

Composición y distribución espacio-temporal de los moluscos planctónicos durante la etapa posteruptiva de un volcán submarino. Proyecto VULCANO

ALEJANDRO DE VERA¹, FÁTIMA HERNÁNDEZ¹,
FERNANDO LOZANO SOLDEVILLA² & JOSÉ M^a ESPINOSA³

¹ Departamento de Biología Marina
Museo de Ciencias Naturales de Tenerife (MNH). C/ Fuente Morales, 1
38003. Santa Cruz de Tenerife. Islas Canarias (España)

e-mail: avera@museosdetenerife.org

² C/ José de Zárate y Penichet nº, 11, 3ºA
38001 Santa Cruz de Tenerife. Islas Canarias (España)

³ Observatorio Ambiental de Granadilla
Edificio Puerto Ciudad, of.1B. Muelle de Enlace
38001 Santa Cruz de Tenerife. Islas Canarias (España)

DE VERA, A., F. HERNÁNDEZ, F. LOZANO SOLDEVILLA & J.M^a ESPINOSA (2017). Composition and spatio-temporal distribution of planktonic molluscs during the posteruptive stage of an underwater volcano. VULCANO Project. *VIERAEA* 45: 127-158.
<https://doi.org/10.31939/vieraea.2017.45.08>

RESUMEN: Se llevó a cabo una caracterización espacio temporal, a lo largo del año de duración del estudio, de la comunidad de moluscos planctónicos que habita las aguas de la isla de El Hierro (islas Canarias), y de las diferencias estacionales en su composición y estructura, teniendo en cuenta el factor de perturbación externa que supuso la erupción submarina costera acaecida en esa isla en el año 2011. Para ello, se compararon los resultados obtenidos en las tres campañas desarrolladas durante el proyecto VULCANO (CTM2012-36317) en la primavera y otoño de 2013 y la primavera de 2014. La comparación de estaciones intracampañas según diferentes características (costeras-oceánicas, expuestas-sotavento) no reveló diferencias en estructura y composición de especies, mientras que sí se observaron en la serie temporal al comparar las diferentes campañas. También se establecieron afinidades de algunas especies a determinados valores de temperatura y salinidad. Los resultados obtenidos no permiten concluir que la erupción submarina haya afectado de forma significativa a la comunidad malacoplanctónica de la Isla, al no apreciarse diferencias significativas en la estructura de las comunidades estudiadas a lo largo del proyecto.

Palabras clave: moluscos, zooplancton, islas Canarias, El Hierro, erupción, vulcanismo.

ABSTRACT: A spatio-temporal characterization was carried out throughout the study year of the community of planktonic molluscs inhabiting the waters of the island of El Hierro (Canary Islands), and of the seasonal differences in composition and structure, taking into account the external disturbance factor caused by the coastal submarine eruption that occurred in that island in 2011. For this, the results obtained were compared in the three cruises developed during the VULCANO project (CTM2012-36317) in the spring and autumn of 2013 and the spring of 2014. The comparison of intracruise stations according to different characterizations (coastal-oceanic, exposed-leeward) did not reveal differences in structure and composition of species, whereas they were observed in the time series when comparing the different cruises. Affinities of some species were also established at certain temperature and salinity values. The results obtained do not allow to conclude that the submarine eruption has significantly affected the malacoplankton community of the island, as there were no significant differences in the structure of the communities studied during the project.

Keywords: molluscs, zooplankton, Canary Islands, El Hierro, eruption, volcanism.

INTRODUCCIÓN

En julio de 2011, las estaciones sísmicas del Instituto Geográfico Nacional situadas en El Hierro comienzan a registrar una actividad sísmica superior a la habitual. Durante los siguientes tres meses se sucedieron más de 10 000 terremotos y una deformación de la corteza terrestre de 5 cm (Fraile-Nuez *et al.*, 2012), considerándose por la comunidad científica como preludio de un episodio vulcanológico. Los tremores volcánicos registrados el 11 de octubre de 2011 definieron el comienzo del proceso eruptivo en forma de emisión magmática submarina localizada a casi dos kilómetros al sur de la localidad costera de La Restinga (López *et al.*, 2012), más de 40 años después de la última actividad volcánica registrada en Canarias, el volcán del Teneguía en la isla de La Palma (1971).

La expulsión de magma provocó diversos episodios significativos de acidificación y fertilización oceánica a lo largo del suroeste y noroeste de la isla, que afectaron a toda la columna de agua. Durante los siguientes meses se pudo observar un cambio en la coloración oceánica en superficie debido a las altas temperaturas y a la emisión de gases y partículas volcánicas (fig. 1), incluyendo numerosos burbujeos superficiales de más de 10 metros de altura (Santana-Casiano *et al.*, 2013).

De los eventos geológicos que se sucedieron durante los días siguientes, cabe destacar la aparición de fragmentos de roca flotantes en superficie de naturaleza inédita, formadas por un material blanco poroso, compuesto por sedimentos ricos en sílice procedentes del continente africano, envueltos por una corteza negra basanítica (fig. 2), emitidas únicamente durante los primeros días de la erupción y denominadas *restingolitas* (Troll *et al.*, 2011; Pérez-Torrado *et al.*, 2012).



Fig. 1.- Fotografía tomada el 12 de febrero de 2012 por el Advanced Land Imager (ALI), a bordo del satélite Earth Observing-1 (EO-1) de la NASA, en la que se observa la pluma de decoloración causada por la emisión magnmática del volcán submarino al sur de La Restinga (El Hierro).

Estas anomalías físico-químicas generaron un gran impacto en las comunidades peágicas locales. No se detectaron peces en la zona afectada por el volcán y durante los días siguientes numerosos ejemplares flotaban muertos en la superficie. La abundancia de bacterias heterótrofas aumentó drásticamente en las proximidades de las zonas afectadas por las emisiones volcánicas, hecho habitual en ecotipos sometidos a condiciones alteradas (Fraile-Nuez *et al.*, 2012).



Fig. 2.- Restingolita recogida durante la primera fase eruptiva del volcán submarino, perteneciente a las colecciones de Geología del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife. Código de colección: TFMCRM5349/1.

El 23 de octubre, el personal científico del Instituto Español de Oceanografía a bordo del B/O Ramón Margalef (IEO) emprendió el primer levantamiento batimétrico en la zona afectada, encontrando un volcán activo a una profundidad de 350 m en las coordenadas geográficas 27°37'07"N y 17°59'28"W. Localizado en una grieta con la lava fluyendo hacia el suroeste, tenía 650 m de ancho y su pico estaba situado a 220 m bajo el nivel del mar. En enero de 2012, el cono había subido a una profundidad de 130 m y en febrero alcanzó su máxima altura, a 88 m bajo el nivel del mar (Santana-Casiano *et al.*, 2013).

Las propiedades físico-químicas del agua en el entorno eruptivo continuaron mostrando variaciones significativas en sus valores habituales, tanto en salinidad como en temperatura. Paralelamente, durante los siguientes cinco meses, el CO₂ mantuvo valores altos y el pH disminuyó hasta 6,2; casi 2 puntos por debajo de los niveles habituales (Fraile-Nuez *et al.*, 2012). También se detectaron cambios en la concentración de compuestos de azufre y hierro.

Además del CO₂ disuelto (Busch *et al.*, 2014; Manno *et al.*, 2017) es el pH uno de los factores oceanográficos que mayor afección genera en el grupo de animales objeto de este estudio, pues actúa de forma directa en los procesos de precipitación de carbonatos para la formación de la concha, pudiéndose apreciar procesos de degradación bajo condiciones de acidificación oceánica (Gazeau *et al.*, 2013; Busch *et al.*, 2014; Berdnaršec & Ohman, 2015; Berdnaršec *et al.*, 2013 y 2014; Orr *et al.*, 2005; Lischka *et al.*, 2013). Se ha contrastado,

en entornos alterados por emisiones magmáticas y característicamente ácidos, que los moluscos son uno de los principales grupos zoológicos con mayor índice de detención del crecimiento y mortalidad (Hall-Spencer *et al.*, 2008).

El episodio eruptivo de mayor magnitud ocurrió el 5 de noviembre, momento en el que se midieron niveles elevados de carbono inorgánico disuelto y un descenso acusado del pH, desde la base del volcán hasta las aguas superficiales. En abril de 2012 el proceso eruptivo finalmente se detuvo, y el pH en la columna de agua completa se estabilizó con valores típicos de la región canaria, fuera de la zona afecta por el volcán. Los valores anómalos sólo se encontraron en el área entorno a un radio de 500 m alrededor del cono (Santana-Casiano *et al.*, 2013). En 2016, transcurridos casi cinco años de investigaciones, el Instituto Español de Oceanografía propone al Instituto Hidrográfico de la Marina que se acuñe oficialmente el nombre de volcán *Tagoro* —término de origen bereber que hace referencia al lugar de reunión de los antiguos aborígenes canarios formado por un recinto circular de piedras— para denominar a esta nueva estructura geológica.

El hecho de ser el único volcán submarino monitoreado desde su génesis en todo el territorio nacional, fomentó que en 2012 se pusiera en marcha el ambicioso proyecto de investigación VULCANO (*Volcanic eruption at El Hierro Island. Sensitivity and Recovery of the Marine Ecosystem*), bajo el amparo del Plan Nacional de I+D+i y con el objetivo principal de cuantificar el grado de afección del proceso eruptivo sobre el ecosistema marino de la isla de El Hierro, mediante la caracterización físico-química, biológica y geológica del medio. Los objetivos específicos se detallan a continuación:

1. Caracterizar el ecosistema pre y post proceso eruptivo.
2. Estudiar la variabilidad espacio-temporal de propiedades físicas, químicas y biogeoquímicas de El Hierro, desde los 2000 m de profundidad hasta la superficie.
3. Evaluar el impacto del proceso eruptivo sobre los niveles tróficos inferiores.
4. Caracterización fisiográfica, morfológica y estructural de los fondos marinos asociados a emisiones submarinas y zonas adyacentes.
5. Integración de datos en redes existentes, implementación GIS y difusión mediante visores.

El proyecto VULCANO, organizado por el Centro Oceanográfico de Canarias del Instituto Español de Oceanografía (IEO), tuvo como colaboradores a la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, La Universidad de La Laguna, el Banco Español de Algas y el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife y fue financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y los fondos FEDER de la Unión Europea (CTM-2012-36317).

Entre las tareas multidisciplinares que se plantearon, y que incluyeron análisis físicos, químicos, geológicos y biológicos, se llevaron a cabo arrastres pelágicos para evaluar el impacto del proceso eruptivo sobre la distribución, composición y biomasa del mesozooplancton mediante la caracterización de los componentes de la comunidad planctónica de la zona afectada y aguas adyacentes. En el presente capítulo se aborda el análisis malacológico de las muestras recogidas durante las campañas realizadas y se aportan datos sobre la distribución temporal de los moluscos holopláncticos a lo largo del año de estudio, y la posible influencia del proceso eruptivo en su composición y abundancia.

MATERIAL Y METODOLOGÍA

Características de los muestreos

A lo largo de la duración del proyecto VULCANO se realizaron tres campañas de investigación y recogida de muestras en 61 estaciones planificadas en el proyecto, situadas en aguas adyacentes a la isla de El Hierro y repartidas en sus tres vertientes geográficas, con profundidades que varían entre 75 —boca del volcán— y 2000 m —talud insular—. Se han utilizado las muestras procedentes de las pescas planctónicas y los datos oceanográficos de salinidad y temperatura obtenidos durante las diferentes campañas utilizando un CTD Sea-Bird SBE 9.

De forma más específica, se diseñó un muestreo complementario en submalla de alta resolución (fig.3) sobre el cono del volcán Tagoro —estaciones numeradas de 50 a 60—, con la finalidad de cuantificar con mayor precisión los parámetros físico-químicos y biológicos del cono volcánico.

Los diferentes diseños de campaña e imprevistos surgidos durante el desarrollo del trabajo oceanográfico, generaron un patrón de toma de muestras planctónica particular, cuyas características se detallan en la tabla I.

Para la recogida de muestras se utilizó una red WP2-triple con una luz de malla de 200 µm y diámetro de boca de 56 cm, equivalente a un área de apertura de 0,25 m². Se colocaron flujómetros incorporados a cada unidad, que están situadas en el mismo plano horizontal. Como resultado, se obtuvieron tres réplicas de cada lance, identificadas numéricamente y tratadas individualmente. Para el cálculo de volumen de agua filtrada se aplicó una disminución al total teórico teniendo en cuenta la eficiencia de filtración de este tipo de red, estimada en un 94% (Tranter & Smith, 1968).

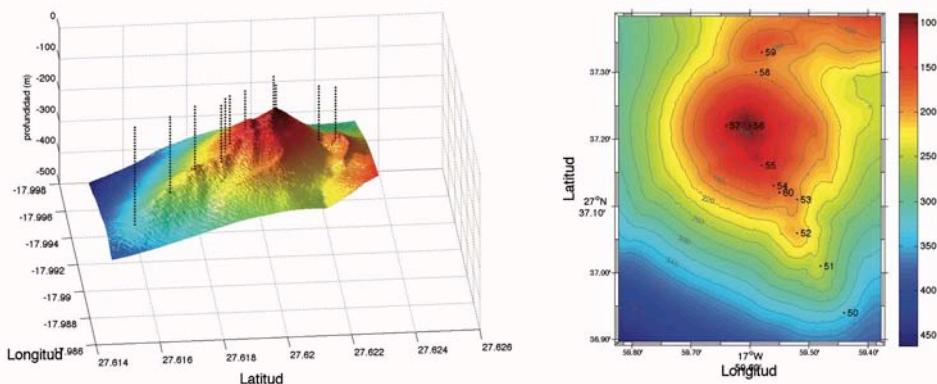


Fig. 3.- Infografía de la batimetría y posición de las estaciones pertenecientes a la submalla de muestreo del proyecto VULCANO.

VULCANO 0313

Durante la primera campaña de VULCANO, realizada del 23 de marzo al 6 de abril de 2013, se recogió un total de 44 muestras de plancton (fig. 4.A), 10 de ellas pertenecientes a la submalla, a bordo del B/O *Ramón Margalef*, y una réplica en la estación 56 (56B). Además, se analizaron los parámetros físico-químicos correspondientes. También se llevaron a cabo nuevos sondeos batimétricos del lecho marino para determinar posibles cambios en la orografía del fondo.

VULCANO 1013

En la segunda campaña del proyecto VULCANO, desarrollada del 26 de octubre al 11 de noviembre de 2013 a bordo del B/O *Ángeles Alvariño*, solo se realizaron muestreos de plancton en 23 estaciones con sus correspondientes análisis físico-químicos —8 de la submalla—, debido al plan de campaña y a las condiciones meteorológicas adversas (fig. 4.B). Se realizó una réplica en el muestreo de la estación 14 (14B).

De la misma forma, se continuó con la realización de nuevos mapas batimétricos del fondo marino y se colocó la boyta VULCANO, equipada para enviar información en tiempo real de las diferentes variables oceanográficas registradas en el entorno del volcán submarino de El Hierro.

VULCANO 0314

La tercera y última campaña del proyecto se llevó a cabo del 4 al 24 de marzo de 2014, a bordo del B/O *Ángeles Alvariño*. Junto a la toma de medidas de parámetros físico-químicos, se pudieron recolectar 34 muestras de plancton —solo una de la submalla— además de continuar con las labores de batimetria del fondo oceánico (fig. 4C).

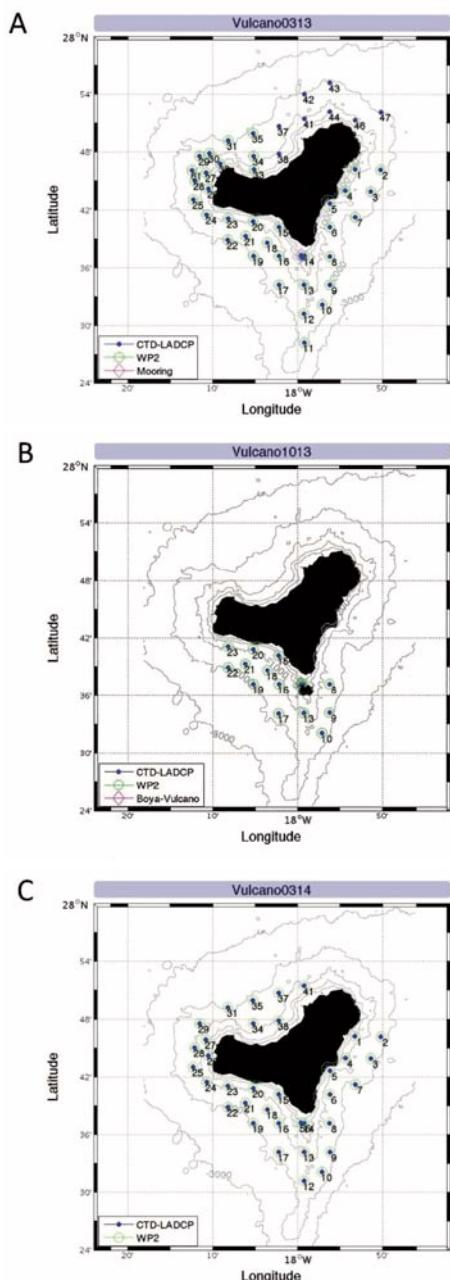


Fig. 4.- Localización y características de las estaciones muestreadas durante las campañas del proyecto VULCANO. A: 0313; B: 1013; C: 0314.

Tabla I.- Relación, localización y profundidad de arrastre de los muestrados planctónicos realizados durante las tres campañas del proyecto VULCANO.

VULCANO 0313												
Estación	1			2			3			4		
	Lat (°W)	17,8471	17,8370	17,8363	17,8365	17,8366	17,8370	17,8366	17,8370	17,8365	17,8366	17,8370
	Lat (°N)	27,7780	27,7665	27,7716	27,7733	27,7710	27,7690	27,7683	27,7690	27,7683	27,7683	27,7690
	Prof. del arrastre	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Estación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Lat (°W)	17,8571	17,8370	17,8363	17,8365	17,8366	17,8366	17,8366	17,8366	17,8366	17,8366	17,8366	
Lat (°N)	27,7780	27,7665	27,7716	27,7733	27,7710	27,7690	27,7683	27,7690	27,7683	27,7683	27,7690	
Prof. del arrastre	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
Estación	8	9	10									
Lat (°W)	17,8571	17,8370	17,8363									
Lat (°N)	27,7780	27,7665	27,7716									
Prof. del arrastre	200	200	200									

VULCANO 1013												
Estación	1			2			3			4		
	Lat (°W)	17,8472	17,8370	17,8362	17,8362	17,8362	17,8367	17,8367	17,8367	17,8367	17,8367	17,8370
	Lat (°N)	27,7770	27,7665	27,7717	27,7737	27,7710	27,7690	27,7683	27,7690	27,7683	27,7683	27,7690
	Prof. del arrastre	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Estación	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Lat (°W)	17,9063	17,9266	17,8896	17,8896	17,8965	17,9270	17,8656	18,0368	18,0370	18,0370	18,0370	
Lat (°N)	27,7528	27,7510	27,7510	27,7510	27,7510	27,7510	27,7510	27,6195	27,6195	27,6195	27,6195	
Prof. del arrastre	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
Estación	12	13										
Lat (°W)	17,9873	17,9873										
Lat (°N)	27,7198	27,7568										
Prof. del arrastre	200	200										

VULCANO 0314												
Estación	1			2			3			4		
	Lat (°W)	17,8472	17,8370	17,8362	17,8362	17,8362	17,8367	17,8367	17,8367	17,8367	17,8367	17,8370
	Lat (°N)	27,7770	27,7665	27,7717	27,7737	27,7710	27,7690	27,7683	27,7690	27,7683	27,7683	27,7690
	Prof. del arrastre	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Estación	12	13										
Lat (°W)	17,9873	17,9873										
Lat (°N)	27,7198	27,7568										
Prof. del arrastre	200	200										

VULCANO 1013												
Estación	1			2			3			4		
	Lat (°W)	17,8472	17,8370	17,8362	17,8362	17,8362	17,8367	17,8367	17,8367	17,8367	17,8367	17,8370
	Lat (°N)	27,7770	27,7665	27,7717	27,7737	27,7710	27,7690	27,7683	27,7690	27,7683	27,7683	27,7690
	Prof. del arrastre	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Estación	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	61	
Lat (°W)	17,9063	17,9266	17,8896	17,8896	17,8965	17,9270	17,8656	18,0368	18,0370	18,0370	18,0370	
Lat (°N)	27,7198	27,7568	27,7618	27,7618	27,7618	27,7618	27,6195	27,6195	27,6195	27,6195	27,6195	
Prof. del arrastre	200	200	180	160	130	100	80	100	120	150	165	

VULCANO VOLCÁN												
Estación	1			2			3			4		
	Lat (°W)	17,8472	17,8370	17,8362	17,8362	17,8362	17,8367	17,8367	17,8367	17,8367	17,8367	17,8370
	Lat (°N)	27,7770	27,7665	27,7717	27,7737	27,7710	27,7690	27,7683	27,7690	27,7683	27,7683	27,7690
	Prof. del arrastre	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Estación	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	61	
Lat (°W)	18,0368	18,0370	18,0395	18,0368	18,0370	18,0370	17,9940	17,9940	17,9940	17,9940	17,9940	
Lat (°N)	27,6198	27,5698	27,6198	27,6198	27,6198	27,6198	27,6195	27,6195	27,6195	27,6195	27,6195	
Prof. del arrastre	200	200	175	170	145	120	85	85	120	150	165	

VULCANO 0314												
Estación	1			2			3			4		
	Lat (°W)	17,8472	17,8370	17,8362	17,8362	17,8362	17,8367	17,8367	17,8367	17,8367	17,8367	17,8370
	Lat (°N)	27,7770	27,7665	27,7717	27,7737	27,7710	27,7690	27,7683	27,7690	27,7683	27,7683	27,7690
	Prof. del arrastre	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Estación	34	35	37	38	41							
Lat (°W)	18,0367	18,0369	18,0370	18,0368	18,0368							
Lat (°N)	27,7770	27,7665	27,7710	27,7730	27,7710							
Prof. del arrastre	200	200	200	200	200							

Estaciones muestreadas en las tres campañas

Estaciones muestreadas en dos de las campañas

Estaciones muestreadas en una sola campaña

Procesamiento de las muestras

El material planctónico recolectado en los tres proyectos fue fijado en el momento de su captura a bordo de las embarcaciones, en formalina al 4% tamponada. Una vez en el laboratorio, se individualizaron los especímenes por taxones y estación, y se transfirieron herméticamente a etanol al 70% para su posterior almacenamiento y conservación a largo plazo, según protocolos de Heymann (1981). Se analizaron todos aquellos especímenes de moluscos holoplanctónicos, incluyendo estadios larvarios y adultos. De forma complementaria, se identificaron algunos taxones de moluscos pertenecientes al meroplancton —protoconchas de bentónicos, bivalvos y gasterópodos— únicamente a nivel taxonómico de familia, siguiendo los criterios de Laursen (1981). Para los estudios morfométricos se tomó la longitud máxima de los ejemplares (Lt), excepto en los de las especies pertenecientes a la familia Pterotracheidae, que debido a su alto grado de contracción tras la fijación y el deterioro habitual debido al arrastre durante el muestreo —en ocasiones aparecen incompletos en las muestras—, la longitud medida hace referencia a la distancia entre el borde anterior de la base de la aleta y los ojos.

Todos los ejemplares analizados en el presente estudio están depositados en el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife. Los más interesantes se han individualizado y forman parte de las *Colecciones de Biología Marina del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife* (TFMC).

Análisis de datos

El análisis de los datos obtenidos se llevó a cabo mediante los análisis estadísticos se utilizaron los paquetes de software PRIMER 7 + PERMANOVA, Microsoft EXCEL 2016 con el plugin XLSTAT. Para la realización de análisis Multidimensionales no Paramétricos (nMDS), análisis clúster y análisis de Porcentaje de Similitud (SIMPER), los datos de abundancia se prepararon para estabilizar la varianza producida por valores extremos mediante transformación por medio de raíz cuadrada (Clarke *et al.*, 2014). Posteriormente se calculó la matriz de similitud mediante índice de Bray Curtis con el criterio de agrupamiento de media de grupo. Los nMDS se configuraron con 50 inicios aleatorios y un stress de 0,01 (Kruskal, 1964). Los análisis SIMPER se realizaron de una vía, con un corte para bajas contribuciones del 90%. Los análisis de Correspondencia Canónica (CCA) se llevaron a cabo teniendo en cuenta como sitios a las estaciones de muestreo, como variables cuantitativas los datos numéricos de profundidad, salinidad y temperatura, y como variable cualitativa las cotas de profundidad descritas en el capítulo 3 (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 y P9),, con 1000 permutaciones y un nivel de significancia del 5%. Para la visualización de datos oceanográficos y elaboración de perfiles se utilizó el software Ocean Data View 4.7.10.

Para cada especie se calculó su abundancia total (nº de ejemplares) y por volumen de agua (ejemplares/100 m³), teniendo en cuenta la distancia recorrida en cada arrastre -200 m en todos los casos, exceptuando la zona correspondiente a la submalla (tabla I)-.

Con los datos de las variables registradas por el CTD en cada uno de los muestreos, se elaboraron perfiles de salinidad y temperatura de 200 m de profundidad hasta superficie, que se representaron gráficamente con el software Ocean Data View (fig. 8).

Con la información resultante de las matrices por campaña de abundancia de ejemplares por estación (tabla II) y por 100m³ (tabla III), se realizaron análisis multidimensionales no paramétricos (nMDS), de similitudes (ANOSIM), de porcentajes de similitud (SIMPER) y de correspondencia canónica (CCA) para determinar si existen diferencias significativas mediante las siguientes comparativas:

1. Intracampañas: mediante la asignación de los siguientes factores a cada una de las estaciones muestreadas:
 - a. Estaciones costeras (fondo<1000 m): 1, 4, 5, 14, 15, 20, 23, 24, 26, 27, 32, 33, 38, 41, 44, 46, 50-60; estaciones oceánicas (fondo>1000 m): 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 25, 28, 29, 30, 31, 34, 35, 37, 42, 43, 47, 61.
 - b. Estaciones expuestas a la corriente dominante (NNE) con las localizadas a so-tavento (SO), caracterizadas por estar influenciadas por el efecto masa de isla (Hernández-León, 1986).
2. Intercampañas: mediante la comparación de los resultados de las campañas entre sí (0313-1013, 1013-0314, 0313-0314), utilizando para ello únicamente las estaciones coincidentes entre ellas.
3. Ambiental: con los datos de las variables ambientales de salinidad y temperatura registradas a la profundidad media de cada muestreo —a 100 m para los arrastres generales y a la mitad de cada uno de los realizados en la submalla.

Por último, con los datos de morfometría se elaboró la matriz de longitudes medias y su desviación estándar para cada especie identificada (tabla XIII), referida a la longitud máxima de los ejemplares (Lt), excepto en los de las especies pertenecientes a la familia Pterotracheidae, que debido a su alto grado de contracción tras la fijación y el deterioro habitual debido al arrastre durante el muestreo —apareciendo, en ocasiones, incompletos en las muestras—, la longitud medida hace referencia a la distancia entre el borde anterior de la base de la aleta y los ojos.

RESULTADOS

Se analizaron 2574 ejemplares de moluscos planctónicos recolectados en 118 muestras (44 pertenecientes a la campaña 0313, 23 a la 1013, y 34 a la 0314). De ellas, 16 estaciones coincidieron en las tres campañas, 23 solo en dos y 9 se muestrearon en una única campaña. Los resultados se resumen en la tabla II y se especifican en las tablas IV-VIII. Se realizaron perfiles de salinidad y temperatura a partir de los datos del CTD y se representaron en tres transectos —norte, sur y este— para las campañas 0313 y 0314, y un transecto —sur—, correspondiente a la única zona muestreada para la campaña 0314 (fig. 5).

Tabla II.- Número de muestras, ejemplares y taxones analizados durante el presente estudio, desglosados por cada campaña de VULCANO (0313, 1013 y 0314).

CAMPAÑA	MUESTRAS	EJEMPLARES	TAXONES
0313	44	932	31
1013	23	321	21
0314	34	1321	31
TOTAL	101	2574	

Fig. 5.- Perfiles de salinidad y temperatura representados en tres transectos —señalados en rectángulo rojo sobre el mapa de la isla—, norte, sur y este, para las campañas 0313 y 0314, y un transecto sur para la campaña 0314.

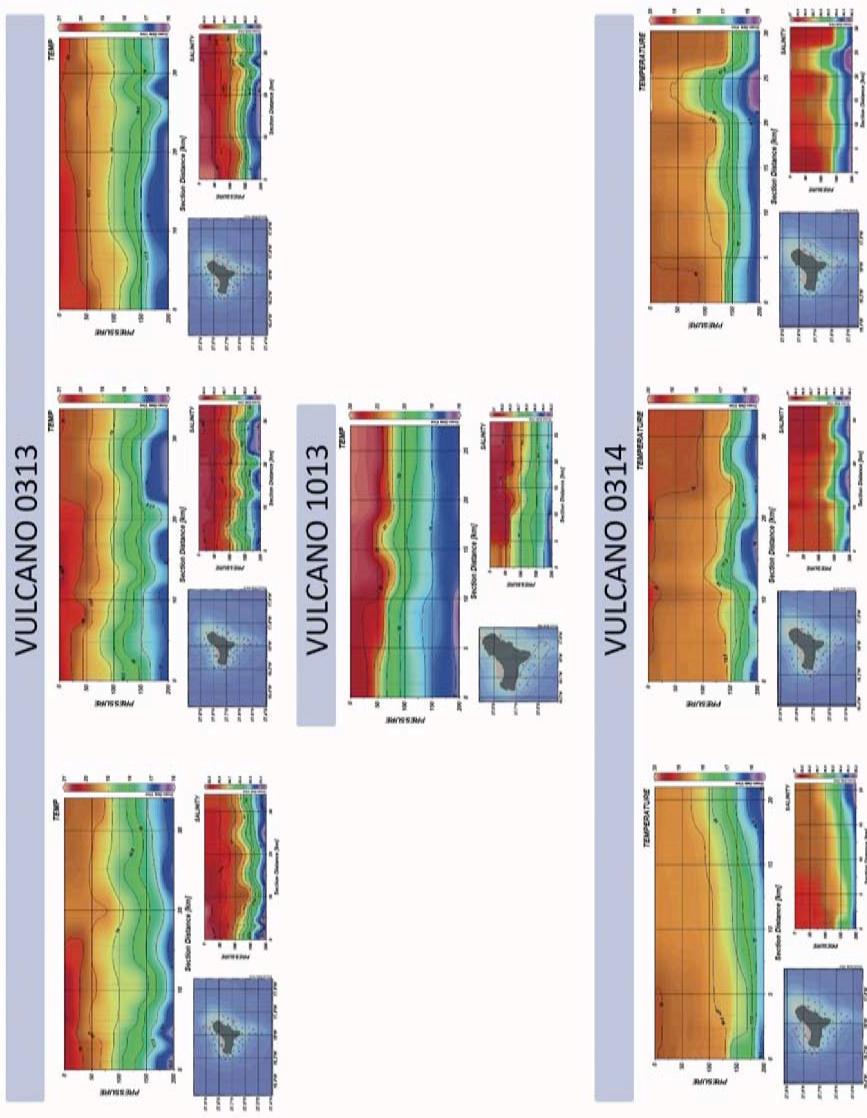


Tabla III.- Abundancia de ejemplares por especie y estación muestreada durante la campaña VULCANO 0313. P. de Atl.= protoconcha de Atlantidae; P. de bent.= protoconcha de molusco bentónico; P. de Cav.= protoconcha de Cavolinioidea.

Tabla IV.- Abundancia de ejemplares por $100m^3$ para cada especie y estación muestrada durante la campaña VULCANO 0313 (continúa sig. pág.).

Tabla IV (continuación)

Tabla V.- Abundancia de ejemplares por especie y estación muestreada durante la campaña VULCANO 1013.

	VULCANO 1013																					
ESPECIE/ESTACIÓN	8	9	10	13	14	14B	15	16	17	18	19	20	21	22	23	50	51	52	53	54	55	56
<i>Atlanta helicinaidea</i>	1						1															
<i>Atlanta peronii</i>													1									
<i>Cephalopryge trematoides</i>																	1					
<i>Crescis clava</i>	2	2															1	3	1		1	
<i>Crescis conica</i>																						
<i>Crescis virgula</i>																	1					
<i>Cymbuliidae</i>	2																1	1	2			
<i>Desmopterus papilio</i>	1	1	2														2	2	1			
<i>Diacria danae</i>																					1	
<i>Firoloida desmarestia</i>																						
<i>Heliconoides inflatus</i>	3			3	3											1	2	2	7	7	1	
<i>Limacina bulimoides</i>	13	1	3		2	13										11	3	1	17	8	12	3
<i>Limacina lesueuri</i>																	2					
<i>Protatlanta souleyeti</i>																1						
P. de Atl.	2	6	1	1	1	2										2	1	4	3	1	1	
P. de bent.	1	3		2	1	1										1	4	1	1	1	3	
P. de bent. (Ranellidae)																	2	4	1	1		
P. de bent. (Lamellaria)																	1					
P. de bent. (bivalvo)	2		1		1											1	1	1	2			
P. de bent. (Cassidae)	2	2	1		1											3	1	2	1	1	2	
P. de Cav.																	1	2	1			
<i>Pterotrachea coronata</i>																2						
<i>Styliola subula</i>																2	2	1	1	1	1	

Tabla VI.- Abundancia de ejemplares por 100 m³ para cada especie y estación muestrada durante la campaña VULCANO 1013.

Tabla VII.- Abundancia de ejemplares por especie y estación muestrada durante la campaña VULCANO 0314.

Tabla VIII.- Abundancia de ejemplares por 100 m³ para cada especie y estación muestreada durante la campaña VULCANO 0314 (continúa sig. pág.).

VULCANO 0314																	
ESPECIE/ESTACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	15	16	17	18	19
<i>Atlanta gaudichaudii</i>	2,13	2,13			2,13	2,13		4,26									
<i>Atlanta helicinoides</i>										2,13	4,26					2,13	
<i>Atlanta inclinata</i>																	4,26
<i>Atlanta lesueuri</i>	2,13	6,38			2,13	4,26											
<i>Atlanta oligogra</i>																	
<i>Atlanta peronii</i>																	
<i>Atlanta sevagensis</i>	2,13																
<i>Cavolinia inflexa</i>									4,26								
<i>Cephalopogon trematoides</i>																	
<i>Crescis clava</i>	10,64	10,64	6,38		4,26	2,13	8,51		8,51	4,26			8,51	6,38	6,38		
<i>Crescis conica</i>	4,26	4,26											10,64	2,13	4,26		
<i>Crescis virgula</i>	6,38	4,26	19,15	2,13	6,38	2,13		2,13				2,13	8,51	4,26	2,13	4,26	
<i>Cymbuliidae</i>										2,13	4,26		2,13		4,26	8,51	
<i>Desnotteria papilio</i>	6,38		6,38		6,38	2,13		2,13					2,13		4,26	4,26	
<i>Dicaria danue</i>	2,13		2,13		2,13							2,13		2,13		4,26	
<i>Dicaria major</i>																	
<i>Firfoloidae desmarestia</i>	10,64		2,13		2,13	4,26		4,26									
<i>Heleconoides inflatus</i>	12,77				2,13				8,51	31,91			14,89	27,66	2,13	4,26	
<i>Hydrocytis striata</i>	4,26	4,26	4,26		4,26			2,13				2,13	4,26		2,13		6,38
<i>Limacina butinoides</i>	6,38	2,13	8,51	19,15	4,26	6,38	6,38	4,26	2,13		2,13	12,77			21,28	17,02	2,13
<i>Limacina lesueuri</i>			8,51		8,51				2,13	2,13	2,13	10,64		6,38	8,51	10,64	4,26
<i>Pereclo diversa</i>			2,13		2,13						2,13	2,13		4,26		2,13	
<i>Pneumodermia atlanticum</i>													2,13				
<i>Protatlanta souleyeti</i>	2,13		4,26		4,26						2,13	4,26			6,38		
P. de Atl.	8,51	12,77	6,38	29,79		2,13						8,51			2,13	8,51	
P. de bent.	6,38											2,13					
P. de bent. (Ranellidae)																	
P. de bent. (<i>Lamellaria</i>)																	
P. de bent. (bivalvo)																	
P. de bent. (Cassidae)																	
P. de Cav.																	
<i>Pterotrachea coronata</i>																	
<i>Syliola subula</i>	25,53	29,79	85,11	14,89	38,30	10,64	10,64	14,89	10,64	6,38	12,77	14,89	29,79	10,64	23,40	19,15	51,06

Tabla VIII (continuación)

Tabla IX.- Resultados de los ANOSIM realizados en los que se compara la composición y abundancia de las estaciones costeras con las oceánicas y expuestas y a sotavento de la isla para campaña, y las tres estaciones entre sí, en grupos de dos. Con asterisco (*) se señalan los valores *p* con significación estadística.

CAMPAÑA	R	Valor-p
0313 (COS-OCE)	0,041	0,083
1013 (COS-OCE)	0,128	0,036
0314 (COS-OCE)	-0,03	0,609
0313 (EXP-SOT)	0,115	0,01*
1013 (EXP-SOT)	-0,038	0,521
0314 (EXP-SOT)	-0,056	0,881
0313-1013	0,28	0,01*
1013-0314	0,601	0,01*
0313-0314	0,123	0,01*

Los análisis nMDS y ANOSIM realizados para cada campaña, comparando composición y abundancia de estaciones oceánicas con estaciones costeras, y de estaciones expuestas con estaciones a sotavento, no aportaron ningún resultado concluyente (tabla IX). Los llevados a cabo comparando las tres campañas entre sí obtuvieron una distribución diferenciada (figs. 6, 7 y 8) y un *p* valor significativo (tabla IX). El análisis de porcentajes de similitud (SIMPER) determinó las principales especies que contribuyeron a las diferencias

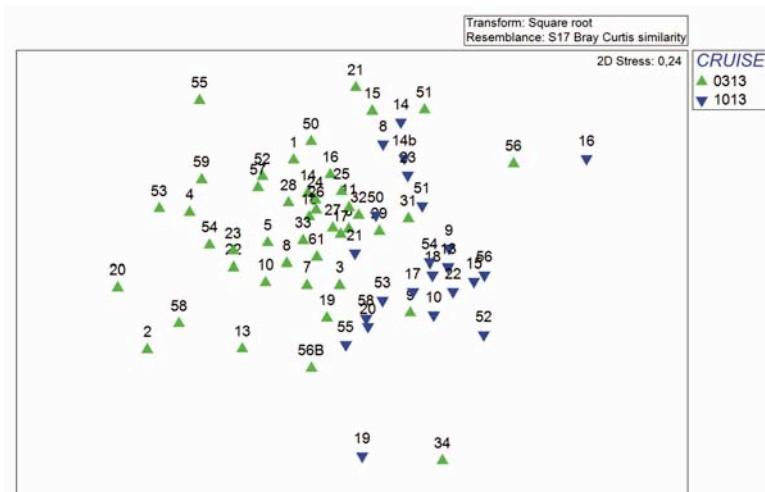


Fig. 6.- Representación del análisis multidimensional (nMDS) en el que se compara la composición y abundancia de las especies identificadas durante las campañas 0313 y 1013.

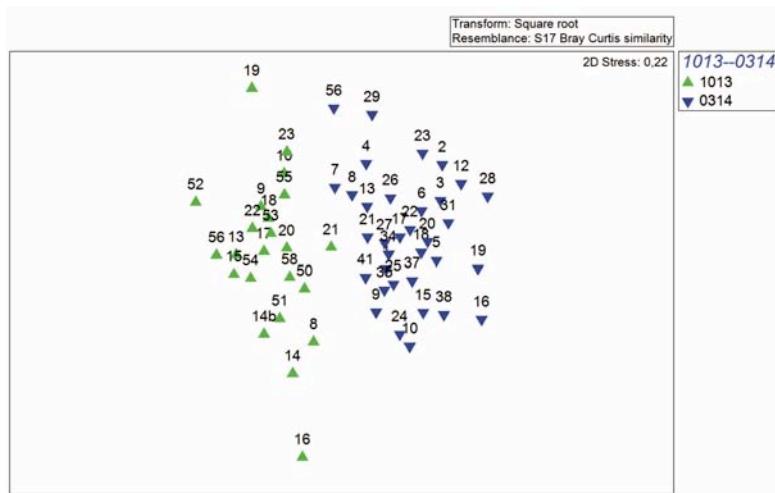


Fig. 7.- Representación del análisis multidimensional (nMDS) en el que se compara la composición y abundancia de las especies identificadas durante las campañas 1013 y 0314.

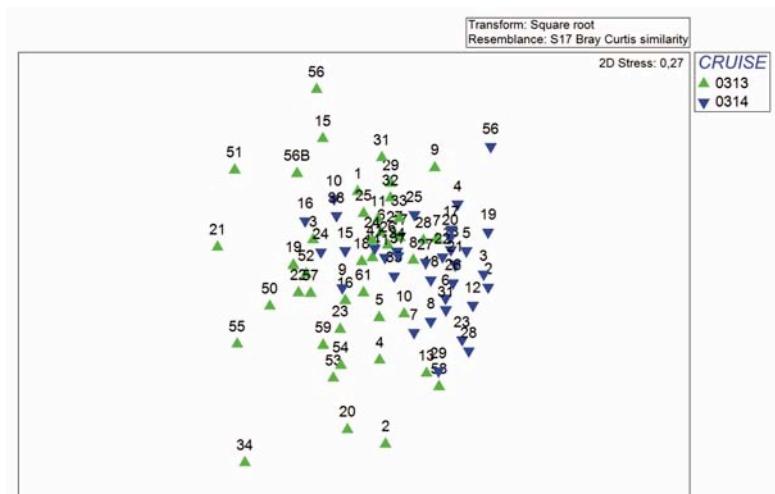


Fig. 8.- Representación del análisis multidimensional (nMDS) en el que se compara la composición y abundancia de las especies identificadas durante las campañas 0313 y 0314.

interestaciones, detallados en las tablas X (0313-1013), XI (1013-0314) y XII (0313-0314). De los CCA realizados, únicamente obtuvo significación estadística el de la campaña 0313 ($p=0,004$) (fig. 9), explicando el eje 1 y 2 el 100% de los resultados. Se realizó la morfometría de cada ejemplar, obteniendo valores de longitud media y su desviación estándar (tabla XIII).

Tabla X.- Resultados del análisis de porcentajes de similitud para las especies recolectadas en la campaña VULCANO 0313.

SIMPER 0313-1013					
Especie	Grupo 0313 (Sim. media: 40,61)				
	Ab. media	Sim. media	Sim/SD	Contrib%	Acum.%
<i>Styliola subula</i>	0,24	11,53	1,22	28,39	28,39
<i>Heliconoides inflatus</i>	0,2	7,9	1	19,44	47,84
P. de bent.	0,19	5,38	0,73	13,26	61,1
<i>Limacina bulimoides</i>	0,17	4,92	0,78	12,11	73,21
P. de Atl.	0,15	2,92	0,53	7,2	80,41
P. de Cav.	0,1	1,92	0,41	4,73	85,14
<i>Creseis clava</i>	0,08	1,12	0,36	2,77	87,91
<i>Atlanta peronii</i>	0,06	1,04	0,34	2,56	90,47

Especie	Grupo 1013 (Sim. media: 44,32)				
	Ab. media	Sim. media	Sim/SD	Contrib%	Acum.%
<i>Limacina bulimoides</i>	0,32	18,87	1,43	42,58	42,58
P. de bent.	0,23	14,6	1,52	32,93	75,52
P. de Atl.	0,11	3,75	0,57	8,47	83,98
<i>Desmopterus papilio</i>	0,08	2,5	0,44	5,65	89,63
<i>Heliconoides inflatus</i>	0,1	2,17	0,38	4,9	94,53

Especie	Grupos 0313 y 1013 (Dif. media= 67,06)				
	Ab. media	Sim. media	Dif. media	Dis/SD	Contrib%
<i>Limacina bulimoides</i>	0,17	0,32	10,08	1,26	15,03
<i>Styliola subula</i>	0,24	0,05	8,63	1,36	12,87
P. de bent.	0,19	0,23	7,54	1,13	11,25
<i>Heliconoides inflatus</i>	0,2	0,1	7,12	1,23	10,61
P. de Atl.	0,15	0,11	6,04	1,16	9,01
P. de Cav.	0,1	0,02	3,91	0,83	5,82
<i>Desmopterus papilio</i>	0,04	0,08	3,69	0,84	5,5
<i>Creseis clava</i>	0,08	0,04	3,4	0,81	5,07
<i>Limacina lesueurii</i>	0,04	0,04	2,38	0,67	3,54
<i>Atlanta peronii</i>	0,06	0,01	2,34	0,71	3,49
<i>Creseis conica</i>	0,05	0,01	2,31	0,52	3,45
<i>Diacria danae</i>	0,05	0,01	2,17	0,63	3,23
<i>Creseis virgula</i>	0,06	0,01	2,11	0,69	3,15
					92,03

Tabla XI.- Resultados del análisis de porcentajes de similitud para las especies recolectadas en la campaña VULCANO1013.

SIMPER 1013-0314					
Especie	Grupo 1013 (Sim. media: 44,13)				
	Ab. media	Sim. media	Sim/SD	Contrib%	Acum.%
<i>Limacina bulimoides</i>	0,32	18,87	1,43	42,76	42,76
P. de bent.	0,23	14,41	1,53	32,65	75,41
P. de Atl.	0,11	3,75	0,57	8,5	83,92
<i>Desmopterus papilio</i>	0,08	2,5	0,44	5,67	89,59
<i>Heliconoides inflatus</i>	0,1	2,17	0,38	4,92	94,51

Especie	Grupo 0314 (Sim. media: 48,36)				
	Ab. media	Sim. media	Sim/SD	Contrib%	Acum.%
<i>Styliola subula</i>	0,41	13,69	2,78	28,31	28,31
<i>Limacina bulimoides</i>	0,21	5,41	1,16	11,19	39,51
<i>Creseis virgula</i>	0,16	4,11	1,08	8,51	48,01
<i>Creseis clava</i>	0,16	3,82	0,77	7,9	55,92
P. de bent.	0,21	3,63	0,78	7,5	63,42
P. de Cav.	0,18	2,98	0,59	6,16	69,58
<i>Limacina lesueuri</i>	0,15	2,73	0,68	5,64	75,22
<i>Desmopterus papilio</i>	0,12	2,41	0,68	4,98	80,2
P. de Atl.	0,13	1,9	0,57	3,92	84,12
<i>Heliconoides inflatus</i>	0,15	1,83	0,41	3,79	87,91
<i>Firoloida desmarestia</i>	0,08	1,37	0,49	2,84	90,75

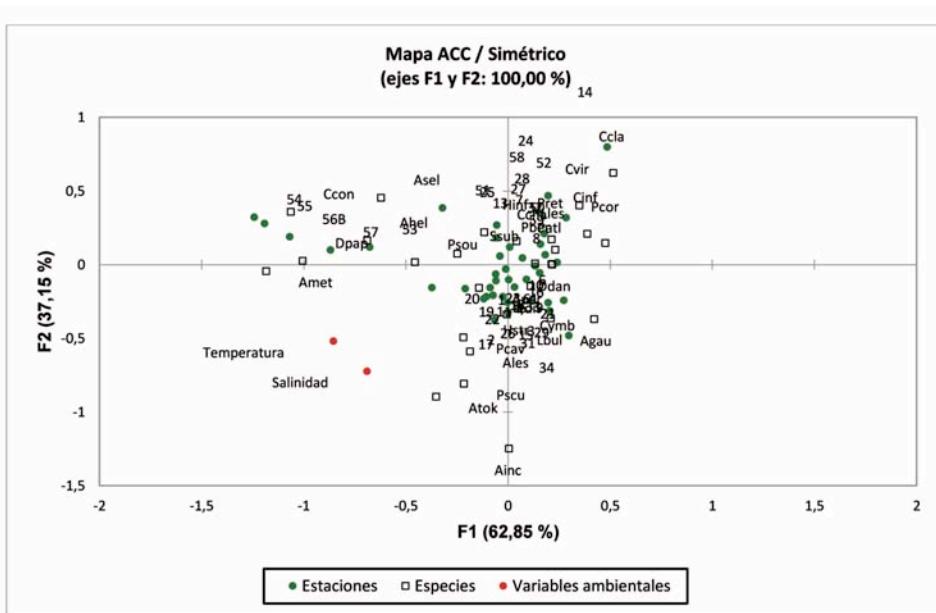
Especie	Grupos 1013 y 0314 (Dif. media= 69,07)					
	Grupo 1013		Grupo 0314			
Ab. media	Sim. media	Dif. media	Dis/SD	Contrib%	Acum.%	
<i>Styliola subula</i>	0,05	0,41	10,75	2,17	15,56	15,56
<i>Limacina bulimoides</i>	0,32	0,21	6,26	1,34	9,07	24,63
P. de bent.	0,23	0,21	5,86	1,12	8,48	33,11
<i>Heliconoides inflatus</i>	0,1	0,15	5,13	0,95	7,43	40,54
P. de Cav.	0,02	0,18	4,99	1,03	7,22	47,76
<i>Creseis clava</i>	0,04	0,16	4,81	1,09	6,96	54,72
<i>Creseis virgula</i>	0,01	0,16	4,53	1,42	6,56	61,28
<i>Limacina lesueuri</i>	0,04	0,15	4,07	1,14	5,89	67,17
P. de Atl.	0,11	0,13	3,92	1,12	5,67	72,84
<i>Desmopterus papilio</i>	0,08	0,12	3,44	1,08	4,98	77,83
<i>Firoloida desmarestia</i>	0,01	0,08	2,5	0,86	3,62	81,45
<i>Protatlanta souleyeti</i>	0,01	0,07	2,3	0,7	3,34	84,78
Cymbuliidae	0,03	0,07	2,23	0,8	3,23	88,01
<i>Diacria danae</i>	0,01	0,07	2,06	0,87	2,99	91

Tabla XII.- Resultados del análisis de porcentajes de similitud para las especies recolectadas en la campaña VULCANO 0314.

SIMPER 0313-0314					
Especie	Grupo 0313 (Sim. media: 37,88)				
	Ab. media	Sim. media	Sim/SD	Contr.%	Acum. %
<i>Styliola subula</i>	0,24	10,21	1,21	26,95	26,95
<i>Heliconoides inflatus</i>	0,2	7,04	0,98	18,58	45,53
P. de bent.	0,19	4,79	0,72	12,65	58,18
<i>Limacina bulimoides</i>	0,17	4,33	0,77	11,43	69,61
P. de Atl.	0,15	2,59	0,52	6,83	76,44
P. de Cav.	0,1	1,74	0,41	4,6	81,04
<i>Peracle diversa</i>	0,07	1,06	0,39	2,81	83,85
<i>Creseis clava</i>	0,08	1	0,36	2,65	86,49
<i>Atlanta peronii</i>	0,06	0,97	0,33	2,55	89,04
<i>Creseis virgula</i>	0,06	0,75	0,34	1,98	91,02

Especie	Grupo 0314 (Sim. media: 46,30)				
	Ab. media	Sim. media	Sim/SD	Contr.%	Acum. %
<i>Styliola subula</i>	0,41	12,81	2,79	27,66	27,66
<i>Limacina bulimoides</i>	0,21	5,08	1,15	10,97	38,63
<i>Creseis virgula</i>	0,16	3,84	1,08	8,29	46,91
<i>Creseis clava</i>	0,16	3,57	0,77	7,71	54,62
P. de bent.	0,21	3,43	0,78	7,41	62,03
P. de Cav.	0,18	2,8	0,59	6,05	68,08
<i>Limacina lesueurii</i>	0,15	2,57	0,68	5,54	73,62
<i>Desmopterus papilio</i>	0,12	2,25	0,68	4,87	78,49
P. de Atl.	0,13	1,79	0,57	3,87	82,36
<i>Heliconoides inflatus</i>	0,15	1,73	0,41	3,75	86,1
<i>Peracle diversa</i>	0,08	1,27	0,51	2,74	88,85
<i>Diacria danae</i>	0,07	1,01	0,47	2,17	91,02

Especie	Grupos 0313 y 0314 (Dif. media= 61,96)					
	Grupo 0313	Grupo 0314	Dif. med.	Dis/SD	Contr.%	
Ab. media	Sim. media			Acum. %		
P. de bent.	0,19	0,21	5,16	1,02	8,33	8,33
<i>Styliola subula</i>	0,24	0,41	5,14	1,11	8,29	16,62
<i>Heliconoides inflatus</i>	0,2	0,15	5,02	1,26	8,1	24,73
P. de Cav.	0,1	0,18	4,32	1,1	6,97	31,7
<i>Limacina bulimoides</i>	0,17	0,21	4,24	1,33	6,85	38,55
<i>Creseis clava</i>	0,08	0,16	3,98	1,06	6,43	44,97
P. de Atl.	0,15	0,13	3,93	1,13	6,34	51,32
<i>Limacina lesueurii</i>	0,04	0,15	3,42	1,09	5,51	56,83
<i>Creseis virgula</i>	0,06	0,16	3,4	1,22	5,49	62,32
<i>Desmopterus papilio</i>	0,04	0,12	2,91	1,01	4,69	67,01
<i>Peracle diversa</i>	0,07	0,08	2,24	1	3,61	70,62
<i>Protatlanta souleyeti</i>	0,04	0,07	2,24	0,77	3,61	74,23
<i>Creseis conica</i>	0,05	0,06	2,12	0,73	3,42	77,65
<i>Atlanta peronii</i>	0,06	0,06	2,05	0,87	3,31	80,96
<i>Diacria danae</i>	0,05	0,07	1,94	0,93	3,13	84,09
<i>Cymbuliidae</i>	0,01	0,07	1,7	0,73	2,74	86,83
<i>Hyalocylis striata</i>	0,03	0,06	1,6	0,72	2,57	89,41
<i>Atlanta helicinoidea</i>	0,03	0,04	1,43	0,66	2,3	91,71



Permutaciones	1000
Pseudo F	1,267
valor-p	0,004
alfa	0,050

Inercia	Valor	%
Total	2,175	100,000
Restringida	0,180	8,297
No-restringida	1,994	91,703

EJE	F1	F2
Valor propio	0,113	0,067
Inercia restringida (%)	62,845	37,155
% acumulado	62,845	100,000
Inercia total	5,214	3,083
% acumulado (%)	5,214	8,297

Fig 9.- Análisis de correspondencia canónica (CCA) entre especies y variables ambientales de salinidad y temperatura de la campaña 0313. Los nombres de las especies se representan por la primera letra del género y las tres primeras del epíteto específico —p. ej.: Atok= *Atlanta tokiokai*—.

Tabla XIII.- Resultados morfométricos —media y desviación estándar, en milímetros— de las especies identificadas durante el proyecto VULCANO, desglosados por campaña y realizados según la metodología descrita.

ESPECIE	MEDIA ± DESVIACIÓN ESTÁNDAR		
	VULCANO 0313	VULCANO 1013	VULCANO 0314
<i>Atlanta gaudichaudi</i>	1,05±0,21	-	1,00±0,14
<i>Atlanta helicinaoidea</i>	0,86±0,21	0,90±0	1,17±0,41
<i>Atlanta inclinata</i>	1,90±0	-	1,50±0,20
<i>Atlanta lesueurii</i>	1,33±0,29	-	1,08±0,52
<i>Atlanta meteori</i>	0,90±0,23	-	-
<i>Atlanta oligogyra</i>	-	-	1,12±0,24
<i>Atlanta peronii</i>	1,43±0,47	1,15±0,49	1,59±0,69
<i>Atlanta selvagensis</i>	1,15±0,14	-	1,08±0,42
<i>Atlanta tokiokai</i>	1,40±0	-	-
<i>Carinaria challengeri</i>	1,40±0	-	-
<i>Cavolinia inflexa</i>	1,98±0,65	-	4,06±3,28
<i>Creseis clava</i>	5,22±2,01	5,52±1,51	3,30±1,24
<i>Creseis conica</i>	2,30±0,65	-	1,92±0,74
<i>Creseis virgula</i>	2,48±0,95	1,20±0	1,56±0,53
<i>Desmopterus papilio</i>	2,41±0,67	2,08±0,72	2,09±0,78
<i>Diacria danae</i>	1,87±0,25	1,50±0	1,79±0,35
<i>Diacria major</i>	-	-	3,05±1,63
<i>Firoloida desmarestia</i>	-	5,50±0	3,44±4,23
<i>Heliconoides inflatus</i>	0,68±0,21	0,61±0,24	0,85±0,23
<i>Hyalocylis striata</i>	2,41±1,53	-	1,71±0,80
<i>Limacina bulimoides</i>	0,92±0,24	0,78±0,21	0,93±0,21
<i>Limacina lesueurii</i>	0,66±0,19	0,81±0,23	0,75±0,25
<i>Peracle diversa</i>	0,92±0,21	-	1,23±0,50
<i>Peracle reticulata</i>	2,40±0	-	-
<i>Pneumoderma atlanticum</i>	-	-	1,8±0
<i>Protatlanta sculpta</i>	1,30±0	-	-
<i>Protatlanta souleyeti</i>	1,04±0,24	0,75±0,07	1,18±0,32
<i>Pterotrachea coronata</i>	5,78±2,83	7,30±0,14	5,20±2,08
<i>Styliola subula</i>	2,79±0,91	2,59±1,35	1,84±0,91

DISCUSIÓN

En los análisis multidimensionales (nMDS) representados no se observaron agrupaciones significativas en las comparativas de las estaciones costeras y oceánicas en los muestreos realizados en las tres campañas, lo que parece indicar que no existen diferencias en la composición y abundancia de moluscos planctónicos, atendiendo a la profundidad del fondo. La escasa plataforma insular, existente a lo largo de toda la Isla, la dota de un marcado carácter oceánico que homogeniza la estructura de las poblaciones y especies del plancton. La presencia y abundancia de protoconchas —larvas— de moluscos bentónicos tampoco muestran diferencias entre estaciones costeras y oceánicas, así que no se puede concluir que las Islas aporten de forma significativa un número elevado de reclutamiento larvario bentónico a la malacología de la región o, al menos, que lo haga de forma que aumente su abundancia en las zonas costeras. Las larvas planctónicas de la gran mayoría de especies de moluscos bentónicos poseen una alta tasa de dispersión, debido a la alta duración de la fase planctónica gracias a estrategias metabólicas que les permiten alimentarse durante esa etapa (Scheltema, 1971a y c), pudiendo permanecer meses e incluso atravesar el Atlántico (Scheltema, 1966). Esta alta dispersión las hace ubíquistas y con poblaciones más o menos homogéneas, repartidas a lo largo de los océanos, y no guardando necesariamente una estrecha relación con el lugar en donde se produce el desove (Scheltema, 1971b; 1972).

Tampoco se observaron diferencias entre las estaciones expuestas y las situadas a sotavento de la isla en cada una de las tres campañas realizadas. El efecto masa de isla y la presencia de remolinos que generan un aumento de productividad (Barton *et al.*, 1998; 2004; Barton & Arístegui, 2004) parece influir en la abundancia total de ejemplares recolectados —aparentemente mayor en las estaciones a sotavento—, pero no en la composición específica.

En referencia a las comparaciones entre campañas, en los tres nMDS se observa una clara separación entre cada una de ellas. Durante la campaña 1013, independientemente del menor esfuerzo de muestreo realizado —traducido en un bajo número de estaciones muestreadas—, también se obtuvo un inferior número de ejemplares medio por estación (21,2 en 0313; 13,9 en 1013 y 38,9 en 1314), definiéndose por tanto el otoño menos productivo que las dos primaveras. Una posible explicación para este hecho se obtiene observando los perfiles de salinidad y temperatura (fig. 5). La marcada termoclina estacional existente en el otoño de ese año, desde los primeros 50 m, genera una fuerte estratificación de las aguas que puede limitar la presencia de algunos ejemplares y especies en la capa de muestreo, influyendo en la composición y abundancia generales (Arístegui *et al.*, 1997).

Los ANOSIM (tabla IX) indican que la mayor diferencia aparece entre otoño de 2013 y primavera de 2014 (1013-0314), debido principalmente a la poca representatividad en los muestreos de *Styliola subula* durante el otoño. Existe menos contraste entre la primavera anterior y el otoño del mismo año 2013 (0313-1013), aunque en este caso hay más especies que contribuyen a la variabilidad intercampaña, principalmente *Limacina bulimoides*, *Styliola subula*, *Heliconoides inflatus*, y las protoconchas de bentónicos. Por último, la menor diferencia se obtuvo comparando las dos primaveras (0313-0314), no observándose la variación en la dominancia de ninguna especie en concreto.

El análisis de los promedios ponderados por especie del análisis de correspondencia canónica (CCA) parece indicar que la presencia de *Creseis clava*, *Creseis virgula* y *Cavolinia inflexa* se asocia a los valores medios más bajos de salinidad de las estaciones muestreadas, mientras que *Atlanta inclinata*, *Atlanta tokikai*, *Atlanta meteori*, *Creseis conica* y *Desmopterus papilio* muestran una predilección por las localidades con temperaturas superiores. El resto de especies no parece tener predilección por valores específicos de estas dos condiciones oceanográficas, siendo más ubiqüistas a lo largo del gradiente de salinidad y temperatura.

Respecto a la morfometría (tabla XIII) de los ejemplares por especie, en relación a la longitud total, solo se obtuvieron valores similares a los observados por Hernández *et al.* (1993) para *Limacina lesueurii* (0,66 mm), e inferiores para *Styliola subula* (6 y 2,5 mm). El resto de especies analizadas en el presente estudio contribuyó con valores aparentemente mayores a los obtenidos por esos autores para las especies —*Heliconoides inflatus* (0,34 mm), *Limacina bulimoides* (0,35 mm), *Creseis clava* (2,56 mm), *Creseis virgula* (1,24 mm), *Diacria trispinosa* (1,52 mm), *Cavolinia inflexa* (1,43 mm), *Hyalocylis striata* (1,35 mm), *Protatlanta souleyeti* (0,69 mm), *Atlanta peronii* (0,82 mm), *Atlanta lesueurii* (0,52 mm), *Atlanta selvagensis* (0,39 mm), *Atlanta inclinata* (0,51 mm)—, y que se asemejan a los valores medios dados por otros autores para el Atlántico occidental (Wormelle, 1962; Moore, 1949), hecho que sugiere una madurez de las poblaciones procedentes de VULCANO similar a éstos, pero inferior a los de Hernández *et al.* (1993). Comparando la morfometría de las dos primaveras analizadas en VULCANO (2013 y 2014) se observa que, a excepción del atlántido *A. meteori*, y a las cinco especies de la familia Creseidae (*C. clava*, *C. conica*, *C. virgula*, *S. subula* y *H. striata*), los tamaños medios de la mayoría de las especies en marzo de 2014 son aparentemente superiores a los del mismo mes en 2013. No obstante, no se puede concluir que esta diferencia de tamaño se relacione con una recuperación de las poblaciones planctónicas tras los patrones de alteración sufridos por la influencia del volcán durante el proceso posteruptivo. Aunque se han detectado cambios en la migración diaria de algunas especies pelágicas y en la situación de la capa de reflexión profunda (Ariza *et al.*, 2012), la estructura y composición de la comunidad malacológica planctónica es similar en los dos muestreos primaverales de VULCANO. En este sentido, hay que tener en cuenta que las masas de agua en la que están suspendidos los organismos planctónicos están en movimiento continuo, y por ello este tipo de comunidades no son muy adecuadas para monitorear los efectos locales de una fuente de alteración particular (Clarke *et al.*, 2014).

AGRADECIMIENTOS

Los especímenes biológicos estudiados en este trabajo proceden del proyecto de investigación VULCANO, organizado por el Centro Oceanográfico de Canarias, Instituto Español de Oceanografía (IEO), y coordinado por el Dr. Eugenio Fraile Nuez, responsable de la recogida de muestras que fueron destinadas al Museo para realizar el análisis de la comunidad zooplanctónica. Agradecemos igualmente al personal de los buques de investigación oceanográfica *Ramón Margalef* y *Ángeles Alvariño* (del IEO) que hicieron posible el

desarrollo de las campañas. Este trabajo está dedicado a la memoria del profesor Dr. Ignacio Lozano Soldevilla, gran profesor, excelente científico y mejor persona, con quien tuvimos la suerte de compartir buenos momentos de trabajo, amistad y compañerismo.

BIBLIOGRAFÍA

- ARISTEGUI, J., P. TETT, A. HERNÁNDEZ-GUERRA, G. BASTERRETXEA, M. F. MONTERO, K. WILD, ... & E. D. BARTON (1997). The influence of island-generated eddies on chlorophyll distribution: a study of mesoscale variation around Gran Canaria. *Deep-Sea Research I*, 44(I): 71-96.
- ARIZA, A., S. KAARTVEDT, A. RØSTAD, J. C. GARIJO, J. ARÍSTEGUI, E. FRAILE-NUEZ & S. HERNÁNDEZ-LEÓN (2014). The submarine volcano eruption off El Hierro Island: Effects on the scattering migrant biota and the evolution of the pelagic communities. *PLoS ONE*, 9(7).
- BARTON, E.D. & J. ARÍSTEGUI (2004). The Canary Islands coastal transition zone – upwelling, eddies and filaments. *Progress in Oceanography*, 62: 67-69.
- BARTON, E. D., J. ARÍSTEGUI, P. TETT & E. NAVARRO-PÉREZ (2004). Variability in the Canary Islands area of filament-eddy exchanges. *Progress in Oceanography*, 62(2-4):71-94.
- BARTON, E. D., J. ARISTEGUI, P. TETT, M. CANTON, J. GARCÍA-BRAUN, S. HERNÁNDEZ-LEÓN, ... & K. WILD (1998). The transition zone of the Canary Current upwelling region. *Progress in Oceanography*, 41: 455-504.
- BEDNARŠEK, N. & M. D. OHMAN (2015). Changes in pteropod distributions and shell dissolution across a frontal system in the California Current System. *Marine Ecology Progress Series*, 523.
- BEDNARŠEK, N., J. MOŽINA, M. VOGT, C. O'BRIEN & G. A. TARLING (2013). Erratum: Corrigendum to “the global distribution of pteropods and their contribution to carbonate and carbon biomass in the modern ocean”. *Earth System Science Data* (2012) 4 (167-1860).
- BEDNARŠEK, N., G. A. TARLING, D. C. E. BAKKER, S. FIELDING & R. A. FEELY (2014). Dissolution dominating calcification process in polar pteropods close to the point of aragonite undersaturation. *PLoS ONE*, 9 (10).
- BUSCH, D. S., M. MAHER, P. THIBODEAUB & P. MC ELHANY (2014). Shell condition and survival of puget sound pteropods are impaired by ocean acidification conditions. *PLoS ONE*, 9(8).
- CLARKE, K.R., R. N. GORLEY, P. J. SOMERFIELD & R. M. WARWICK (2014). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, 3rd edition. PRIMER-E, Plymouth: 260pp.
- FRAILE-NUEZ, E., M. GONZÁLEZ-DÁVILA, J. M. SANTANA-CASIANO, J. ARÍSTEGUI, I. J. ALONSO-GONZÁLEZ, S. HERNÁNDEZ-LEÓN, ... & V. M. BENÍTEZ-BARRIOS (2012). The submarine volcano eruption at the island of El Hierro: physical-chemical perturbation and biological response. *Scientific Reports*, 2(1) 486.

- GAZEAU, F., L. M. PARKER, S. COMEAU, J. P. GATTUSO, W. A. O'CONNOR, S. MARTIN, ... & P. M. ROSS (2013). Impacts of ocean acidification on marine shelled molluscs. *Marine Biology*, 160 (8).
- HALL-SPENCER J. M., R. RODOLFO-METALPA, S. MARTIN, E. RANSOME, M. FINE, S. M. TURNER, S. J. ROWLEY, D. TEDESCO, & M. C. BUJA (2008). Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification. *Nature* 454: 96-99.
- HERNÁNDEZ, P., E. FERRANDIS & F. LOZANO SOLDEVILLA (1993). Pteropoda Thecosomata y Heteropoda (Mollusca, Gastropoda) en aguas del Archipiélago Canario. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 9 (2): 263-283.
- HERNÁNDEZ-LEÓN, S. (1986). *Efectos de masa de isla en aguas del archipiélago canario según estudios de biomasa y actividad del sistema de transporte de electrones en el mesopláncton*. Tesis doctoral. Facultad de Biología. Universidad de La Laguna: 402 pp.
- HEYMAN, R. (1981). Narcotisation, fixation and preservation experiments with marine zooplankton. *Verslagen en Technische gegevens* XXVIII:1-36.
- KRUSKAL, J. B. (1964): Nonmetric Multidimensional Scaling: A Numerical Method. *Psychometrika*, 2:115-129.
- LAURSEN, D. (1981). Taxonomy and distribution of teleplanic prosobranch larvae in the North Atlantic. *Dana-Report* 89: 43 p.
- LISCHKA, S., J. BÜDENBENDER, T. BOXHAMMER & U. RIEBESELL (2011). Impact of ocean acidification and elevated temperatures on early juveniles of the polar shelled pteropod *Limacina helicina*: Mortality, shell degradation, and shell growth. *Biogeosciences*, 8(4): 919-932.
- LÓPEZ, C., M. J. BLANCO, R. ABELLA, B. BRENES, V. M. CABRERA RODRÍGUEZ, B. CASAS, ... & V. VILLASANTE-MARCOS (2012). Monitoring the volcanic unrest of El Hierro (Canary Islands) before the onset of the 2011-2012
- MANNO, C., N. BEDNARŠEK, G. A. TARLING, V. L. PECK, S. COMEAU, D. ADHIKARI, ... & P. ZIVERI (2017). Shelled pteropods in peril: Assessing vulnerability in a high CO₂ ocean. *Earth-Science Reviews*, 169:132-145.
- MOORE, H. B. (1949). The Zooplankton Of The Upper Waters Of The Bermuda Area Of The North Atlantic. *Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection* 12(2): 1-97.
- ORR, J. C., V. J. FABRY, O. AUMONT, L. BOPP, S. C. DONEY, FEELY, ... & A. YOOL (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms, *Nature*, 437:681-686.
- PÉREZ-TORRADO, F. J., J. C. CARRACEDO, A. RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, V. SOLER, V. R. TROLL, & S. WIESMAIER (2012). La erupción submarina de La Restinga en la isla de El Hierro, Canarias: Octubre 2011-Marzo 2012. *Estudios Geológicos*, 68(1): 5-27.
- SANTANA-CASIANO, J. M., M. GONZÁLEZ-DÁVILA, E. FRAILE-NUEZ, D. DE ARMAS, A. G. GONZÁLEZ, J. F. DOMÍNGUEZ-YANES & J. ESCÁNEZ (2013). The natural ocean acidification and fertilization event caused by the submarine eruption of El Hierro. *Scientific Reports*, 3(1): 1140.
- SCHELTEMA, R.S. (1966). Evidence for trans-Atlantic transport of gastropod larvae belonging to the genus *Cymatium*. *Deep-Sea Res.*, 13 (1966): 83-96.

- SCHELEMA, R. S. (1971a). The dispersal of the larvae of shoal-water benthic invertebrate species over long distances by ocean currents D. J. Crisp (Ed.), Eur. Marine biol. Symp., 4th, Cambridge (1971): 7-28.
- SCHELEMA, R. S. (1971b). Larval dispersal as a means of genetic exchanges between geographically separated populations of shallow-water benthic marine gastropods. *Biol. Bull.*, 140 (2) (1971): 284-322.
- SCHELEMA, R. S. (1971c). Dispersal of phytoplanktotrophic shipworm larvae (Bivalvia: Teredinidae) over long distances by ocean currents. *Mar. Biol.*, 11 (1) (1971): 5-11.
- SCHELEMA, R. S. (1972). *Reproduction and dispersal of bottom dwelling deep-sea invertebrates: A speculative summary*, R.W. Brauer (Ed.), Baro-biology and the experimental biology of the deep sea, Univ. N. Carolina, Chapel Hill, N.C (1972):58-66.
- TRANTER, D. J. & SMITH, P. E. (1968). Filtration performance. In: *Zooplankton sampling. Monographs on Oceanographics Methodology*, Vol. 2. UNESCO ed.: 174 pp.
- TROLL, V. R., A. KLÜGEL, M.-A. LONGPRÉ, S. BURCHARDT, F. M. DEEGAN, J. C. CARRACEDO, ... & POLACCI, M. (2011). Floating sandstones off El Hierro (Canary Islands, Spain): the peculiar case of the October 2011 eruption. *Solid Earth Discussions*, 3(2): 975-999.
- WORMELLE, R. L. (1962). A survey of the standing crop of plankton of the *Florida Current*. 6. A study of the distribution of the pteropods of the *Florida Current*. *Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb.* 12: 95-136.

Fecha de recepción: 27 agosto 2017

Fecha de aceptación: 31 agosto 2017