



## EL VIAJE DE

¿Cuál era la situación de la Ciencia –si es que tenía sentido hablar entonces de “Ciencia”–, de la Tecnología y de la Economía antes y después del viaje Magallanes-Elcano? ¿Cómo se vieron afectados esos mundos cognitivos y sociopolíticos, españoles, europeos y mundiales, por él? ¿Se podía hablar antes de “globalización” en algún sentido? Y si aquel viaje circunvaló la Tierra, ¿dio origen



# *MAGALLANES-ELCANO* Y SU ÉPOCA: CIENCIA, TECNOLOGÍA, ECONOMÍA Y SOCIEDAD

**JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON**

Real Academia Española  
Universidad Autónoma de Madrid

a la idea, por primitiva que fuese, de un mundo “globalizado”? Las anteriores cuestiones constituyen el eje en torno al cual giró la conferencia pronunciada por José Manuel Sánchez Ron en el marco del ciclo “La vuelta al mundo de Magallanes-Elcano: causas y consecuencias” organizada en colaboración con la Cátedra Luis de Camoens de la Universidad Carlos III de Madrid.

A **VECES** se ha dicho que el viaje que se inició en Sevilla bajo el mando del portugués Fernando de Magallanes el 10 de agosto de 1515, y que finalizó, con Juan Sebastián Elcano al mando, el 6 de septiembre de 1522 cuando una de las cinco naves que habían partido arribó a Sanlúcar de Barrameda, mostró la redondez de la Tierra. Nada más lejos de la realidad. Una cosa es que la antigua tesis geocéntrica, que encontró su manifestación más completa en el *Almagesto* de Claudio Ptolomeo (c. 90-c. 168), continuase todavía vigente – el *De revolutionibus orbium coelestium* de Nicolás Copérnico no se publicó hasta 1543 – y otra que se creyese que la Tierra era plana. Ya Aristóteles (384-322 a.C.), Aristarco de Samos (310-230 a.C.) y Eratóstenes (273-c. 192 a.C.) basaron sus trabajos cosmológicos, geográficos o astronómicos suponiendo que la Tierra era redonda. Y otro tanto sostuvieron comentaristas romanos como Plinio el Viejo (23-79), quien en el Capítulo LXIV (“De la forma de la Tierra”) del “Libro Primero” de su *Historia Natural* escribió:

“Es la Tierra de figura redonda, y en esto todos concuerdan, pues la llamamos comúnmente orbe o redondez, y aunque confesamos encerrarse entre sus cumbres porque no se puede dejar de conceder ser en partes desigual, y este globo y su forma no perfectamente esférica, como consta de la altura de los montes y llanura de los campos pero es tal que, unidos los cabos de las líneas con un círculo, resultará forma de perfecta redondez”.

Semejante convicción no se perdió con el paso del tiempo. A finales del siglo IV, Macrobio, en cuyo *Commentarii in Somnium Scipionis* (c. 1150), se puede ver un dibujo de la Tierra, esférica, aparece en el centro del Universo. Asimismo, en otra de las enciclopedias clásicas, las *Etimologías* de Isidoro de Sevilla (siglo VII) se puede leer en el ca-

pítulo “Sobre el lugar que ocupa la esfera celeste”: “La esfera del cielo se asemeja a una figura de aspecto redondo cuyo centro es la Tierra, conformada por igual en todas sus partes”.

### **Consecuencias económicas de los viajes náuticos**

Empresas náuticas como la de Magallanes-Elcano, o la anterior del portugués Vasco da Gama, que inauguró la ruta marítima a la India (al mando de cuatro naves zarpó del puerto de Santa María de Belém, a orillas del Tajo, el 8 de julio de 1497 y llegó el 20 de mayo de 1498 a Kappakadavu, en el actual estado indio de Kerala), respondían a intereses políticos y económicos. Lo que pretendía la expedición de Vasco da Gama era establecer un camino que acortase la famosa Ruta de la Seda, que se remonta al siglo I a. C. y que partiendo de China recorría el sur de la meseta del Tibet hasta el desierto de Gobi al norte, pasando por el mar Caspio a través de Persia, y conectando con grandes centros comerciales como Bagdad, para seguir luego hasta Damasco y los puertos del Mediterráneo oriental o bien por el norte hasta el mar Negro desde donde navegaban a Europa. Aunque se inició para comerciar con la seda, aquella Ruta terminó incluyendo productos como, entre otros, porcelana, piedras preciosas, telas de lana o lino, ámbar, coral, marfil o especias como la canela, clavo, nuez moscada, jengibre, sándalo, ámbar o almizcle, todos muy apreciados en Europa. No era el conocimiento lo que les movía sino los negocios, encontrar una nueva ruta para





llegar a las tierras asiáticas de las especias.

Se sabía que la Tierra era una esfera, sí, pero no la distribución de tierras o la dimensión real. Y ello a pesar de que Eratóstenes había realizado una buena aproximación del radio terrestre: 250.000 estadios, que correspondían a, aproximadamente, entre 40.000 y 44.000 kilómetros, una cifra bastante cercana a los 40.075 que ahora sabemos mide la Tierra en el ecuador. Pero ese dato no formaba parte del patrimonio de conocimientos del siglo XV. Cuando Cristóbal Colón planeó su célebre viaje de 1492 la estimación más rigurosa que se podría haber realizado para calcular la distancia que debería cubrirse si se deseaba alcanzar China –la meta que deseaba alcanzar – desde Europa por mar se basaba en tomar la circunferencia de la Tierra y después res-

tar la distancia por tierra desde Europa hasta Oriente, un dato conocido aproximadamente gracias a quienes habían realizado la Ruta de la Seda. Ahora bien, si nos ajustamos a las dimensiones del globo terrestre que ahora conocemos, o incluso a las que se podrían haber deducido de las medidas de Eratóstenes, tales datos darían una distancia oceánica hasta el oeste de unos 19.000 kilómetros, lo que significaba cuatro meses de navegación con vientos favorables, un viaje imposible de llevar a cabo entonces simplemente porque los barcos no podían llevar los alimentos y agua necesarios para mantener viva tanto tiempo a la tripulación sin tocar tierra. ¿Conocía Colón tales valores, o que lo que hizo fue tomar el cálculo más bajo de la circunferencia de la Tierra de que se disponía entonces y la estimación de la anchura de Eurasia más favorable a

DE LA DUREZA DE  
LA EXPEDICIÓN DA  
FE EL HECHO DE QUE  
DE LOS 245 HOMBRES  
QUE PARTIERON DE  
SEVILLA, ÚNICAMENTE  
18 COMPLETARON  
EL VIAJE. Y DE LOS  
CINCO BARCOS QUE  
INICIARON LA TRAVESÍA,  
SOLO UNO, LA NAO  
VICTORIA, COMPLETÓ  
LA CIRCUNVALACIÓN

sus deseos? Nadie se implica en una aventura si está seguro de su imposibilidad y lo que se sabe es que Colón se apoyó en datos que había ofrecido el cosmógrafo, matemático y astrónomo italiano Paolo dal Pozzo Toscanelli (1397-1482) en una carta, que incluía un mapa, que envió en junio de 1464 a su amigo portugués el médico Fernando Martins de Roriz, al que Alfonso de Portugal le había pedido su opinión acerca de las rutas a las Indias. En aquella carta, Toscanelli, que nunca había salido de Italia, sugería que se podría llegar a las Islas de las Especies navegando hacia el oeste, pero sus cálculos – en los que se basaba en la *Geografía* de Ptolomeo – daban 29.000 kilómetros para la circunferencia de la Tierra. Colón conoció esta carta a través del comerciante Lorenzo Berardi (la transcripción del texto de Toscanelli que hizo Colón en el folio en blanco de un libro se conserva en la Biblioteca Colombina de Sevilla).

Con semejantes medidas, se podía suponer que se llegaría a las islas situadas frente a Japón en poco más de un mes tras haber recorrido unos 3.900 kilómetros. Afortunadamente tamaño error se vio solucionado por la existencia entre medias de un continente hasta entonces desconocido, América.

La incertidumbre que rodeaba el conocimiento de las dimensiones del globo terrestre se constata en la expedición de Magallanes. Una vez que atravesaron el estrecho de Magallanes, situado en el archipiélago de Tierra del Fuego, que les permitió dejar el Atlántico y penetrar en el Mar del Sur (descubierto en 1513 por Vasco Núñez de Balboa, atravesando a pie el estrecho de Panamá), y penetraron en el Mar del Sur, al que el propio Magallanes quien dio el nombre de “Pacífico”, porque durante los 99 días de su travesía “no hubo tempestades”, comenzó un período en el que padecieron hambre, enfermedades y desconcierto. Desconcierto porque Magallanes, al igual que antes Colón, pensaba que los océanos – y la Tierra – eran más pequeños de lo que en realidad son; el Pacífico ocupa la tercera parte de la superficie de la Tierra. Fue el 6 de marzo de 1521 cuando divisaron en el horizonte la isla de Guam, en el archipiélago de las Marianas. Diez días después alcanzaron otra isla, Cebú, en lo que hoy son las Filipinas. Habían llegado a la puerta de la Tierra de las Especies.

De la dureza de la expedición da fe el hecho de que de los 245 hombres que partieron de Sevilla, únicamente 18 completaron el viaje. Y de los cinco barcos que iniciaron la travesía, solo uno, la nao *Victoria*, completó la circunvalación. De los cuatro restantes, uno embarrancó y se hizo pedazos antes de adentrarse en el Océano Pacífico, otro dio media vuelta y regresó a España aprovechando que los barcos navegaban separados durante el enrevesado paso del estrecho de Magallanes. Ya en una de las islas filipinas, Bohol, perdieron otra nave. Siguieron hacia Borneo y el Maluco – las deseadas Molucas, “las islas de las especias” –, en una de cuyas islas se quedó, averiada, la última nao perdida. Al mando ya de Elcano, la *Victoria*, con 47 tripulantes y 13 indígenas, emprendió el regreso a España dirigiéndose hacia África, al cabo de Buena Esperanza, el camino deseado a la península.

Antonio Pigafetta, un italiano que tomó parte en la expedición, escribió en su célebre crónica del viaje: “El sábado entramos en la bahía de San Lúcar con solo dieciocho hombres, la mayor parte de ellos enfermos. De los sesenta que habíamos salido del Maluco algunos habían muerto de hambre, otros habían huido a la isla de Timor, otros habían sido condenados a muerte por sus delitos.”

A pesar de todo, la expedición fue un éxito comercial. Los 23.556 kilos de clavo que trasportaba la *Victoria* se vendieron por cerca de ocho millones de maravedís, mientras que la canela, la nuez moscada y otras especias reportaron casi 65.000 maravedís, más que suficiente para cubrir todos los gastos de la expedición. Ahora bien, el camino abierto entonces era demasiado largo, difícil, costoso y peligroso (por la competencia con los portugueses) como para establecerse como “ruta de las especias”. Aun así, se había demostrado que todas las aguas del planeta estaban comunicadas, lo que puso las bases de la primera globalización.

El viaje de Magallanes-Elcano no impidió que Portugal continuase monopolizando el comercio de las especias por el Océano Índico: en 1520 los beneficios de ese comercio proporcionaban casi el 40 por ciento de los ingresos de la Corona portuguesa. Era el suyo un “Imperio de las especias”, contra el que España no compitió. Sí lo harían británicos y holandeses (más tarde también franceses y suecos).

En septiembre de 1599 un grupo de empresarios ingleses fundaron la Compañía Británi-



ca de las Indias Orientales (British East India Company), con el propósito principal de competir con las sociedades neerlandesas que se estaban lucrando con el comercio de las especias. Pronto los holandeses tomaron nota de esa novedad, unificando esfuerzos y estableciendo en marzo de 1602 la Compañía Neerlandesa de las Indias Orientales (Vereenigde Oostindische Compagnie, o VOC, literalmente Compañía Unida de las Indias Orientales). Al cabo de unas décadas, la VOC se convirtió en la corporación comercial más poderosa del mundo del siglo XVII. El siempre agudo Montesquieu reconoció semejante proceso cuando escribió (“*Considérations sur les richesses de l’Espagne*”, c. 1727-1728): “Mientras los españoles eran dueños del oro y la plata de las Indias, ingleses y holandeses encontraron sin ponerse a ello el medio de depreciar am-

bos metales: fundaron bancos y compañías y mediante nuevos artificios multiplicaron a tal punto los signos de los bienes que el oro y la plata solo lo fueron ya de manera parcial”.

Y así, tanto la compañía inglesa como la holandesa terminaron convirtiéndose en poderes cuasi-estatales, con capacidad de declarar guerras, negociar tratados, establecer colonias e incluso acuñar monedas; de hecho, no es posible entender el establecimiento del imperio colonial británico, la Commonwealth, sin la intervención de la Compañía inglesa. Se podría decir incluso, que estas compañías fueron un modelo para las grandes empresas que tanto influyen en las sociedades del presente.

## El “Imperio de la Plata”

España no compitió en ese mundo. Y no lo hizo porque disponía de otras posibilidades derivadas del descubrimiento y colonización de América. Se ha llegado a denominar a la España de aquellos siglos, “El Imperio de la Plata”. Es un nombre afortunado dada la importancia que la plata americana tuvo no solo para España, para la economía de la Corona, lo que es tanto como decir para sus políticas (interiores y exteriores), sino también para el comercio mundial. Desde el descubrimiento de las primeras minas de plata en la década de 1540 en Zacatecas (México) y en Potosí (Alto Perú, ahora Bolivia), y las posteriores en Guanajuato, Taxco o San Luis de Potosí, en ningún periodo de la historia se experimentó semejante aumento en la producción de plata. “Derramados sobre Europa en cantidades gigantescas el oro y la plata americanos – señaló Earl J. Hamilton en su libro, *El tesoro americano y la revolución de los precios en España, 1501-1650* (1934) – precipitaron la revolución de los precios, la cual a su vez influyó de forma decisiva en la transformación

de las instituciones sociales y económicas en los dos primeros siglos de la Edad Moderna”.

Da idea de lo que significó la llegada a España y subsiguientemente al resto de Europa de los minerales preciosos que se extraían en las minas americanas, el que Adam Smith no olvidara considerar este hecho en su influyente libro, *The Wealth of Nations* (1776), donde se puede leer:

“Desde 1570 hasta 1640, periodo de unos setenta años, la variación en el valor relativo de la plata con respecto al grano [trigo] siguió una tendencia distinta [a la del pasado]. El valor real de la plata bajó, cambiándose por una cantidad de trabajo menor que antes, y el precio nominal del grano subió, de forma que en vez de venderse a unas dos onzas de plata por cuartal, o sea, unos diez chelines de la moneda actual, llegó a venderse a seis y ocho onzas de plata por cuartal, que equivale aproximadamente a treinta y cuarenta chelines del dinero de ahora.

El descubrimiento de las minas de América parece haber sido la única causa de la mencionada disminución en el valor relativo de la plata con respecto al grano. [...]. Durante este periodo, la mayor parte de Europa realizó importantes mejoras y progresos en sus actividades económicas y, por consiguiente, debió crecer la demanda de plata. Pero el aumento de la oferta excedió tanto al de la demanda, que el valor de dicho metal bajó considerablemente”.

Las consecuencias sobre las que llamaba la atención Adam Smith no fueron, en modo alguno, ni las únicas ni las más importantes. “La plata – explicó David Ringrose en *España, 1700-1900: el mito del fracaso* (1996) – tenía un papel relevante en el comercio asiático. Como Europa producía pocas cosas que

las sofisticadas economías de Asia pudieran desear, la plata se convirtió en un importante bien comercial. Europa producía una cantidad modesta de plata y su comercio a larga distancia quedó obstaculizado por la consiguiente escasez de este metal hasta finales de la década de 1550, cuando empezó a llegar a Europa la plata americana en grandes cantidades. Esta plata seguía luego las rutas caravaneras hasta los mercados del Próximo Oriente y China”. Una de las razones por las que la plata interesaba a China, y también por idéntica razón a India, tenía base monetaria. Sus sistemas monetarios se basaban en la plata, y en ocasiones – como en el caso de la economía mongola – la economía crecía a mayor velocidad que el aporte de plata, lo que añadía un nuevo elemento a la producción e importación de plata americana.

La plata, en definitiva, tenía para Europa una gran importancia como contravalor para las importaciones de té, seda, algodón, especias y otras mercancías asiáticas. Se ha estimado que entre 1785 y 1801, en torno al 30 % y el 50 % de la plata americana que llegaba a Europa vía Cádiz se utilizaba para los pagos a Asia. En este sentido, se podría hablar no ya de “El Imperio de la plata”, un título más apropiado para España y sus dominios americanos, sino de “La mundialización de la plata”.

## **Cosmografía y astronomía**

La exploración de los océanos terrestres, impulsada por motivaciones económicas y políticas, si es que se puede distinguir entre ambas, necesitaba de la ciencia y la técnica. Ahora bien, es necesario señalar que cuando nos referimos a siglos como, sobre todo, el XVI, ciencia y técnica se confundían, tal era con frecuencia la íntima relación entre ambas. Precisamente, uno de los logros de la Revolución Científica, plasmado especialmente

en el siglo XVII, con la publicación del gran libro de Isaac Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687), fue establecer con claridad el significado de la ciencia al margen, en principio, de sus aplicaciones prácticas; la ciencia entendida como la búsqueda de las leyes que subyacen en el comportamiento de la naturaleza y los fenómenos que se dan en ella. Pero cuando Elcano completó la circunvalación de la Tierra ni Kepler, ni Copérnico, ni Galileo, ni Descartes ni, como acabo de señalar, Newton, habían producido los trabajos que marcaron aquella revolución, que señalaría el rumbo futuro de la ciencia.

Difícilmente se puede encontrar mejor ejemplo de la conexión entre ciencia-técnica y política-economía que con la Casa de la Contratación que los Reyes Católicos crearon en 1503 para organizar el comercio con el Nuevo Mundo, lo que implicaba no solo supervisar y registrar los cargamentos que salían o llegaban de América, sino también ocuparse de otras funciones. Una de ellas interesa recordar en particular: en 1508 Fernando el Católico (que entonces desempeñaba el cargo de regente de Castilla debido a la inhabilitación de la reina Juana, apodada “La loca”) ordenó crear el puesto de Piloto Mayor, que tenía a su cargo la obligación de examinar y graduar a los aspirantes a pilotos para “la carrera de Indias”, “censurar” las cartas náuticas e instrumentos necesarios para la navegación, y confeccionar “un padrón de todas las tierras e islas de las Indias que hasta hoy se han descubierto, pertenecientes a los nuestros reinos y señoríos” (este padrón se renovaba continuamente, ampliándose y corrigiéndose de acuerdo con las informaciones que aportaban los pilotos). Y como todo esto implicaba recurrir a conocimientos geográficos, náuticos y astronómicos, y por consiguiente también matemáticos, la Casa de la Contratación adquirió la categoría de institución científica.



## EL VIAJE DE MAGALLANES-ELCANO NO IMPIDIÓ QUE PORTUGAL CONTINUASE MONOPOLIZANDO EL COMERCIO DE LAS ESPECIAS POR EL OCÉANO ÍNDICO

Los pilotos debían saber orientarse en el mar para llegar al Nuevo Mundo.

Es importante señalar que la cosmografía estaba muy relacionada con la geografía. En palabras del escritor y enciclopedista vallisoletano Cristóbal Suárez de Figueroa (1615):

“Los geógrafos y cosmógrafos son casi una misma cosa, si bien algunos tomando largamente este nombre Cosmos, que significa mundo, quieren sean los Cosmógrafos los que describen toda la máquina del universo, junta con el globo de los cielos [...]; y los Geógrafos solamente los que describen esta nuestra tierra habitable. Otros guiados del propio y estrecho significado de las palabras Cosmos, que propiamente significa ornamento, quieren sean los Cosmógrafos los que (sin cuidar de la particular cantidad, medida, o distancias de los lugares) cuentan y describen las naturalezas y propiedades de las provincias, las costumbres, los pueblos, las cosas notables sucedidas de tiempo en tiempo [...] queriendo sean los Geógrafos los que tratan de la tierra y del mundo, solo en lo tocante a la disposición, medidas y sitio”.

Ejemplo paradigmático de esa identificación de geógrafo con cosmógrafo es Ptolomeo, autor del *Almagesto* al igual que de la *Geographia*. Menos conocido pero más representativo en lo que se refiere a las ambiciones

de los textos cosmográficos es la *Cosmographia* (1544) del cartógrafo y cosmógrafo Sebastian Münster (1488-1522), que incluía una breve historia de la creación, un tratado sobre los elementos, un resumen de la cosmografía matemática y, por último, una detallada representación de todos los países, organizada por continentes. Esta *Cosmographia* constituyó un éxito editorial; escrita en alemán, apareció también en latín y francés, inglés, italiano y checo, con una circulación, se cree, de unos 60.000 ejemplares.

Más importante aún fue un libro anterior: *De sphaera mundi* (Esfera del universo) de Johannes de Sacrobosco (también conocido como John de Holywood; c. 1195-1256). Escrito mientras su autor profesaba en la Universidad de París, *De sphaera* fue uno de los textos más utilizados durante cerca de tres siglos, a menudo en versiones ampliadas que recogían nuevos datos astronómicos, físicos, geográficos o matemáticos. A finales del siglo XVII se había reimpresso más de trescientas veces. El tratado original estaba dividido en cuatro partes: el primer capítulo describía los fundamentos de la visión geocéntrica del mundo, con la esfera de la Tierra, su eje y sus polos; el segundo describía los círculos de esa esfera terrestre así como la celeste; el tercero los signos zodiacales, las variaciones de los días y las noches; y el cuarto introducía otros aspectos básicos del geocentrismo, como los círculos y movimientos de los planetas, y las causas de los eclipses.

La cosmografía se convirtió en una de las ciencias más importantes – si no la que más – de una parte importante de, al menos, el siglo XVI. En 1552 el entonces príncipe Felipe – luego Felipe II – estableció en la Casa de la Contratación una cátedra de Cosmografía y Arte de Marear, cuyo catedrático debía ocuparse de las siguientes enseñanzas (Real Cédula de 4 de diciembre de 1552):

“Primeramente ha de leer la esfera o al menos los dos libros della primero y segundo.

Ha de leer así mismo el regimiento que trata del altura del sol y cómo se sabrá, y la altura del polo y cómo se sabrá, y todo lo demás que parecerá por el dicho regimiento.

Ha de leer así mismo el uso de la carta y cómo se tiene de echar punto en ella y saber siempre el verdadero lugar en que está.

Ha de leer también el uso de los instrumentos y la fábrica dellos, porque conozca en viendo un instrumento si tiene error”.

A continuación se mencionaban los instrumentos de los que debían saber la teoría, esto es, “la fábrica y uso dellos”. Eran estos: aguja de marear, astrolabio, cuadrante y ballestilla.

Las materias que debía explicar este catedrático sirven bien para comprobar las dificultades a que se debían enfrentar los marinos cuando se alejaban de las costas, así como la relación de aquellas con la ciencia. “Leer la esfera” – la celeste y la terráquea – quería decir saber de astronomía y geografía. Establecer la “altura del sol” y “la altura del polo” implicaba determinar la latitud, para lo que se requería medir la altura del Sol y de las estrellas cercanas a los polos celestes.

Las referencias a la “aguja de marear” correspondían a la brújula – “la llave maestra para abrir el camino de los mares desconocidos a los antiguos, y ponernos en comunicación con los hombres de todo el universo”



escribió Martín Fernández Navarrete en su *Disertación sobre la historia de la Náutica* (1846) –y a la declinación magnética, un asunto particularmente complicado porque no se sabía el motivo de que la aguja imanada se dirigía a una determinada dirección, lo que, por otra parte, no sucedía siempre ya que durante las travesías no era infrecuente detectar anomalías con respecto a lo esperado en la dirección que señalaban las brújulas: advirtieron los navegantes, por ejemplo, que desde el meridiano de las islas de Cabo Verde y de las Azores, la aguja noroesteaba para el poniente y nordesteaba para el oriente. (Las primeras agujas magnéticas datan de, al menos, el siglo XII. Inicialmente eran tan sencillas como un trozo de piedra imán – por ejemplo, calamita, mineral compuesto por la combinación de dos óxidos de hierro – sobre una tabla o corcho. Posteriormente las más comunes estaban constituidas por una aguja de hierro introducida en un tallo de paja, un plumón de

## DIFÍCILMENTE SE PUEDE ENCONTRAR MEJOR EJEMPLO DE LA CONEXIÓN ENTRE CIENCIA-TÉCNICA Y POLÍTICA-ECONOMÍA QUE CON LA CASA DE LA CONTRATACIÓN QUE LOS REYES CATÓLICOS CREARON EN 1503 PARA ORGANIZAR EL COMERCIO CON EL NUEVO MUNDO

ave o atravesada en un listón de madera, que flotaba en un recipiente con agua que facilitaba su giro debido a la atracción que ejercía sobre ella el campo magnético terrestre.)

Fue el inglés William Gilbert (1544-1603) quien en su celebrado tratado, *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure* (*Sobre el magneto, cuerpos magnéticos, y sobre el gran magneto terrestre*; 1600) describió los experimentos que había realizado con una pequeña esfera imantada (*terrella*) que le condujeron a concluir que la Tierra actuaba como un gigantesco imán y que esta era la razón por la que las agujas de las brújulas señalan el norte.

Uno de los científicos destacados que se interesó en el problema de la variación de la aguja magnética fue Edmond Halley (1656-1742), al que el rey de Inglaterra, William III (Halley le había informado de “la teoría de la aguja magnética”), ordenó que, “para el beneficio de la navegación”, observase las variaciones de dicha aguja en varias partes del Océano Atlántico. Para ello, el 19 de agosto de 1698, le nombró comandante del navío “Paramoor Pink” con la orden de: “buscar, mediante observacio-

nes, la Regla de las variaciones de la brújula [y] detenerse en los asentamientos de su Majestad en América y realizar algunas observaciones allí, para así determinar mejor las Longitudes y Latitudes de esos lugares, e intentar descubrir qué Tierras se encuentran al Sur del Océano Occidental”. Después de una serie de incidentes que le obligaron a regresar a Inglaterra y volver a partir, Halley retornó de su viaje el 7 de septiembre de 1700. En 1701 entregó su informe, titulado “*A new and correct Chart shewing the variations of the compass in the Western and Southern Oceans*”.

### El problema de la longitud

La imposición a los pilotos de que debían saber manejar – conocer “la teoría” – del astrolabio (“instrumento que se utilizaba para observar en el mar la altura del polo o de los astros”), el cuadrante (“instrumento cuyo arco consta de noventa grados o la cuarta parte del círculo, y que sirve para observar las alturas de los astros o su paso por el meridiano”) y la ballestilla (“instrumento para observar las alturas de los astros”), al igual que su práctica y cómo se fabricaban, es natural pues se trataba de los instrumentos más básicos para “leer los cielos” (posiciones y alturas de estrellas, Luna y Sol), datos imprescindibles para una buena navegación... dentro de los límites que entonces existían. Uno de esos “límites” era la determinación de la “longitud”; esto es, “el arco del ecuador terrestre comprendido entre dos meridianos, o lo que el uno dista del otro en este sentido, es decir, angularmente. Siendo este uno de los elementos precisos y únicos que determinan la posición o situación de los lugares en el globo, y careciendo de punto u origen fijo de donde empiece a contarse, se ha llamado *primer meridiano* al que se ha señalado por tal origen fijo”, según se explicaba en el *Diccionario marítimo español... redactado por orden del Rey Nuestro Señor*,

publicado en 1831. (Como es bien sabido, el meridiano cero de referencia actual pasa por Greenwich; la decisión que fuese así se tomó en una conferencia celebrada en Washington D.C. en 1884. Con anterioridad se utilizaron otros meridianos cero: Ptolomeo eligió uno situado en el Océano Atlántico, al oeste de las islas Canarias; en las tablas astronómicas preparadas bajo la dirección de Alfonso X, el meridiano de referencia pasaba por Toledo, entonces capital de Castilla; Mercator lo situó en las Azores; en la segunda mitad del siglo XVIII, en España se utilizó uno que pasaba por Cádiz. Y los hubo también en otros lugares, como París o Salamanca).

Determinar la longitud tenía para España una importancia especial: el poder establecer cuáles eran los límites que separaban las propiedades que España y Portugal podían reclamar. Entre mayo y septiembre de 1493 el papa valenciano Alejandro VI (Rodrigo Borgia) promulgó dos breves, también llamadas “bulas de donación”. La segunda (*Inter Caetera II*, 4 de mayo de 1494) adjudicaba a la Corona de Castilla las tierras descubiertas, o por descubrir, que se hallasen hacia Occidente, siempre que estuviesen más allá de una línea imaginaria, de polo a polo, que pasase a 100 leguas al oeste de las Azores. El papa Alejandro mantenía buenas relaciones con los Reyes Católicos, y Juan II de Portugal argumentó que la bula favorecía a los españoles. Después de las correspondientes negociaciones, el 4 de junio de 1494 se firmó el acuerdo definitivo, denominado “Tratado de Tordesillas”, que establecía un nuevo meridiano de demarcación a 370 leguas al oeste de las islas de Cabo Verde. Los Reyes Católicos lo refrendaron el 2 de julio y Juan II el 5 de septiembre. Pero se trataba de líneas de longitud, y por eso se necesitaba un método seguro para determinarla.

Cuando se estudian los textos de la época que tratan del “arte de marear” se observan

los muchos intentos que se llevaron a cabo a lo largo del siglo para determinar la longitud basándose en los instrumentos antes mencionados, pero las dificultades eran grandes y numerosas: era muy difícil observar la posición real de la Luna; las efemérides carecían de la exactitud necesaria; los eclipses suceden pocas veces y no son visibles en todas partes; y, sobre todo, no se disponía de relojes lo suficientemente estables y precisos como para superar los vaivenes propios de la navegación, los cambios de presión y de temperatura. Semejante carencia era el principal escollo, pues en teoría la medida de la longitud era sencilla ya que se trataba de determinar la diferencia horaria entre un punto de referencia, como era el lugar de partida del navío, y la de este en un momento determinado (como podía ser el puerto de llegada), pero esa medida del tiempo local exigía disponer de relojes con las propiedades citadas.

El problema de determinar la longitud atrajo el interés de marinos y científicos, en ocasiones estimulados por premios que se ofrecían a quien resolviera el problema. Así lo hicieron tanto Felipe II como Felipe III, el primero en 1567, el segundo en 1598, este con 6.000 ducados y una pensión vitalicia de 2.000 ducados anuales (fueron, parece, los primeros en establecer tales premios). Uno de los científicos que respondió a estos retos fue Galileo, quien propuso utilizar el movimiento de las lunas de Júpiter como reloj universal, que había identificado en sus célebres observaciones de 1609-1610 y que presentó en su libro *Sidereus nuncius* (1610). En 1619, Galileo se presentó al concurso de la longitud. El asunto fue remitido por Real Despacho de 28 de enero de 1620, al duque de Osuna, virrey de Nápoles, para que lo mandara examinar. Sin embargo se rechazó, no por no comprenderlo, como señaló Guglielmo Libri en su *Histoire des sciences mathématiques en Italie, depuis la renaissance des lettres jusqu'à la*

*fin du XVII<sup>e</sup> siècle* (1838-1841), sino porque su método era entonces impracticable, pues, declaraba, “aunque dichos fenómenos ocurren diariamente, no era cómodo ni aun fácil observarlos a bordo (ni lo fue nunca), máxime faltando tablas precisas de los movimientos de aquellos astros”.

No fue hasta 1760 cuando John Harrison (1693-1776) construyó un reloj mecánico, el denominado H-4, con las propiedades necesarias para poder ser utilizado en navíos (antes había fabricado otros modelos que no satisfacían todos los requisitos exigidos por el Almirantazgo inglés para otorgarle el cuantioso premio que había establecido en 1714 el Parlamento; después de no pocas luchas, Harrison consiguió que se le dieran 23.065 libras).

## La historia natural

Habitualmente, se presenta la Revolución Científica como producto de, básicamente, las novedades que se produjeron en la física (Galileo y Newton en particular), en la imagen del cosmos, con el heliocentrismo copernicano, y en la matemática (cálculo infinitesimal). Sin embargo, el descubrimiento de un Nuevo Mundo transoceánico debe tenerse también en cuenta cuando se trata de aquella grandiosa Revolución puesto que lo que se encontró y estudió allí contribuyó a abrir nuevos apartados de la realidad física, biológica, geográfica y antropológica, introduciendo conceptos y valores antes no contemplados.

Si los minerales proporcionaron riqueza a España, condicionando no poco su destino, hubo otros tesoros del Nuevo Mundo que enriquecieron no solo a la península ibérica sino también a los países del resto de Europa: los frutos de la naturaleza. En tierras americanas se descubrieron productos naturales

como la patata, el tomate, el maíz, la coca, el aguacate, el cacahuete, el cacao, la guayaba, el tabaco o la yuca, que terminaron llegando España y de ahí traspasaron los Pirineos. Estos alimentos se instalaron en nuestras huertas y cocinas – y subsidiariamente en nuestros estómagos –, pero también en los catálogos botánicos.

Entre las muchas oportunidades y retos que significó la llegada de los españoles a América, una de ellas fue conocer en todos sus aspectos una naturaleza tan diferente como exuberante. Por supuesto, ese conocimiento tenía aplicaciones prácticas (económicas, administrativas, médicas; aprovechamiento del territorio y análisis de las poblaciones, o localización de yacimientos minerales), pero no era posible ignorar la oportunidad de explorar un mundo biológico y geográfico completamente nuevo. El conocimiento de los seres vivos que se observaban a simple vista experimentó una importante transformación como consecuencia del descubrimiento de América. Las Indias Occidentales fueron una sorpresa para los españoles, como lo fueron las Orientales para los portugueses, y con ellos para los europeos que leyeron con avidez lo que de aquellas partes del mundo se contaba. Una de las personas que más se distinguió en la tarea de difundir el conocimiento de ese mundo, el jesuita Josef de Acosta (1540-1600), expresó lo admirable que era aquella naturaleza de manera magnífica: “En las Indias todo es portentoso, todo es sorprendente, todo es distinto y en escala mayor que lo que existe en el Viejo Mundo”.

Natural de Medina del Campo (Valladolid), Acosta partió hacia América en 1572 formando parte de la tercera expedición de jesuitas al Nuevo Mundo. Allí permaneció quince años, donde llegó a ejercer primero de profesor de Teología y luego, desde septiembre de 1575, de rector del colegio jesuita de Lima. También fue nombrado provincial de la Orden en 1576

y tuvo que viajar con frecuencia por las regiones que hoy forman parte de Perú, Bolivia, Chile y México, visitando todos los años centros de la Orden. Gracias a esta experiencia, a su regreso a España en 1587 fue capaz de escribir el libro por el que es y será recordado, *Historia natural y moral de las Indias, en que se tratan las cosas notables del cielo y elementos; metales, plantas y animales de ellas; y los ritos y ceremonias, leyes y gobierno y guerras de los Indios* (1590), un estudio magistral del Nuevo Mundo que fue traducido al latín, alemán, neerlandés, francés, inglés e italiano (tuvo veinticinco ediciones fuera de España, sin contar las que, ocultando su nombre, publicaron los De Bry en el volumen noveno de la serie *American historiae*, destinada al mundo protestante). Alexander von Humboldt tuvo muy en cuenta esta obra, como se comprueba en el número de veces que la citó en su *Kosmos* (1845-1862); en, por ejemplo, el libro segundo de esta obra escribió:

“El fundamento de lo que hoy se llama la física del globo, prescindiendo de las consideraciones matemáticas, se halla contenido en la obra del jesuita José de Acosta, titulada *Historia general y moral de las Indias*, así como en la de Gonzalo Fernández de Oviedo [*Historia general y natural de las Indias, islas y tierra firme del mar océano*, 1535, 1557], que apareció veinte años después de la muerte de Colón. En ninguna otra época, desde la fundación de las sociedades, se ha ensanchado tan repentina y maravillosamente el círculo de las ideas, en lo que se refiere al mundo exterior y a las relaciones del espacio. Jamás se sintió con tanta vehemencia la necesidad de observar la naturaleza bajo latitudes diferentes y a diversos grados de altura sobre el nivel del mar, ni de multiplicar los medios en cuya virtud se la puede obligar a revelar sus secretos”.

El conocimiento de la naturaleza americana que Josef Acosta y otros como él proporcionaron fue fruto, básicamente, de iniciativas o vivencias individuales, no de programas organizados por alguna institución o Estado. Pero el apoyo de estos era necesario para poder profundizar en el conocimiento y posibles utilidades de una naturaleza muy diferente a la europea. No es sorprendente, por consiguiente, que durante el siglo XVIII la Corona española patrocinase varias expediciones científicas a sus posesiones ultramarinas. La más cercana en el tiempo al viaje de Magallanes fue la expedición encabezada por Francisco Hernández (1517-1587), que se desarrolló durante el reinado de Felipe II, de cuya corte formó parte el propio Hernández como médico de cámara del monarca (lo nombró en 1568). Considerada como la primera expedición científica moderna, investigó la historia natural mexicana entre 1571 a 1577. El 24 de diciembre de 1569, Felipe II dio a Hernández una comisión por cinco años para ir a las Indias, con objeto de que escribiera la historia de “las cosas naturales” de dicho país. Más concretamente, fue nombrado “protomédico general de nuestras Indias, islas y tierra firme del mar Océano”, con órdenes “tocantes a la historia de las cosas naturales que habéis de hacer en aquellas partes”. La primera de tales órdenes era “en la primera flota que destos reinos partieron para la Nueva España os embarquéis y vais a aquella tierra primero que a otra ninguna de las dichas Indias, porque se tiene relación que en ella hay más cantidad de plantas e yerbas y otras semillas medicinales que en otra parte”. Más concretamente, lo que el rey pidió era que “os habéis de informar dondequiera que llegáredes de todos los médicos, cirujanos, herbolarios e indos e de otras personas curiosas en esta facultad y que os pareciere podrán entender y saber algo, y tomar relación generalmente de ellos de todas las yerbas, árboles y plantas medicinales que hubiere en la provincia donde os halláredes”.

SI LOS MINERALES  
PROPORCIONARON  
RIQUEZA A ESPAÑA,  
CONDICIONANDO NO  
POCO SU DESTINO,  
HUBO OTROS TESOROS  
DEL NUEVO MUNDO QUE  
ENRIQUECIERON NO  
SOLO A LA PENÍNSULA  
IBÉRICA SINO TAMBIÉN  
A LOS PAÍSES DEL RESTO  
DE EUROPA: LOS FRUTOS  
DE LA NATURALEZA

A la vista de estas manifestaciones, no parece que el interés del rey fuese que se obtuviesen beneficios para las colonias, ni necesariamente aportar nuevos conocimientos a la historia natural, aunque ambas cosas se consiguiesen subsidiariamente, más bien se trataba del habitual deseo de las metrópolis de lograr riquezas de sus colonias.

Al término de la expedición, Hernández entregó al rey plantas vivas plantadas en barriles y cubetas, “sesenta y ocho talegas de simientes y raíces”, plantas secas pegadas en hojas, pinturas de vegetales y animales en tablas de pino y treinta y ocho volúmenes con dibujos y textos. Sin embargo, esta obra no fue publicada, como tampoco lo fue su traducción, con comentarios, de los 37 Libros de la Historia Natural de Plinio el Viejo, una tarea que le ocupó diez años. De ellos, los 12 últimos volúmenes se han perdido, así como los mapas, dibujos y figuras que preparó, acaso en el incendio que sufrió la biblioteca de El Escorial en 1671; los que sobrevivieron se encuentran en la Biblioteca Nacional de Madrid. En 1580 se autorizó al italiano Antonio Recchi que realizase un resumen de la obra, que se publicó en Roma en 1651: *Rerum me-*

*dicarum Nouae Hispaniae thesaurus seu Plantarum animalium mineralium mexicanorum historia/ ex Francisci Hernandez.* En 1998 fueron editados por la Universidad Nacional de México.

De la importancia que tuvo América para las ciencias de la naturaleza da fe el interés que mostró por disponer de información de esa naturaleza el gran naturalista sueco Carl von Linné (1707-1778), el responsable de la introducción de un sistema de clasificación de especies vegetales y animales que terminó imponiéndose. Deseoso de disponer del mayor número posible de, sobre todo, plantas, Linné tenía la costumbre de enviar a sus discípulos a herborizar fuera de Suecia, para lo cual disponía de la colaboración de compañía sueca de Indias Occidentales, que ponía a disposición de sus estudiantes sus barcos para que viajasen gratuitamente. Conocedor de que la Corona española deseaba contratar a un botánico para que describiera la flora hispana, se puso en contacto con el embajador de España en Suecia, quien consiguió que las autoridades de España encargaran al naturalista sueco seleccionar a uno de sus discípulos. El elegido fue Pehr Löfving (1729-1756), quien el 15 de febrero de 1754 zarpó de Cádiz (donde había permanecido varios meses, circunstancia que aprovechó para estudiar los peces gaditanos) dentro de un convoy formado por tres fragatas y dos navíos pequeños. El viaje duró 55 días; desembarcó en abril en Cumaná, la ciudad venezolana ubicada a la entrada del golfo de Cariaco, junto a la desembocadura del río Manzanares. Durante el viaje, y al igual que hizo durante su estancia en Cádiz, aprovechó el tiempo realizando observaciones de los peces atlánticos. Fueron precisamente las descripciones y dibujos de las especies ictiológicas que hizo en Cádiz y las que estudió en Cumaná y en el Orinoco las que se consideran la principal contribución zoológica de Löfving. No obs-

tante, en América también describió plantas y animales.

La insalubridad de la zona por donde se movió Löffling, con pantanos, una humedad muy elevada, constantes lluvias y calor intenso, le afectaron profundamente. En su diario, podemos leer pasajes como los siguientes:

“Enfermé con un cólico flautulento, acompañado de los dolores más vivos y vómitos por espacio de ocho días, que me postraron tanto que no tenía fuerzas para caminar [...]. Dolores en todo el cuerpo y en la espina dorsal.”

El 21 de febrero de 1756 su salud se agravó y al día siguiente falleció.

A su muerte, los materiales gráficos que reunió en América fueron enviados al Jardín Botánico de Madrid, mientras que sus manuscritos, *Plantae Hispanicae y Flora Cumanensis*, junto con las cartas que dirigió a Linneo, fueron editadas por este en 1758 bajo el título de *Iter Hispanicum*, obra traducida al español por Ignacio de Asso y publicada en los *Anales de Ciencias Naturales* en 1801-1802: *Observaciones de Historia Natural hechas en España y en América por Pedro Löffling*.

Más tarde, se llevaron a cabo otras expediciones, mucho más importantes que la de Löffling: la Real Expedición Botánica a Perú y Chile (1777-1788), la Real Expedición Botánica al Reino de Nueva Granada (1783-1812) y la Real Expedición Botánica a Nueva España (1787-1803).

En resumen, lo más apropiado que se puede decir de aquella época es que el Viejo Mundo se ensanchó considerablemente. Se abrió entonces una puerta a un nuevo mundo, natural, social, económico y, por supuesto, político.



## JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON

Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid (1971) y Doctor (Ph.D.) en Física por la Universidad de Londres (1978). Es Catedrático Emérito de Historia de la Ciencia en el Departamento de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid (entre 1983 y 1994 fue Profesor Titular de Física Teórica). Es miembro de la Real Academia Española desde 2003, de la Académie Internationale d'Histoire des Sciences de París desde 2006, y académico correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales desde 2006. En 2001 recibió el Premio José Ortega y Gasset de Ensayo y Humanidades de la Villa de Madrid por su libro *El Siglo de la Ciencia* (2000); en 2011, el Premio Internacional de Ensayo Jovellanos por *La Nueva Ilustración: Ciencia, tecnología y humanidades en un mundo interdisciplinar* (2011); en 2015, el Premio Nacional de Literatura en su modalidad de Ensayo, por *El mundo después de la revolución. La física de la segunda mitad del siglo XX* (2014), la primera vez que este premio se concede a un libro que trata de la ciencia; y en 2016, el Premio Julián Marías a la carrera científica en Humanidades de la Comunidad de Madrid.