



CSIC

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



Documentación

CSIC comunicación

Tel.: 91 568 14 77

g.prensa@csic.es

www.csic.es

Expedición Malaspina 2010: cambio global y exploración de la biodiversidad del océano global

La Expedición de Circunnavegación Malaspina 2010, un proyecto dirigido por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que integra a más de 400 científicos de todo el mundo, arrancó el 15 de diciembre de 2010 con la salida del puerto de Cádiz del buque de investigación oceanográfica Hespérides. A bordo de este barco de la Armada Española y del buque Sarmiento de Gamboa, perteneciente al CSIC, los investigadores estudiaron durante nueve meses (siete a bordo del Hespérides y dos a bordo del Sarmiento) el impacto del cambio global en el ecosistema del océano y exploraron su biodiversidad.

Los científicos tomaron cerca de 200.000 muestras de agua, plancton, partículas de la atmósfera y gases en 313 puntos de los océanos Índico, Pacífico y Atlántico con profundidades de hasta 6.000 metros. A bordo midieron la temperatura y salinidad, las propiedades de la superficie, la acústica de las corrientes marinas, la concentración de oxígeno y dióxido de carbono en el mar y en la atmósfera y el alcance de la luz solar, entre otros parámetros.

Sólo el Hespérides completó la circunnavegación. Partió el 15 de diciembre de 2010 de Cádiz y realizó paradas en Río de Janeiro (Brasil) y Ciudad del Cabo (Sudáfrica). En marzo, el buque culminó en Perth (Australia) la primera campaña oceanográfica española en el Índico. Después realizó escalas en Sídney (Australia), Auckland (Nueva Zelanda), Honolulu (Hawai) y, por último, Cartagena de Indias (Colombia). El Sarmiento de Gamboa, en cambio, realizó, desde Las Palmas de Gran Canaria hasta Santo Domingo (República Dominicana), una sección detallada del océano Atlántico que discurre por el paralelo 24º Norte, la llamada Ruta Colombina. A su regreso alojó una universidad flotante donde 15 estudiantes se formaron en un máster en oceanografía.

El proyecto toma su nombre del marino italiano Alejandro Malaspina (Mulazzo, 1754 – Pontremoli, 1810), capitán de fragata de la Real Armada Española. En julio de 1789, Malaspina dirigió la primera expedición española de circunnavegación, a bordo de las corbetas Descubierta y Atrevida, partiendo de Cádiz, a donde regresaron cinco años más tarde.

La expedición se enmarca en el programa Consolider-Ingenio 2010 del Ministerio de Ciencia e Innovación con apoyo adicional del CSIC, la Fundación BBVA, el Instituto Español de Oceanografía, la Fundación AZTI y las universidades de Cádiz y Granada.

La expedición en cifras

Más de **250 científicos españoles** integrados en **27 grupos** han participado en la expedición. Además, han estado implicadas **19 instituciones españolas**, algunas de ellas, como el CSIC o la Armada Española, con múltiples institutos y unidades, y **19 organismos asociados**, tres de ellos españoles y 16 extranjeros. La participación total, incluyendo estudiantes y científicos extranjeros, se cifra en cerca de **700 personas**, entre ellas **400 investigadores**, más de medio centenar de técnicos, un centenar de efectivos de la Armada y 40 marinos civiles.

Más de **80 estudiantes** de doctorado y máster se han formado en el seno del proyecto, con un programa interuniversitario de postgrado coordinado entre cinco universidades españolas (universidades de Barcelona, Cádiz, Las Palmas de Gran Canaria, Oviedo, Universidad Internacional Menéndez Pelayo) y un programa de becas cofinanciado por el CSIC y la Fundación BBVA.

Los buques Hespérides y Sarmiento de Gamboa recorrieron **42.000 millas náuticas**, 32.000 millas el Hespérides y 10.000 el Sarmiento de Gamboa. La expedición realizó toma de muestras en **313 puntos** con profundidades de **hasta 6.000 metros**. Los datos tomados ocupan un espacio de **6.000 gigabytes**.

Tomaron **cerca de 200.000 muestras** de la atmósfera, agua, gases y plancton. Para ello han largado más de **2.000 kilómetros de cables** oceanográficos durante **3.000 horas de maniobras**. Entre las tecnologías oceanográficas empleadas, destaca **una roseta-CTD** con 23 botellas Niskin especialmente preparadas para recolectar zooplancton en profundidad. Además, utilizaron una novedosa botella desarrollada por la Universidad de Cádiz y ya patentada para recoger muestras a 4.000 metros de profundidad.

En total lanzaron **59 boyas** para mejorar los datos globales de observación del océano. Durante la circunnavegación fueron lanzadas al mar **21 nuevas boyas** diseñadas para medir la salinidad a unos 50 centímetros de profundidad. Los datos aportados por estas boyas se han incorporado a la misión del satélite SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity), de la Agencia Espacial Europea (ESA). Estas boyas permitieron a los científicos elaborar el primer mapa de salinidad global de los océanos.

Asimismo, se lanzaron **18 perfiladores Argo** dotados de una tecnología capaz de medir la temperatura y la salinidad del océano desde la superficie hasta una profundidad de 2.000 metros. Estas boyas aportan datos a la red del proyecto Argo, que suministra a la comunidad científica una imagen termohalina de los primeros 2.000 metros del océano cada 10 días. La transmisión de información se realiza por el sistema de satélites ARGOS.

Además, **20 boyas** de deriva superficial del proyecto internacional Global Drifter Program, coordinado por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) estadounidense, sirven para que los científicos cuantifiquen la velocidad superficial del océano.

Cerca de **20.000 de las muestras** tomadas integrarán la *Colección Malaspina*, un banco que permanecerá sellado a modo de cápsula del tiempo durante 30 años para que las futuras generaciones de investigadores tengan una ventana al estado del océano en 2010 y 2011, y puedan investigar y desarrollar nuevas técnicas.

La financiación total del proyecto se sitúa en torno a los **6 millones de euros**.

Hitos de la expedición

Durante la navegación, los científicos detectaron **una pérdida “preocupante” de oxígeno** en las aguas subtropicales y tropicales en todos los océanos. Una de las principales causas podría ser la falta de ventilación, relacionada con el calentamiento global. Esta zona muerta sí esconde una vida planctónica, sobre todo microbiana, adaptada a la falta de oxígeno.

En el Pacífico Sur, cerca de Samoa, registraron **la mayor transparencia en el agua** medida hasta el momento. En esta región la radiación ultravioleta penetra hasta los 60 metros de profundidad en dosis suficientes para causar mortalidad en las células del plancton. La razón fundamental es la escasez de materia orgánica disuelta y de fitoplancton, así como la disminución de la capa de ozono.

A su paso por el Pacífico, entre Auckland y Honolulu, la expedición recogió muestras de partículas atmosféricas, agua y plancton para evaluar la posible radiactividad procedente de la central nuclear de **Fukushima** (Japón). Estas muestras se encuentran en los laboratorios a la espera de ser analizadas.

Los científicos a bordo del Sarmiento de Gamboa exploraron durante algo menos de dos meses el giro subtropical del Atlántico Norte, una región del océano de gran interés para los estudios de clima. Comprobaron que **la temperatura del océano en esta región ha aumentado** en la cuenca este, mientras que en la cuenca oeste ha disminuido. Otro hallazgo novedoso es que la capa más profunda, la que se sitúa a más de 5.000 metros de profundidad, se ha calentado.

Los investigadores comprobaron la presencia de grandes cantidades de **fragmentos minúsculos de plástico** en el giro del Atlántico Sur, una zona alejada de los continentes y donde la actividad industrial humana es casi inexistente. Los científicos temen que estos plásticos puedan llegar a interferir en la dinámica de las comunidades naturales marinas en esta zona.

En el Índico, el océano menos estudiado del planeta, es abundante el zooplancton. Las muestras tomadas desde el Hespérides, el primer buque oceanográfico español que ha explorado estas aguas, constatan la presencia de numerosos organismos gelatinosos de la familia *Salpidae* y medusas *Physalia* y *Velilla*. La expedición sirvió también para comprobar que este océano tiene **la capacidad de absorber tres veces más nitrógeno** de la atmósfera que el Atlántico.

La denominada “piel del océano”, en los primeros 10 centímetros de la superficie, está habitada por **una comunidad muy diversa**, desde medusas, crustáceos, larvas de peces y moluscos hasta el insecto *Halobates*. Estas especies sirven de alimento a organismos como los peces mictófidios, que cada noche, para evitar la radiación ultravioleta del Sol, ascienden desde las profundidades hasta la superficie.

Las prospecciones realizadas hasta los 6.000 metros de profundidad están aportando a los investigadores una idea más precisa de las propiedades del **océano profundo**. Aunque esta zona, prácticamente desconocida, no esconde una gran cantidad de microorganismos, se trata de un ecosistema con una actividad biológica más intensa de lo que se pensaba.

La secuenciación del genoma de esta parte del océano, enmarcada en el proyecto **Malaspinomics**, 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. Los trabajos de secuenciación se basan en más de 2.000 muestras de microorganismos recogidas durante la expedición.

Objetivos de la expedición

El proyecto Malaspina 2010 tiene como objetivos generales combinar la investigación con la información a la sociedad, fomentar las vocaciones científicas entre los jóvenes, el liderazgo y las plataformas de cooperación que refuercen la visibilidad de la oceanografía. El objetivo último es dar un nuevo impulso a las ciencias marinas en España. Además, persigue una serie de metas específicas articuladas en torno a un programa interdisciplinar:

1. Evaluar el impacto del cambio global en el océano

El cambio global se define como el impacto de la actividad humana sobre el funcionamiento de la biosfera. Engloba todas aquellas actividades que tienen efectos que trascienden a lugares o regiones, ya que afectan al funcionamiento global del sistema Tierra. El océano ejerce un papel central en la regulación climática del planeta y es el mayor sumidero de CO₂ y otras sustancias, como contaminantes, derivadas de la actividad humana. Sin embargo, el conocimiento del cambio global en el océano es muy fragmentado.

Los científicos tomaron muestras para caracterizar, por primera vez a escala planetaria, la abundancia y el ciclo global de contaminantes orgánicos persistentes (incluyendo, entre otros, PCBs, hidrocarburos policíclicos aromáticos, dioxinas, metales pesados y contaminantes fluorados). Con estas muestras será posible establecer las transferencias de estos compuestos de la atmósfera al agua del mar, su absorción por el plancton marino y su propagación en las cadenas tróficas del plancton oceánico.

La *Colección Malaspina 2010*, que incluye datos, muestras ambientales y biológicas e información sobre el desarrollo de la expedición, quedará a disposición de la comunidad científica para evaluar los impactos de cambios de magnitud global en el futuro.

Los científicos a bordo del Sarmiento de Gamboa exploraron durante algo menos de dos meses el giro subtropical del Atlántico Norte, una región del océano de gran interés para los estudios de clima. El equipo de investigadores recorrió el paralelo 24° Norte midiendo la temperatura, la salinidad, el oxígeno, la alcalinidad y el PH del océano, entre otros parámetros.

El objetivo de los científicos era medir las variaciones en el flujo de calor que ha habido desde 1957, año de la primera expedición internacional en esta zona. La temperatura del océano en esta región ha aumentado en la cuenca este, mientras que en la cuenca oeste ha disminuido. Otro hallazgo novedoso es que la capa más profunda, la que se sitúa a más de 5.000 metros de profundidad, se ha calentado.

2. Promover la exploración de la biodiversidad en el océano profundo

Los océanos con más de 3.000 metros de profundidad comprenden la mitad de la superficie del planeta y son, por tanto, su mayor ecosistema. No obstante, siguen siendo un misterio. La exploración de la vida en el océano profundo se encuentra aún en su infancia, limitada, hasta hace poco, por las tecnologías disponibles.

La expedición Malaspina ha servido para compilar una colección global de organismos, desde virus y bacterias hasta medusas y larvas de peces, tomados desde la superficie del océano hasta los 4.000 metros de profundidad, para el estudio de su biodiversidad a través de análisis taxonómicos, químicos, y genómicos (metagenómico, transcriptómico y proteómico). La colección de genómica microbiana integrada en el proyecto *Malaspinomics* consta de más de 2.000 muestras para análisis de ADN y ARN.

3. Analizar las repercusiones de la expedición de Alejandro Malaspina

El proyecto celebra el 200 aniversario de la muerte de Alejandro Malaspina (1754-1810), quien dirigió la primera expedición científica española de ámbito global (1789-1794). El trabajo de los participantes en el ámbito histórico del proyecto está sirviendo para catalogar y digitalizar han materiales relativos al navegante napolitano conservados en el Real Observatorio de Cádiz. Además, se han digitalizado los dibujos pertenecientes a la expedición Malaspina originaria conservados en el Museo Naval de Madrid.

La investigación sobre la expedición del siglo XVIII se ha planteado con un horizonte marcadamente divulgativo utilizando diferentes canales de comunicación: publicación de libros y artículos, digitalización de imágenes y documentos, y la creación de páginas web. Se ha actualizado el testimonio histórico de la expedición Malaspina como fuente interpretativa para la arqueología contemporánea de la costa noroeste norteamericana. A través de varios seminarios, se ha mostrado el papel cognitivo que los materiales aportados por la expedición (diarios, imágenes, objetos).

Se ha realizado una valoración de la biodiversidad vegetal del territorio mexicano a través de los herbarios elaborados por los naturalistas expedicionarios, conservados en el Real Jardín Botánico (en colaboración con botánicos de la Universidad Autónoma Metropolitana de Iztapalapa). Se ha llevado a cabo un estudio de los herbarios históricos con el fin de conocer las especies botánicas descritas en la región mexicana y sus diferentes hábitats.

4. Impulsar las ciencias marinas en España y su conocimiento en la sociedad

Otro de los propósitos de este proyecto era estimular plataformas de cooperación entre los investigadores de oceanografía en España, un país que jugó un gran papel en la exploración de los recursos del planeta gracias a las campañas científicas impulsadas durante la época de la Ilustración. El proyecto pretende demostrar el valor añadido del uso eficiente de recursos y su impacto en el avance de la ciencia de frontera, así como la necesidad de plantear grandes proyectos de colaboración con objetivos ambiciosos.

Además, desde el principio ha querido acercar la ciencia y la investigación sobre cambio global a la sociedad mediante diferentes acciones de difusión: una gran exposición, materiales didácticos, audiovisuales, notas de prensa, documentales, artículos en revistas y otras publicaciones, y blogs en medios de comunicación nacionales.

A través de las aplicaciones Malaspina Media y Expedición Virtual, desarrolladas por la Universidad de las Islas Baleares, los investigadores publican en su página web, en tiempo real, los datos de sondeos en el océano de interés para la comunidad científica internacional.

5. Formar y atraer a jóvenes investigadores

La expedición Malaspina es también una oportunidad para que jóvenes investigadores se formen en oceanografía. Cinco programas de postgrado se han integrado en un módulo de formación, que incluye el Programa de Doctorado Expedición Malaspina Fundación BBVA-CSIC, financiado por ambas instituciones.

Este programa culminó con actividades docentes a bordo del Sarmiento de Gamboa durante su travesía de vuelta a España desde Santo Domingo a finales de marzo de 2011. Durante esta navegación, que duró medio mes, el barco del CSIC se convirtió en una universidad flotante en

la que 15 estudiantes realizaron un trabajo experimental de investigación para elaborar sus tesis de máster. Para ello, contaron con el apoyo de cinco profesores.

Este módulo es fruto de la colaboración de las universidades de Cádiz, Barcelona, Menéndez Pelayo, Las Palmas de Gran Canaria y Oviedo. Más de 80 jóvenes han completado sus estudios embarcando en algún tramo de la campaña para realizar su tesis de máster o su tesis doctoral, con el Programa de Doctorado Expedición Malaspina Fundación BBVA-CSIC, financiado por ambas instituciones.

Bloques del proyecto

Bloque 1. Coordinación

Este bloque se encargó de la planificación de la ruta, de la supervisión del uso de recursos y organización de las actividades generales de la expedición. El investigador del CSIC Carlos Duarte fue el responsable de esta parte del proyecto.

Bloque 2. Oceanografía física: cambios en las propiedades físicas del océano. Un estudio global

El océano constituye la memoria del sistema climático. Cada gota de agua que alguna vez estuvo en la superficie conserva las propiedades de entonces, como si de una huella digital se tratase, permitiendo inferir las condiciones atmosféricas de la época y de ese modo conocer el alcance del cambio global.

Los investigadores midieron la temperatura, salinidad, pH, concentración de oxígeno y nutrientes, entre otras propiedades, en muestras de agua recogidas desde la superficie hasta los 5.000 metros de profundidad, lo que les está permitiendo evaluar los posibles cambios en las condiciones oceánicas y sus repercusiones climáticas.

Bloque 3. Biogeoquímica del océano: carbono, nutrientes y gases traza

El objetivo de este bloque era averiguar la composición y origen de la materia orgánica que contiene el océano. Actualmente se está investigando de dónde proceden los elementos que sostienen la vida cerca de la superficie (nitrógeno, fósforo, etc.) y cuál es el destino de la materia orgánica generada por la fotosíntesis.

Se está evaluando también el intercambio de gases entre los océanos y la atmósfera, que condiciona el clima del planeta, así como el destino del dióxido de carbono emitido por la actividad humana, que se está almacenando en el océano.

Bloque 4. Deposición atmosférica y contaminantes orgánicos

La actividad humana conlleva la producción y uso de miles de sustancias químicas sintéticas, que se introducen en el medio ambiente y se depositan en los océanos, sumándose a las perturbaciones producidas por el uso de combustibles fósiles. Este bloque está siendo el encargado de los experimentos para determinar la entrada de estas sustancias al océano, su toxicidad para el plancton marino y su degradación en el agua. Para ello se midieron los niveles de varias familias de contaminantes orgánicos en el océano y la atmósfera. Además, se están analizando los flujos de carbono orgánico, aerosoles, nutrientes y compuestos orgánicos biogénicos entre ambos medios, y su papel en los ciclos biogeoquímicos oceánicos.

Bloque 5. Óptica, fitoplancton, producción y metabolismo

Este bloque es el encargado de estudiar el fitoplancton y el metabolismo de la capa superficial del océano. El fitoplancton es responsable de casi la mitad de la fotosíntesis que ocurre en el planeta, por lo que tiene un papel clave en la dinámica de procesos globales, incluidos los que afectan la regulación del clima.

La producción y el metabolismo del plancton determinan la producción de niveles tróficos superiores del océano y el papel que juega como sumidero o fuente de CO₂ a la atmósfera. La abundancia y diversidad del fitoplancton condiciona las propiedades ópticas de las aguas. Los investigadores están estudiando la variabilidad en la transparencia del océano, importante para la detección de su producción por satélite, así como otros aspectos de la penetración de la radiación solar en el océano poco conocidos, como la penetración de la radiación ultravioleta, con el fin de conocer y predecir la sensibilidad del plancton a los cambios en la capa de ozono.

Bloque 6. Biodiversidad microbológica y función ecológica

Decenas de millones de microorganismos están presentes en cada gota de agua. Aunque los que habitan en la superficie son bastante conocidos, no ocurre lo mismo con los más profundos. A partir del análisis de muestras tomadas a 5.000 metros de profundidad y mediante el uso de tecnologías de alto rendimiento de secuenciación de ADN, los investigadores están realizando análisis para determinar la diversidad genética y funcional de estos microorganismos, así como su función biogeoquímica y su metabolismo.

Bloque 7. Distribución y papel del zooplancton en el océano global

El objetivo de este bloque es evaluar la diversidad y actividad del zooplancton oceánico a escala global, con particular atención a las aguas profundas, aún poco exploradas, y conocer mejor su papel en el control de la población de fitoplancton y, por tanto, en la producción biológica de los océanos.

Bloque 8. La expedición Malaspina. Ciencia y política allende los mares

Tras su expedición, Alejandro Malaspina fue primero ascendido y más tarde acusado de conspiración, encarcelado y desterrado. La consecuencia fue el olvido de la expedición: sólo hacia finales del siglo XX recuperó su valor, por lo que su estudio historiográfico mantenía aún grandes lagunas.

Este bloque persigue estudiar el trasvase ideológico desde España hacia América y las consecuencias de la interacción socio cultural, valorar el programa científico expedicionario, indagar en la condición medioambiental de la naturaleza americana de finales del siglo XVIII y llevar a cabo una revisión bio-historiográfica del protagonista.

A través del trabajo de los participantes en el ámbito histórico del proyecto, se han catalogado y digitalizado los materiales relativos a Alejandro Malaspina conservados en el Real Observatorio de Cádiz. Igualmente se han digitalizado los dibujos pertenecientes a la Expedición Malaspina conservados en el Museo Naval de Madrid.

Bloque 9. Malaspina 2010. Ciencia y Sociedad

Los objetivos principales de este bloque son aumentar el conocimiento social tanto de la expedición original como de la actual, informar a la sociedad sobre las consecuencias del cambio global en el océano y la necesidad de su estudio y el fomento de las vocaciones científicas. Asimismo, se están produciendo materiales didácticos, creando y manteniendo la web, se ha llevado a cabo la comunicación del proyecto y la organización de exposiciones y conferencias.

Bloque 10. Formación

El proyecto Malaspina 2010 ha contribuido a la formación de jóvenes investigadores a partir de la coordinación de cinco programas de postgrado en ciencias del mar impartidos por varias instituciones españolas: el CSIC y las universidades de Cádiz, Las Palmas de Gran Canaria, Oviedo, Barcelona, y la Internacional Menéndez Pelayo.

Bloque 11. Integración

Su principal misión es preparar la *Colección Malaspina*. Asimismo, se encarga de integrar los resultados de los distintos bloques científicos.

Datos técnicos de Malaspina 2010

Nombre: Consolider-Ingenio 2010 CSD2008-00077 (Ministerio de Ciencia e Innovación).

Gestión: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Coordinador: Carlos M. Duarte Quesada, profesor de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Instituciones participantes: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (CSIC), Estación Experimental del Zaidín (CSIC), Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales de Barcelona (CSIC), Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC), Instituto de Ciencias del Mar (CSIC), Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (CSIC), Instituto de Química Orgánica General (CSIC), Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC), Real Jardín Botánico de Madrid (CSIC), Organización Central del CSIC, Armada Española, Fundación BBVA, Fundación AZTI, Instituto Español de Oceanografía, Museo de América. Universidades: Granada, Cádiz, Málaga, Vigo, País Vasco, Nacional de Educación a Distancia, Carlos III de Madrid, Barcelona, La Coruña, La Laguna, Oviedo, Rey Juan Carlos y Las Palmas de Gran Canarias.

Instituciones asociadas: University of California, Woods Hole Oceanographic Institution, University of Southern California, Vancouver Island University, Environment Canada, University of Washington, University British Columbia, Goddard Space Flight Center de la NASA, Agencia Espacial Europea, Universidad Federal de Río, University of Arizona, University of Viena, Royal Netherlands Institute For Sea Research, Institute of Microbiology-Academy of Science of the Czech Republic, Laboratoire Aragón del Observatoire Océanologique de Banyuls, Argonne National Laboratory, Universidad de las Islas Baleares, Instituto Hidrográfico de la Marina, Universidade de Aveiro, Parque de las Ciencias de Granada, Acuario de Gijón, Fundación Interuniversitaria Fernando González Fernández.