

Una experiencia reciente en el Pacífico: La expedición Malaspina 2010^{1/}

A recent experience in the Pacific:
The Malaspina 2010 expedition

Sandra Rebok

Vicepresidencia Adjunta de Cultura Científica
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Este artículo ofrece una visión general de la circunnavegación Malaspina 2010, un proyecto de investigación interdisciplinar liderado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, que tiene como principales objetivos evaluar el impacto del cambio global en el océano y explorar su biodiversidad. La expedición Malaspina se realizó en dos buques oceanográficos, el Hespérides de la Armada Española y el Sarmiento de Gamboa, operado por el CSIC, desde el 15 de diciembre de 2010 hasta el 14 de julio de 2011. Se reflexiona sobre el significado del proyecto Malaspina 2010 como ejemplo de expedición científica realizada en tiempos modernos, así como sobre el interés que para la sociedad tiene tal emprendimiento.

PALABRAS CLAVE: Expediciones; Malaspina; Oceanografía; *Hespérides*; *Sarmiento de Gamboa*; Cambio global; Biodiversidad; Historia de la Ciencia; Divulgación científica.

This article offers a general vision of the Malaspina 2010 circumnavigation of the globe, an interdisciplinary research project directed by the Spanish National Research Council, whose main goals are to evaluate the impact of global change on the ocean and to explore its biodiversity. The project was undertaken on two oceanographic research vessels, the Hespérides, belonging to the Spanish Navy, and the Sarmiento de Gamboa, operated by the CSIC, from 15 December 2010 until 14 July 2011. Finally, the significance of the Malaspina 2010 project as an example for an expedition undertaken in modern times will be discussed in the context of the interest that such a scientific enterprise raises for global society.

KEYWORDS: Expeditions; Malaspina; Oceanography; *Hespérides*; *Sarmiento de Gamboa*; Global Change; Biodiversity; History of Science; Scientific Dissemination.

¹ Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación HAR2010-21333-CO3-02, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. Además forma parte de las actividades que se realizan en la *Vicepresidencia Adjunta de Cultura Científica* del CSIC con el objetivo de la divulgación de la ciencia.

Numerosas expediciones han sido organizadas y llevadas a cabo por parte de España, desde las primeras exploraciones de los mares de nuestro mundo hasta las campañas oceanográficas de la actualidad. Siempre se han tenido que adaptar a las necesidades, las exigencias y los planteamientos de la ciencia imperante en su respectiva época. Este es también el caso de la reciente expedición de circunnavegación Malaspina 2010, que con este nombre pretende mostrar su vinculación histórica con la expedición dirigida por Alejandro Malaspina y José de Bustamante durante los años 1789 hasta 1794. No se trata de una simple réplica de una ruta histórica en tiempos actuales, como se realizó en los últimos años, por ejemplo, en relación con las expediciones de Cristóbal Colón y de Charles Darwin, ya que en este caso se trata de dos tipos de expedición con condiciones, motivos e intereses muy distintos: mientras la expedición Malaspina histórica estaba basada en una exploración costera y de investigación en tierra, la campaña actual es de carácter oceanográfico. Por lo tanto, los criterios por los que se determinó la ruta de la expedición Malaspina 2010 fueron distintos, constituyendo dos aspectos cruciales: el paso por regiones de la mar con una profundidad de cuatro a cinco mil metros y la búsqueda de zonas de condiciones climáticas que facilitasen la realización de las investigaciones necesarias en un buque oceanográfico, por lo que una gran parte del trayecto se desarrolló durante el verano austral, que enlaza en el viaje de regreso con el verano en el hemisferio norte. Aún así, en algunos lugares sí coinciden ambas expediciones, lo que se aprovechó para crear o aumentar el interés que pudiera tener la población en los distintos puertos tanto por la campaña actual como por su bicentenario antecesora.

El motivo de que se haya elegido la expedición Malaspina original como referente histórico se debe a su relevancia científica y política, así como al hecho de que en el año 2010 se celebró el bicentenario de la muerte de Alejandro Malaspina. En este sentido, el proyecto Malaspina 2010 tiene el objetivo de conmemorar esta importante expedición y restaurar su imagen, devolviéndole el mérito que le corresponde y que le fue denegado en su tiempo por motivos políticos. Otra conmemoración que se celebró en 2010, el año en que se inició la expedición Malaspina actual, fue el Año Internacional de la Biodiversidad, ya que en 2009 habían transcurrido ciento cincuenta años desde la publicación de la obra *El origen de las especies* de Charles Darwin. Finalmente, con este proyecto también se continúa y se rinde tributo la larga tradición de expediciones científicas iniciadas por España orientadas al descubrimiento geográfico, la apertura de nuevas

rutas de navegación y el estudio de nuevos mundos con los que se persiguió, entre otras cosas, el aumento del conocimiento sobre la tierra en sus distintas facetas. De esta manera se pretende hacer hincapié en la continuidad en el tiempo respecto a este tipo de empresas científicas, es decir, no presentar la expedición Malaspina 2010 como un hecho singular y aislado, sino como el resultado de una larga trayectoria que nos ha llevado a la situación actual y de ahí a las necesidades de las ciencias del porvenir. Con otras palabras, este proyecto científico pretende enlazar la historia con el futuro: no solo dirige la mirada hacia el pasado, sino que también está muy orientado hacia las ciencias marinas de las décadas venideras y tiene como objetivo servir como modelo a seguir para futuras expediciones. ¿En qué consiste el proyecto Malaspina 2010, qué aspiración tiene para la ciencia y en qué se diferencia de otras empresas de esta envergadura?

El proyecto oceanográfico Malaspina 2010: objetivos, itinerario

En julio de 2011 llegaba a su término, en el puerto de Cartagena, la circunnavegación Malaspina 2010, cuyos principales objetivos fueron evaluar el impacto del cambio global en el océano profundo² —el mayor y más desconocido ecosistema del planeta— así como explorar la biodiversidad que se encuentra en estos mares, para así obtener un registro global del océano. Se trata de la mayor expedición realizada hasta ahora a nivel internacional con el fin de estudiar un asunto tan importante como es el cambio global, que nos afecta a todos.³ Tampoco el estudio de la biodiversidad en los mares profundos había sido realizado hasta ahora de una manera tan sistemática y global, por lo que este proyecto significa una contribución muy valiosa e innovadora a las ciencias marinas en un ámbito universal. La investigación marina actual se enfrenta a desafíos importantes relacionados con el papel del océano en el cambio global, por lo que es fundamental tener un mejor conocimiento de los recursos marinos y la biodiversidad. Los océanos ocupan una superficie de 361 millones de km², lo que corresponde al 71% de la superficie de la tierra, lo que implica que la mayor parte de la atmósfera está sobre el mar y, por lo tanto, debe ser estudiada desde el mar. Tienen además un volumen de 1.348 millones de km³, ocupado

2 Véase Duarte, 2009.

3 Para más información general sobre este proyecto de expedición, véase: Casado, 2011; Duarte, 2011; Rebok y Puig-Samper, 2011; Rebok, 2012.

completamente por organismos vivos, y con ello representa el mayor hábitat de la biosfera.⁴ La transformación que están experimentando los océanos, con importantes consecuencias para la humanidad, ha de ser prevenida mediante una combinación de investigación, actuaciones políticas, cooperación internacional, educación, así como concienciación.

Aparte de los objetivos científicos mencionados, el proyecto también tiene otras tareas establecidas, de carácter más general, como son impulsar la oceanografía en España y fomentar el conocimiento en la sociedad, analizar las repercusiones de la expedición Malaspina histórica, así como formar y atraer a jóvenes investigadores a las ciencias marinas. Fue concedido en el marco del programa Consolider-Ingenio 2010 del Ministerio de Ciencia e Innovación, liderado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y con un investigador prestigioso al frente, el oceanógrafo Carlos Duarte. Además, pudo disfrutar de un apoyo fundamental de la Armada Española y de una considerable ayuda económica por parte de la Fundación BBVA. Más de 400 investigadores de diecinueve instituciones españolas participan en él, provenientes tanto de centros de investigación como de universidades o museos, con un total de treinta y ocho instituciones y grupos asociadas al proyecto, de los que doce son europeas, diecisiete americanas, dos australianas y una de Asia. Teniendo en cuenta al personal de apoyo, el número total de personas que han intervenido en la expedición asciende a 700. Entre las instituciones se incluye la NASA, la ESA, las universidades de California, Viena, Río de Janeiro, Washington o Western Australia, Fisheries and Oceans Canada y la King Abdullah University of Science and Technology en Arabia Saudí, así como otras de las organizaciones oceanográficas más punteras del mundo. Durante la expedición se ha operado en la zona económica exclusiva de dieciocho naciones y se han preparado informes para estos países, con lo que el proyecto ha alcanzado un muy alto grado de internacionalización.

Además de las numerosas instituciones científicas nacionales e internacionales que forman parte del proyecto, también colaboran varias instituciones culturales y representaciones diplomáticas, que han prestado su valioso apoyo a la expedición en los distintos países visitados. Por lo tanto, a pesar de ser financiado por fuentes españolas, el proyecto tiene un considerable alcance y componente internacional, a lo que también contribuye no en menor medida el hecho de que está centrado en unos objetivos de envergadura universal que serán afrontados conjuntamente con los países involucrados.

4 Duarte, 2010.



Buque oceanográfico *Sarmiento de Gamboa* (foto: Joan Costa).



Buque oceanográfico *Hespérides* (foto: Sandra Rebok).

La expedición se llevó a cabo en dos buques de investigación oceanográfica (BIO), el *Hespérides* y el *Sarmiento de Gamboa*, siendo el primero el buque principal y el único que da la vuelta al mundo. El BIO *Hespérides*, con 82,5 m. de largo y 14,3 m. de ancho pertenece a la Armada Española, aunque contaría con el apoyo de la Unidad Tecnológica Marina del CSIC como responsable del mantenimiento científico.⁵ Fue construido tras el establecimiento de la Base Antártica Española Juan Carlos I en 1988, a fin de apoyar desde el año 1990 la investigación polar, a la vez que permitir la extensión de las actividades de investigación a todos los océanos del mundo. En sus veinte años de existencia el *Hespérides* ha realizado numerosas campañas de investigación en todos los océanos, recorriendo más de 300.000 millas náuticas y acogiendo a más de un millar de investigadores y técnicos nacionales y extranjeros. El segundo buque, el *Sarmiento de Gamboa*, con un tamaño de 70,5 m. de largo y 15 m. de ancho, gestionado por el CSIC a través de su Unidad de Tecnología Marina, fue botado en 2006 e incorpora las tecnologías más avanzadas, especialmente en los sistemas de navegación y en el equipamiento científico.⁶ Se define como un buque oceanográfico multipropósito, lo que se refiere tanto a su área de trabajo, que abarca todos los mares del mundo (exceptuando zonas polares), como a su capacidad de no limitarse a un tipo de investigación determinada, en la medida en que presenta la capacidad de poder ser configurado según la campaña a realizar. Es el primer buque oceanográfico español que puede trabajar con los ROV (*Remote Operated Vehicle*) de altas profundidades y con los AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*).

Tras una larga fase de preparación de casi una década,⁷ la expedición se inició con la salida del *Hespérides* el día 15 de diciembre de 2010 desde Cádiz rumbo a Río de Janeiro, Ciudad del Cabo, Perth, Sydney, Auckland, Honolulu y pasando por el canal de Panamá arribó a Cartagena de Indias, desde donde emprendió su camino de regreso a España, al puerto de Cartagena. A su base naval en esta milenaria ciudad llegaría siete meses más tarde, el 14 de julio de 2011. El *Sarmiento de Gamboa* partió con su tripulación científica el 27 de enero de 2011 desde Las Palmas de Gran Canaria y llegó el 17 de marzo a Santo Domingo en la República Dominicana, convirtiéndose el buque durante la vuelta a Vigo, adonde arribó el día 9 de abril, en una universidad flotante en la que se impartiría un

5 Aguilar Cavanillas, 2011.

6 Hernández Guerra y Domínguez Añino, 2011.

7 Sobre los orígenes de la expedición Malaspina 2010 véase: Casado, 2011, 11-23.



Itinerancia de los buques *Hespérides* y *Sarmiento de Gamboa* (infograma: Leona).

máster en oceanografía de forma coordinada por las cinco universidades que participan en el programa de formación de posgrado de la Expedición Malaspina 2010.⁸ Sumando los dos itinerarios, cubriendo en los dos buques conjuntamente 42.000 millas náuticas, se realizaron diez meses de navegación en total, divididos en once *legs*, es decir trayectos de puerto a puerto, siempre liderados por un jefe científico distinto. La duración de los *legs* era muy variada, desde tramos tan cortos como de Sidney a Auckland de cinco días, a más largos como de Cádiz a Río de Janeiro de 30 días y de Ciudad de Cabo a Perth de 29 días, siendo el trayecto recorrido en el *Sarmiento de Gamboa* de Las Palmas de Gran Canaria a Santo Domingo en República Dominicana el más duradero:⁹

- Cádiz a Río de Janeiro: 15 de diciembre de 2010 a 13 de enero de 2011.
- Río de Janeiro a Ciudad del Cabo: 17 de enero a 6 de febrero de 2011.
- Ciudad del Cabo a Perth: 11 de febrero a 13 de marzo 2011.
- Perth a Sidney: 17 a 30 de marzo 2011.

⁸ Echevarría, Bertrand y Acuña *et. al.*, 2011.

⁹ Una descripción detallada y muy amena de los distintos tramos, redactada en un estilo cronológico, que explica las tareas, logros y problemas etc., citando algunos correos intercambiados o comentarios de los blogs que demuestran la situación en cada momento, se encuentra en Casado, 2011, 103-255.

- Sidney a Auckland: 8 de abril a 13 de abril.
- Auckland a Honolulu: 16 de abril a 8 de mayo.
- Honolulu a Cartagena de Indias: 13 de mayo a 12 de junio.
- Cartagena de Indias a Cartagena: 19 de junio a 14 de julio.
- Las Palmas de Canarias a Santo Domingo: 27 de enero a 15 de marzo 2011.
- Santo Domingo a Vigo: 24 de marzo a 8 de abril 2011.

Tareas científicas

En el núcleo de las actividades llevadas a cabo en los distintos tramos de la expedición, está comprendida la recogida de más de 120.000 muestras de aire y de gases, así como de agua y microorganismos en las distintas regiones recorridas y a varias profundidades de los océanos. En total fueron 350 los puntos en los que se tomaron estas muestras, desde la superficie hasta una profundidad de 4.000 metros, con algún muestreo realizado hasta los 5 ó 6.000 metros. El estudio multidisciplinar incluyó la medición de la temperatura y de la salinidad, así como el componente nutritivo en los diferentes océanos del mundo.¹⁰ Un aspecto importante lo constituyó el estudio del intercambio de gases entre el océano y la atmósfera así como la determinación del CO₂ absorbido por el mar, la influencia de las sustancias químicas en los océanos y su posible toxicidad. Además se exploró la diversidad y el metabolismo del fitoplancton y zooplancton, así como los microorganismos de los mares profundos. Los científicos a bordo del *Sarmiento de Gamboa* investigaron una zona del Atlántico que discurre por el paralelo 24,5° Norte, ya que en esta latitud el flujo de calor que transporta el océano Atlántico hacia el norte es máximo, y por lo tanto, de gran interés para los estudios del clima. Este transecto ya ha sido estudiado en ocasiones anteriores, lo que permite un análisis comparativo de los datos obtenidos. Se trataba de recoger datos para medir las variaciones en el flujo de calor que ha habido desde 1957, año de la primera expedición internacional en esta zona.

Los principales instrumentos científicos usados durante la campaña para la recogida de muestras de aire, agua y plancton fueron la Roseta-CTD,¹¹ la *multinet*, el patín de Neuston, los bongos, así como los captadores

¹⁰ Véase: Moreno-Ostos, 2012.

¹¹ CTD: Conductivity, temperature, depth.



Roseta-CTD (foto: Sandra Rebok).

de alto volumen. Además, se lanzaron dieciocho boyas ARGOS que miden la temperatura y la salinidad de los océanos en ciclos de diez días desde la superficie hasta una profundidad de 2.000 metros, así como otras novedosas boyas, específicamente diseñadas para este proyecto, que toman medida de la temperatura y de la salinidad en una profundidad de cincuenta centímetros, y envían los datos a través del sistema de satélite SMOS. Esto va a contribuir a preparar el primer mapa satelital sobre la salinidad del mar, como resultado de una colaboración entre el proyecto Malaspina y la Agencia Espacial Europea. Para precisar más, los diversos equipos para observar, medir, analizar y evaluar las características del entorno marino y atmosférico se pueden agrupar de la siguiente manera:¹²

- Acústica: Sistemas que mediante pulsos acústicos determinan la profundidad de los océanos, la forma y composición del subsuelo marino, la presencia y abundancia de organismos vivos, etc.

12 Manrique Landoff, 2011.

- Físico-química: Variado grupo de instrumentación entre los cuales destaca la Roseta-CTD que permite recoger muestras de agua a diversas profundidades y determinar la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, fluorescencia, turbidez, etc.
- Muestreo biológico: Equipos que tienen varias redes que permiten en un solo lance hacer muestreos en diversos rangos de profundidad.
- Muestreo atmosférico: Instrumentación diversa y variada, que incluye un sistema capaz de separar y retener los posibles organismos bacterianos que haya en el aire u otro que mide espectrográficamente iones de bromo y yodo en la atmósfera.¹³

Las maniobras, es decir, la secuencia de las operaciones realizadas para obtener las muestras y mediciones, se emprenden a diario, durante todos los días en los que el buque se encuentra en la mar. Para ello, el barco se detiene en un lugar específico en el océano y se inicia el programa de maniobras previsto y planificado. Esta secuencia diaria de los muestreos realizados con los distintos instrumentos científicos se planifica por lo general el día anterior y es de carácter repetitivo, aunque no idéntico, ya que en ciertos días se añaden algunas maniobras adicionales, otras solo se llevan a cabo en días alternas en lugar de todos los días, y finalmente, son también las condiciones climáticas, las que condicionan las operaciones que se pueden iniciar. Por lo general, el conjunto de maniobras dura entre ocho y once horas, durante las cuales el barco permanece en el mismo sitio, desde antes de las cinco de la mañana hasta las tres o las cuatro de la tarde. En esta franja de tiempo la *multinet* despliega distintas redes de zooplancton en distintos tramos de profundidad, se recogen muestras de agua con la roseta, el patín de Neuston arrastra por la superficie de la mar y captura los organismos que flotan allí. Además, se realiza la recogida de agua en grandes cantidades con la botella Niskin, y se lanza el radiómetro para medir la penetración de la radiación solar y, en particular, la ultravioleta.

Todas las muestras recogidas durante la expedición forman parte de la Colección Malaspina 2010 y fueron marcadas a bordo con las etiquetas correspondientes. El análisis se lleva a cabo en las distintas instituciones científicas en las que trabajan los investigadores, ya que el equipamiento del buque solo permite realizar estudios de manera limitada. Aparte de las muestras de gases, agua y plancton, esta colección contiene tanto los docu-

¹³ Información recibida de Mario Manriquez Landoff, de la Unidad Tecnológica Marina en Barcelona.

mentos, los datos e las imágenes como todo tipo de resultado generado por el proyecto. Se pretende establecer con esta colección una línea de referencia para que futuras expediciones puedan contrastar sus datos con los resultados de esta expedición, una comparación que permite observar el impacto del Cambio Global en los océanos a largo plazo. La particular importancia de estas muestras radica también en la dificultad de realizar una circunnavegación con estos objetivos y la improbabilidad de que se pueda repetir esta empresa a corto o medio plazo.

Con el estudio de las muestras se realizan tanto trabajos taxonómicos para identificar las especies, como estudios de genómica, con los que se pretende explorar todo el universo de genes hasta ahora poco o nada conocido. El objetivo, con esta información extraída de la mar profunda, es poder establecer una biblioteca de genomas microbianos que aún no están representados en otro repertorio genómico.¹⁴ Esta colección de genómica microbiana marina, la primera del mundo a escala global, aportará nuevas claves sobre un reservorio de biodiversidad aún por explorar, ya que podría suponer el hallazgo de decenas de millones de genes nuevos en los próximos años. El reto será la secuenciación masiva y la interpretación de los genes de todos los organismos presentes en el océano profundo, llamado proyecto *Malaspinomics*, como tarea de los próximos años y en colaboración con otros socios. Los trabajos de secuenciación se centran en los virus, bacterias y protistas que pueblan el océano hasta los 4.000 metros de profundidad. La mayor parte de la masa viva de los organismos marinos está compuesta por microorganismos.

Aún tendrán que transcurrir muchos años hasta que todas estas muestras puedan ser analizadas en los distintos laboratorios, además de los datos que se podrán extraer de las cincuenta y nueve boyas de observación que han quedado desplegadas en el océano. Asimismo, una parte de estas muestras será preservada de manera duradera, mediante frío u otros procedimientos, para que en veinte o treinta años los investigadores que previsiblemente dispondrán de una nueva tecnología y unos métodos de trabajo que desconocemos ahora, puedan llegar a resultados impensables desde el punto de vista de hoy día. Los primeros hallazgos dentro del proyecto son muy esperanzadores y son buenos indicadores de lo que puede llegar a descubrirse con los 6.000 gigabytes de datos registrados.

14 Casado, 2011, 70 y 151.

Varios de los trayectos de la expedición Malaspina 2010 pasaron por el Pacífico, desde Sidney por Auckland y Honolulu hasta Cartagena de Indias; en total, más de dos meses de la campaña transcurrieron en este inmenso océano. No hubo objetivos específicos para esta parte de la expedición, sino que se realizó el mismo tipo de investigación que en los otros lugares, con una excepción: un objetivo adicional, que no estaba incluido en la planificación inicial, sino que surgió tras el accidente de la central nuclear japonesa de Fukushima y el hecho que la expedición Malaspina pasó un mes más tarde por esta zona del Pacífico. Entre Auckland (en la costa de Nueva Zelanda) y Honolulu (Hawaii) se recogieron muestras de partículas atmosféricas, agua y plancton con el fin de evaluar la posible presencia de radiactividad en el agua y en la atmósfera en el Pacífico central.

La importancia de los datos recogidos en el Pacífico se debe en particular a la circunstancia de que estas aguas habían sido menos estudiadas por la comunidad científica española que las del Atlántico, por ejemplo. Lo que se ha podido detectar durante la navegación por estas mares es que entre Hawaii y Panamá se atravesó una zona de mínimo oxígeno disuelto. Además, se ha podido descubrir que las aguas más transparentes de mundo se encuentran en el Pacífico Sur.¹⁵

Equipo humano

Los grandes retos de la ciencia del siglo XXI son interdisciplinares, por lo tanto, han de ser abordados desde varias disciplinas académicas. Debido a este carácter multidisciplinar, que abarca campos del conocimiento tan distintos como son las Ciencias Sociales, la Biología y la Biomedicina, los Recursos Naturales, las Ciencias Agrarias, las Tecnologías Físicas, la Tecnología de Materiales, la Tecnología de Alimentos y Tecnologías Químicas, el proyecto Malaspina 2010 requiere una estrecha coordinación y una continua comunicación entre los participantes. Para cumplir con este fin y facilitar la coordinación entre los participantes, el proyecto se estructura en siete bloques temáticos que se centran en distintos aspectos de la investigación oceanográfica:

¹⁵ Información obtenida de Eugenio Fraile Nuez, del Instituto Español de Oceanografía de Gran Canarias.

- Bloque 2: Oceanografía Física.
- Bloque 3: Biogeoquímica del océano: carbono, nutrientes y gases traza.
- Bloque 4: Deposición atmosférica y contaminantes orgánicos.
- Bloque 5: Óptica, fitoplancton, producción y metabolismo.
- Bloque 6: Biodiversidad microbológica y función ecológica.
- Bloque 7: Distribución y papel del zooplancton en el océano global.

El bloque 8 establece el vínculo entre el proyecto actual con la expedición Malaspina histórica. Adicionalmente hay cuatro bloques horizontales con las siguientes tareas:

- El bloque 1 se dedica a la coordinación del proyecto Malaspina 2010.
- El bloque 9 tiene la tarea de comunicar la ciencia a la sociedad.
- Bloque 10 gestiona la formación de jóvenes investigadores en programas de postgrado
- El bloque 11 integra los resultados derivados de los distintos bloques científicos y organiza la colección Malaspina.

Entre los científicos que participan en el proyecto Malaspina 2010 se encuentran tanto los expertos en ciencias marinas más prestigiosos de España, como jóvenes científicos con algo menos de experiencia, así como estudiantes en fase de formación. En esta campaña se incluían también científicos que embarcaron por primera vez en un buque oceanográfico, tales como algunos participantes del bloque de bioquímica o del bloque de contaminantes. Aparte de los científicos hay dos grandes grupos que constituyen la tripulación de los buques: los técnicos de la Unidad de Tecnología Marina (UTM) así como la dotación militar en el caso del buque *Hespérides*.

La UTM realiza actividades de apoyo logístico y técnico a buques oceanográficos y bases polares, así como de desarrollo tecnológico en el ámbito de las ciencias marinas. En la campaña Malaspina 2010 embarcaron técnicos especializados para atender las necesidades de la constante verificación del perfecto funcionamiento de los equipos e instalaciones científicas de los barcos comprendiendo los campos de instrumentación científica, electrónica, telemática, mecánica, etc. Además, la contribución de la UTM ha consistido en la adquisición de nuevo equipamiento, la preparación, ajuste y calibración del equipamiento científico embarcado, así como el adiestramiento del personal científico en el uso de estos. Otra tarea importante de la UTM era garantizar el acceso a Internet durante toda la

circunnavegación estableciendo conexión con satélites en donde no existía cobertura del SPAINSAT.

La Armada Española tuvo un papel fundamental en la planificación y desarrollo del proyecto Malaspina 2010. Fue la responsable de recomendar y planificar la derrota a seguir por el buque *Hespérides* y gestionar su alistamiento para circunnavegar el océano. Durante la expedición, las tareas de la dotación se centraron en todos los trabajos que tienen que ver con la navegación y el funcionamiento del buque, aparte de ayudar a los científicos con la maniobra de los instrumentos científicos y vigilar el cumplimiento de las pautas de seguridad. Otra tarea era la representación diplomática española en los puertos de los países visitados.¹⁶

Así pues, a bordo del *Hespérides* convivían y colaboraban tres grupos de personas, mientras que en el caso del *Sarmiento de Gamboa* eran solo dos grupos, además de algunos periodistas, personas que hacían grabaciones para documentales, escritores, cronistas, un pintor, un fotógrafo profesional, etc. Solo la tripulación de la Armada estuvo en el buque durante la circunnavegación completa, mientras los investigadores se relevaban en cada puerto con el siguiente grupo. Así podían volver a sus respectivas instituciones con las muestras recogidas, para empezar inmediatamente con el análisis de los datos obtenidos.

Resultados

Debido al hecho de que el análisis de las muestras se encuentra solo en sus inicios y ocupará a los investigadores y a las instituciones implicados en este proyecto durante los próximos años, pasará aún bastante tiempo antes de que se puedan obtener y presentar los resultados principales deseados. Primero, las muestras tienen que ser analizadas y estudiadas para poder proceder a su comparación con datos anteriores o datos tomados en otras regiones, así como elaborar la información útil para la investigación marina. Entre los hitos importantes a largo plazo para este proyecto se encuentran, por ejemplo, crear la primera colección global de genoma del océano y la atmósfera y obtener el primer mapa sinóptico de salinidad del océano superficial medido desde satélite. Sin embargo, hay ya unos primeros hallazgos, además de las antes mencionadas aguas transparentes del

16 Fernández de Mesa Temboury, 2011.

Pacífico, que son el de una caída importante de la concentración de oxígeno en el océano tropical, el de una importante actividad biológica en el océano profundo ecuatorial, así como el descubrimiento de que la capa más superficial del océano es fundamental para el ecosistema profundo.

Además, respecto a algunos temas o preguntas concretas ya se han obtenido respuestas del estudio de una parte limitada de las muestras, así es el caso de la radiación en el Pacífico analizado por la expedición Malaspina un mes después del accidente nuclear de Japón en el año 2011. Estas muestras han sido estudiadas y los resultados están a punto de ser publicados: la contaminación radiactiva procedente de la central nuclear de Fukushima no se extendió tan rápidamente como se preveía, los investigadores no han podido encontrar radiación en el Pacífico central, que presentaba valores normales. También respecto al proyecto *Malaspinomics* se han llegado a unos resultados preliminares que revelan una cantidad ingente de especies desconocidas de microorganismos en el océano profundo, caracterizado por una actividad biológica intensa. En concreto, el 60% de las especies bacterianas del océano profundo detectadas mediante técnicas de secuenciación masiva son desconocidas. Estos análisis se están llevando a cabo por un equipo que integra investigadores del *Instituto de Ciencias del Mar* del CSIC, el *Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados* (mixto del CSIC y la Universidad de las Islas Baleares) y el *Centro Nacional de Análisis Genómico de Barcelona*. Cuentan también con la colaboración del *MareNostrum* (Centro Nacional de Supercomputación en Barcelona), el *Joint Genome Institute* (EEUU) y el *European Molecular Biology Laboratory* (Alemania).

También se pueden mencionar los primeros logros específicos en algunos de los bloques mencionados:

- El bloque de coordinación ha organizado todos los datos recogidos en la base de datos Malaspina Digital: <http://metamalaspina.imedeia.uib-csic.es/geonetwork/srv/en/main.home>
- Una sede web multimedia sobre el proyecto fue preparada: www.expedicionmalaspina.es
- Se creó una nueva empresa entre el CSIC y entidades privadas internacionales con el nombre *The Deep Blue Sea Enterprise S.L.* para el análisis de las muestras bajo criterios específicos.
- Se han realizado más de cincuenta y siete publicaciones en el marco del proyecto la actualidad.

- Hasta ahora veinticinco tesis de máster han sido presentadas y defendidas, de las que doce fueron realizadas por estudiantes embarcados en el Sarmiento de Gamboa y trece de los que participaron en algún tramo de la circunnavegación a bordo del Hespérides. Adicionalmente cuatro tesis están siendo preparadas por estudiantes que no embarcaron en la expedición, pero que trabajan con las muestras recogidas durante la expedición.¹⁷
- La iniciativa *Buque Escuela de Oceanografía 2011*, con el apoyo de la Universidad de Cádiz, ha creado una página web, que ofrece información respecto a la formación profesional de jóvenes en el marco del proyecto: <http://buqueescuela2011.uca.es/>

Malaspina 2010: un ejemplo de expedición en tiempo modernos

Tras esta presentación general del proyecto, quisiéramos volver a la pregunta planteada sobre las características particulares del proyecto Malaspina 2010, la aspiración que tiene para la ciencia y los aspectos en los que se puede diferenciar de otras empresas científicas. Debido a la importancia de su objeto de estudio para el progreso de la ciencia, así como para el bienestar de la sociedad, el proyecto fue seleccionado por el Programa Consolider-Ingenio 2010 del Ministerio de Ciencia e Innovación, que constituye un instrumento capaz de financiar un proyecto tan ambicioso y con este tamaño. Este programa ofrece una respuesta a algunos de los problemas que sufre la comunidad científica española, que son el de micro-liderazgo y la atomización en los proyectos de investigación.

El proyecto Malaspina se adapta perfectamente a estos planteamientos y requisitos ya que, siendo un proyecto de gran presupuesto, de índole internacional y dedicado a traspasar las fronteras del conocimiento actual, ofrece una alternativa válida para resolver el problema de la gestión de pequeños proyectos que carecen de la necesaria conexión entre ellos. Destaca por ser un proyecto muy cooperativo que pretende justamente mostrar una vía para racionalizar la inversión a la vez que aumentar el *output* científico. También en este sentido aspira a ser un proyecto oceanográfico que puede servir como modelo para futuras expediciones. Debido a su carácter multidisciplinar, que abarca un gran abanico de campos del cono-

¹⁷ Información sobre los resultados del proyecto facilitada por Paloma Carrillo de Albornoz Nuño, del Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA).

cimiento distintos y con la participación de personal cualificado de diversa procedencia (militares, técnicos, informáticos, ingenieros y periodistas), este proyecto exige una estrecha coordinación y una continua comunicación entre todos los participantes, con el fin de trabajar con la mirada puesta en el objetivo común, lo que ayuda a fomentar una nueva cultura de cooperación científica. Así, abre la puerta a la reflexión sobre la propia actividad científica y su importancia para el desarrollo de un país, al mismo tiempo que se preocupa por la aplicación del conocimiento adquirido. Es muy consciente de la importancia de que la investigación científica debería tener una aportación positiva a la propia sociedad. De esta manera, busca posibles beneficios de los resultados científicos para la sociedad, como es, por ejemplo, la exploración de la diversidad genómica de los océanos, que no solo permite comprender mejor el funcionamiento de estos ecosistemas y la diversidad biológica y funcional que contienen, sino que puede dar lugar a innovaciones en biotecnología merced al posible descubrimiento de genes que codifiquen proteínas capaces de modular procesos biológicos. Actualmente, está acelerándose el número de patentes de genes marinos y se está incrementando el valor de mercado de sus aplicaciones industriales en biomedicina, energía, alimentación y farmacia, si bien es cierto que solo se han explorado de manera limitada hasta ahora las aguas superficiales, aun cuando existe mayor probabilidad de hallar una mayor diversidad génica del plancton marino en las aguas profundas, diversidad cuya evaluación es ahora posible plantear a escala global mediante las nuevas técnicas de metagenómica y secuenciación masiva.

Una vertiente innovadora consiste en que el proyecto Malaspina 2010, es decir, un proyecto de ciencia experimental, haya querido establecer un vínculo con el pasado al tener una expedición histórica como referente para la circunnavegación actual. Este interés por las ciencias humanas también se refleja en la propia estructura del proyecto, al haber creado un bloque, que se dedica exclusivamente al estudio de la expedición Malaspina histórica y sus posibles enlaces con el proyecto actual.

Conexión con la sociedad

Otra característica relevante es que este proyecto desde sus inicios ha tenido muy en cuenta la importancia de la divulgación de la ciencia, es decir, de la necesidad de informar a la sociedad acerca de las capacidades de la

comunidad científica española en ciencias marinas, que se sitúa hoy en día entre las más productivas y desarrolladas del mundo. En general, en los últimos años la conciencia sobre la importancia de este aspecto ha aumentado considerablemente, lo que se refleja también en los requisitos establecidos en las distintas convocatorias para proyectos científicos, tanto en el ámbito nacional como en el internacional. Se ha reconocido más y más la necesidad de que la ciencia debería estar conectada con la sociedad, la importancia de acercar la ciencia desarrollada en los distintos centros de investigación al ciudadano, así como informar sobre los retos y logros científicos conseguidos para hacer que dicha sociedad participe en el avance del conocimiento.

Este desafío ha sido tomado en serio en el proyecto Malaspina 2010, ya que tiene objetivos que incluyen aspectos que afectan a la sociedad y al bienestar de la gente y que, por lo tanto, deberían ser difundidos por múltiples vías. La ventaja estriba en que la expedición Malaspina 2010 no solo es un proyecto de gran interés para la comunidad científica, sino que una circunnavegación con escalas tan lejanas de España también es un tema fascinante para el público general. De tal manera se ofrece a los ciudadanos interesados, haciéndoles partícipes de esta gran aventura científica, a la vez que aprovecha la gran oportunidad de hacer visible para la sociedad, y a nivel internacional, un proyecto oceanográfico que se realiza desde España. Una larga trayectoria de narraciones de viajes, editadas desde hace siglos sobre la exploración de distintas regiones de nuestro planeta, ya sean meros tratados científicos o descripciones de tipo más bien costumbrista, con interesantes miradas hacia el mundo ajeno, dan prueba de que el tema de la exploración del mundo siempre ha interesado a la sociedad. Es la mezcla entre el afán de descubrir y conocer nuestra tierra, la curiosidad por lo desconocido, el interés puramente científico y la pasión por las aventuras lo que alimenta esta inclinación y lo que explica el éxito de las publicaciones y narraciones de viajes que han resultado de estos proyectos, tanto en el pasado como en la actualidad.

En el caso de la expedición Malaspina 2010, se utilizaron todas las herramientas a las que tenemos acceso en un mundo moderno para llegar al ciudadano y hacer que se implique en este proyecto. Esto no se limita a publicar por un lado los resultados científicos y por otro las descripciones basadas en impresiones personales, como ha sido práctica habitual en anteriores épocas. En la actualidad se dispone de un sinfín de posibilidades para crear este nexo con la sociedad, no tan solo cuando la expedición se haya llevado a cabo, sino ya desde los primeros momentos de su preparación,

durante toda la fase de realización, y en tiempo real, así como en la fase posterior de elaboración de los resultados.

Es otro de los ya mencionados bloques, el bloque 9, titulado *Ciencia y Sociedad*, que se ocupa de todas las actividades relacionadas con la comunicación y la divulgación del proyecto. Está dirigido por la Vicepresidencia Adjunta de Cultura Científica (VACC), el área del CSIC que fue creada en el año 2004 justamente para cumplir con su deber como organismo científico de generar ciencia nueva, pero también de difundirla a la sociedad. Por lo tanto, esta área se encarga de la tarea de promover y coordinar las actividades relacionadas con la divulgación de los avances científicos producidos por el CSIC en las distintas ramas del saber. En el proyecto Malaspina 2010 colaboran varias instituciones científicas comprometidas con este objetivo, como son el Real Jardín Botánico, el Museo Nacional de Ciencias Naturales, el Museo Naval, el Museo de América y el Real Observatorio de la Armada en Cádiz.¹⁸ En coordinación con estas instituciones, este bloque se encarga de informar a la sociedad sobre los objetivos y características generales, así como el progreso de este proyecto de investigación, y realiza actividades de interés social en relación con los distintos temas que se abordan en el mismo: estos van desde la expedición histórica realizada por Alejandro Malaspina y los viajes de exploración españoles de los últimos quinientos años, a las ciencias marinas españolas en la actualidad, pasando por los recursos marinos, la biodiversidad en el océano y su protección, hasta el amplio tema del cambio global. En concreto, esta labor de divulgación se plasma en formatos tan distintos como son la creación de la sede web multimedia o la organización de ciclos de conferencias en varias instituciones, tanto a nivel nacional como internacional. Además, en cada una de las escalas de los buques *Hespérides* y *Sarmiento de Gamboa* se realizaron actividades de presentación y difusión del proyecto en coordinación con instituciones españolas radicadas en estos lugares. Para ello se preparó una exposición itinerante que acompañó a los buques y que fue mostrada durante las visitas guiadas por los buques ofrecidas en todos los puertos. Esta oferta fue particularmente apreciada por el público general, ya que permitió efectuar un recorrido por los distintos espacios de la nave, no solo para conocer los diferentes lugares de trabajo, tales como los laboratorios, sino también para observar los principales instrumentos científicos empleados a lo largo de esta expedición.

18 Rebok, 2011.

La fuerte actividad de divulgación establecida por el proyecto incluye también la importante labor del Departamento de Comunicación del CSIC que hasta ahora ha mantenido informados a los lectores interesados sobre los avances e hitos relevantes del proyecto. También el Departamento de Publicación del CSIC ha contribuido a esta labor con la publicación de una crónica de viaje, un cómic y un documental en DVD realizado en dibujos animados;¹⁹ además de varios autores que han escrito artículos divulgativos en la prensa diaria o en revistas especializadas. Un impacto muy grande en este contexto ha tenido la exposición «España explora. Malaspina 2010», así como su correspondiente catálogo.²⁰ Esta exposición pudo ser visitada en el Real Jardín Botánico de Madrid durante los meses de febrero y marzo de 2012 y ofrecía al visitante un recorrido por las diferentes facetas de las expediciones de exploración del océano global llevadas a cabo por España en los últimos quinientos años. Además, tanto la expedición Malaspina 2010 como los distintos temas relacionados con ese proyecto también constituyeron la base de la Exposición Internacional que se exhibió del 12 de mayo al 12 de agosto de 2012 con el tema *Por unos océanos y costas vivos: diversidad de recursos y actividades sostenibles* en la ciudad de Yeosu, situada en la costa meridional de Corea del Sur. De esta manera se aprovechó la oportunidad de representar a España en una plataforma internacional privilegiada como potencia científica en la oceanografía, no solo en el pasado sino también en el presente.

Por lo tanto, después de estas pinceladas de las condiciones en las que se desarrolló la expedición Malaspina 2010 en la actualidad, y tras contrastarlas con la situación de la ciencia española en épocas anteriores, resulta obvio reconocer el avance que se ha podido lograr a lo largo de los siglos, no solamente en lo que se refiere a las ciencias en sí, sino también en lo relativo a las condiciones en las que éstas son cultivadas. Estos logros se plasman, respecto a la estructura institucional creada, en las posibilidades ofrecidas de conseguir financiación para los distintos proyectos científicos, y en las nuevas tecnologías que facilitan la creación de redes científicas y permiten de esta manera una colaboración a gran escala, tanto en el ámbito nacional como en el internacional.

Recibido el 3 de septiembre de 2013

Aceptado el 17 de octubre de 2013

19 Resines, Bonilla y Finch, 2011; *Una aventura en el océano*, 2011.

20 Puig-Samper y Rebok, 2011.

Bibliografía

- Aguilar Cavanillas, José Antonio: «El BIO Hespérides», en Puig-Samper, Miguel Ángel y Rebok, Sandra (eds.), *España explora: Malaspina 2010. Cambio Global y biodiversidad en el océano*, catálogo de exposición, Madrid/Barcelona, CSIC, FFBVA, AC/E, Ministerio de Defensa, Lunweg, 2011, 155-165.
- Casado, Santos: *Malaspina 2010. Crónica de un viaje oceanográfico alrededor del mundo*, Madrid, CSIC, Los Libros de la Catarata, 2011.
- Duarte, Carlos M.: *Cambio Global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema solar*, Madrid, CSIC, Los Libros de la Catarata, 2009.
- Duarte, Carlos M.: *Océano: El secreto del planeta tierra*, Madrid, CSIC, Los Libros de la Catarata, 2010.
- Duarte, Carlos M.: «Expedición Malaspina 2010: Génesis oportunidades, objetivos y ejecución», en Puig-Samper, Miguel Ángel y Rebok, Sandra (eds.), *España explora: Malaspina 2010. Cambio Global y biodiversidad en el océano*, catálogo de exposición, Madrid/Barcelona, CSIC, FFBVA, AC/E, Ministerio de Defensa, Lunweg, 2011, 119-127.
- Echevarría, Fidel, Bertrand, Sara, Acuña, José Luis, et. al.: «El proyecto Malaspina 2010 y la formación de una nueva generación de oceanógrafos en España», en Puig-Samper, Miguel Ángel y Rebok, Sandra (eds.), *España explora: Malaspina 2010. Cambio Global y biodiversidad en el océano*, catálogo de exposición, Madrid/Barcelona, CSIC, FFBVA, AC/E, Ministerio de Defensa, Lunweg, 2011, 187-195.
- Fernandez de Mesa Temboury, José Ramon: «La Armada del Proyecto Malaspina 2010», en Puig-Samper, Miguel Ángel y Rebok, Sandra (eds.), *España explora: Malaspina 2010. Cambio Global y biodiversidad en el océano*, catálogo de exposición, Madrid/Barcelona, CSIC, FFBVA, AC/E, Ministerio de Defensa, Lunweg, 2011, 149-153.
- Hernández Guerra, Alonso y Domínguez Añino, David: «El Sarmiento de Gamboa en el Proyecto Malaspina», en Puig-Samper, Miguel Ángel y Rebok, Sandra (eds.), *España explora: Malaspina 2010. Cambio Global y biodiversidad en el océano*, catálogo de exposición, Madrid/Barcelona: CSIC, FFBVA, AC/E, Ministerio de Defensa, Lunweg, 2011, 167-175.
- Manrique Landoff, Mario: «Equipamiento científico de la Expedición Malaspina», en Puig-Samper, Miguel Ángel y Rebok, Sandra (eds.), *España explora: Malaspina 2010. Cambio Global y biodiversidad en el océano*, catálogo de exposición, Madrid/Barcelona, CSIC, FFBVA, AC/E, Ministerio de Defensa, Lunweg, 2011, 129-135.
- Moreno-Ostos, Enrique (ed.): *Expedición de circunnavegación Malaspina 2010. Cambio global y exploración de la biodiversidad del océano. Libro blanco de métodos y técnicas de trabajo oceanográfico*, Madrid, CSIC, 2012.

- Puig-Samper, Miguel Ángel y Rebok, Sandra (eds.): *España explora: Malaspina 2010. Cambio Global y biodiversidad en el océano*, catálogo de exposición, Madrid/Barcelona, CSIC, FFBVA, AC/E, Ministerio de Defensa, Lunweg, 2011.
- Rebok, Sandra: «La expedición Malaspina 2010 y la comunicación científica», Puig-Samper, Miguel Ángel y Rebok, Sandra (eds.), *España explora: Malaspina 2010. Cambio Global y biodiversidad en el océano*, catálogo de exposición, Madrid/Barcelona, CSIC, FFBVA, AC/E, Ministerio de Defensa, Lunweg, 2011, 176-185.
- Rebok, Sandra y Puig-Samper, Miguel Ángel: «La expedición Malaspina 2010, una expedición de frontera en el océano profundo», *Sociedad Geográfica Española*, 39, julio 2011, 54-63.
- Rebok, Sandra: “Malaspina 2010: Una aventura para la ciencia”, *Revista de Occidente*, 376, septiembre 2012, 27-47.
- Resines, Luis, Bonilla Anita y David Finch: *Expedición Malaspina. Un viaje de doscientos años*, Madrid, CSIC/Cataras, 2011.
- Una aventura en el océano. Malaspina 2010*, DVD, Macarena films, 2011.