack Obama*, aplaudió la valentía y la dignidad de los tunecinos. Instó a todas las partes a mantener la calma y evitar la violencia. También hizo un llamamiento al gobierno tunecino a respetar los derechos humanos y celebrar elecciones libres y justas en el futuro.

 **República árabe Saharaui Democrática.** El gobierno saharauí, a través de su ministro de Asuntos Exteriores, Mohamed Salem Ould Salek, consideró que

una nueva etapa ha comenzado en Túnez, a la vez que expresó su “total apoyo a la libre decisión del hermano pueblo tunecino”. Además el gobierno saharauí desea “el restablecimiento del orden, la seguridad y la estabilidad en la hermana Túnez, bajo la democracia, la libertad, la justicia y la igualdad”.

Reclamación de la deuda “odiosa” de Ben Alí en Túnez - 2011

En 2011 organizaciones como Actuable y el Comité para la anulación de la deuda en el Tercer Mundo (CADTM), reclamaron la declaración de deuda “odiosa” para los préstamos concedidos a Ben Alí durante su mandato de Presidente de Túnez. Él y su familia habían ejercido un control directo sobre la economía del país lucrándose personalmente.

■ La difícil transición hacia la democracia

El 23 de octubre 2011 se celebraron elecciones libres a una Asamblea Constituyente una vez legalizados los principales partidos políticos de oposición e ilegalizado el antiguo partido gobernante. La votación dio lugar a una asamblea muy fragmentada en la que destaca el partido islamista *Ennahda*, seguido por los partidos laicos Congreso para la República (progresista), *Ettakatol* (socialdemócrata) y *Partido Republicano* (centrista, fruto de la fusión del Partido Progresista Democrático con otras fuerzas menores). La Asamblea eligió a Mustafá Benjaafar, de *Ettakatol*, como presidente de la misma. El 10 de diciembre de 2011, la Asamblea adoptó una Constitución provisional y, dos días después, eligió al líder del *Congreso para la República*, Moncef Marzouki, como presidente provisional de la República. Marzouki propuso como primer ministro a Hamadi Jebali, secretario general de *Ennahda*, quien fue ratificado por la asamblea y formó un gobierno provisional de coalición entre los tres principales partidos. La Asamblea Constituyente continuó con sus trabajos para aprobar una nueva Constitución mediante complejas negociaciones.

El miércoles 6 de febrero de 2013 era asesinado el líder laico y de izquierdas Chokri Belaid ante su casa en Túnez. En el entierro celebrado dos días después, las fuerzas políticas laicas hicieron una demostración de fuerza manifestándose y realizando una huelga general de 24 horas convocada por la Unión General de Trabajadores Tunecinos (UGTT), el sindicato más importante del país, pidiendo la

dimisión del gobierno del islamista moderado Hamadi Jebali. Con estos hechos se puso en evidencia la polarización y el creciente enfrentamiento entre islamistas y laicos, y que explica que la Asamblea Constituyente elegida a finales de 2011 aún no hubiera conseguido aprobar la nueva Constitución. La respuesta islamista no se hizo esperar y tras el entierro un grupo de «barbudos» –como se conoce a los islamistas más radicales– agredieron a Najib Chebbi, líder del Partido democrata Progresista al grito de «¡Enemigo de Dios!» y al día siguiente, sábado 9 de febrero de 2013, las juventudes del partido del gobierno Ennahda realizaron una manifestación en defensa de la «legitimidad» del poder que ostenta su partido –obtuvo el 40% de los escaños en las elecciones de 2011– y contra la «injerencia francesa» –gritaron «¡Francia lárgate! ¡Francia, basta ya!»– haciendo referencia a las declaraciones del ministro francés del Interior Manuel Valls que tras condenar el asesinato del opositor laico tunecino Chokri Belaid lamentó «el auge generalizado del fascismo islámico», lo que también provocó la protesta oficial del gobierno tunecino que calificó la declaración como «inamistosa».

Como ha señalado el analista del diario español “El País” Ignacio Cembrero, “el proceso es similar al que vive Egipto. Si en este país la corriente islamista, los Hermanos Musulmanes y los salafistas, es mayoritaria excepto, acaso, en las grandes ciudades como El Cairo, en Túnez ambas fuerzas están bastante equilibradas. De ahí que el futuro del país descrito a veces como el laboratorio de la democracia en el mundo árabe sea una incógnita”. Belaid no era el primer laico asesinado. En octubre de 2012 Lofti Nagdh, coordinador en Tataouine del partido laico Nidá Tunis, fue linchado por unos exaltados que aún no han sido detenidos. Los dos principales protagonistas de la violencia islamista son los salafistas y la Liga para la Protección de Revolución, que la oposición vincula con el partido gobernante Ennahda.

Constitución tunecina de 2014

El texto final de la nueva Constitución fue aprobado por la Asamblea Constituyente con 200 votos a favor, 12 en contra y 4 abstenciones. Al día siguiente, el texto está firmado por el presidente, Moncef Marzouki, el Presidente de la Asamblea Constituyente, Mustapha Ben Jaafar, y el jefe del gobierno saliente, Ali Larayedh, durante una ceremonia en la sede de las reuniones.

“El Parlamento de Túnez aprobó anoche su nueva Constitución, después de que los parlamentarios” de la Asamblea Nacional Constituyente (ANC) terminaran

este fin de semana la discusión del borrador de la Ley Fundamental, que deberá marcar el último hito de la transición iniciada con la primavera Árabe. Túnez señaló precisamente el camino al resto de las revoluciones en el área.

En unas declaraciones a una radio nacional, el presidente de la ANC, *Mustafa Ben Yafar*, declaró que la nueva Constitución «instaura la separación entre los poderes legislativo, ejecutivo y judicial, y consagra la primacía de la ley, las libertades fundamentales y los derechos esenciales». La nueva Constitución ha sido calificada como la menos islamista de las vigentes en el mundo árabe, al consagrar la igualdad de derechos entre el hombre y la mujer.

Rachid Ganuchi, presidente del partido islamista gubernamental Al Nahda, felicitó al pueblo tunecino por la conclusión de los trabajos y rindió homenaje «a todos los protagonistas del diálogo nacional, en el que no ha habido ni vencedores ni vencidos».

«Todos somos ganadores», dijo Ganuchi en referencia a las profundas diferencias existentes entre el Gobierno islamista y la oposición laica, que durante más de un año mantuvieron bloqueada la transición. El pasado octubre, las principales fuerzas políticas del país alcanzaron un compromiso para comenzar un diálogo nacional, formar un nuevo Gobierno de tecnócratas, acelerar la redacción de la Constitución y concluir los preparativos para celebrar elecciones.

El Comité Noruego del Nobel decidió que el Premio Nobel de la Paz 2015 se adjudicará al *Cuarteto Diálogo Nacional tunecino* por su contribución decisiva a la construcción de una democracia pluralista en Túnez a raíz de la Revolución de los Jazmines en 2011. El Cuarteto se organizó en el verano de 2013, cuando el proceso de democratización se encontraba en peligro de derrumbarse como consecuencia de los asesinatos políticos y el malestar social. Se estableció un proceso político alternativo y pacífico en un momento en el que el país estaba al borde de la guerra civil. Era por lo tanto fundamental la creación de este Cuarteto para permitir a Túnez, en un breve espacio de tiempo establecer un sistema constitucional de gobierno que garantizara los derechos fundamentales de toda la población.

Las organizaciones que componen el Cuarteto representan a diferentes sectores y valores en la sociedad tunecina: la vida laboral y el bienestar, los principios

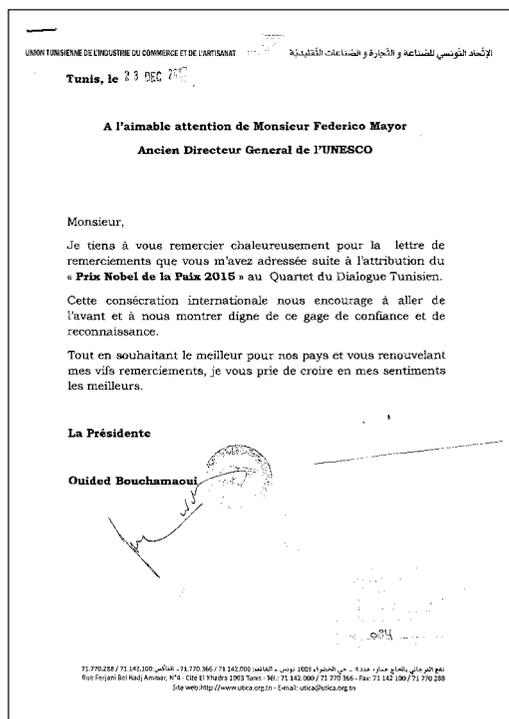
del Estado de Derecho y los derechos humanos. Sobre esta base, el Cuarteto ha ejercido su misión mediadora que ha sido la fuerza motriz para impulsar el desarrollo pacífico y democrático en Túnez con gran autoridad moral.

La primavera árabe se originó en Túnez en 2010-2011, pero se extendió rápidamente a varios países del norte de África y Oriente Medio. En muchos de estos países, la lucha por la democracia y los derechos fundamentales ha llegado a un punto muerto. Túnez, sin embargo, ha sido testigo de una transición democrática basada en una sociedad civil vibrante, con demandas de respeto a los derechos humanos básicos.

Un factor esencial para la culminación de la revolución en Túnez, con elecciones democráticas el pasado otoño, fue el esfuerzo realizado por el Cuarteto para apoyar el trabajo de la Asamblea Constituyente y para asegurar la aprobación del proceso constitucional entre la población tunecina. El Cuarteto allanó el camino para un diálogo pacífico entre los ciudadanos, los partidos políticos y las autoridades y ayudó a encontrar soluciones a una amplia gama de desafíos a través de las divisiones políticas y religiosas. El diálogo nacional que el Cuarteto ha logrado establecer, se opuso a la violencia en Túnez y su función es, por tanto, comparable a la de los congresos de la paz a la que Alfred Nobel se refiere en su testamento.

El curso que los acontecimientos han tomado en Túnez desde la caída del régimen autoritario de Ben Alí en enero de 2011 es único y notable por varias razones. En primer lugar, muestra que islamistas y movimientos políticos seculares pueden trabajar juntos para lograr resultados significativos en apoyo de los mejores intereses del país. El ejemplo de Túnez pone de relieve el valor del diálogo y el sentido de pertenencia nacional en una región marcada por el conflicto. En segundo lugar, la transición en Túnez muestra que las instituciones de la sociedad civil y las organizaciones pueden desempeñar un papel crucial en la democratización de un país, y que un proceso de este tipo, incluso en circunstancias difíciles, puede conducir a la celebración de elecciones libres y la transferencia pacífica del poder. El Cuarteto de Diálogo Nacional se debe considerar en gran parte protagonista de este logro que asegura que los beneficios de la Revolución de los Jazmines no se han perdido.

Túnez se enfrenta a importantes retos políticos, económicos y de seguridad. El Comité Nobel Noruego espera que el premio de este año contribuya a salvaguardar la democracia en Túnez y ser una inspiración para todos los que tratan de



promover la paz y la democracia en el Medio Oriente, África del Norte y el resto del mundo. El Premio pretende ser un estímulo para el pueblo tunecino, quien a pesar de sus grandes retos ha sentado las bases para una fraternidad nacional que el Comité espera que sirva de ejemplo a seguir por otros países.

“Este reconocimiento internacional nos anima a seguir y mostrar-nos dignos de tan alta confianza...” escribe Ouided Bouchamaoui en nombre del Cuarteto en respuesta a la felicitación que le enviamos.

Que cunda su ejemplo de encuentro y diálogo en lugar de enfrentación para la histórica transi-

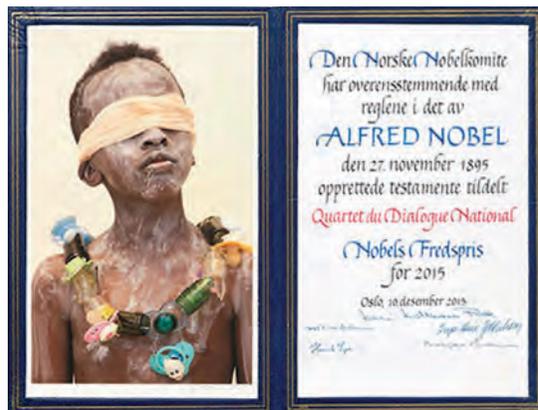
ción de las fuerzas a las palabras que se avecinan.



Un tunecino con la bandera Nacional durante una marcha para celebrar el aniversario de la revolución de 2011 (15/1/2015).



Miembros del Cuarteto de Diálogo Nacional de Túnez: Houcine Abbassi, secretario general de la Unión General Tunecina del Trabajo (UGTT); Mohamed Fadhel Mahmud, presidente de la Asociación Nacional de Abogados (AFP); Abdessattar ben Moussa, presidente de la Liga Tunecina de Derechos Humanos (LTDH) y Ouided Bouchamaoui, presidente de la patronal sindicato tunecino (UTICA), que muestra el diploma y la medalla.



Diploma del Premio Nobel de La Paz 2015

■ Bibliografía consultada

Álvarez Ossorio I. (23 de diciembre de 2014). Primavera árabe: esperanzas frustradas.

BBC Mundo (9 octubre 2015). ¿Qué es y qué ha hecho el Cuarteto Nacional de Diálogo en Túnez que ganó el Premio Nobel de la Paz 2015?

Borger, Julian, The Guardian (29 de diciembre de 2010). Tunisian president vows to punish rioters after worst unrest in a decade.

Carbajora A., El País: La protesta a favor de la democracia se extiende a Jordania, Sirias y Arabia Saudí.

Cembrero I., El País: La onda expansiva de la revuelta tunecina recorre el mundo árabe 16 de enero de 2011.

El Mundo (14 de enero de 2011). Ben Ali huye de Túnez mientras el ejército toma el control.

El Mundo (15 de enero de 2011). Los interrogantes que abre la revolución en Túnez.

El Mundo (20 de enero de 2011). Viernes 14, las últimas horas de Ben Ali.

El País (15 de enero de 2011). El nuevo presidente interino de Túnez encarga la formación de Gobierno de Coalición.

El Periódico (27 de febrero de 2011). Dimite el primer ministro de Túnez tras varios días de protestas

Le Nouvel Observateur (2 de enero de 2011). Sidi Bouzig mon amour.

Lissardy G. (18 enero 2011). Túnez: la revolución que nadie vio venir en Occidente.

Muñoz J.M., El País (16 enero de 2011). Detenido el jefe de seguridad de Ben Ali mientras aumenta la tensión en Túnez.

Muñoz J. M., El País (17 de enero de 2011). Túnez legalizará a todos los partidos que lo soliciten y dejará libres a los presos políticos.

Reuters EP, El Diario Montañés: Unos 3000 jordanos se manifiestan en el centro de Amán para pedir cambios políticos y más libertades. 28 de enero de 2011.

Vermeren Pierre (14 de enero de 2011). Tunisia: le goût amer de la revolution de jasmin. L'Express.

[Wikipedia.org/wiki/primavera árabe](http://Wikipedia.org/wiki/primavera_árabe)

[Wikipedia.org/wiki/revolución tunecina](http://Wikipedia.org/wiki/revolución_tunecina)[http:](http://)

[//www.nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/2015/press.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/2015/press.html)

Premio Nobel de Economía 2015

ANGUS DEATON HA RECIBIDO EL NOBEL DE ECONOMÍA POR SUS ANÁLISIS DEL CONSUMO, POBREZA Y BIENESTAR



En el anverso de la medalla del Premio Nobel de Economía 2015, muestra el rostro de Alfred Nobel, en una pose distinta a la de las medallas de otras categorías, rodeado de las palabras: Sveriges Riksbank till Alfred Nobels Minne 1968. La mitad inferior muestra los cuernos de la abundancia cruzados. Este diseño la distingue de las medallas de las otras cinco categorías establecidas en el testamento de Alfred Nobel en 1895. El reverso de la medalla muestra la estrella boreal, el emblema de la Real Academia Sueca de Ciencias, y las palabras “Kungliga Vetenskaps Akademien” inscrita en el canto de la medalla. El nombre del Laureado está inscrito en el canto de la medalla. Diseño Gunvor Svensson-Lundqvist.

Rafael Morales-Arce Macías

El Comité Nobel sostiene que “para diseñar políticas económicas que promuevan el bienestar y reduzcan la pobreza, es importante comprender las decisiones individuales de consumo”. Por este motivo el 12 de octubre de 2015 otorgó a Angus Deaton, premio Nobel de Economía 2015, cuyo trabajo se centra en comprender esta temática. El trabajo de Angus Deaton comenzó en los años 70 y continúa hasta hoy. Es un investigador muy activo, y su trabajo en el análisis de las elecciones individuales y los resultados agregados, ha ayudado a “transformar el campo de la microeconomía”. Deaton ha sido reconocido por su trabajo en el campo de consumo, y en este caso el premio se centra en 3 grandes

logros: la creación del sistema de demandas capaz de determinar con precisión los patrones de demanda; el vínculo de consumo e ingreso, la llamada *paradoja Deaton* y su solución que requiere una mirada particular, ya que los ingresos personales fluctúan de modo diferente a la media de los cambios; y la medida de los niveles de ingreso y consumo a nivel individual, que permite resolver algoritmos nacionales e internacionales. Finalmente, Deaton ha determinado cómo medir y comprender los estándares de vida en países con ingresos bajos, problema difícil de resolver a nivel práctico y con gran impacto en el establecimiento de políticas efectivas.

■ Introducción

La Academia de Ciencias de Suecia hizo público el pasado 12 de octubre la concesión del Premio Nobel de Economía al ciudadano de origen británico, Angus Deaton. El comunicado del Comité Técnico de este Premio justifica la concesión por la importancia de sus aportaciones, que facilitan la “comprensión de las opciones individuales de consumo, imprescindibles para el diseño de una política económica que promueva el bienestar y la reducción de la pobreza”. Agrega el Comité, “que sus trabajos sobre la relación entre opciones individuales y sus efectos sobre el conjunto de la Economía contribuyeron a transformar sus concepciones macro y micro, y el desarrollo de esta ciencia”. Y, de manera particular, por sus investigaciones sobre las “funciones de consumo y demanda; la agregación de las funciones individuales o de cohortes, como paso previo a la determinación de las funciones de consumo, y el diseño y utilización de encuestas familiares en países en desarrollo, todo ello, como parte de su investigación sobre la medida de la pobreza y el desarrollo”.

Sus investigaciones sobre estos temas han ido evolucionando en el tiempo, en un inicio con Muellbauer, en 1980, y protagonizadas y priorizadas por él mismo desde 1992, constituyendo una especie de “abre-puertas” para otros estudiosos, que, desde entonces, las han seguido escrupulosamente.

En los tres campos, Deaton aplica una metodología similar, con la rigurosa aplicación de soportes estadísticos, tanto en su vertiente individual como abarcando conjuntos y agregados que permitan generalizar conclusiones relativas de tanta importancia para la Economía como lo son los determinantes del consumo y el bienestar humano⁽¹⁾.

Aunque vulgarmente se le conoce como “Premio Nobel de Economía”, es el único, de los seis que se otorgan cada año, no incluido en el legado que en 1895 hiciera Alfred Nobel. Se conceden desde el año 1969, conmemorando el tricentenario de la creación del Banco central de Suecia, que los financia, y su listado desde aquel año se refleja en el anexo a este trabajo⁽²⁾.

**Kungsveteenskaps-Akademien. The Royal Swedish Academy of Sciences. The Committee for the Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel: “Angus Deaton: Consumption, Poverty and Welfare”. Estocolmo, 12.10.2015.*

Su dotación es de ocho millones de coronas suecas, equivalentes a 855.000 euros, y se entregó el 10 de diciembre de 2015, aniversario del fallecimiento de Alfred Nobel en una doble ceremonia. En la capital noruega, Oslo, se entrega el Premio Nobel de la Paz, y en Estocolmo, los cinco restantes: los de Medicina, Física, Química, Literatura y Economía. En este acto, el Presidente de la Fundación Nobel, Carl-Henrik Heldin, aprovechó para destacar que “nacionalismo y xenofobia que prevalecen en Europa tienen profundas consecuencias como la incapacidad de ocuparse, por ejemplo, de la crisis de refugiados” que nos asola en los últimos meses.

**Comunicado del Comité del Nobel. Estocolmo, 10 diciembre 2015.*

Finalmente, hemos de indicar que, entre los 76 laureados desde su creación, solo uno ha sido asignado a una mujer. Fue a Elinor Ostrom, quien junto a Oliver E. Williamson, ambos norteamericanos, lo recibieron en 2009, “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”. Ostrom, fallecida en 2012, demostró, entre otras cuestiones, “cómo los bienes comunales pueden ser gestionados con éxito sin depender de las autoridades o las privatizaciones”⁽³⁾. Una reflexión que bien podía ser tomada en consideración por las autoridades que promueven este tipo de operaciones.

Angus Stewart Deaton



Fotografía facilitada por Princeton University. (Larry Levanti). EFE.

De origen británico y nacionalizado norteamericano, nació en Edimburgo en 1945. Realizó sus estudios en la institución escocesa Fetter –en la que también lo hiciera el ex Primer Ministro británico Blair– trasladándose posteriormente a la Universidad de Cambridge en la que se doctoró en Matemáticas.

Deaton estuvo en sus inicios muy influenciado por galardonados con el Nobel, Franco Modigliani y su teoría del “ciclo vital”, así como por Simmon Kuznets y Richard Stone. De aquí que tal influencia pudo haberle sensibilizado a orientar su formación matemática hacia una dedicación investigadora a aspectos relacionados con la Economía, aunque matizando que los que utilizan estos instrumentos deberían hacerlo siempre como “medio” y no como objetivo de sus investigaciones.

En 1980, y con la colaboración de John Muellbauer, diseñó el conocido sistema AIDS (Almost Ideal Demand System), una especie de sistema cuasi-ideal de demanda, método flexible y sencillo para la determinación de la demanda en su interacción continua con el precio de todos los bienes y servicios del mercado y de los ingresos del consumidor, superando la creencia tradicional de que los comportamientos –de ricos y pobres– son iguales, cuando las evidencias demuestran que no es así. En particular, el sistema se considera hoy como una herramienta normalizada para explicar no solo los patrones de consumo, sino para evaluar como los cambios en la política fiscal, por ejemplo, una variación en el impuesto de la renta de las personas físicas, puede afectar al bienestar de diferentes grupos de ciudadanos.

Su primera actividad profesional la realizaría como Catedrático de Econometría en la Universidad británica de Bristol. En 1993 fue nombrado Profesor de Economía y Asuntos Internacionales en el Centro Woodrow Wilson y Departamento de Economía de la Cátedra Dwight D. Eisenhower de la Universidad de Princeton (New Jersey, USA). Su vinculación con este centro ha justificado la afirmación de algunos analistas de que la Academia de Suecia haya “olvidado” también en esta ocasión a investigadores de la Universidad de Chicago, tantas veces galardonados.

Como se ha indicado, sus principales trabajos se han encaminado hacia temas relacionados con el consumo, el desarrollo económico, el bienestar y la pobreza. Sobre esta última, una aportación importante, la elaboración de un indicador del nivel de pobreza, no solo basada en los ingresos, sino en la sensibilidad que esta trasladaba al bienestar de las personas. En definitiva, sus investigaciones microeconómicas han sido fundamentales para comprender mejor el papel del consumo como elemento clave para la medición de la pobreza y el bienestar.

En el campo de la Econometría, sus trabajos han posibilitado la aparición de herramientas económicas que expliquen los patrones que pulsán sobre datos concretos de tipo macroeconómico, así como valorar la formación bruta de capital y la estructura y evolución de los ciclos empresariales.

Desde los años noventa, Deaton colabora con el Banco Mundial en investigaciones relativas a la determinación de la paridad del poder adquisitivo, así como, en la normalización de lo que se conoce como “pobreza extrema”. Fruto de los resultados obtenidos le han permitido discrepar de las clásicas políticas de ayuda al desarrollo, estimando que han hecho más daño que bien. En muchos casos, estos flujos financieros hacia los países con regímenes escasamente democráticos, no acaban, al menos en su totalidad, sobre los grupos a los que iban destinados. Probablemente, eso le induce a pensar que aquella entidad debería privatizarse y convertirse en un organismo que actuare como consultor en materia financiera.

La utilización de un sistema de encuestas a los hogares permitió a Deaton analizar de forma más rigurosa las relaciones entre consumo e ingreso. Gracias a ello, la Economía del Desarrollo evolucionó de ser un espacio teórico de datos acumulados a un campo empírico basado en datos individuales.

Adicionalmente, sus análisis para explicar la formación bruta de capital y la magnitud de los ciclos empresariales, unidos a los realizados en materia del bienestar y de la pobreza, nos permiten aclarar nuestros conocimientos sobre los mecanismos de evolución de la Economía. El cruzar datos, de manera inteligente, relativos a los hogares familiares, puede conducirnos a conclusiones razonables sobre temas conexos, como puede ser el número de calorías de la ingesta alimenticia o la discriminación por sexos.

Una de sus mejores aportaciones, “*The great escape: health, wealth and the origins of inequality*”, aparecida en 2013, nos recuerda que, aunque hay millones

de ciudadanos que superaron la pobreza extrema en las últimas décadas, quedan otros muchos que no han sido beneficiados de mejores soluciones. Añade que “la pobreza ni es deseable ni es inevitable. Los que nacimos en países desarrollados tenemos la obligación moral de reducir la pobreza”⁽⁴⁾.

En esta obra, destaca igualmente que, efectivamente, el nivel de pobreza desciende, pero aún con ello, se muestra escéptico con los programas de ayuda al desarrollo. Añade que tal ayuda no puede emplearse como herramienta contra la desigualdad y la solución de problemas de las personas menos favorecidas, que, al principio, provoca mayor desigualdad, aunque la canalización posterior a través del mercado, generalizará algunas mejoras.

No olvida, por otra parte, que muchos Estados convierten la ayuda al desarrollo en un único instrumento para financiar la mayor parte de sus presupuestos. Pero, en compensación, no protegen ni la propiedad privada ni las necesidades de los ciudadanos. Es contrario a la transferencia directa de recursos a los pobres, porque la fiscalidad influye negativamente en tales transferencias. Sin embargo, se muestra favorable a la dispensación de medicamentos, pero siempre en un marco sanitario local que gestione óptimamente las necesidades de los ciudadanos. La inversión en tecnología sanitaria, unida a la liberalización comercial, está en las bases para acelerar el desarrollo. En la actualidad, Deaton investiga sobre factores determinantes de la salud en países ricos y pobres, especialmente en India y otras áreas.

Deaton cuestionó las conclusiones de una de las obras clásicas de la intelectualidad británica de izquierdas –“The spirit level”, de Wilkinson y Pickett, de 2009–, demostrando que su modelo relativo a la salud pública “estaba precocinado para demostrar su tesis de que la desigualdad de renta actuaba como la contaminación en la atmósfera social, y minaba la salud de todos. La desigualdad política en cuestiones de salud es mucho más determinante”⁽⁵⁾.

El galardonado es el creador de la denominada “*Paradoja Deaton*”, que sostiene que la mera observación de datos agregados no siempre conduce a condiciones válidas. Por ello, ideó en 1973 el modelo AIDS antes citado, del que se deriva que “todos lo que sabemos depende de datos que pudieran no significar lo que pensamos, o que son contradictorios con otros datos, a los cuales, por razones no bien explicadas, salvo el hábito, les damos menor credibilidad”⁽⁶⁾.

Deaton recibió en España el premio de la Fundación BBVA “Fronteras del conocimiento”, en materia de Economía, al destacar que su modelo de medición de la pobreza utilizando el consumo como eje, era esencial para la medida del bienestar.

Por otra parte, cabe destacar que Deaton pertenece, desde el pasado año, a la Sociedad Americana de Filosofía, y desde abril de 2015, es miembro de la Academia norteamericana de Ciencias. Igualmente, es miembro de la Academia Británica y de la Americana de las Artes y las Ciencias, así como de la Sociedad Econométrica, a la que pertenecen otros galardonados con el Nobel en años anteriores. También ha presidido la Asociación Americana de Economía.

En una entrevista el día anterior a la entrega del galardón, Deaton se posicionó contra las medidas de austeridad que se han puesto en marcha durante la crisis económica, recordando que la que se vivió en los años treinta del siglo pasado nos había enseñado que esta no era la forma adecuada de tratar los temas. Acepta que hay economistas que se posicionan en favor de la austeridad, y que esta es una buena idea, pero se muestra seguro que la mayoría piensa que no lo es, prefiriendo un mayor protagonismo del gasto para poder superarla, en especial en algunos países europeos. Considera, por otra parte, que no hay muchas opciones en algunos países concretos, a menos que alemanes y británicos decidieron que tal austeridad fue un error. Finalmente, ratificó la idea que la Economía es una ciencia social y por ello se divierte trabajando con psicólogos en algunas de sus investigaciones.

**Entrevista con EFE Estocolmo, 9 diciembre 2015.*

Finalmente, y con ocasión de la entrega del galardón, Deaton pronunció un breve discurso aludiendo a su infancia en Edimburgo, en un clima húmedo y frío, soñando con un reino tropical y mágico en pro de bibliotecas y museos en los que leer y disfrutar de una alfombra encantada que le llevara lejos del frío y la oscuridad. “No sabía que cuando llegara el día mágico, como lo hizo hoy – por referencia concreta al día de la entrega de Premio, decimos nosotros– sería un Reino, más al Norte, más frío y con menos horas de luz al día”.

Continuó diciendo que el verdadero Rey mágico que el niño buscaba estaba dentro de su cabeza, dentro de los libros y los museos. Agradeció a Suecia el otorgamiento de este honor, por ser un Reino que tanto se preocupa por el aprendizaje de actividades intelectuales y logros científicos. “Usted, en alusión al Rey, es un faro de esperanza en un mundo en el que gran parte de lo que importa está amenazado”.

“Me convertí en Economista por accidente, con poco entrenamiento formal, una ausencia de la que me arrepentí durante muchos años, pero que dejo de lamentar ahora. Iba de un tema a otro, aprendiendo a medida que avanzaba. Porque no me habían enseñado, era libre no solo de lo que debería haber sabido, sino también de algunos prejuicios e ideas preconcebidas”.

“En el camino, me ayudaron distinguidos mentores, varios de los cuales estuvieron aquí en años anteriores, y por colaboradores distinguidos, varios de ellos están aquí esta noche. Tengo la suerte de que uno de mis colaboradores en el trabajo, Anne Case, es también mi colaboradora en la vida”.

“Uno de los placeres más gratos en los últimos años, continuó Deaton, ha sido ver como los campos de la Economía se amplían y expanden. No se ha renunciado a cuestiones clave como la medición y la matemática, avanzando en su relación con la Historia, Psicología, Ciencia Política, Sociología y Filosofía. Los temas son más ricos y humanos. Este Premio es un gran homenaje a mi tribu, dentro de las tribus, a aquellos que se preocupan por los problemas de la medida, sobre como ofrecer datos coherentes de lo que medimos, sin perjuicio de continuar laborando por los temas clásicos de la Ciencia Económica: precios, comportamiento del mercado y bienestar humano, y sin olvidar que siempre deberíamos confrontar “lo que creemos con lo que podemos”, en clara referencia a los condicionantes que impone siempre la realidad de las situaciones. Deberíamos continuar con los análisis acerca de todos los detalles de los datos existentes, inventando otros nuevos que nos permitan afinar sobre nuevas medidas que podrían adoptarse”*.

**Angus Deaton's speech at the Nobel Banquet. Estocolmo, 10 december 2015.*

■ Valoración de los expertos

Para **Santiago Carbó**, en su artículo “Del individuo a la comunidad” el Premio Nobel de Economía viene motivado tanto por el nivel de los méritos científicos como por el alcance social que tienen las investigaciones del galardonado, en especial, en los últimos años, en los que predomina esta última faceta.

Angus Deaton ha centrado su atención en el comportamiento del individuo para obtener conclusiones de aplicación a amplias comunidades. Por eso viene gozando de una creciente influencia tanto por la aplicación de los conocidos

como “sistemas cuasi-ideales para la determinación de la demanda de bienes y servicios”, que facilitan la extrapolación de las necesidades individuales a una valoración macroeconómica.

En este sentido, frente a la corriente tradicional que estimaba el impacto en el cambio en los hábitos del consumo del individuo, equiparándolos a los del conjunto de la economía, Deaton sostenía que el comportamiento del consumidor medio no es representativo del conjunto de los comportamientos individuales. Los cambios en los ingresos de estos son los que en realidad definen su comportamiento.

Finalmente, sus aportaciones al análisis de la pobreza y el bienestar en los países de renta media o reducida, en los que las condiciones, precios, calidades e ingresos que quieren medirse no siempre son observables, sugiriendo, por tanto, la conveniencia de tomar en consideración factores adicionales, como por ejemplo, el papel de los sistemas de salud, con clara incidencia en el bienestar real del individuo⁽⁷⁾.

Manuel Conthe, por su parte, destaca en Deaton su rápida evolución de las Matemáticas a la Econometría, en las que puede observarse la influencia que, entre otros, ejercieron Simmon Kuznets, Richard Stone y Franco Modigliani, galardonados con el Nobel en 1971, 1984 y 1985, respectivamente. Los padres de la Contabilidad Nacional y la teoría del “ciclo vital” de este último contribuyeron a este decisivo cambio en su carrera.

Destaca Conthe que en relación al análisis de la demanda, Deaton superó las limitaciones que tenía el uso de “funciones representativas de consumo y demanda” que eran matemáticamente lineales con tan solo una restricción presupuestaria pero no de liquidez. En 1980, y en colaboración con John Muellbauer presentaría su ya citado modelo “Almost Ideal Demand System” (AIDS), basado en hipótesis más flexibles, que tomaban en consideración, además, otros factores, como el tamaño de la unidad familiar o la edad de sus componentes, superando el concepto de “agente representativo”, tornándose a considerar la heterogeneidad de los consumidores.

En trabajos posteriores, ya en los años noventa, Deaton señalaba que los datos empíricos de consumo y renta no eran compatibles –con los modelos de “renta permanente” de Friedman o los de “ciclo vital” de Modigliani– si se suponía que los consumidores eran racionales y vivían en un entorno de incertidumbre. Y como

en la hipótesis de “expectativas racionales” los incrementos de renta tienden a considerarse duraderos, con lo que propende a elevar dicha renta, y, con ella, el consumo, haciendo que este fuere más volátil que la propia renta. La “paradoja de Deaton” nos muestra que el consumo agregado varía menos que la renta, algo contradictorio con las hipótesis de aquellos.

Finalmente, la colaboración de Deaton con el Banco Mundial ha sido fundamental para conocer de manera objetiva y precisa las medidas del consumo, el bienestar y la pobreza en los países en desarrollo. Destaca que los datos agregados de renta y consumo no permiten conocer de forma precisa la realidad social, y, en ocasiones, sobreestiman el verdadero alcance del nivel de pobreza.

En su obra “The great escape:..” al analizar los problemas sanitarios y de desigualdad en los países más pobres, avanza la tesis de que la ayuda oficial al desarrollo, en especial en el África subsahariana, viene financiando hasta el 75% del gasto público. Y esto mina una de las de la democracia, que debería evolucionar a que los Gobiernos financiaran estas prestaciones vía impuestos, aprobados en instituciones representativas y rindiendo cuentas de ello⁽⁸⁾.

El Profesor **Cuadrado Roura**, por su parte, después de destacar el claro sesgo que predomina en la elección de los galardonados, que, en su mayoría, se vinculan con la ortodoxia económica, las ideas neoliberales y la posición del mercado y el sistema económico en él basado. Entiende que son muy reducidos los economistas heterodoxos que accedieron al Premio, y, de manera particular, critica que se galardone a la Economía como ciencia, ya que, en su opinión, los economistas no generan aportaciones que puedan ser consideradas como avances o mejoras claves para el conjunto de la sociedad. Destaca que ejemplos como las discrepancias entre Fama y Schiller, en la concesión del año 2013, no justifican tal reconocimiento; así como las existentes, años antes, entre Myrdal y Hayeck, que tenían también posiciones muy enfrentadas sobre la concepción del mercado. Piensa, finalmente, que los reconocimientos actuales son muy diferentes a los realizados en los primeros años del Nobel de Economía, en los que los galardonaron aportaron visiones y teorías de mayor alcance y solidez que las que ahora se reconocen.

Respecto a sus estudios sobre la demanda, destaca la aportación que hizo Deaton con el sistema AIDS, que se considera casi ideal, y que utilizan una buena parte de los economistas para observar cómo los ciudadanos distribuyen sus gastos entre los diferentes bienes y servicios. Esta perspectiva permite evaluar como

el consumo afecta al bienestar, así como la implantación de algunos impuestos repercuten sobre distintos grupos sociales.

Finalmente, la medición y el análisis del bienestar y la pobreza son los temas en que Deaton ha trabajado con mayor intensidad en los últimos años, utilizando frecuentemente encuestas a las familias, centradas en diferentes áreas del mundo, combinando los datos de individuos poniéndolos en contraposición con los enfoques basados en datos agregados, que entiende conducen a una mayor representatividad⁽⁹⁾.

Ángel **Laborda**, basándose en datos del Instituto Nacional de Estadística y Banco de España, señala que la recuperación de la economía se refleja, entre otros aspectos, en aumentos de los ingresos de los hogares, si bien todos ellos no se benefician de la misma manera porque: a) Tomando como ejemplo el primer semestre del año 2015, en el que las remuneraciones salariales aumentaron en un 3,7%, respecto al mismo periodo que el año anterior, muy superior al crecimiento en el conjunto de 2014, en que lo hicieron el 2,1%. La mayor parte del aumento de las rentas salariales proviene de la creación neta de empleo, mientras que los salarios por empleado apenas avanzan; b) El excedente bruto de explotación y las rentas mixtas de los autónomos registraron una mejora superior a la de los salarios (aumento del 3,1% frente a la caída del 2,6% en 2014); c) Las rentas de la propiedad disminuyeron en un 10% y las secundarias (pensiones y otras prestaciones y cotizaciones sociales) tuvieron un saldo negativo del 25% más que las contabilizadas un año antes, debido en buena parte, a la caída de las prestaciones por desempleo. La renta disponible, en definitiva, subió el 1,6%, un punto porcentual menos que en el año anterior.

Concluye que aunque mejoran los flujos de ingresos y gastos de los hogares, disminuye la deuda y aumenta su riqueza financiera. Pero, aun valorando estas mejoras, la situación no es mejor que la que existía antes del inicio de la crisis para la gran mayoría de los mismos. Las mejoras afectarían solo a una mayoría⁽¹⁰⁾. En definitiva, un cierto alineamiento con las tesis de Deaton.

G. López Casanovas, profesor en la Universidad Pompeu Fabra, que conociera a Deaton en la Universidad británica de York, con ocasión del Congreso de la International Health Economics, en la que se presentó su ponencia sobre las desigualdades en la salud, desligándolas de las teorías dominantes que se asociaban a las desigualdades económicas. Para Deaton, la desigualdad en la salud debe vincularse con la pobreza, y, con ella, a la mortalidad innecesariamente prematura

y sanitariamente evitable, añadiendo, en medio de la polémica con otros participantes, que la visión macroeconómica de la cuestión se basa en la agregación de datos: considera a la desigualdad como un concepto relativo, mientras que la pobreza es un concepto absoluto, “de solemnidad, como se la califica a veces”.

Deaton nos recuerda también como el bienestar, la esperanza de vida al nacer, y la salud han mejorado en los últimos años, aunque hay otros parámetros que no lo han hecho con la misma intensidad: la salubridad, la tecnología, la mortalidad perinatal o el aborto. En términos de renta y riqueza, las personas viven más años y los pobres son menos pobres que antes. Sin olvidar que la evolución de la salud y de la renta sigue caminos distintos, aunque ambas incidan sobre el bienestar de la población⁽¹¹⁾.

A mayor abundamiento, **López Casanovas**, con motivo de la presentación de la obra “El bienestar desigual”, al referirse a la concesión del Premio Nobel 2015, señala la diferencia entre la denominada desigualdad en la distribución de la renta como la de la pobreza, en especial, si se tiene en cuenta que la primera incide de manera clara sobre la segunda. Aprovecha para sugerir la conveniencia de reformar el “Estado de Bienestar”, al que España llegó tarde, y al que la crisis económica le ha afectado negativamente. Sugiere que la solvencia del mismo es fundamental, aunque le preocupa su evolución futura, que podría trasladar efectos negativos a generaciones venideras. Y, de paso, responsabilizar del mismo no a los Gobiernos, sino a los Parlamentos⁽¹²⁾.

López Nicolás, en un interesante artículo, relaciona a Deaton con el proceso de educación financiera que es de tanta importancia en nuestro país. Considera que se especializó en una ingente tarea: “la de medir cosas”, siguiendo la estela de su padre, que “creía en la educación y en la necesidad de medir”. Así pudo desentrañar algunas paradojas y enigmas de la Economía, cuestión que condujo a obtener importantes conclusiones, como por ejemplo, que un factor clave en el desarrollo económico era la diversidad del consumo.

Pensando en la situación española del consumo, se considera que este se basa en la posesión de la vivienda, vehículo de turismo e, incluso, el gasto en establecimientos de ocio, pero muy poco en la adquisición de asesoramiento financiero que se destinare a la mejora de calidad de vida y prosperidad a largo plazo.

Por todo ello, piensa que el desarrollo económico en España, además de polarizarse en el incremento de la demanda, a secas, ha de matizarse con el correlativo

aumento de la oferta de bienes y servicios, por ejemplo, estudios y trabajos, etc. como la educación financiera. Ello evitaría algunos de los últimos problemas acaecidos en España, en los que amplios grupos de población han sufrido la erosión de su patrimonio por la suscripción de activos financieros sin los conocimientos precisos de los riesgos que con ellos contraían⁽¹³⁾.

Eduard Olier, por su parte, estima que Deaton sigue la estela que iniciara el anterior Nobel Amartya Sen, galardonado en 1998 por sus estudios sobre el Estado del Bienestar, aunque con algunas perspectivas distintas en determinados enfoques.

En su obra “The great escape...” Deaton reconoce los grandes avances en la salud y el bienestar en los últimos 250 años. La gente está más sana y vive más años, fruto todo ello del progreso de la salud y el desarrollo económico que transformó poblaciones enteras, mejorando aquella en cifras superiores a los mil millones de personas. Sin embargo, ello no evitó –acorde al informe “Global Private Banking Survey 2013” de MacKinsey & Co–, que el patrimonio de los más ricos alcanzara en dicho año, más de 60.000 millones de dólares –el 86% del PIB nominal–, cifra que el próximo año podría llegar a los 80.000 millones de dólares, que se repartirán entre 16 millones de personas, hecho que en un mundo con más de 7.000 millones de seres, representa una gran desigualdad.

No debemos olvidar que la pobreza mundial, medida en términos de ingresos del orden de 1,5 dólares/día, ha decrecido exponencialmente, pero las desigualdades han aumentado en todo el mundo, como lo demuestra la mera observación de los Índices de Gini, cuyo ejemplo más palmario para el período 1985-2012 en Estados Unidos y España se presenta seguidamente:

	<u>1985-2012</u>	
	<u>USA</u>	<u>ESPAÑA</u>
PIB	+ 244%	+ 168%
PIB pc	+ 153%	+ 123%
DESIGUALDAD	11%	10,8%

Datos que revelan con gran claridad cómo el interés de las investigaciones de Deaton tiene una justificación tanto científica como correspondiente a su interés por los problemas que genera la desigualdad social⁽¹⁴⁾.

■ Valoración de los medios y redes sociales

Los medios de comunicación se hacen amplio eco de la difusión de la concesión de los Premios Nobel. En el caso del de Economía, algunas de las más relevantes las han protagonizado.

Idafe Martin, estima que Deaton no ha seguido en sus investigaciones la estela de la Escuela de Chicago, que aboga por la desregulación como solución para los graves problemas económicos y por los ajustes practicados en la crisis en el área europea. En este sentido, el nuevo Nobel destaca que la Unión no ha elegido el camino adecuado, en especial, por no arbitrar estímulos en los países con mejor situación fiscal, como Alemania y Holanda.

Adicionalmente, entiende que: la austeridad podría funcionar a muy largo plazo y a un coste social y político inasumible; que no debe dejar que los mercados funcionen sin ninguna restricción; que la regulación la dificultan los líderes políticos que están influenciados por las grandes empresas financieras; y que lo ideal es que se busque una posición de equilibrio con mayor participación de los Estados en el desarrollo de la economía.

Y sobre la crisis de los refugiados que tuvo su punto álgido en septiembre de 2015, Deaton entiende que no es otra cosa que la consecuencia de un desarrollo desigual en el que se ha dejado atrás a la consideración de una buena parte de las necesidades de la sociedad⁽¹⁵⁾.

Montero, por su parte, sugiere que la clase media española, a la que considera como el verdadero motor que anima la evolución del país, está recuperando el pulso. Actualmente se evalúa en unos 22,4 millones de personas, en mayor número que los que había cuando comenzara la crisis actual, y que desde 2013 cuenta con mayores recursos personales. El último informe de Credit Suisse relativo a la distribución de la riqueza en el mundo, señala a España como uno de los países con mayor porcentaje de absorción de la riqueza global (52,4%) unos doce puntos por encima de la media europea, y, en particular por encima de la situación en Holanda (49,7%) y Japón (49%).

No se olvida que durante el período de crisis el patrimonio de la clase media ha tenido un comportamiento desfavorable, alcanzando un mínimo en 2012, con una cifra de poco más de 113.000 euros, menos que en el año 2001, que ya inicia

su recuperación. Los efectos de la burbuja inmobiliaria estarían en el origen de tal evolución. Y todo ello para poner de manifiesto la necesidad de observar comportamientos significativos de determinados grupos, única forma, como sostiene Deaton, de extrapolar los datos para obtener conclusiones generalizables⁽¹⁶⁾.

John Müller, por su parte, en su trabajo “Ante todo, un científico” destaca como en un mundo como el que vivimos, en el que los temas sociales protagonizan una buena parte de los debates políticos, la concesión del galardón a Deaton, profesor en Princeton, reconoce a un “hombre de ciencia”, una persona que fuere mentorizada por Jack Revell, autor de aquel famoso informe sobre la situación de las Cajas de Ahorros en España, informe que tendría una gran proyección sobre las reformas que se hicieron en el sistema a partir de los años noventa. También recibiría influencia de Richard Stone, quien introdujera el uso de las “Tablas de Doble Entrada” para el cálculo de la renta nacional, hecho que serviría de revulsivo en los estudios de Macroeconomía. En definitiva, Müller destaca el interés de Deaton por los análisis completos que pueden funcionar siempre y en todo lugar ante cualquier cuestionamiento empírico, como si fuere una ley física, y no las demostraciones parciales, que no conducen nunca a conclusiones generalizables⁽¹⁷⁾.

Salvador Sarriá, en línea con lo sostenido en páginas anteriores, destaca que abundan los informes que constatan que con la crisis se ha incrementado la desigualdad, y se ensancha la brecha entre ricos y pobres. Y aunque algunos de tales informes solo detectan tendencias generales y no datos concretos, es evidente que estamos ante una situación de clara preocupación. En este sentido apunta a un estudio realizado por el Sindicato Comisiones Obreras, financiado por el Ministerio de Empleo y Seguridad Social, con datos de la CNMV y la Agencia Tributaria, en el que pone en relación la evolución de las retribuciones de altos directivos y administradores de empresas del Ibex 35, que crecen entre el 14% y el 80%, mientras que las de la media de los empleados bajaron en el entorno del 1,5%. Destaca, por otra parte, que la evolución de las retribuciones de los primeros, en muchas ocasiones, poco tenía que ver con la marcha de la economía real de las empresas.

En definitiva, y en resumen, entiende que una evolución positiva en estas empresas debería ser paralela a la del conjunto de las retribuciones de sus empleados, hecho que, en términos generales, nadie puede negar, porque el tema es mucho más complejo de lo que se apunta en este comentario, aunque estemos de acuerdo en el hecho de que la desigualdad no ha mejorado en el periodo⁽¹⁸⁾.

Otro analista, **Pablo R. Suanzes**, habitual comentarista de estos galardones, estima que cuando la Academia anunció la concesión a Deaton, los economistas del mundo entero se pusieron en pie al comprobar como a un gigante de la Economía, se le reconocía su contribución a la mejor comprensión de temas como pobreza, renta, bienestar y consumo. Destaca en Deaton algunas cuestiones, tales como: la necesidad de establecer índices que permitan comparar niveles de vida en países diferentes; medir la paridad de compra y comprender lo mejor posible cómo la demanda de un bien o servicio interactúa con muchas otras variables, precios, preferencias y cambios al mismo tiempo; como nos enseña, de forma sencilla, que el progreso evoluciona como nuestro aprendizaje, a través del sistema de “prueba y error”; la conveniencia de que las pruebas que se realizan para evaluar si un determinado incentivo funciona en un grupo de población, comprobarlo en otro u otros, y no en el mismo momento, sino en otro diferente; como el análisis de los patrones de consumo pueden sugerirnos pistas relevantes que pongan en perspectiva los estándares de vida, las diferencias de comportamiento según los niveles de ingresos, en especial, los de los menos favorecidos; y, finalmente, cuanto se dedica a salud y alimentación, etc. En definitiva, métodos y estrategias que nos permitan medir cosas que hasta ahora entrañaban gran dificultad. Y una conclusión fundamental. En contra de lo que se piensa, que “el dinero da más felicidad”, estima que cuando se superan los 75.000 dólares de ingresos anuales, el bienestar no aumenta de forma clara con la elevación de la renta. Algo que no compartirá la creencia general⁽¹⁹⁾.

Diego Sánchez de la Cruz, por su parte, valora la obra de Deaton “The great escape.” y destaca que en la misma se rompen tesis habituales de los políticos de izquierda, afirmando que la evolución de la economía no se desarrolla de manera equitativa. Considera que el progreso en sí es un factor de desigualdad porque ni todos los países ni todas las personas lo viven en el mismo grado. Por otra parte, ensalza el Descubrimiento de América, como un salto adelante digno de aplauso, ya que las conquistas, en el fondo, estimulaban la movilidad y la promoción social de las personas afectadas. Y anhela que los progresos en materia de salud y educación, que ahora llegan primero a los países más ricos, lleguen a la vez a todos y a precios más asequibles⁽²⁰⁾.

Ureta, considera que Deaton, por “ser varón, mayor de 67 años y dar clase en Estados Unidos” ofrecía el perfil adecuado para desencadenar el consabido “lo merece” y lo esperaba”. Ese ha sido el perfil mayoritario de los 75 Premios Nobel que hasta ahora se han concedido. Destaca, por otra parte, que ha investigado el efecto de las restricciones fiscales para los más pobres, así como, su mérito

por haberse decantado por la creación de modelos de investigación que permiten aproximarnos, con mayor precisión, a evaluar el impacto de las decisiones macroeconómicas en determinados colectivos y situaciones⁽²¹⁾.

Finalmente, para Vázquez, la concesión del galardón a Deaton es un hecho esperanzador que supone un salto significativo, desde los grandes números a cómo mejorar el día a día de las personas. Y, particularmente, rompe con la política tradicional para el tratamiento de datos, que, generalmente no conduce a resultados defendibles. Por otra parte, destaca que la sociedad se preocupa en demasía de la evolución de magnitudes macroeconómicas: el PIB, el consumo, etc. pero pocas veces lo hace por lo que realmente interesa a determinadas capas: la felicidad y el bienestar. Y hemos de centrarnos en ello con el rigor y meticulosidad debidos, en especial, en países menos favorecidos, llevando la Economía al análisis de cuestiones más allá de lo numérico. Que debe vincularse, entre otras tareas, a cuantificar, analizar y medir el bienestar de las personas, descendiendo a los pequeños detalles. Gran parte de la preocupación que hoy muestran las instituciones sociales, se debe a los avances y a la influencia que Deaton ha puesto de manifiesto con la metodología utilizada para llegar más allá de las cifras macroeconómicas. Además, preconiza que “si no sabemos medir los resultados de nuestras políticas o la pobreza existente, difícilmente podremos ayudar a nadie”. Y nos recuerda, al tiempo, que muchas ayudas públicas que se dispensan a países poco desarrollados, lejos de mejorar las condiciones de vida de aquellos a los que se destina, sirven para estimular la corrupción en los países con regímenes políticos escasamente democráticos. En definitiva, un “rebelde” en busca de la felicidad, y no solo de la propia, sino la de todos en general⁽²²⁾.

En contraposición al dilema dinero vs felicidad, un reciente estudio de la **Oficina Nacional de Estadísticas del Reino Unido** concluye que la felicidad y el bienestar se incrementan en la misma medida que el incremento de la riqueza. Ello contrapone otro estudio presentado años atrás por el Instituto de Estudios Superiores de la Empresa, IESE, en el que se sostenía justamente lo contrario.

La citada Oficina añade que lo que importa en el aumento de la felicidad es más la riqueza acumulada que el nivel de renta, y no cualquier tipo de riqueza, sino, especialmente, la riqueza financiera neta que es la que tiene una mayor relación con el bienestar personal, y, singularmente, con la satisfacción por la vida. Otros bienes como los vehículos, joyas, antigüedades o sellos, tienen una menor relación con la felicidad.

Finalmente, el estudio sostiene que es posible, por ser una encuesta primigenia, o, por el momento en que se realizó, estábamos en crisis, que deduzcamos tanto que el dinero puede generar la felicidad, como que la felicidad genere el dinero, esto es, que exista una relación recíproca entre estas variables. Hecho que le induce a pensar que estamos ante un debate abierto que debe consolidarse a medida que se realicen ulteriores investigaciones⁽²³⁾.

Otros comentarios periodísticos en el momento de la concesión del Premio sugieren que estamos ante un economista que se identifica, de alguna manera, con los seguidores de las corrientes keynesiana o neoclásica, calificado, en ciertos ambientes, no como liberal sino como socialdemócrata, del grupo de los denominados de “riesgo diversificado”, que critica con dureza el proceso de extrema acumulación de capital. En una entrevista para la London School of Economics, Deaton insiste en el “lado oscuro” de la riqueza porque algunas personas son tan ricas que ni siquiera reclaman que exista un gobierno. No necesitan, por tanto, que nadie les provea de bienes esenciales como la educación, la salud, la seguridad, la justicia, etc., porque con sus medios las tienen satisfechas⁽²⁴⁾.

Por otra parte, una obra aparecida recientemente en el entorno norteamericano *“Capitalism vs Democracy”* y referido a este, señala como en el proceso de preparación de las elecciones generales, los costes en que se incurre han corrompido la democracia del país, transformándolo en un conjunto de reglas que favorece a los ricos y margina a los ciudadanos de a pie. Y ello, añade Kuhner, que tales caracteres han perjudicado al sistema capitalista, al encauzar la competencia económica a través de canales políticos y permitiendo que compañías ligadas al poder evadan las reglas del mercado. La Corte Suprema de la nación ha favorecido estas fórmulas de corrupción al anular las reformas sobre financiación que limitaban el peso del dinero en la política, convirtiéndose en el arquitecto de la plutocracia norteamericana⁽²⁵⁾.

Y un reciente estudio del Banco Mundial, que nos recuerda Vasquez, sobre la evolución de la pobreza, al relacionarlo con la concesión del Premio Nobel de Economía a Deaton, preconiza una disminución de aquella a menos del 10%, por primera vez en la historia. Considera muy influyente el trabajo del Nobel por su manera rigurosa para determinar los indicadores de bienestar y consumo en el mundo, y, de manera singular, que su percepción de que somos más ricos, estamos más sanos y vivimos muchos más años que en cualquier otra época. Y buena prueba de ello es la mejora de los indicadores de vida: analfabetismo, acceso al

agua potable, mortalidad infantil, etc., que han mejorado de manera drástica en los países menos desarrollados⁽²⁶⁾.

Por lo que afecta a las **“Redes Sociales”**, a continuación destacaremos algunos de los comentarios de mayor interés que tales medios nos han sugerido tras la concesión del Premio a Angus Deaton. Recogen opiniones emitidas por personas que no siempre tienen nuestra aceptación, y se difunden para que el lector conozca puntos de vista que valoran positiva o negativamente el galardón:

- *“Una primera opinión indica que a los pobres, no basta con proporcionarles alimentos, aunque ello sea crucial, sino, y sobre todo, no usurparles la tierra para cosechar dichos alimentos,... y también sería de justicia que no se dificultara la salida de sus cosechas a los mercados internacionales por parte de las organizaciones poderosas de los países ricos”.*
- *“En su “La vida en tiempos de austeridad” el señor Deaton escribe, entre otras “genialidades”, esto “Las vidas emocionales no son completamente ajenas al dinero. Si yo fuera tan pobre que no pudiera visitar a mis nietos, sería muy infeliz. En general, la falta de dinero –la pobreza– puede interferir gravemente en nuestras vidas emocionales, seguramente porque no tengamos suficiente ni siquiera para hacer vida social, comer con los amigos o practicar deporte con ellos. Pero más allá de eso, el dinero no importa tanto”. ¿En qué mundo vive este hombre? Y encima le dan un “Premio Nobel” (Que no lo es realmente). Pues ¡listos vamos! Ah, sí. De los banqueros”.*
- *“Por lo que parece, es otro político keynesiano, lo que está bien porque últimamente no se les premia mucho. Ahora que estamos saliendo de la crisis hay que volver a hablar de la igualdad de real de oportunidades”.*
- *“Las desigualdades existentes solo se resolverán cuando “se establezcan garantías efectivas de independencia económica universal, para que todos puedan atender sus necesidades esenciales, inclusive las comunes por medio de los Estados”. Con esta garantía esencial, posiblemente, se terminarían la mayoría de las causas de los actuales problemas de desigualdad, pobreza, emigración y otros muchos que suponen una gran tragedia humana que debe solucionarse ya mismo”.*

- *“El populismo sigue rampante. ¡Qué buena persona! Está contra la austeridad, claro, es mucho mejor que los gobiernos gasten por encima de lo que tienen y se endeuden, pasando la carga a las generaciones futuras (aún no nacidas) que tendrán que trabajar para pagar las deudas generadas por sus antecesores. ¿Cómo no nos dimos cuenta antes?”.*
- *“Otra persona asegura que no conoce la obra de Deaton, aunque lo que concluye es claramente rebatible puesto que nunca tanta gente ha mejorado su nivel de vida en los últimos 50 años, y ello, gracias a la economía de mercado, no al socialismo”.*
- *“La manera tan abierta de crear pobreza del capitalismo liberal de hoy nos hará recapacitar a todos, incluyendo a los ciudadanos americanos que creíamos vivir en el mejor de todos los mundos posibles. Una élite de manipuladores se está haciendo con todos los medios de generar riqueza mediante la especulación desleal –porque no es tan aventurada. El americano de hoy tiene que adaptarse a competir con la mano de obra prácticamente esclava de otros países. Ya el sueño americano se le ha ido de las manos a la generación actual. Unos se adaptan limitando los nacimientos –lo que llena el país de pobres de otras razas– y otros esperando que los salve un Estado que está en manos de intereses que les son adversos, como prueba su propio empobrecimiento. Dada la enorme deuda y los gastos militares, caeremos en una crisis económica y nos replantaremos los problemas a la luz de otras ideas”.*
- *“Las crisis están creadas para beneficiar a los ricos. Un merecido premio Nobel, a alguien que como dijo un insigne poeta español, es el que piensa y no le lavan el cerebro. Y aunque el galardonado no sea español, lo asocio al clásico comentario “En España, de cada diez cabezas, nueve embisten y una piensa”. Está clarísimo que si Deaton fuese español, sería la persona que piensa”.*
- *“Lamentablemente en este mundo plagado de fundamentalistas del consumismo, muchos trabajos que han llevado vidas enteras y adelantos científicos, como por ejemplo, los que se han alcanzado en temas como el cuidado del medio ambiente, donde tranquilamente se podría reemplazar en este momento el uso de energías no renovables o de un alto coste para la naturaleza o estudios y teorías como las de éste señor caen en “saco roto”. Enhorabuena por estos logros, avances y conquistas del saber, pero, lamentablemente son batallas quijotescas contra molinos de viento inmutables a las necesidades de los pueblos”.*

■ Algunos pronósticos

La importancia y notoriedad de los Premios hace que algunas entidades elaboren pronósticos sobre los posibles ganadores. En la fecha de su comentario se apuntaba a **Sir Richard Blundell**, docente en el University College de Londres, que centra sus investigaciones micro econométricas relativas al impacto de las decisiones políticas en el mercado de trabajo y en la demanda de bienes de consumo, en particular, cuando afectan a familias que se desarrollan en condiciones económicas adversas.

Thomson Reuters apostaba por **John A. List**, de la Universidad de Chicago, investigador que extendió los estudios de campo a la economía. Estudiando el comportamiento del sujeto en condiciones naturales, trata de ver si ello encaja con las teorías económicas, algo así como la aplicación del “Principio de Heisenberg de la economía”, contrastando si tal comportamiento no se modifica con la mera observación.

Otros que figuraban en los listados se han distinguido por su papel en diversas actividades, públicas y privadas: **Ben Bernanke**, ex Presidente de la Reserva Federal norteamericana de 2006-2014, que fuera Presidente del Consejo de Asesores del Presidente norteamericano George W. Bush; **Olivier Blanchard**, Economista-Jefe del Fondo Monetario Internacional, Consultor de las Reservas Federal de Boston y Nueva York, y también Profesor en Harvard y el MIT; **Claudia Goldin**, investigadora en el campo de las desigualdades sociales; **Anne Krueger**, especialista en productividad y en el impulso al libre comercio; **Charles A. Mansky**, de la Northwestern University de Illinois, por sus trabajos en procesos de decisión y limitaciones de la Política Social; **Robert Barro**, de Harvard, considerado como un eterno candidato, experto en Macroeconomía, sin olvidar a **William Baumol**, del University College de Londres, con trabajos de gran interés en planificación financiera, etc. Que este año no fueron reconocidos pero que podrían serlo en ediciones venideras⁽²⁷⁾.

Por otra parte, **Sergio C. Fanjul**, en un artículo publicado también con antelación a la difusión de los Premios, nos recuerda la evolución que han observado muchas instituciones, privadas y públicas, en relación tanto a la concesión de los galardones como a la integración de los premiados en sus propias estructuras internas.

Nos recuerda, en primer lugar, el caso de Albert Einstein, cuya trayectoria inicial no estuvo vinculada a ningún centro universitario de prestigio –en la Universidad de Zurich, en la que había estudiado, no se le contrató como profesor– teniendo que trabajar durante ocho años como oscuro funcionario en la oficina de patentes de la ciudad. En esa situación se encontraba cuando en 1905 publica sus primeros trabajos sobre la teoría de la relatividad.

Evidentemente, la situación actual es bien diferente de aquella, en la que los centros universitarios de prestigio se reparten las principales aportaciones de los descubrimientos de los científicos. Los nombres de estos centros son muy conocidos: las Universidades de Harvard, Chicago, Princeton, Berkeley, Columbia, Stanford, Oxford, Heildeberg, Paris, Munich, así como Institutos especializados, como el MIT, de Boston, o el Max Planck alemán, etc., que acaparan buena parte de los Premios Nobel de Economía concedidos hasta ahora. Sin olvidar instituciones no académicas, como la Fundación Príncipe de Asturias o la perteneciente al BBVA, que anualmente ofrecen galardones a personas que se han distinguido singularmente en lo que denominan “fronteras del conocimiento”. Los premios concedidos hasta ahora se han otorgado a 33 ciudadanos norteamericanos y seis británicos, con solo cuatro a procedentes de universidades españolas.

En otras ocasiones, centros de prestigio tratan de incorporar a sus claustros a las personas galardonadas, en especial cuando obtuvieron el reconocimiento. Ya en el año 2000, “Los Ángeles Times” destacaba que la Universidad de Chicago contabilizaba a cualquier premiado que en algún momento hubiera pasado por sus aulas. Obtenía, con este criterio, un total de 72 Premios Nobel, pero solo 17 de ellos eran mientras del claustro cuando fueron galardonados.

La reputación de los centros, por otra parte, considera muy especialmente el otorgamiento de los Nobel. El ranking denominado “Shanghái” valora con el 30% de la nota a los Nobel concedidos a antiguos alumnos o actuales profesores. En el Top 5 de tal ranking figuran por este orden: Harvard, Stanford, MIT, Berkeley y Cambridge, todos ellos de origen anglosajón, si bien algunos analistas los rebaten porque no acreditan la debida imparcialidad.

España, por su parte, ha obtenido a lo largo de su historia ocho Premios Nobel. Y uno de los de mayor relevancia, el de Medicina y Fisiología, fue concedido a dos españoles: Ramón y Cajal, en el año 1906, que desarrolló la teoría de la neurona sin haber pasado ni investigado en centro extranjero alguno. Y, sin embargo,

Severo Ochoa, que fue reconocido en 1959, descifró la clave genética, pasando largas temporadas en la Universidad de Nueva York o el Instituto Max Planck de Berlín. No faltan talentos en nuestro país para alcanzar estos reconocimientos, sino la debida sensibilidad para la financiación de costosos procesos de investigación y la preferencia por el estímulo de actividades económicas, como la construcción y el turismo, que procuran mayores utilidades a corto plazo, pero que fomentan que las personas con aptitud y capacidad para investigar, tras realizar su formación básica en España se dirijan a centros extranjeros en busca de la necesaria reputación⁽²⁸⁾.

■ Reflexiones finales

Las páginas anteriores demuestran que estamos ante un insigne economista que ha sabido utilizar su amplia base de conocimientos matemáticos y económicos para ponerlos al servicio de investigaciones muy relacionadas con las desigualdades sociales que asolan a una buena parte de la humanidad.

En primer lugar, Deaton ha afianzado y matizado los factores determinantes de la demanda de los bienes y servicios desde una lógica económica. Recurriendo a la convención clásica de que la demanda de un bien depende de: el precio del bien; el precio de un bien complementario; el precio de un bien sustitutivo; el nivel de renta del demandante y los gustos y aficiones del consumidor, tal y como nos sugería Lipsey⁽²⁹⁾, el galardonado matiza y profundiza en todos estos factores, relacionándolos con otras variables que hoy son de utilización generalizada en el análisis del desarrollo económico.

Hemos de destacar que Deaton, por otra parte, es una de las voces más críticas contra la filosofía de la austeridad que se practica en ciertos entornos del mundo. Considera en su artículo “La vida en tiempos de austeridad”, publicado en 2012, que tal filosofía nos hará infelices quizás durante un largo periodo de tiempo⁽³⁰⁾.

En todo caso, no debemos olvidar que el capital que se ha acumulado desde la Revolución Industrial hasta el momento presente, no ha hecho más que contribuir a elevar el nivel de vida de las poblaciones y reducir, de forma significativa, el porcentaje de pobres en el mundo. Cuestión diferente sería analizar las causas de la existencia de un 29% de la población española que vive en riesgo de pobreza –segundo puesto en Europa, cuando se refiere a la población infantil y la

desigualdad– hecho basado, con casi total seguridad, en los efectos directos de la crisis iniciada en 2007, que no ha paliado sus efectos sobre los que perdieron su puestos de trabajo, y, consecuentemente, tienen menor nivel de renta.

Volviendo al tema de la austeridad, quién fuera Premio Nobel en 2008, **Paul Krugman**, también Profesor en Princeton, al reflexionar sobre las cuestiones en que habría acertado o equivocado, señalaba el tema de la austeridad, defendiendo que este tipo de criterio de actuación era claramente perjudicial, y que los ataques que se generaron contra su persona no eran otra cosa que un objetivo de rechazo a su historial académico. Los hechos demuestran que no hizo otra cosa que aplicar las lecciones que la historia nos recuerda. Entendemos que, desde el punto de vista humano, presente su auto-defensa, aunque no hemos de olvidar que la austeridad, como otros factores de la vida, puede ser o no beneficiosa o perjudicial, según la situación, el lugar, la circunstancia del entorno al que se aplica⁽³¹⁾.

Un reciente Informe del **Fondo Monetario Internacional** nos ofrece una importante reflexión sobre el tema de la desigualdad, atribuyendo ésta al nivel de desempleo y al bajo poder de las organizaciones sindicales. La entidad ha reconocido un trabajo elaborado por técnicos de la misma bajo el título “La distribución de los ingresos y su papel en la explicación de la desigualdad”, en el que se utiliza una combinación de datos macroeconómicas y encuestas de ingresos familiares para el periodo 1970-2013, medidos por el Índice de Gini, del que se desprende que: a) Por cada 10% que aumenta la brecha salarial, la desigualdad se eleva un 9%, así como que si la participación de los sueldos en la renta nacional en los países del G-7 se ha reducido un 12% en las tres últimas décadas, la desigualdad lo ha hecho en un 25%.; b) el factor más determinante de la desigualdad no es la proporción de riqueza que se destina al trabajo o al capital, sino la dispersión de salarios, que ha subido notablemente como consecuencia de los asignados a la parte más alta de la población. Porque mientras una mayor globalización financiera o nivel de desempleo se asocia a una mayor diferencia de salarios, la mayor sindicación, la mejor formación de los empleados y el mayor gasto público, ayudan a reducir la distancia entre salarios altos y bajos; c) En los últimos treinta años, el aumento de la desigualdad en los ingresos ha alcanzado el 25% en USA; el 35% en el Reino Unido y el 10% en Alemania, y, sin embargo, en Francia, la desigualdad es ahora menor que en los años setenta y mediados de los ochenta, y ha sido bastante estable en los noventa, aunque con un repunte en los últimos años; d) Descomponiendo la brecha de desigualdad, los autores del Informe revelan que la dispersión de los ingresos explica el 75% del aumento en Alemania,

y entre 90%-95%, en USA y Reino Unido, y el 100% en Francia; e) La caída del 10% de la participación del trabajo en la renta nacional conduce a un aumento de la desigualdad del 0,9%, con un peso relevante en las economías emergentes, frente a la de los países desarrollados, donde los salarios son cruciales.

En definitiva, el Informe concluye que las autoridades que deseen evitar el aumento de la desigualdad, deberían atender a la evolución de los salarios en los distintos marcos laborales o en las instituciones, así como en medidas de política fiscal que puedan corregir tal desigualdad⁽³²⁾.

Y, como Deaton nos recuerda en su mencionada "*The great escape...*" no hemos de olvidar que la vida en estos tiempos es bastante mejor que en cualquier otro momento de la historia. Hay un mayor número de personas más ricas, y son menos las que viven en pobreza extrema. Y a pesar de que tras años de crisis, vivimos momentos puntuales de incertidumbre, con guerras, movimientos masivos de refugiados y otros conflictos que no conocíamos desde la segunda guerra mundial, podemos disfrutar de una vida mejor que en muchos momentos anteriores⁽³³⁾.

Y podríamos remontarnos a la Historia. Deaton destaca cómo la Ilustración, la Revolución Industrial y los avances en el estudio de las enfermedades infecciosas fueron una de las bases del progreso del que hoy disfrutamos. Y que aunque al desarrollo económico se le atribuye habitualmente la mayor parte de las mejoras conocidas, no debe olvidarse que la evolución del conocimiento científico, a medio y largo plazo, tendrá una proyección muy superior en el proceso de salida de la crisis.

Abunda Deaton en la idea de que el subdesarrollo en algunas áreas del mundo es una clara consecuencia de la falta de instituciones locales adecuadas, que, incluso, se aprovechan de las ayudas externas pero que estas no llegan en su totalidad a la cobertura de los objetivos perseguidos. Sin embargo, medidas políticas razonables, como la apertura de los mercados internacionales a los productos de estos países, contribuirían de forma más decisiva a la salida de la situación endémica que todavía acreditan.

Lo cual no obsta, para que, añadimos nosotros, sigamos manteniendo una ten-sa preocupación porque el proceso de mejora de la igualdad entre los ciudadanos emerja sobre algunas cuestiones de las que aquí se han observado. Entre las que destacamos algunas de las que nos recuerda Gualdione en un trabajo recientemente publicado, y en las que en base a aportaciones de docentes universitarios

e instituciones sociales como Foessa (Fomento de Estudios Sociales y Sociología Aplicada) llega a conclusiones de gran interés:

- Superar la vieja concepción de los términos renta y riqueza que nos impiden conocer la verdadera situación de nuestra sociedad. Es evidente que la renta ha crecido de manera significativa en los últimos treinta años. Pero respecto a la riqueza, es preferible utilizar un instrumento de medida basado en el consumo de los hogares, como diferencia entre la renta disponible y los impuestos soportados, que reproduciría el deterioro de aquella en el mismo periodo.
- Por otra parte, tanto el Producto Interior Bruto como el PIB per cápita miden el valor de la renta en el país. Pero deben contemplarse otros indicadores: la participación de los salarios; la estructura y resultados del sistema educativo; el montante de las prestaciones y servicios sociales, etc., que permiten acercarnos al nivel de bienestar de los ciudadanos.
- La Organización de las Naciones Unidas (ONU) utiliza el Indicador de Desarrollo Humano (IDH) en el que se incluyen aspectos tales como la duración de la vida en términos saludables; el desarrollo de una vida digna, el nivel de los conocimientos, etc., que, para el caso español, nos permite contrastar lo que venimos comentando: que en dichas tres décadas, la renta creció para el Índice citado, que evolucionó en España del nivel 34 entre todos los países del mundo, al nivel 27 en el año actual.
- Y buena prueba de ello ha sido el deterioro de la población activa, en la que hemos pasado a una tasa del 45% al 38% en esas tres décadas. Esta magnitud es esencial puesto que siete puntos básicos de descenso inciden sobre las clases más desfavorecidas.
- La conveniencia de afrontar una verdadera reforma del mercado de trabajo, en la que se considere, aparte de una nueva regulación de la contratación, regulación salarial, extinción y suspensión de los contratos, etc., así como a superar los problemas de discriminación entre sexos, que afecta negativamente a la mujer española, que hoy protagoniza la mayor parte de los contratos a tiempo parcial y los empleos con salarios más reducidos.
- La alternativa utilizada por Foessa en este análisis de la distribución laboral por sexos, se asegura que en vez de utilizar la metodología tradicional –que equipara

a hombres y mujeres en los niveles de pobreza por sexos– se utiliza la situación de los individuos, tal nivel sería del 47,4% para las mujeres sin hijos, el doble de la que correspondería a los hombres. Y para las que tuvieran hijos, el nivel de pobreza se incrementaría en el 10%, de ahí la necesidad de un sistema especial de protección para estos, como ya existe en otros países de Europa.

- Finalmente se destaca la importancia del sistema fiscal, que en el caso español, no estimula una mejor distribución de la renta. Los niveles de corrupción, fraude fiscal y la falta de eficiencia en las prestaciones de las Administraciones Públicas, repercuten en el volumen de ingresos y, consecuentemente, en la imposibilidad de atender a alguna de las prestaciones que serían deseables⁽³⁴⁾.
- En definitiva, como luce el título del trabajo que comentamos, somos, efectivamente más ricos pero, también, menos iguales.
- **Prados de la Escosura**, por su parte, al analizar la evolución de la economía española en los treinta años transcurridos desde el ingreso en la Unión Europea, y con la visión del historiador, ofrecernos algunos datos relevantes:
 - En primer lugar, la constatación que el PIB per cápita en 2007-2013 fue del 10%, comparable, en los últimos 150 años, con la excepción del periodo de la guerra 1936-1939, a la que se observó en la Gran Depresión (1929-1935).
 - La desigualdad en la distribución de la renta, en términos del Índice de Gini, se incrementó en 5 puntos (de 30 a 35), rango similar al mantenido en los últimos cincuenta años, que puede considerarse como “moderado”, y asociado al fuerte incremento de la tasa de desempleo. Y ello ha trascendido, como es lógico, a la disminución de las prestaciones del estado de bienestar.
 - Sin embargo, en el periodo 1986-2007, considerando la renta per cápita española en paridad del poder adquisitivo, se situaba por encima del 90% de la contabilizada en Francia y el Reino Unido. Por ello, la contracción 2007-2013, podría ser una oportunidad para analizar profundamente lo ocurrido en los treinta años citados.
 - Completa Prados su análisis con consideraciones muy ricas en términos de productividad total de los factores y cuestiones tecnológicas a ella asociada, concluyendo que, en la medida que nos acercábamos a la frontera tecnológica,

la flexibilidad en los mercados –de productos, capitales y mano de obra– y la acumulación de capital humano e intangibles, serán los ingredientes fundamentales para acceder al crecimiento real, al que España se incorpora con retraso y timidez⁽³⁵⁾.

- Posteriormente, en un análisis que nos recuerda Sánchez de la Cruz, Prados concluía que los niveles de desigualdad que se han comprobado en esta crisis coinciden con los observados en la primera mitad de las décadas der 1970 y 1980, completando su aseveración al indicar que la desigualdad alcanzaría el máximo en el año 2012, y de aquí hasta el presente, no ha hecho más que reducirse⁽³⁶⁾.

José María Labeaga, Catedrático de Fundamentos del Análisis Económico, que fue Director del Instituto de Estudios Fiscales, nos recuerda como el tema de la desigualdad ha sido recurrente en la preocupación de dirigentes públicos e instituciones ciudadanas de las pasadas décadas. Sostiene que en las últimas reformas fiscales se ha primado la búsqueda de la eficiencia frente a la redistribución de la renta.

En particular, entiende que la desigualdad no ha hecho más que subir, ya que tales reformas han venido reduciendo la progresividad del Impuesto de la Renta de las Personas Físicas, y, por tanto, desde la perspectiva de los ingresos públicos, de la capacidad de redistribuir. Y también, desde la del gasto público, a consecuencia de la racionalización de algunas prestaciones sociales. Y ello porque ha primado en el espíritu del legislador el principio de eficiencia en la recaudación sobre la función redistribuidora del impuesto.

A ello ha contribuido, por otra parte, el aumento de la brecha salarial entre diferentes categorías de trabajadores dentro del sector privado de la economía.

En definitiva, si se perdiera este papel redistribuidor y continuara el proceso de reducción del gasto público, en especial el destinado a la educación y la salud, Labeaga estima que será muy difícil que la desigualdad se contraiga⁽³⁷⁾.

La **Fundación para el Análisis y los Estudios Sociales** (FAES), en una reciente investigación realizada por ocho tratadistas socioeconómicos, se refiere de manera singular al análisis de las causas y consecuencias de la desigualdad en España, centrándose más en el origen de la cuestión y en sus posibles soluciones, que en

la metodología de su medida, tarea por la que ha sido reconocido Deaton, al que no se cita de forma explícita. Y funda la oportunidad de su publicación en el hecho que la desigualdad sea hoy, de una parte, un fenómeno presente en debates de contenido social, a menudo protagonizado por las formaciones políticas, con lo que ello significa; y, por la otra, a que ha aumentado en todo el Occidente haciéndose insoportable en algunas áreas. Considera que la desigualdad se ha considerado como una especie de efecto colateral del desarrollo económico, hasta el punto que los tratadistas desean responder a una oportuna cuestión: que supone tanto un freno al crecimiento a largo plazo, como una quiebra de la cohesión social.

Sus principales conclusiones se centran en:

- La desigualdad resulta de la consideración de muchos factores: los efectos de la globalización; el cambio tecnológico, hoy evolucionando de forma acelerada; la revolución demográfica; el modelo de estado de bienestar; el modelo educativo; la estructura del mercado de trabajo; la calidad institucional y la apertura de la sociedad a la movilidad. Por su complejidad debe abarcar múltiples fórmulas de medida: salarios, distribución de rentas y riqueza y el acceso al consumo de bienes y servicios. Y no solo puede suponer una quiebra de la cohesión social, sino un freno al desarrollo económico.
- La fórmula habitual para medir la desigualdad –Índice de Gini o Curva de Lorenz– no aportan, en opinión de los autores, toda la información necesaria para entender un problema tan complejo. Desigualdad y pobreza son problemas distintos, habitualmente confundidos. En un mismo país pueden coexistir bajos niveles de desigualdad con amplias bolsas de pobreza.
- Por otra parte, no debe olvidarse que la globalización y los avances en términos de libertad económica operadas en los últimos años en los países emergentes ha permitido que millones de personas hayan abandonado la miseria (China, India, parte de la América Central y de Sur).
- Sin embargo, ha aumentado la desigualdad en países de Occidente que tienen economías maduras (Estados Unidos, Europa, etc.) cuyas clases trabajadoras y medias se ven sometidas a una fuerte presión competitiva por parte de los países emergentes.

- Igualmente, que pueden existir desigualdades legítimas, pero la captura de rentas, la corrupción o las instituciones que impiden la movilidad social, generan gran exclusión y se explican difícilmente desde una perspectiva de justicia social.
- Los cambios tecnológicos podían fomentar la desigualdad en el grupo de trabajadores de baja cualificación, trabajadores que serían sustituidos por los avances técnicos, salvo que existiera un eficaz proceso de reconversión formativa.
- La desigualdad es utilizada a menudo como argumento para imponer políticas que no funcionan, que son, las que en el fondo, provocan la desigualdad.
- La crisis de 2007 evidencia una elevación de la desigualdad mayor en España que en el área de la Unión Europea de los quince. Y no porque haya mejorado la posición de quienes disponen de mayor renta, sino porque se ha deteriorado la de los que menos tienen. Por otra parte, existen factores estructurales que acreditan que la desigualdad en España no es consecuencia directa de la crisis, sino de la respuesta relativa de España en el intento de compensar los efectos en la distribución de la renta.
- El factor más determinante de la distribución de la renta es el empleo y su retribución. Si aumenta el desempleo entre las personas de menor renta, la desigualdad crece. Se estima que la caída del empleo durante la crisis explica 6 de los 8 puntos del incremento de la desigualdad.
- El estado de bienestar español tiene un efecto redistributivo claramente inferior a los países de referencia. Si se mide por el Índice de Gini, la desigualdad entre España y Suecia, por ejemplo, antes de las transferencias, es de 1,2 puntos, y, después, se amplía hasta 8,3 puntos.
- Los jóvenes españoles están excluidos de lo mejor del Estado de Bienestar. No reciben buena formación, y el mercado de trabajo les orienta hacia empleos de baja calidad, menores ingresos y menores prestaciones, si las tienen.
- Un porcentaje elevado de los hijos solamente alcanza el nivel educativo de sus padres, y ello no permite la movilidad social.

- Por otra parte, la crisis ha puesto de manifiesto la fragilidad del “mix tributario”. Como los ingresos se han reducido más que el PIB, hubo de recurrirse a déficit para sostener a corto plazo el estado de bienestar, que debería reformarse para acabar con las bolsas de exclusión que padecen jóvenes, desempleados y familiares.
- Entendemos la importancia de este amplio conjunto de conclusiones del análisis de FAES, que nos ayuda a comprender la complejidad del problema y la necesidad de articular medidas inteligentes para superar la desigualdad, si bien, las dos últimas, requerirían matices aclaratorios que exceden del propósito y alcance de este trabajo⁽³⁸⁾.

Por otra parte, debemos destacar la importancia que la concesión del Nobel genera en instituciones culturales y científicas un elevado eco. Tal es el caso de la **Fundación Ramón Areces**, que junto a la **Asociación Española de Economía**, programa anualmente una Jornada dedicada a glosar la contribución del galardonado. En esta ocasión, Manuel Arellano, del Centro de Estudios Monetarios y Financieros (CEMFI); José García Montalvo, docente en la Universidad Pompeu Fabra, y Raúl Santa Eulalia-Llopis, de la Washington University in St Louis, debatieron el pasado 11 de noviembre sobre cuestiones relacionadas con las investigaciones de Deaton: el análisis de la distribución que realizan los consumidores entre los diferentes bienes y servicios; el reparto de la renta, entre el gasto y el ahorro, y, finalmente, ¿Cómo podemos medir y analizar de la mejor manera posible el bienestar y la pobreza?⁽³⁹⁾. Todo ello muy imbricado con los temas tratados por Deaton a lo largo de su dilatada carrera investigadora.

Por su parte, **Robert J. Shiller**, Premio Nobel de Economía en 2013, en una reciente entrevista asegura que la seguridad de tener un puesto de trabajo no volverá, consecuencia directa, entre otras razones, de los avances de las nuevas tecnologías. Ese impacto en el mercado de trabajo no hará otra cosa que empeorar la situación de desigualdad, en especial, en personas menos preparadas para asumir las obligaciones derivadas de mayores requerimientos formativos y de adaptación a las necesidades empresariales. Por ello insiste en lo que denomina “new normal”, esto es, un futuro con problemas relacionados con el empleo y su pesimismo sobre su próxima evolución⁽⁴⁰⁾.

El propio Deaton en una obra reciente en la que alude a cuestiones demográficas, sanitarias y fiscales reafirma su posición respecto a la desigualdad, que viene

creciendo inexorablemente desde hace más de dos siglos para millones de personas, que sufren miseria extrema y muerte prematura, y, sin embargo, la vida es bastante mejor que en cualquier tiempo pasado. La desigualdad, desde una perspectiva retrospectiva, ayuda y, también, perjudica, si la sociedad se beneficia de tener gente muy rica cuando la mayoría no lo es, y de las reglas e instituciones que les permiten a algunos enriquecerse más que el resto⁽⁴¹⁾, lo que no es óbice, en nuestra opinión, para que el crecimiento venga acompañado de medidas eficaces de promoción social, en forma de acceso a la cultura, a la formación profesional y la propiedad, que neutralicen de alguna manera los efectos perversos apuntados.

Un reciente ejemplo de la asimetría entre la evolución de la riqueza y la igualdad social se ha puesto de manifiesto, justamente, en Suecia, uno de los países que, junto a Dinamarca, se ponen siempre como referencia ejemplar. Un reciente estudio de Morgan Stanley, que nos recuerda Vicente Nieves, indica que no es así, y que dicho país lidera el incremento de la desigualdad en la distribución de la riqueza desde los años ochenta, sin que por ello deje de representar a uno de los países más igualitarios, incluso, tras este repunte. Y se basa en los siguientes datos: a) La diferencia entre el 10% de la población con mayores ingresos y el 10% que tiene menos, ha pasado de ser **4** veces mayor para los primeros en 1990, hasta **5,7** veces en 2007 y **6,3** veces en 2015; b) La explicación de esta evolución está en la desigual distribución de los ingresos del capital, los de los autónomos y la notoria reducción de los que fueron generosos beneficios sociales que dispensó el Estado de Bienestar (los hogares recibieron el **27%** del PIB en 1995 y un **16%** en 2008; c) La mayor concentración de las rentas del capital, hecho que explica un **13%** de la desigualdad. Si la comparación se hiciera en términos de riqueza, y acorde a la fórmula que utiliza Credit Suisse, que expresa la diferencia entre el valor de los activos, incluida la vivienda, y las deudas del individuo, España, por ejemplo, estaría entre los países más ricos del mundo, con un valor de la mediana de la riqueza en el entorno de **52.223** \$ por persona, y, sin embargo, Suecia, con una renta per cápita casi el doble que la española, presenta una riqueza mediana de **57.433**. Concluye Nieves que si la comparación se hiciera con el **Índice** de Gini –que significa un valor de 0/100 para estimar un reparto igualitario / o una asignación unipersonal–, Suecia presentaría un valor de 80,9 frente al 67 español*.

**“Suecia es el país en el que más ha crecido la desigualdad desde 1980”. Vicente Nieves, basado en el Documento de Morgan Stanley “Mind the Inequality Gap”. Madrid 15.12.2015.*

Por último, no hemos de olvidar que, en muchas ocasiones, al analizar el problema de la desigualdad, nos fijamos más en datos (como que 10 millones de personas absorban el 70% de la Renta Nacional o que el 10% de la población se hagan con el 56% de la riqueza) representativos de la desigualdad, que en las consecuencias de la política económica practicada, que nos conducen a esta brecha en la distribución de la riqueza que se observa en España. Nos olvidamos de la importancia de un razonable modelo productivo, que no tenemos, puesto que el existente está basado en el protagonismo del sector de la construcción y del turismo, olvidándose de la importancia de la industria y algunos subsectores del de servicios, habitualmente con mayor tasa de productividad y generación de empleos estables. La ampliación de servicios básicos, infraestructuras, las ayudas al emprendimiento empresarial; el fomento del comercio exterior, superando la vieja idea de que nuestro mercado es de 46 millones de personas, cuando tenemos un enorme potencial, accesible incluso a la pequeña y mediana empresa, que nos permitiría un crecimiento de las exportaciones por encima del 5% que acreditamos ahora; facilitar la llegada de inversores extranjeros a España, que podrían utilizar nuestra localización para expandirse en otros lugares, etc. , y, siempre, la racionalización del sector público, con varios niveles de Administraciones que generan una falta de eficacia y representan un coste que España no puede permitirse. Uniendo a todo ello, un verdadero empeño en la mejora de la enseñanza y la formación profesional, que permitiera mejorar de manera efectiva el nivel de capacitación de nuestra población activa, y, en particular, la de los más de tres millones de jóvenes que demandan un empleo.

Un programa que recogiera estos ingredientes permitiría a España, dentro del mundo global y competitivo en el que estamos inmersos, superar el atraso que padecemos desde hace varias generaciones, mejorar la igualdad de nuestros ciudadanos y alcanzar un nivel de crecimiento y bienestar sostenible y eficiente⁽⁴²⁾.

■ Bibliografía consultada

1. “The Royal Swedish Academy of Sciences” y “The Sveriges Riskbank Prize in Economic Sciences”. “Angus Deaton: Consumption, Poverty and Welfare”. The Committee for the Prize in Economics Sciences in memory of Alfred Nobel. Stockolm, 12.10.2015.
2. Morales-Arce, R. “La valoración de activos en el Premio Nobel de Economía 2013”. Fundación Ramón Areces y Real Academia de Doctores de España.

- Coordinado por Federico Mayor Zaragoza y María Cascales Angosto. Madrid, 2014: 163-183.
3. Página web de la Fundación Nobel. Estocolmo, 13 octubre 2014. Sitio web del Banco central de Suecia. (Actualizado con los datos de 2014 y 2015).
 4. Morales-Arce, R. “Los problemas regulatorios del mercado” en “Premios Nobel 2014. Fundación Ramón Areces y Real Academia de Doctores de España. Madrid, 2015: 147-177.
 5. Deaton, Angus. “The great escape: health, wealth and the origins of inequality”. Princeton: Princeton University Press. 2012. Existe versión en lengua española: “El gran escape: salud, riqueza y los orígenes de la desigualdad”. Fondo de Cultura Económica. 2015.
 6. Muller, J. “Ante todo, un científico”. Diario El Mundo. Madrid, 16.10.2015.
 7. Müller, J. Artículo citado.
 8. Carbó, Santiago “Del individuo a la comunidad”. Diario El País. Madrid, 13.10.2015.
 9. Conthe, M. “Angus Deaton: de la econometría a la lucha contra la pobreza”. Expansión. Madrid, 13.10.2015.
 10. Cuadrado Roura, Juan R. “Angus Deaton: la economía a la escala del individuo”. Diario Expansión. Madrid, 12.10.2015.
 11. Laborda, A. “La recuperación de las economías familiares”. Diario El País. Madrid, 18.10.2015.
 12. López Casanovas, G. “Bienestar y no solo renta”. El Periódico. Barcelona, 13.10.2015.
 13. López Casanovas, G. Entrevista en Intereconomía. Madrid, a 13 octubre 2015.
 14. López Nicolás. “De Angus Deaton a la educación financiera”. Diario Expansión. Madrid, 15.10.2015.

15. Olier, E. “El Nobel Angus Deaton y las desigualdades”. El Economista. Madrid, 16.10.2015.
16. Martin, Idué. Diario Clarín. Buenos Aires. 12.10.2015.
17. Montero, H. “Vuelve la clase media”. La Razón. Madrid 17.10.2015.
18. Müller, John. “Ante todo, un científico”. Texto citado.
19. Sarriá, Salvador. “Desigualdad creciente y su reflejo en el IBEX-35”. El Periódico. 19.10.2015.
20. R. Suanzes, Pablo. “El Obi-Wan Kenobi de la Economía”. Diario el Mundo, 19.10.2015. Actualiza una versión anterior del 13.10.2015.
21. Sánchez de la Cruz, Diego. Diario Libertad Digital. Madrid, 14.10.2015.
22. Ureta, José María. “El economista Angus Deaton, otro Nobel contra el ‘austericidio’”. El Periódico. Barcelona, 13.10.2015.
23. Vazquez, K. “Deaton, un rebelde que busca nuestra felicidad”. Diario digital “El Confidencial”. Madrid, 15.10.2015.
24. Jiménez, Miguel. “El dinero si da la felicidad, según un estudio oficial británico”. Madrid, 06.09.2015. El País, 20.10.2015.
25. Artículo sobre Deaton. Páginas económicas de El País. Madrid, 12.10.2015.
26. Kuhner, Timothy K. “Capitalism vs Democracy”. Stanford Law Books. 2014. Stanford, CA.
27. Vasquez Ian. “Un Premio Nobel al progreso”. Libertad Digital. Madrid, 23.10.2015.
28. Bernardo, Ángela. Predicciones de Thomson Reuters y Sigma Xi. 29 septiembre de 2015.
29. Fanjul, Sergio C. Madrid, 29 septiembre 2015. CEST.

30. Lipsey, Richard G. “Principios de Economía Positiva”. Editorial Vicens Vives. Barcelona y Madrid.
31. Deaton, A. “La vida en tiempos de austeridad”. Diario el País. Madrid, marzo de 2012.
32. Krugman, P. “En qué acerté y en qué me equivoqué”. 23.06.2015. The New York Times. Recogido por El País. Madrid 20.10.2015.
33. Mars, Amanda. “El Fondo Monetario Internacional atribuye...”.Diario El País. Madrid, 20.10.2015.
34. Deaton, Angus. “The great escape...”. Obra citada.
35. Gualdione, Fernando. “Más ricos y menos iguales”. Diario El País. Madrid, 25.10.2015.
36. Prados de la Escosura, Leandro. “30 años en la UE, una visión desde la Historia Económica” El País. 25.10.2015.
37. Sánchez de la Cruz, D. Comentario a la investigación de Prados de la Escosura “Desigualdad en España 1850-2015” en el artículo “Las pifias económicas del debate Rivera-Iglesias”. Libertad Digital. Madrid, 29 de noviembre de 2015.
38. Labeaga, J.M. “La capacidad redistributiva del IRPF”. Diario El País. Madrid, 25.10.2015.
39. FAES (Fundación para el análisis y los estudios sociales). “Desigualdad, oportunidades y sociedad de bienestar en España”. Fernández, F; Blanco, M.; Rodríguez, J.C.;Elorriaga, G.; Sanz, Sainz, J; Toribio, J.J. y Muñoz-Alonso, J. Madrid, 2015: 178-192.
40. Fundación “Ramón Areces” y Asociación Española de Economía. Jornada sobre el Premio Nobel de Economía de 2015: “Angus Deaton: Consumo, pobreza y bienestar”. Con la participación de Manuel Arellano, José García Montalvo y Raúl Santa Eulalia-Llopis. Madrid, 11 de noviembre de 2015.

41. Shiller, Robert J. “La seguridad de tener un puesto de trabajo no va a volver”. Entrevista de J. Tahiri. ABC Empresa. Madrid, 22.11.2015. Página 8.
42. Deaton, Angus: “El gran escape: salud, riqueza y los orígenes de la desigualdad”. Fondo de Cultura Económica. Citado por Efecom. Madrid, 06.12.2015.
43. Prados de la Escosura. Obra citada.



Su majestad el rey Gustavo Adolfo XVI de Suecia hace entrega de la medalla, el diploma y un documento que confirma la cantidad relativa al Premio Nobel de Economía 2015, firmado por el rey Carlos Gustavo, en la ceremonia solemne celebrada el 10 de Diciembre de 2015 en el Palacio del Congreso en Estocolmo.



Diploma del Premio Nobel de Economía 2015

■ Anexo 1. Premios Nobel de Economía 1969-2015

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 permitió enlazar estructuras económicas y procesos de desarrollo.
1972	John Hicks (UK) y Kenneth Arrow (USA).	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.

AÑO	GALARDONADOS	MOTIVOS PARA LA CONCESIÓN DEL GALARDÓN
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.
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.

AÑO	GALARDONADOS	MOTIVOS PARA LA CONCESIÓN DEL GALARDÓN
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.
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.

AÑO	GALARDONADOS	MOTIVOS PARA LA CONCESIÓN DEL GALARDÓN
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.
2010	Peter A. Diamond (USA), Dale T. Mortensen (USA) y Christopher 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 Christopher 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.
2015	Angus Deaton (Reino Unido-USA).	Por sus investigaciones sobre aspectos básicos de la Economía: consumo, demanda, pobreza y bienestar.

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 3).

■ Anexo 2. Referencias bibliográficas del galardonado

La información facilitada por el **Comité Técnico de la Real Academia de Ciencias de Suecia**, destaca la bibliografía del galardonado que a continuación se recoge:

Almås, I. (2012), "International Income Inequality: Measuring PPP Bias by Estimating Engel Curves for Food", *American Economic Review* 102(1), 1093-1117.

Anderson, S y D. Ray (2010), "Missing Women: Age and Disease", *Review of Economic Studies* 77(4), 1262-1300.

Atkin, D. (2013), "Trade, Tastes and Nutrition in India", *American Economic Review* 103(5), 1629-1663.

Attanasio, O. P. y G. Weber (2010), "Consumption and Saving: Models of Intertemporal Allocation and Their Implications for Public Policy", *Journal of Economic Literature* 48(3), 693-751.

Arrow, K. J., B. D. Bernheim, M. S. Feldstein, J. M. Poterba y R. M. Solow (2011), "100 Years of the American Economic Review: The Top 20 Articles", *American Economic Review* 101(1), 1-8.

Banks, J., R. Blundell, and A. Lewbel (1997), "Quadratic Engel Curves and Consumer Demand", *Review of Economics and Statistics* 79(4), 527-539.

Barten, A. P. (1967), "Evidence on the Slutsky Conditions for Demand Equations", *Review of Economics and Statistics* 49(1), 77-84.

Barten, A. P. (1969), "Maximum Likelihood Estimation of a Complete System of Demand Equations", *European Economic Review* 1(1), 7-73.

Bewley, T. F. (1977), "The Permanent Income Hypothesis: A Theoretical Formulation", *Journal of Economic Theory* 16(2), 252-92.

Blinder, A. y A. Deaton (1985), "The Time Series Consumption Function Revisited", *Brookings Papers on Economic Activity* 1985(2), 465-521.

- Blundell, R., P. Pashardes y G. Weber (1993), "What Do We Learn About Consumer Demand Patterns from Micro Data?", *American Economic Review* 83(3), 570-597.
- Blundell, R. y T. M. Stoker (2005), "Heterogeneity and Aggregation", *Journal of Economic Literature* 43(2), 347-391.
- Blundell, R., L. Pistaferri y I. Preston, (2008), "Consumption Inequality and Partial Insurance", *American Economic Review* 98(5), 1887-1921.
- Boppart, T. (2014), "Structural Change and the Kaldor Facts in a Growth Model with Relative Price Effects and Non-Gorman Preferences", *Econometrica* 82(6), 2167-2196.
- Breeden D. T. (1979), "An Intertemporal Asset Pricing Model with Stochastic Consumption and Investment Opportunities", *Journal of Financial Economics* 7(3), 265-296.
- Campbell, J. Y. y A. Deaton (1989), "Why Is Consumption so Smooth?", *Review of Economic Studies* 56(3), 357-373.
- Chen, S. y M. Ravallion (2010), "The Developing World Is Poorer Than We Thought, but No Less Successful in the Fight Against Poverty", *Quarterly Journal of Economics* 125(4), 1577-1625.
- Christensen, L. R., D. W. Jorgensen y L. J. Lau (1975), "Transcendental Logarithmic Utility Functions", *American Economic Review* 65(3), 367-383.
- Costa, D. (2001), "Estimating Real Income in the United States from 1888 to 1994: Correcting CPI Bias Using Engel Curves", *Journal of Political Economy* 109(6), 1288-1310.
- Crawford, I., M. Keen y S. Smith (2010), "Value Added Tax and Excises" En: Mirrlees, J., S. Adam, T. Besley, R. Blundell, S. Bond, R. Chote, M. Gammie, P. Johnson, G. Myles, and J. Poterba (eds.), *Dimensions of Tax Design: The Mirrlees Review*, Oxford University Press. Oxford, for Institute for Fiscal Studies.
- Deaton, A. (1974a), "The Analysis of Consumer Demand in the United Kingdom, 1900-1970", *Econometrica* 42(2), 341-367.

- Deaton, A. (1974b), "A Reconsideration of the Empirical Implications of Additive Preferences", *Economic Journal* 84 (3), 338-348.
- Deaton, A. (1980), "Measurement of Welfare: Theory and Practical Guidelines", LSMS Working Paper No. 7, The World Bank, Washington, D.C.
- Deaton, A. (1981), "Three Essays on a Sri Lanka Household Survey", LSMS Working Paper No. 11, The World Bank, Washington, D.C.
- Deaton, A. (1985), "Panel Data from Times Series of Cross-Sections", *Journal of Econometrics* 30(1-2), 109-126.
- Deaton, A. (1987), "Life-Cycle Models of Consumption: Is the Evidence Consistent with the Theory?" in Bewley, T. (ed.): *Advances in Econometrics, Vol II*, North-Holland, Amsterdam.
- Deaton, A. (1989), "Looking for Boy-Girl Discrimination in Household Expenditure Data", *World Bank Economic Review* 3(1), 1-15.
- Deaton, A. (1991), "Savings and Liquidity Constraints", *Econometrica* 59(5), 1221-1248.
- Deaton, A. (1992), *Understanding Consumption*, Oxford University Press, Oxford.
- Deaton, A. (1997), *The Analysis of Household Surveys: A Microeconomic Approach to Development Policy*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.
- Deaton, A. (1988), "Quality, Quantity and Spatial Variation in Price", *American Economic Review* 78(3), 418-430.
- Deaton, A. (2003a), "Health, Inequality, and Economic Development", *Journal of Economic Literature* 41(1), 113-158.
- Deaton, A. (2003b), "Adjusted Indian Poverty Estimates for 1999–2000", *Economic and Political Weekly* 38(4), 322-326.
- Deaton, A. (2003c), "Prices and Poverty in India, 1987-2000", *Economic and Political Weekly* 38(4), 362-368.

- Deaton, A. (2005), "Measuring Poverty in a Growing World (or Measuring Growth in a Poor World)", *Review of Economics and Statistics* 87(1), 1-19.
- Deaton, A. (2008), "Price Trends in India and Their Implications for Measuring Poverty", *Economic and Political Weekly*, 43-49.
- Deaton, A. y J. Campbell (1989), "Why Is Consumption So Smooth?", *Review of Economic Studies*, 56(3), 357-373.
- Deaton, A. (2010), "Price Indexes, Inequality, and the Measurement of World Poverty", *American Economic Review* 100(1), 5-34.
- Deaton, A. y J. Drèze (2009), "Food and Nutrition in India: Facts and Interpretations", *Economic and Political Weekly* 44(7), 42-65.
- Deaton, A. y O. Dupriez (2011), "Purchasing Power Parity Exchange Rates for the Global Poor", *American Economic Journal: Applied* 3(2), 137-166.
- Deaton, A. y M. Grosh (2000), "Consumption", in Grosh, M. and P. Glewwe (eds.) *Designing Household Survey Questionnaires for Developing Countries: Lessons from 15 Years of the Living Standards Measurement Study*, Oxford University Press, New York, NY, for the World Bank.
- Deaton, A. y D. Kahneman (2010), "High Income Improves Evaluation of Life but not Emotional Well-being", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(38), 16489-16493.
- Deaton, A. y G. Laroque (1992), "On the Behavior of Commodity Prices", *Review of Economic Studies* 59(1), 1-23.
- Deaton, A. y J. Muellbauer (1980a), "An Almost Ideal Demand System", *American Economic Review* 70(3), 312-326.
- Deaton, A. y J. Muellbauer (1980b), *Economics and Consumer Behavior*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- Deaton, A. y J. Muellbauer (1986), "On Measuring Child Costs: With Applications to Poor Countries", *Journal of Political Economy* 94(4), 720-744.
- Deaton, A. y C. Paxson (1994), "Intertemporal Choice and Inequality", *Journal of Political Economy* 102(3), 437-467.
- Deaton, A. y A. Stone (2014), "Evaluative and Hedonic Wellbeing among those with and without Children at Home", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111(4), 1328-1333.
- Deaton, A. y A. Tarozzi (2000), "Prices and Poverty in India", Princeton Working Paper.
- Diewert, E. (1974), "Applications of Duality Theory", in Intriligator. M. and D. Kendrick (eds) *Frontiers of Quantitative Economics Vol. II*, North-Holland, Amsterdam.
- Duflo, E. (2012), "Women's Empowerment and Economic Development", *Journal of Economic Literature* 50(4), 1051-1079.
- Flavin, M. (1981), "The Adjustment of Consumption to Changing Expectations about Future Income", *Journal of Political Economy* 89(5), 974-1009.
- Gorman, W. M. (1953), "Community Preference Fields", *Econometrica* 21(1), 63-80.
- Gorman, W. M. (1961), "On a Class of Preference Fields", *Metroeconomica* 13(2), 53-56.
- Guvenen, F. (2007), "Learning Your Earning: Are Labor Income Shocks Really Very Persistent?" *American Economic Review* 97(3), 687-712.
- Guvenen, F. (2009), "An Empirical Investigation of Labor Income Processes" *Review of Economic Dynamics* 12(1), 58-79.
- Hall, R. E. (1978), "Stochastic Implications of the Life-Cycle-Permanent Income Hypothesis: Theory and Evidence", *Journal of Political Economy* 86(2), 971-987.

- Hall, R. E. y F. S. Mishkin (1982), "The Sensitivity of Consumption to Transitory Income: Estimates from Panel Data on Households", *Econometrica* 50(2), 461-481.
- Hamilton, B. (2001), "Using Engel's Law to Estimate CPI Bias", *American Economic Review* 91(3), 619-630.
- Heathcote, J., K. Storesletten y G. L. Violante (2009), "Quantitative Macroeconomics with Heterogeneous Households", *Annual Review of Economics* 1, 319-354.
- Heathcote, J., K. Storesletten y G. L. Violante (2014), "Consumption and Labor Supply with Partial Insurance: An Analytical Framework", *American Economic Review* 104(7), 2075-2126.
- Huggett, M. (1993), "The Risk-Free Rate in Heterogeneous-Agent Incomplete-Insurance Economies", *Journal of Economic Dynamics and Control* 17(5-6), 953-969.
- Imrohorglu, A. (1989), "Cost of Business Cycles with Indivisibilities and Liquidity Constraints", *Journal of Political Economy* 97(6), 1364-1383.
- Jorgenson, D. W., L. J. Lau y T. M. Stoker (1980), "Welfare Comparison under Exact Aggregation", *American Economic Review* 70(2), 268-272.
- Jorgenson, D. W., L. J. Lau y T. M. Stoker (1982), "The Transcendental Logarithmic Model of Aggregate Consumer Behavior", in Basmann R.L. and G. Rhodes (eds.) *Advances in Econometrics*, Vol. 1, JAI Press, Greenwich.
- Krusell, P y A. A. Smith (1998), "Income and Wealth Heterogeneity in the Macroeconomy", *Journal of Political Economy* 106(5), 867-896.
- Leibenstein, H. A. (1957), *Economic Backwardness and Economic Growth: Studies in the Theory of Economic Development*, Wiley, New York, NY.
- Leland, H. (1968), "Saving and Uncertainty: The Precautionary Demand for Saving", *Quarterly Journal of Economics* 82(3), 465-473.

- Leser, C. (1963), "Forms of Engel Functions", *Econometrica* 31(4), 694-703.
- Lewbel, A. (1989), "Nesting the AIDS and the Translog Demand Systems", *International Economic Review* 30(2), 349-356.
- Lewbel, A. y K. Pendakur (2009), "Tricks with Hicks: The EASI Demand System", *American Economic Review* 99(3), 827-863.
- Lucas, R. E. (1978), "Asset Prices in an Exchange Economy", *Econometrica* 46(6), 1429-1445.
- MaCurdy, T. E. (1981), "An Empirical Model of Labor Supply in a Life-Cycle Setting", *Journal of Political Economy* 89(6), 1059-1085.
- Muellbauer, J. (1975), "Aggregation, Income Distribution and Consumer Demand", *Review of Economic Studies* 42(4), 525-543.
- Muellbauer, J. (1976), "Community Preferences and the Representative Consumer", *Econometrica* 44(5), 979-999.
- Neary, J. P. (2004), "Rationalizing the Penn World Table: True Multilateral Indices for International Comparisons of Real Income", *American Economic Review* 94(5), 1411-1428.
- Pendakur, K. (2002), "Taking Prices Seriously in the Measurement of Inequality", *Journal of Public Economics* 86(1), 47-69.
- Rizvi, S.A.T. (2006), "The Sonnenschein-Mantel-Debreu Results after Thirty Years", *History of Political Economy* 38(suppl.), 228-245.
- Sandmo, A. (1970), "The Effect of Uncertainty on Saving Decisions", *Review of Economic Studies* 37(3), 353-360.
- Sonnenschein, H. (1973), "Do Walras' Identity and Continuity Characterize the Class of Community Excess Demand Functions?", *Journal of Economic Theory* 6(4), 345-354.

Stephoe, A., A. Deaton y A. Stone (2015), "Subjective Wellbeing, Health, and Ageing", *Lancet* 385(9968), 640-648.

Stone, R. (1954a), *The Measurement of Consumers' Expenditure and Behaviour in the United Kingdom, 1920-1938*, Vol. I, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Stone, R. (1954b), "Linear Expenditure Systems and Demand Analysis: An Application to the Pattern of British Demand", *Economic Journal* 64(255), 511-527.

Stone, A., J. Schwartz, J. Broderick y A. Deaton (2010), "A Snapshot of the Age Distribution of Psychological Wellbeing in the United States", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(22), 9985-9990.

Subramanian, S. y A. Deaton (1996), "The Demand for Food and Calories", *Journal of Political Economy* 104(1), 133-162.

Townsend, R. M. (1994), "Risk and Insurance in Village India", *Econometrica* 62(3), 539-591.

Working, H. (1943), "Statistical Laws of Family Expenditure", *Journal of the American Statistical Association* 38(221), 43-56.

Zeldes, S. P. (1989), "Optimal Consumption with Stochastic Income: Deviations from Certainty Equivalence", *Quarterly Journal of Economics* 104(2), 275-298.

Por otra parte, la **Real Academia de Ciencias de Suecia** tiene disponibles las páginas <<http://nobelprize.org>> y <http://kvatv.se>, en las que puede acceder a informaciones, vídeos, sobre temas relativos a los Premios Nobel.

Por su parte, la página de **Princeton University**, recoge las publicaciones del galardonado desde el año 2010 hasta el momento presente, publicaciones en las que se pone de manifiesto su gran atención a los temas que ha valorado el Comité de los Premios Nobel, en los ámbitos del consumo, la pobreza, el bienestar, la salud, la seguridad social, etc. en todas las áreas geográficas, en especial, el mundo menos desarrollado.

Aghion, P., Akcigit U., Deaton A. y Roulet, A. 2015. "Creative Destruction and Subjective Well-Being".

Deaton, A. 2015. "On Tyrannical Experts and Expert Tyrants." *The Review of Austrian Economics* .

Case, A. y Deaton, A. 2015. "Suicide, Age, and Wellbeing: An Empirical Investigation." *Nber Working Paper* , no. 21279.

Deaton, A. y Tortora, R. 2015. "People in Sub-Saharan Africa Rate Their Health and Health Care Among the Lowest in the World. *Health Affairs* 34 (3): 1-9.

Steptoe, Deaton A. y Stone A. A. 2014. "Subjective Wellbeing, Health, and Ageing". *The Lancet* 385 (9968): 640-648.

Deaton, A. y Stone, A. 2014. "Grandpa and the Snapper: The Wellbeing of the Elderly Who Live with Children." In *Discoveries in the Economics of Aging* . Chicago: University of Chicago Press.

Deaton, A. y Aten, B. 2014. "Trying to Understand the Ppps in Icp 2011: Why Are the Results so Different?" *Nber Working Paper No. 20244 (Revised March 2015)*.

Deaton, A. y Stone, A. 2014. "Evaluative and Hedonic Wellbeing Among Those with and Without Children at Home". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111 (4): 1328-1333.

Deaton, A. y Stone, A. 2013. Do Context Effects Limit the Usefulness of Self-Reported Wellbeing Measures?

Research Program in Development Studies Working Paper #288.

Deaton, A. 2013. "Reshaping the World: The 2005 Round of the International Comparison Program". In *Measuring the Size of the World Economy: The Framework, Methodology, and Results from the International Comparison Program*. Washington, DC: World Bank.

Coffey, D., Deaton A., Dréze J., Spears D. y Tarozzi A. 2013. "Economic and Political Weekly 48 (34): 68-70.

- Deaton, A. y Stone A. 2013. "Two Happiness Puzzles" *American Economic Review: Papers & Proceedings* 103 (3): 591-597.
- Deaton, A. 2013. "What Does the Empirical Evidence Tell Us About the Injustice of Health Inequalities? In *Inequalities in Health: Concepts, Measures and Ethics* (Nir Eyal, Samia Hurst, Ole Frithof Norheim, and Daniel Wikler, Editors) . Oxford, UK: Oxford University Press.
- Deaton, A. 2013. *The Great Escape: Health, Wealth, and the Origins of Inequality* Princeton: Princeton University Press. Available at Amazon.
- Deaton, A. 2012. "The Financial Crisis and the Well-Being of America". En: *Investigations in the Economics of Aging*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Deaton, A. 2012. "The Financial Crisis and the Well-Being of Americans". *Oxford Economic Papers* 64 (1): 1-26.
- Deaton, Angus, y Olivier Dupriez. 2011. "Spatial Price Differences Within Large Countries".
- Deaton, A. 2011. "Aging, Religion and Health In *Explorations in the Economics of Aging*. Chicago: University of Chicago Press.
- Deaton, A. y O. Dupriez. 2011. "Purchasing Power Parity Exchange Rates for the Global Poor". *American Economic Journal: Applied* 3: 137-166.
- Deaton, A., J. Fortson y R. Tortora. 2010. "Life (Evaluation), Hiv/aids, and Death in Africa". In *International Differences in Well-Being*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Deaton, A. 2010. "Instruments, Randomization, and Learning About Development". *Journal of Economic Literature* 48: 424-455.
- Stone, A., J. Schwartz, J. Broderick y A. Deaton. 2010. "A Snapshot of the Age of Distribution of Psychological Well-Being in the United States". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (22): 9985-9990.

- Deaton, A. y J. Dréze. 2010. "From Calorie Fundamentalism to Cereal Accounting" *Economic and Political Weekly* 45 (47): 87-92.
- Kahneman, D. y A. Deaton. 2010. "High Income Improves Evaluation of Life but Not Emotional Well-Being". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (38): 16489-16493.
- Deaton, A. 2010. "Measuring Development: Different Data, Different Conclusions?". In *Measure for Measure: How Well Do We Manage Development*.
- Deaton, A. y J. Dréze. 2010. "Nutrition, Poverty and Calorie Fundamentalism: Response to Utsa Patnaik". *Economic and Political Weekly* 45 (14): 78-80.
- Deaton, A. 2010. "Price Indexes, Inequality, and the Measurement of World Poverty". *American Economic Review* 100 (1): 5-34.
- Deaton, A. 2010. "Understanding the Mechanisms of Economic Development". *Journal of Economic Perspectives* 24 (3): 3-16.
- Deaton, A. y Heston A. 2010. "Understanding Ppps and Ppp-Based National Accounts". *American Economic Journal: Macroeconomics* 2 (4): 1-35.
- Deaton, A., Bozzoli C. y Quintana-Domeque C. 2009. "Adult Height and Childhood Disease" *Demography* 46 (4): 647-669.
- Deaton, A. y Dréze J. 2009. "Food and Nutrition in India: Facts and Interpretations". *Economic and Political Weekly* 44 (7): 42-65.
- Case, A. y A. Deaton. 2009. "Health and Wellbeing in Udaipur and South Africa". In *Developments in Economics of Aging*. Chicago: University of Chicago Press.
- Deaton, A. y Lubotsky D. 2009. *Social Science and Medicine* 68: 1914-1917.
- Tarozzi, A. y Deaton A. 2009. *Review of Economics and Statistics* 9 (4): 773-792.
- Deaton, A. 2009. *Proceedings of the British Academy, 2008 Lectures* 162: 123-160.

- Deaton, A. y R. Arora. 2009. "Life at the Top: The Benefits of Height". *Economics and Human Biology* 7 (2): 133-136.
- Deaton, A. 2008. "Price Trends in India and Their Implications for Measuring Poverty". *Economic and Political Weekly* 43 (6): 43-49.
- Deaton, A. 2007. "In *Wider Annual Lecture 10*. Helsinki, Finland.
- Cutler, D., Deaton A. y Lleras-Muney A. 2006. "The Determinants of Mortality". *Journal of Economic Perspectives* 20 (3):97-120.
- Deaton, A. y Kozel V. 2005. "Data and Dogma: The Great Indian Poverty Debate". *The World Bank Research Observer* 20 (2): 177-200.
- Deaton, A. 2005. "Franco Modigliani and the Life Cycle Theory of Consumption". *Banca Nazionale Del Lavoro Quarterly Review* 58 (233-234): 91-107.
- Case, A. y Deaton A. 2005. "Health and Wealth Among the Poor: India and South Africa Compared". *American Economic Review: Papers and Proceedings* 95 (2): 229-233.
- Deaton, A. 2005. Measuring Poverty in a Growing World or (Measuring Growth in a Poor World) *Review of Economic Statistics* 87 (1): 1-19.
- Deaton, A. y Tarozzi A. 2005. "Prices and Poverty in India" I The Great Indian Poverty Debate. New Delhi: Mc Millan.
- Banerjee, A., Deaton A. y Duflo E. 2004. "Health Care Delivery in Rural Rajasthan". *Economic and Political Weekly* 39 (9): 944-949.
- Deaton, A. 2004. "Health in an Age of Globalization". In *Brookings Trade Forum*. Washington, DC: The Brookings Institute.
- Deaton, A. y C. Paxson. 2004. "Mortality, Income, and Income Inequality over Time in Britain and the United States". En: *Perspectives on the Economics of Aging*. Chicago: University of Chicago Press.
- Banerjee, A., Deaton A. y Duflo E. 2004. "Wealth, Health, and Health Services in Rural Rajasthan". *American Economic Review* 94 (2): 326-330.

- Deaton, A. y Laroque G. 2003. "A Model of Commodity Prices After Sir Arthur Lewis". *Journal of Development Economics* 71 (2): 289-310.
- Deaton, A. 2003. "Adjusted Indian Poverty Estimates for 1999-2000". *Economic and Political Weekly* 38 (4): 322- 326.
- Deaton, A. y Paxson C. 2003. "Engel's What? a Response to Gan and Vernon" *Journal of Political Economy* 111 (6): 1378-1381.
- Deaton, A. 2003. "Health, Inequality, and Economic Development" *Journal of Economic Literature* 41 (1): 113-158.
- Deaton, A. 2003. "Household Surveys, Consumption, and the Measurement of Poverty" *Economic Systems Research* 15 (2): 135-159.
- Deaton, A. 2003. "How to Monitor Poverty for the Millenium Development Goals". *Journal of Human Development* 4 (3): 353-378.
- Deaton, A. 2003. *Economic and Political Weekly* 38 (4): 362-368.
- Deaton, A. y Zaidi S. 2002. "Guidelines for Constructing Consumption Aggregates for Welfare Analysis". Washington, DC: World Bank.
- Deaton, A. 2002. "Is World Poverty Falling?". *Finance and Development: A Quarterly Magazine* 39 (2).
- Deaton, A. y Dréze J. 2002. "Poverty and Inequality in India: A Reexamination *Economic and Political Weekly*". 37 (36): 3729-3748.
- Deaton, A., P. Gourinchas y C. Paxson. 2002. "Social Security and Inequality over the Life Cycle. En *The Distributional Effects of Social Security Reform* . Chicago: Chicago University Press.
- Deaton, A. 2001. "Counting the World's Poor: Problems and Possible Solutions *The World Bank Research Observer* 16 (2): 125-147.
- Deaton, A. y G. Laroque. 2001. "Housing, Land Prices and Growth *Journal of Economic Growth* 6 (2): 87-105.

Deaton, A. 2001. "Inequalities in Income and Inequalities in Health". In *The Causes and Consequences of Increasing Inequality*. Chicago: University of Chicago Press.

Deaton, A. y Paxson C. 2001. "Mortality, Education, Income and Inequality Among American Cohorts. En: *Themes in the Economics of Aging*. Chicago: University of Chicago Press.

Deaton, A. y Grosh M. 2000. "Consumption". In *Designing Household Survey Questionnaires for Developing Countries: Lessons from Ten Years of Lsms Experience*. Washington, DC: World Bank.

Deaton, A. y Paxson C. 2000. "Growth and Saving Among Individuals and Households (Previously Named "saving and Growth: Another Look at the Cohort Evidence" *Review of Economics and Statistics* 82 (2): 212-225.

Deaton, A. y Paxson C. 2000. "Growth, Demographic Structure and National Saving in Taiwan. *Population and Development Review* 26: 141-173.

