

---

**Estado de las poblaciones de  
mesoinvertebrados en sustratos rocosos  
después de la erupción submarina en la isla  
de El Hierro**

(Status of the mesoinvertebrate populations  
on rocky substrates after the  
submarine eruption on the island of El Hierro)

---



M<sup>a</sup> VAHITIARE QUINTERO ROMERO

GRADO EN BIOLOGÍA

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

SEPTIEMBRE 2016



**SOLICITUD DE DEFENSA Y EVALUACIÓN  
TRABAJO FIN DE GRADO  
Curso Académico: 2015/2016**

**ENTRADA**

Fecha:  
Núm:

**Datos Personales**

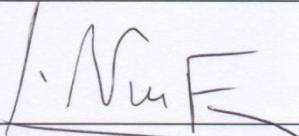
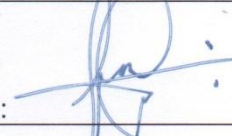
Nº DNI o pasaporte:	Nombre y Apellidos:
78592606-L	Mª Vahitiare Quintero Romero
Teléfono:	Dirección de correo electrónico:
664407979	Alu0100719369@ull.edu.es

**SOLICITA** la defensa y evaluación del Trabajo Fin de Grado

**TÍTULO**

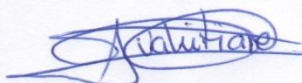
Estado de las poblaciones de mesoinvertebrados en sustratos rocosos después de la erupción submarina en la isla de El Hierro

**Autorización para su depósito, defensa y evaluación**

<b>D./Dña. Jorge A. Núñez Fraga</b>	
<b>Profesor/a del Departamento del Laboratorio de Bentos, Zoología</b>	
<b>y D./Dña. José Carlos Hernández Pérez</b>	
<b>Profesor/a del Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología</b>	
autorizan al solicitante a presentar la Memoria del Trabajo Fin de Grado	
Fdo.: 	Fdo.: 

La Laguna, a 2 de Agosto de 2016

**Firma del interesado/a**



**SR/A. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE GRADO DE LA FACULTAD DE BIOLOGÍA**

Documentación a adjuntar:

- Un ejemplar en formato electrónico de la Memoria conforme a las normas de presentación establecidas en el Anexo I del Reglamento para la elaboración y defensa del TFG.
- Informe-evaluación de los tutores en sobre cerrado y firmado.

**Ejemplar para la Secretaría**

## ÍNDICE

---

<b>1. Introducción</b> .....	1
<b>2. Material y Métodos</b> .....	2-7
2.1. Área de estudio .....	2
2.2. Entrada masiva de CO <sub>2</sub> .....	3
2.3. Recopilación de datos.....	4
2.4. Determinación y recuento de ejemplares .....	5
2.5. Análisis descriptivo .....	5-6
2.6. Análisis de datos.....	6-7
<b>3. Resultados</b> .....	7-11
<b>4. Discusión</b> .....	12-13
<b>5. Conclusiones</b> .....	13
<b>6. Agradecimientos</b> .....	13
<b>7. Bibliografía</b> .....	14-16
<b>8. Anexo 1</b> .....	17-20

## RESUMEN

El presente estudio pretende determinar cómo afectó la erupción submarina de El Hierro, ocurrida en el año 2012, a las poblaciones de mesoinvertebrados de sustratos rocosos. Los parámetros estudiados fueron la abundancia y diversidad de especies, muestreados a profundidades someras y profundas en 14 localidades con diferente grado de afección del volcán. La erupción submarina duró casi cinco meses y creó un gradiente de pH muy significativo. Específicamente, se compararon tres zonas diferenciadas, de acuerdo con el gradiente de pH generado por el predominio de las corrientes y las olas en el sur de la isla: una zona altamente afectada con pH extremo bajo (6,7-7,3), otra afectada con pH bajo (7,6 - 7,8) y la zona no afectada de pH normal (~ 8,1). Los muestreos de mesoinvertebrados se realizaron justo después del evento volcánico con el fin de determinar el impacto ocasionado en las poblaciones. A modo de conclusión, la erupción provocó un efecto claro sobre la abundancia y diversidad de mesoinvertebrados, siendo los grupos *Amphipoda*, *Echinodermata* y *Decapoda* los más afectados a favor del grupo *Polychaeta* que dominó las zonas afectadas por el volcán, siendo la especie *Platynereis dumerilii* la que marcó las diferencias entre zonas afectadas y no afectadas.

**Palabras clave:** Erupción submarina, El Hierro, mesoinvertebrados, *Polychaeta* sustrato rocoso.

## ABSTRACT

This study aims to determine how it affected the underwater eruption of El Hierro, which occurred in 2012, mesoinvertebrate populations of rocky substrates. The parameters studied were the abundance and diversity of species sampled shallow and deep depths and in 14 locations with varying degrees of involvement of the volcano. The underwater eruption lasted nearly five months and created a significant pH gradient. Specifically, three different areas, according to the pH gradient generated by the predominance of currents and waves in the south of the island were compared: an area highly affected with extreme low pH (6.7 to 7.3), other affected with low pH (7.6 -7.8) and the area not affected normal pH (~ 8.1). Mesoinvertebrate samplings were conducted just after the volcanic event in order to determine the impact on populations caused. In conclusion, the eruption caused a clear effect on the abundance and diversity of mesoinvertebrate, being the *Amphipoda*, *Echinodermata* and *Decapoda* groups were the most affected in favour of the *Polychaeta* group that dominated the areas affected by the volcano, being the kind *Platynereis dumerilii* the which marked the differences between affected and unaffected areas.

**Key words:** Hierro, mesoinvertebrate, *Polychaeta*, rocky substrates, underwater eruption.

## 1. INTRODUCCIÓN

El incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es una de las amenazas medio ambientales más relevantes de las últimas décadas, tanto para las especies terrestres como las marinas (Fabry *et al.* 2008; Munday *et al.* 2013). Desde la industrialización a gran escala, la contaminación de CO<sub>2</sub> se ha incrementado drásticamente en la atmósfera, y la modelización del panorama climático augura un marcado aumento de la presión parcial de CO<sub>2</sub> en la superficie de los océanos durante el presente siglo (Feely *et al.* 2009).

Se predice que la liberación continuada de CO<sub>2</sub> proveniente de la quema de combustibles fósiles a la atmósfera, producirá una reducción del pH en las aguas oceánicas superficiales de 0,4 unidades hacia finales del siglo (Caldeira & Wickett 2003; Feely *et al.* 2004). Este fenómeno se conoce como acidificación de los océanos (AO) y producirá cambios significativos en la biota marina, que van desde modificaciones en la abundancia y distribución de las poblaciones a cambios en la composición de las comunidades bentónicas (Fabry *et al.* 2008; Kroeker *et al.* 2011).

La tolerancia de los organismos y ecosistemas marinos a las condiciones ambientales alteradas por la AO, será variable. En la actualidad, los datos empíricos sobre los efectos de la acidificación de los océanos, a largo plazo, en la biodiversidad bentónica son todavía muy escasos (Widdicombe & Spicer 2008; Hale *et al.* 2011; Doney *et al.* 2012). Los análisis realizados por Kroeker *et al.* (2010; 2013a), destacan el efecto sobre muchos procesos biológicos y fisiológicos, desde la calcificación a la reproducción y desarrollos larvarios (Pörtner 2008; Dupont & Thorndyke 2009). Sin embargo, estos análisis también han detectado una variabilidad significativa en la vulnerabilidad de los grupos taxonómicos y sus etapas de desarrollo a la AO.

Esta variación en la vulnerabilidad según las poblaciones y grupos zoológicos, podría generar patrones específicos en la composición de la comunidad (Hale *et al.* 2011; Christen *et al.* 2013). En este sentido, los estudios de campo realizados en zonas naturales acidificadas, como zonas de surgencias de CO<sub>2</sub> volcánicas han proporcionado hasta ahora modelos muy útiles para analizar los efectos sobre las especies y los ecosistemas (e.g., Rodolfo-Metalpa *et al.* 2010; Fabricius *et al.* 2011; Calosi *et al.* 2013; Kroeker *et al.* 2013). Por todo ello, en el presente estudio nos hemos centrado en estudiar una zona acidificada de forma natural por la emisión de CO<sub>2</sub> del volcán y determinar la distribución espacial de los diferentes grupos taxonómicos de mesoinvertebrados.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio

La isla de El Hierro (27.72 N, 18.01 W) está situada en el SW de las islas Canarias en el Atlántico oriental subtropical (Fig. 1). Es una isla joven (~ 1,1 Ma) (Lundstrom *et al.*, 2003) con una estrecha plataforma insular y 105 km de perímetro de costa. Los fondos someros principalmente son rocosos, con fuertes pendientes y de gran complejidad estructural.

Las principales comunidades de los fondos rocosos pocos profundos (0 -40 m) están dominados por el alga parda *Lobophora variegata* (Dictyotaceae), que muestra un porcentaje aproximado del 70% (Sangil *et al.*, 2014). Sin embargo, se trata de una cobertura con cierta variación espacial, cuya influencia principal es la exposición al oleaje y el grado de sedimentación; cuando ambos parámetros son bajos, se producen coberturas que pueden superar el 90% (Sangil *et al.*, 2011), y se localizan en su mayor parte en la zona conocida como el Mar de las Calmas. La diversidad macroalgal en zonas de alto porcentaje de *L. variegata* suele ser muy baja, solo unas pocas especies crecen junto a ella (p. ej. *Canistrocarpus cervicornis*, *Pseudotetraspora marina*, *Jania adhaerens*, *Amphiroa spp.*, *Polysiphonia spp.*, *Ceramium spp.*, *Halopteris scoparia*, *Gelidiopsis intricata* y *Padina pavonica*).



Figura 1. Área de estudio y situación geográfica.

## 2.2. *Entrada masiva de CO<sub>2</sub>*

El material liberado por la erupción volcánica produjo la acidificación de las aguas, que de acuerdo al régimen de factores oceanográficos imperantes en el área, llegaron a afectar al suroeste de El Hierro, en la zona de El mar de Las Calmas durante cinco meses. Aunque la liberación fue mayor inicialmente, el CO<sub>2</sub> continuó saliendo durante todo el periodo. En los primeros 100 m de la columna de agua, el carbono inorgánico disuelto alcanzó una concentración que osciló de 4000 a 7500 mmol kg<sup>-1</sup>; cuyo efecto es la acidificación del agua hasta 2,8 unidades (Fraile-Nuez *et al.*, 2012). Durante la erupción volcánica en el Mar de las Calmas, se realizaron controles espacio temporales del grado de acidificación de las aguas con buques oceanográficos desplazados al lugar (IEO, 2014).

Estos estudios determinaron que a lo largo del área, desde la zona donde se produjo la erupción, en el extremo occidental de la isla, existió un gradiente de acidez notorio. En las zonas costeras cercanas a la erupción, se registraron las aguas con los niveles más bajos de acidez y con valores de pH extremos, mientras que las aguas con pH bajos se registraron a lo largo de la costa oeste, alejada del cono volcánico. Las especies reductoras de azufre y el aumento de la temperatura afectó principalmente a la columna de agua cerca del cono volcánico (Fraile-Nuez *et al.*, 2012; Santana-Casiano *et al.*, 2013).

Gracias a estos estudios se han podido delimitar tres zonas bien diferenciadas, de acuerdo a los valores de pH obtenidos en los estudios oceanográficos (IEO, 2014), en base a la distancia de la erupción, cualitativamente clasificados como zona muy afectada con un pH extremadamente bajo, zona afectada con un pH bajo y una tercera zona no afectada con un pH normal. La zona altamente afectada fue lógicamente la más cercana a la erupción (de 1,8 a 7,0 km de distancia), recibió el impacto directo de la mancha de ácido, y el pH osciló aquí entre 6,7 y 7,3 unidades de pH. En la zona afectada (de 14,2 a 16,6 km de distancia), el pH osciló entre 7,6 y 7,8 unidades. Y por último, la zona no afectada tenía valores de pH normales (~ 8,1).



### 2.3. Recopilación de datos

El trabajo de campo se llevó a cabo en marzo de 2012 una vez terminada la fase eruptiva, cuando se permitió el acceso a los científicos. Por medio de buceos con escafandra autónoma se realizaron raspados de macroalgas en 14 localidades diferentes repartidas en las 3 zonas de afección del volcán (Fig. 2). Los raspados se realizaron utilizando de 10x10cm. En cada localidad se realizaron raspados en dos niveles de profundidad, tres por debajo de 20 m y otros tres a 10m. Posteriormente, las muestras fueron fijadas con formal al 4% y se procedió a la extracción de los mesoinvertebrados presentes.



**Figura 2.** Localidades muestreadas tras la erupción en las diferentes zonas de afección del volcán.

#### 2.4. Determinación y recuento de ejemplares

La identificación de los diferentes táxones se realizó bajo una lupa binocular (estereomicroscopio) Leica MS5 y un microscopio óptico Leica DMLB con contraste óptico interferencial de Nomarski, de gran utilidad para la visión de quetas y otras estructuras duras (apéndices) de interés taxonómico. Con frecuencia se tuvieron que realizar preparaciones microscópicas transitorias con agua destilada de ejemplares enteros o partes disecadas de los mismos para su identificación.

Una vez identificados los principales taxones y especies con la ayuda de diversas claves, se elaboró una hoja de cálculo incluyendo el número de ejemplares para cada especie, por estación y réplica. En la mayoría de los casos se ha llegado hasta el táxon binomial de especie, sobre todo en los grupos más importantes por su diversidad y abundancia, como han sido los anélidos poliquetos y los crustáceos gammáridos. En el caso de los Nemertinos, debido a su complejidad taxonómica, sólo se identificaron a nivel de phylum.

La determinación de las especies se llevó a cabo mediante la utilización de una extensa bibliografía, compuesta por diferentes tipos de claves, monografías y revisiones de grupos faunísticos de regiones biogeográficas próximas o de ámbito mundial, además de la bibliografía específica de ámbito macaronésico.

El material colectado en la presente campaña se encuentra conservado en etanol al 70% y depositado en las colecciones de invertebrados de la UDI de Ciencias Marinas del Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología.

#### 2.5. Análisis descriptivo

Durante los muestreos realizados en El Hierro se registraron un total de 1147 ejemplares repartidos en 8 grupos y 75 especies. El grupo más representativo fue *Polychaeta*, destacando la especie *Platynereis dumerilii*. Otras especies abundantes en orden de mayor a menor fueron: *Nereis pulsatoria*, *Hyale perieri*, *Dexamine spinosa* y *Polyopthalmus pictus*.

Por otro lado, entre las especies menos abundantes, solo con un individuo registrado, encontramos: *Trachycaris restricta*, *Hippolyte inermis*, *Tanais sp*, *Tanais dulongii*, *Janira sp*, *Trachycaris restricta*, *Hippolyte inermis*, *Sphaerechinus granularis*,

*Brania arminii*, *Opisthosyllis brunnea*, *Eupolymnia nebulosa*, *Caulleriella bioculata*, *Phyllodoce madeirensis*, *Dorvillea rubrovittata*, *Hilbigneris gracilis*, *Neanthes nubila*, *Pterocirrus macroceros*, *Hesiospina aurantiaca*, *Phtisica marina*, *Amphitoe rubicata*, *Amphitoe ferox*, *Jassa affocia*, *Lysianassa ceratina*, *Elasmopus pecteniscrus* y *Elasmopus rapax*.

## 2.6. Análisis de datos

En primer lugar, se llevó a cabo una recopilación, a modo de análisis descriptivo, de las familias y las respectivas especies registradas en los muestreos, representando el número total de familias y especies así como la abundancia obtenida para cada una de ellas. A continuación, con el objetivo de estudiar el efecto del área y la profundidad en la comunidad de mesoinvertebrados, se llevó a cabo una MANOVA por permutaciones (Anderson et al., 2001).

Para este análisis se utilizó un diseño de dos vías considerando, en primer lugar, el factor “Área”, como fijo y con tres niveles (1: “zona muy afectada”, 2: “zona afectada” y 3: “zona no afectada”) y, en segundo lugar, el factor “Profundidad”, fijo y con dos niveles (1: “somero” y 2: “profundo”). Este diseño se aplicó sobre la matriz triangular de similitudes calculada con las abundancias de los mesoinvertebrados.

Además de realizar el análisis PERMANOVA para las dos variables a estudiar, se llevó a cabo el análisis de comparaciones “pairwise” (por pares) *a posteriori* entre las diferentes áreas de muestreo y profundidades para poner de manifiesto las diferencias que hay entre los grupos de áreas y los grupos de profundidad. Para conocer qué especies de invertebrados generan las diferencias entre las áreas y entre las profundidades se realizó un análisis SIMPER (SimilarityPercentageAnalysis) (Clarke, 1993; Clarke y Warwick, 1994).

Para visualizar mejor los resultados obtenidos, se realizaron análisis de ordenación de componentes principales (PCO) para cada uno de los factores de variación (área y profundidad). Además, en cada PCO, se superpusieron mediante ejes vectoriales, las abundancias por grupo taxonómico. De esta forma, se puede observar claramente qué grupos contribuyeron en mayor medida al patrón observado en las abundancias de mesoinvertebrados.

Para realizar todos estos análisis los datos fueron tratados con el paquete estadístico PRIMER6 & PERMANOVA+ v.1.0.1. En los análisis de varianza realizados para este estudio se estableció un nivel de significación de  $\alpha = 0,05$ .

### 3. RESULTADOS

El análisis PERMANOVA mostró que el área y la profundidad afectaron significativamente a la comunidad de mesoinvertebrados y se comprobó que no existía interacción alguna entre áreas pH y profundidad (Tabla 1). Vemos en la tabla 2 que todas las áreas de pH son diferentes entre sí, al igual, que las dos profundidades, (1 somero, 2 profundo).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perm
area pH	2	93,922	46,961	6,3338	<b>0,0001</b>	9903
profundidad	1	48,527	48,527	6,5451	<b>0,0001</b>	9902
area pHxprofundidad	2	18,039	9,0194	1,2165	0,179	9888
Res	78	578,32	7,4143			
Total	83	742,13				

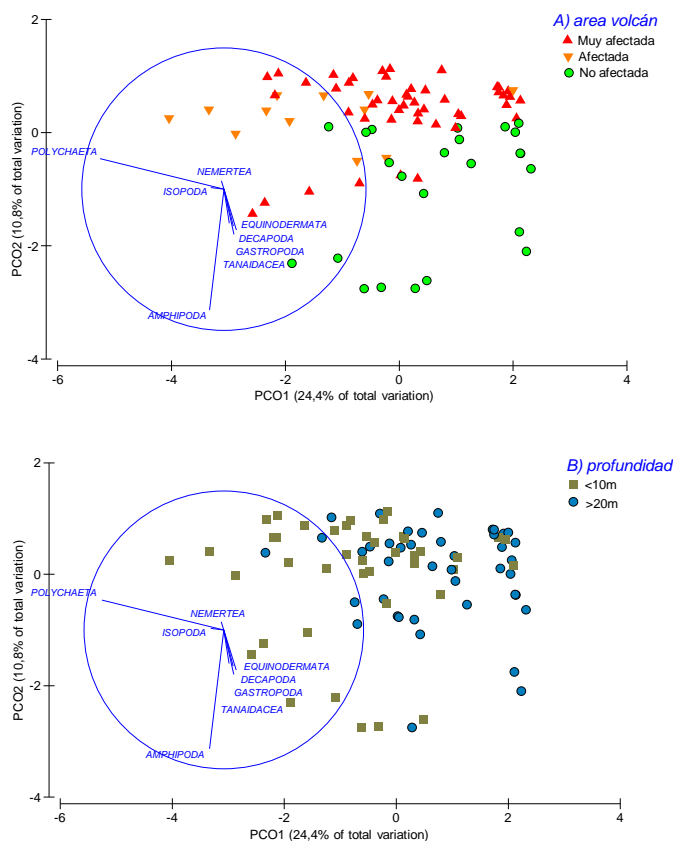
**Tabla 1.** Resultados del análisis PERMANOVA en el que se contrastan las variaciones en la abundancia de especies en función del área y la profundidad muestreada. Los valores significativos se muestran en negrita.

Área pH				Profundidad			
Groups	t	P(perm)	perms	Groups	t	P(perm)	perms
1, 2	2,4663	<b>0,0001</b>	9912	1, 2	2,5583	<b>0,0001</b>	9919
1, 3	2,5874	<b>0,0001</b>	9900				
2,3	2.4445	<b>0,0001</b>	9915				

**Tabla 2.** Análisis *a posteriori* de las comparaciones por pares del factor “Profundidad” y “Área pH”. Los valores significativos ( $p < 0.05$ ) se muestran en negritas.

En el análisis de ordenación PCO, que se muestra en la figura 3, vemos la diversidad de los grupos que se han estudiado y su representación dentro de las diferentes zonas muestreadas (afectada, muy afectada, no afectada). Observamos, por ejemplo, que los grupos más representativos son *Polychaeta* y *Amphipoda*; siendo los *Polychaeta* más abundantes en las zonas muy afectadas y afectadas por el volcán y los *Amphipoda* en las zonas no afectadas.

Al ver la dispersión de los puntos, se concluye que las áreas son diferentes entre sí. Por último, en la figura 3b que ordena los muestreos por profundidades, vemos que tanto la zona somera como la profunda fueron afectadas por igual. Sin embargo, hay separación entre las profundidades, las replicas tomadas en zonas someras parecen tener una mayor abundancia de *Polychaeta*.



**Figura 3.** Análisis de ordenación PCO para la variable abundancia en el que se representa el factor área del volcán (a) y el factor profundidad (b); incluyendo vectores superpuestos que representan a los grupos más abundantes.

El análisis SIMPER mostró que las especies que más contribuyeron a separar las áreas afectadas por el volcán y las no afectadas son: *Platynereis dumerilii*, *Dexamine spinosa*, *Nereis pulsatoria*, *Eusiroides dellavallei*, *Pilumnus sp.* Estas especies marcan la diferencia entre los diferentes grupos 1 y 3, zona muy afectada y no afectada respectivamente (Tabla 3b).

*Groups 1 & 2*

Average dissimilarity = 69,43

Species	Group 1		Group 2		Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD		
<i>Platynereis dumerilii</i>	1,82	3,56	15,64	1,24	22,52	22,52
<i>Nereis pulsatoria</i>	0,92	0,62	6,38	1,14	9,19	31,72
<i>Nicidion saxicola</i>	0,4	0,2	3,78	0,57	5,44	37,16
<i>Pilumnus sp</i>	0,25	0,44	3,73	0,77	5,37	42,53
<i>Polyophthalmus pictus</i>	0,51	0,08	3,54	0,73	5,09	47,62
<i>Diadema africanum</i>	0,07	0,35	3,07	0,55	4,42	52,04
<i>Processa sp</i>	0,12	0,37	2,97	0,71	4,28	56,31
<i>Dexamine spinosa</i>	0,02	0,32	2,61	0,54	3,76	60,07
<i>Neanthes rubicunda</i>	0,19	0,12	2,22	0,48	3,2	63,27
<i>Notomastus sp</i>	0,06	0,33	2,17	0,73	3,13	66,4
<i>Hyale perieri</i>	0,33	0,08	2,11	0,45	3,04	69,44

*Groups 1 & 3*

Average dissimilarity = **80,98**

Species	Group 1		Group 3		Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD		
<i>Platynereis dumerilii</i>	1,82	1,34	8,28	1,15	10,23	10,23
<i>Dexamine spinosa</i>	0,02	0,94	6,82	0,93	8,42	18,65
<i>Nereis pulsatoria</i>	0,92	0,35	6,05	0,95	7,47	26,12
<i>Eusiroides dellavallei</i>	0	0,73	4,17	0,66	5,15	31,27
<i>Pilumnus sp</i>	0,25	0,52	3,94	0,82	4,87	36,14
<i>Hyale perieri</i>	0,33	0,43	3,71	0,6	4,58	40,72
<i>Polyophthalmus pictus</i>	0,51	0,04	3,64	0,69	4,5	45,21
<i>Alpheus dentipes</i>	0,18	0,5	3,55	0,82	4,38	49,59
<i>Nicidion saxicola</i>	0,4	0,14	2,86	0,66	3,53	53,12
<i>Clibanarius aequabilis</i>	0,04	0,37	2,63	0,64	3,24	56,36
<i>Neanthes rubicunda</i>	0,19	0,18	2,52	0,54	3,12	59,48
<i>Leucothoe spinicarpa</i>	0	0,35	2,47	0,57	3,05	62,53
<i>Amphipholis squamata</i>	0,02	0,37	2,41	0,62	2,97	65,5
<i>Microdeutopus anomalus</i>	0,14	0,23	2,06	0,44	2,55	68,04

<i>Microdeutopus damnoniensis</i>	0,08	0,29	1,88	0,52	2,32	70,36
-----------------------------------	------	------	------	------	------	-------

Groups 2 & 3

Average dissimilarity = **76,83**

Species	Group 2		Group 3		Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD		
<b><i>Platynereis dumerilii</i></b>	3,56	1,34	14,25	1,37	18,55	18,55
<b><i>Dexamine spinosa</i></b>	0,32	0,94	5	0,97	6,51	25,06
<b><i>Nereis pulsatoria</i></b>	0,62	0,35	3,62	0,97	4,71	29,77
<b><i>Eusiroides dellavallei</i></b>	0	0,73	3,57	0,67	4,64	34,41
<b><i>Pilumnus sp</i></b>	0,44	0,52	3,54	0,93	4,61	39,02
<b><i>Alpheus dentipes</i></b>	0,17	0,5	2,86	0,87	3,73	42,74
<b><i>Processa sp</i></b>	0,37	0,15	2,66	0,67	3,46	46,21
<b><i>Amphipholis squamata</i></b>	0,17	0,37	2,54	0,83	3,3	49,51
<b><i>Clibanarius aequabilis</i></b>	0,25	0,37	2,5	0,79	3,26	52,77
<b><i>Diadema africanum</i></b>	0,35	0	2,45	0,51	3,19	55,96
<b><i>Hyale perieri</i></b>	0,08	0,43	2,27	0,51	2,95	58,91
<b><i>Leucothoe spinicarpa</i></b>	0	0,35	2	0,6	2,6	61,5
<b><i>Nicidion saxicola</i></b>	0,2	0,14	1,78	0,41	2,32	63,82
<b><i>Neanthes rubicunda</i></b>	0,12	0,18	1,75	0,48	2,28	66,1
<b><i>Microdeutopus damnoniensis</i></b>	0,08	0,29	1,63	0,57	2,12	68,22
<b><i>Notomastus sp</i></b>	0,33	0,04	1,6	0,69	2,08	70,3

**Tabla 3.** Resumen del análisis SIMPER para la abundancia de especies en el que se muestran las contribuciones (%) de cada especie a la disimilitud entre áreas pH. Aparecen destacadas en negrita las especies que se repiten a lo largo de los resultados y presentan porcentajes de contribución alto.

Lo que muestra la (Tabla 4.) son las especies que contribuyen en mayor medida a las diferencias entre las profundidades.

Groups 1 & 2

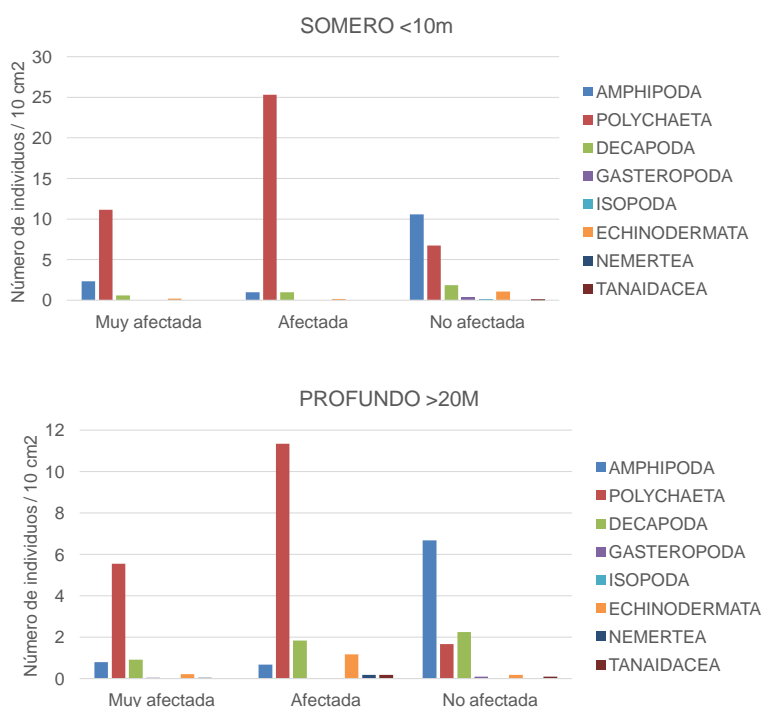
Average dissimilarity = 71,10

Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<b><i>Platynereis dumerilii</i></b>	2,63	1,24	13,23	1,26	18,60	18,60
<b><i>Nereis pulsatoria</i></b>	0,82	0,61	7,62	0,93	10,71	29,32
<b><i>Polyophthalmus pictus</i></b>	0,35	0,29	4,86	0,75	6,84	36,15
<b><i>Nicidion saxicola</i></b>	0,42	0,18	4,48	0,66	6,30	42,45
<b><i>Pilumnus sp.</i></b>	0,26	0,44	3,62	0,70	5,09	47,54
<b><i>Hyale perieri</i></b>	0,40	0,24	3,60	0,54	5,07	52,60
<b><i>Neanthes rubicunda</i></b>	0,14	0,22	2,78	0,51	3,92	56,52
<b><i>Alpheus dentipes</i></b>	0,36	0,18	2,78	0,61	3,91	60,43

<i>Processa</i> sp.	0,05	0,28	1,83	0,42	2,57	63,00
<i>Microdeutopus anomalus</i>	0,19	0,11	1,74	0,42	2,44	65,44
<i>Arbacia lixula</i>	0,12	0,02	1,65	0,38	2,31	67,75
<i>Dexamine spinosa</i>	0,21	0,44	1,46	0,43	2,06	69,81

**Tabla 4.** Resumen del análisis SIMPER para la abundancia de especies en el que se muestran las contribuciones (%) de cada especie a la disimilitud entre profundidades. Aparecen destacadas en negrita las especies que presentan porcentajes de contribución altos.

Las siguientes gráficas resumen (Fig.4) muestran dos diagramas de barras en la que se representa la abundancia media por grupos zoológico para ambos niveles de profundidad y áreas pH. Se puede observar que los grupos más afectados por el volcán fueron los *Amphipoda*, *Decapoda*, *Echinodermata*, entre otros y los *Polychaeta* los que se vieron claramente beneficiados por el impacto del volcán, llegando a dominar completamente las áreas muy afectada y afectada.



**Figura 4.** Abundancia media de mesoinvertebrados encontrados en las muestras estudiadas a distintas profundidades y áreas pH.



#### 4. DISCUSIÓN

Basándonos en un estudio descriptivo de las 14 localidades muestreadas, se registro un total de 75 especies diferentes, de las que 25 especies eran *Polychaeta*, el grupo más representativo. También cabe destacar, con 17 especies, el segundo grupo más representativo, *Amphipoda*. Esta variedad de especies que hemos encontrado durante nuestro estudio pone de manifiesto también los diferentes ambientes y profundidades muestreadas.

Los resultados obtenidos en este estudio para la abundancia de mesoinvertebrados de las zonas muestreadas, demuestran que el volcán afectó claramente a las comunidades de mesoinvertebrados. Sin embargo, no se obtuvieron diferencias significativas en las interacción de los factores “Área y profundidad” lo que se traduce en que las estimas de abundancia de especies no difieren con la profundidad para cada área pH, es decir afectó por igual a ambas profundidades. El grupo más beneficiado por el volcán es *Polychaeta*. Tanto a profundidad somera, como profunda, este grupo es el más abundante en las áreas afectadas, como muy afectadas. En cambio, el grupo *Amphipoda*, es el más perjudicado por dicha erupción. Antes de realizar los análisis estadísticos, en la identificación, ya era evidente que los *Polychaeta* dominaban en las áreas afectadas por el volcán. Las abundancias del resto de grupos, en mayor o menos medida, se vieron claramente disminuidas por el pH bajo.

Estudios previos citados por (Cigliano et al., 2010) y (Ricevuto et al. 2012), demuestran que los poliquetos, especialmente *Platynereis dumerilii*, pueden soportar los pH bajos, como se ve reflejado en los resultados de este trabajo. Los resultados de estos trabajos también coinciden en la pérdida de la biodiversidad tras la erupción, debido al aumento en las concentraciones de CO<sub>2</sub> y la acidificación del mar. Por otro lado se discute también que esta resistencia de los poliquetos a los pH extremos podría ser debida a que sus ciclos reproductivos se vieron favorecidos en primavera y verano (Franke 1986; Giangrande et al., 2002). En nuestro caso esto no pudo ser corroborado porque nuestro estudio fue una comparación espacial.

Se comenta también que la luz y el oleaje puede afectar a la composición de algas, la cual a su vez definen las poblaciones de mesoinvertebrados. La gran abundancia algal también facilita la supervivencia en las zonas con pH bajos (Boudouresque y Cinelli 1971).

La presencia de un gran número de poliquetos en las localidades afectadas por la erupción pone de manifiesto su tolerancia a pH extremadamente bajos y los convierte en un grupo de especies muy interesantes para futuros estudios de la acidificación oceánica.

## 5. CONCLUSIONES

1. La erupción submarina del volcán afectó a las comunidades de mesoinvertebrados de sustratos rocoso, especialmente beneficiando al grupo *Polychaeta* y perjudicando a los *Amphipoda*.
2. No se encontró una interacción significativa entre área pH y profundidad por lo que se puede decir que el volcán afectó de la misma manera a distintos niveles de profundidad.
3. Al comparar la zona muy afectada y no afectada, las especies *Platynereis dumerilii* y *Nereis pulsatoria*, fueron más abundantes en la zona afectada; y las especies *Dexamine spinosa*, *Eusiroides dellavallei*, *Pilumnus sp* las que presentaron las menores abundancias.
4. Las especies que causaron las diferencias entre las profundidades fueron: *Platynereis dumerilii*, *Nereis pulsatoria*, *Polyophthalmus pictus*. Las cuales resultaron ser más abundantes en zonas someras.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis tutores José Carlos Hernández Pérez y Jorge A. Núñez Fraga todo el tiempo y dedicación que me han prestado para la realización de este trabajo de fin de grado, sin lo cual este trabajo no hubiera sido posible. También a Celso A. Hernández, Dr. del Dpto. de biología marina, por su pequeña ayuda. Y, en último lugar, pero para mí lo más importante, a mi madre M<sup>a</sup> Nieves y a mi abuela M<sup>a</sup> del Pino, por su incondicional apoyo y esfuerzo y a mi novio Adam, por aguantar mis nervios y mantenerme positiva, para llevar este trabajo a buen puerto.

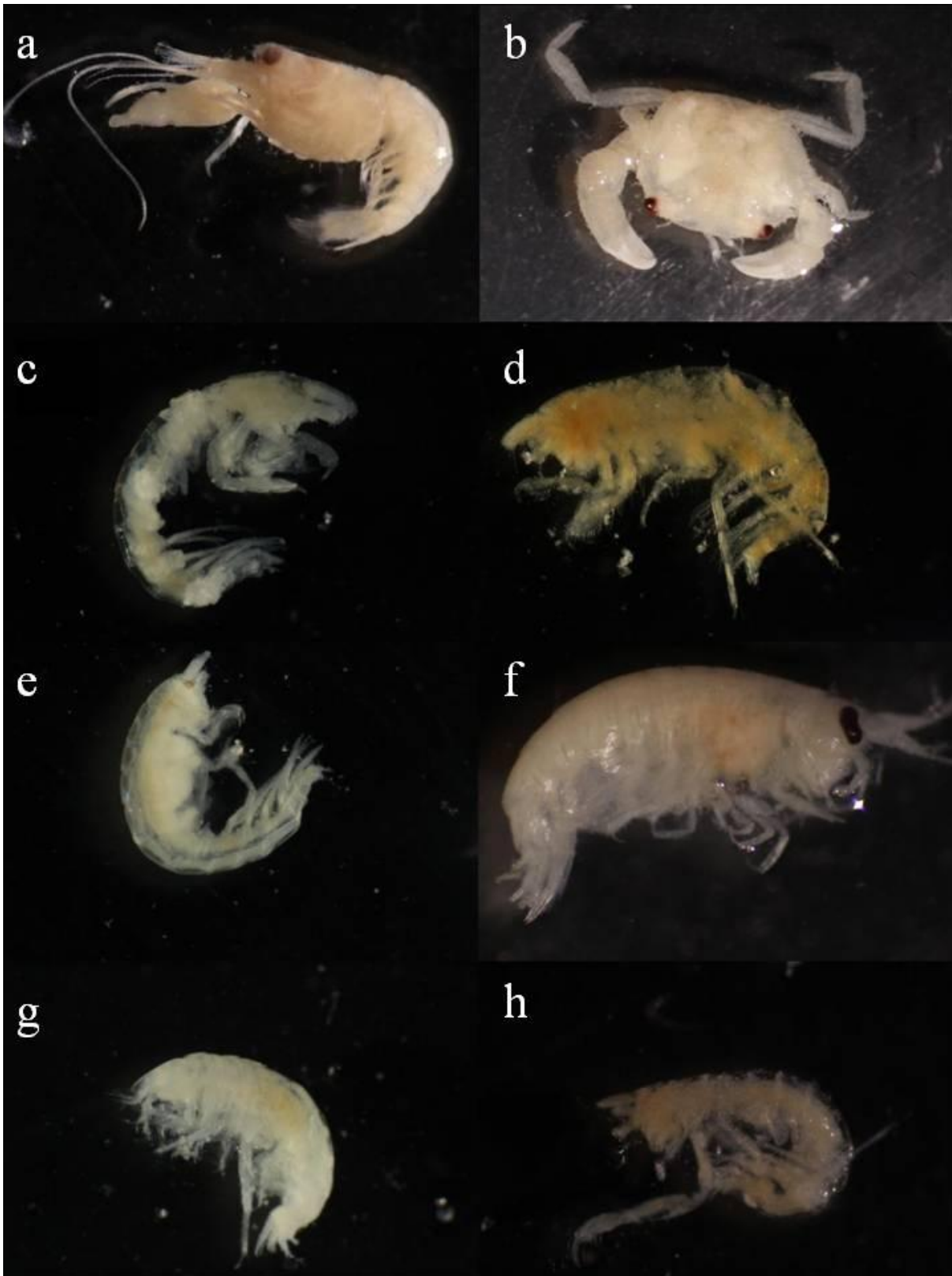
## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, M. J., 2001. Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 58: 626-639.
- Boudouresque C., Cinelli F., 1971. Le peuplement des biotopes sciaphiles superficiels de mode battu de l'île d'Ischia (Golfe de Naples, Italie). *Pubbl St Zool Napoli*. 39:1-43
- Calosi P., Rastrick S.P.S., Graziano M et al (2013a) Distribution of sea urchins living near shallow water CO<sub>2</sub> vents is dependent upon species acid-base and ion-regulatory abilities. *Marine Pollution Bulletin*. 73:470-484.
- Calosi P, Rastrick S.P.S, Caldeira K, Wickett M.E., 2003. Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature* 425:365
- Christen, N., Calosi, P., McNeill, C.L., Widdicombe, S., 2013. Structural and functional vulnerability to elevated pCO<sub>2</sub> in marine benthic communities. *Marine Biology*. 160: 2113-2128.
- Cigliano M., Gambi M.C., Rodolfo-Metalpa R. et al 2010. Effects of ocean acidification on invertebrate settlement at volcanic CO<sub>2</sub> vents. *Marine Biology*. 157:2489-2502.
- Clarke, K., 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*. 18: 117-143.
- Clarke, K. y Warwick, R., 1994. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. *Natural Environment Research Council*. Plymouth, Reino Unido. 144 p.
- Doney S.C., Ruckelshaus M, Duffy J.E., et al 2012. Climate change impacts on marine ecosystems. *Annual Review of Marine Science*. 4:11-37.
- Dupont S., Thorndyke M.C., 2009. Impact of CO<sub>2</sub>-driven ocean acidification on invertebrates early life-history—What we know, what we need to know and what we can do. *Biogeosci Discuss*. 6:3109-3131
- Fabry V.J., Seibel B.A., Feely R.A., Orr J.C., 2008. Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES Journal of Marine Science*. 65:414-432
- Feely R.A., Sabine C.L., Lee K et al 2004. Impact of anthropogenic CO<sub>2</sub> on the CaCO<sub>3</sub> system in the oceans. *Science* . 305:362-367
- Feely R.A., Doney S.C., Cooley S.R, 2009. Ocean acidification: present conditions and future changes in a high-CO<sub>2</sub> world. *Oceanography*. 22:36-47

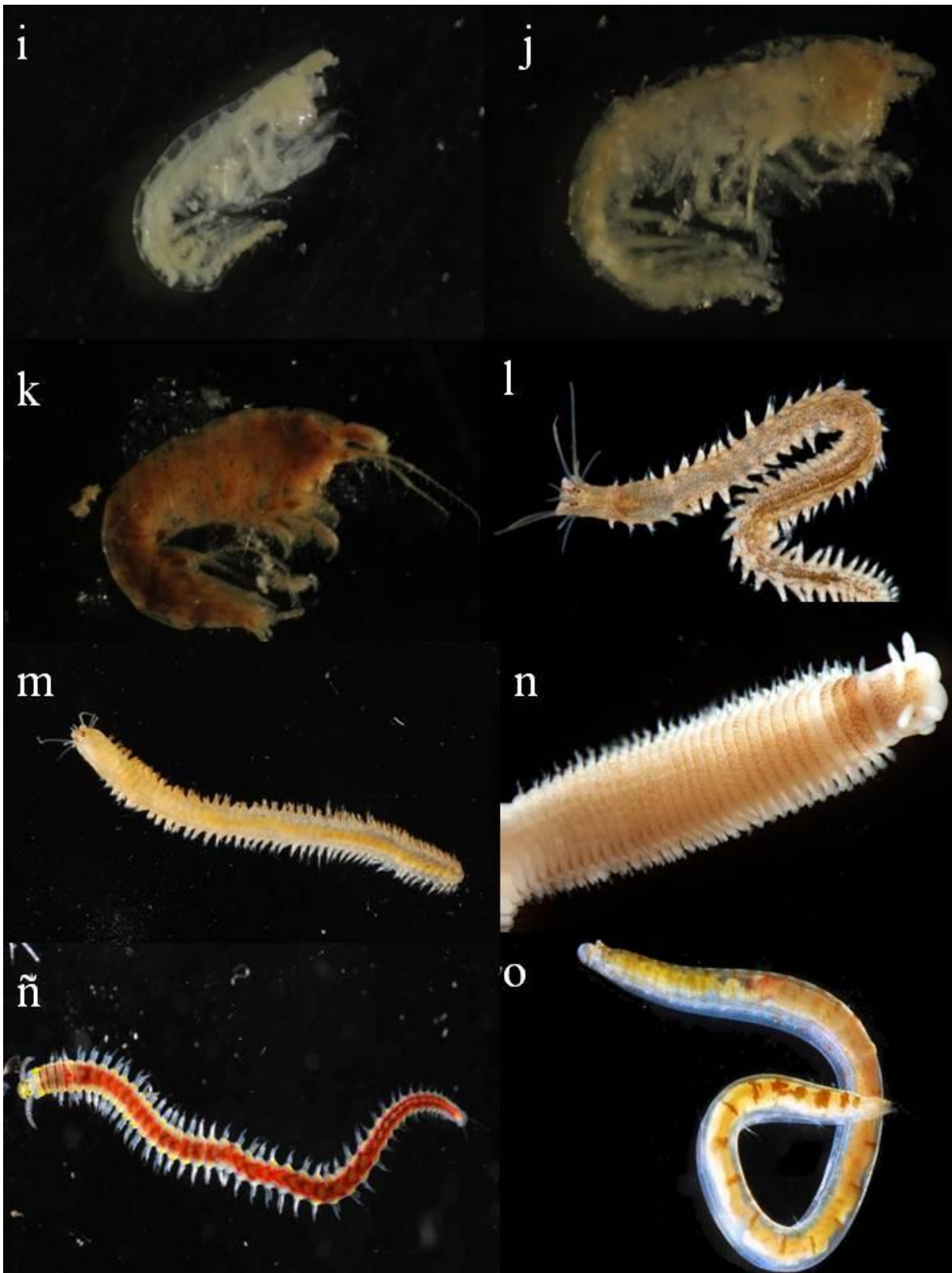
- Fabricius K.E., Langdon C., Uthicke S et al 2011. Losers and winners in coral reefs acclimatized to elevated carbon dioxide concentrations. *Nature Climate Change*. 1:165–169.
- Fraile-Nuez, E., Gonz\_alez-D\_avila, M., Santana-Casiano, J.M., et al., 2012. The submarine volcano eruption at the island of El Hierro: physical-chemical perturbation and biological response. *Natural Sciences*. 2.
- Franke H., 1986. Sex ratio and sex change in wild and laboratory populations of *Typosyllis prolifera* (Polychaeta). *Marine Biology*. 90:198–208
- Giangrande A., Frascchetti S., Terlizzi A., 2002. Local recruitment differences in *Platynereis dumerilii* (Polychaeta, Nereididae) and their consequences for population structure. *Italian Journal of Zoology*. 69:133–139
- González J., 1995. Catálogo de los crustáceos decapodos de las islas canarias. Turquesa. 282p.
- Hale R., Calosi P., McNeill L., Mieszkowska N., Widdicombe S., 2011. Predicted levels of future ocean acidification and temperature rise could alter community structure and biodiversity in marine benthic communities. *Oikos* .120:661–674.
- Hayward P.J., y Ryland J.S., 1995. Handbook of the marine fauna of north-west Europe. Oxford. 800p.
- IEO (Instituto Español de Oceanografía), 2014. La actividad científica del Instituto Español de Oceanografía en la erupcion volcanica de El Hierro (searched on March 2014). [www.ieo.es/hierro.htm](http://www.ieo.es/hierro.htm).
- Kroeker K.J., Micheli F., Gambi M.C., Martz T.R, 2011. Divergent ecosystem responses within a benthic marine community to ocean acidification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 108:14515–14520.
- Kroeker K.J., Gambi M.C., Micheli F., (2013a). Community dynamics and ecosystem simplification in a high-CO2 ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 110:12721–12726.
- Lundstrom, C.C., Hoernle, K., Gill, J., 2003. U-series disequilibria in volcanic rocks from Canary Islands: plume versus lithospheric melting. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 67, 4153-4177.
- Munday P.L., Warner R.R., Monro K et al 2013. Predicting evolutionary responses to climate change in the sea. *Ecology Letters*. 16:1488– 1500.
- Núñez J., 1990. Anelidos poliquetos de Canarias. Phyllodocida, amphinocida y eunicida. Tesis doctoral de la Universidad de la laguna. 610p.

- Ortiz M. y Jimeno A., 2001. Guía ilustrada para la identificación de las familias y los géneros de los anfipodos del suborden gammaridea de la península ibérica. *Graellsia*. 57 (2): 3-93.
- Perez. J. y Moreno E. 1991. Invertebrados marinos de canarias. Cabildo de gran canaria. 335p.
- Pörtner H., 2008. Ecosystem effects of ocean acidification in times of ocean warming: a physiologist's view. *Marine Ecology Progress Series*. 373:203–217.
- Rodolfo-Metalpa R., Lombardi C., Cocito S. et al 2010. Effects of ocean acidification and high temperatures on the bryozoan *Myriapora truncata* at natural CO<sub>2</sub> vents. *Marine Ecology*. 31:447–456.
- Ricevuto E., Lorenti M., Patti F.P. et al 2012. Temporal trends of benthic invertebrate settlement along a gradient of ocean acidification at natural CO<sub>2</sub> vents (Tyrrhenian Sea). *Biol Mar Mediterr* .19:49–52
- Ricevuto E., Kroeker KJ., Ferrigno F., Micheli F., Gambi M.C., 2014. Spatio-temporal variability of polychaete colonization at volcanic CO<sub>2</sub> vents indicates high tolerance to ocean acidification. *Marine Biology*. 161(12).
- Sangil, C., Sansón, M., Afonso-Carrillo, J., 2011. Spatial variation patterns of subtidal seaweed assemblages along a subtropical oceanic archipelago: thermal gradient vs herbivore pressure. *Estuar. Coast. Shelf Sci*. 94, 322e334.
- Sangil, C., Sansón, M., Clemente, S., Afonso-Carrillo, J., Hernández, J.C., 2014a. Contrasting the species abundance, species density and diversity of seaweed assemblages in alternative states: urchin density as a driver of biotic homogenization. *Journal of Sea Research*. 85, 92e103.
- Sangil, C., Sansón, M., Díaz-Villa, T., Hernández, J.C., Clemente, S., Afonso-Carrillo, J., 2014b. Spatial variability, structure and composition of crustose algal communities in *Diadema africanum* barrens. *Helgoland Marine Research*. 68, 451e464.
- Santana-Casiano, J.M., González-Dávila, M., Fraile-Nuez, E., De Armas, D., González, A.G., Domínguez-Yanes, J.F., Escánez, J., 2013. The natural ocean acidification and fertilization event caused by the submarine eruption of El Hierro. *Natural science*. 3, 1140.
- Widdicombe S., Spicer J.I., 2008. Predicting the impact of ocean acidification on benthic biodiversity: What can animal physiology tell us? *Journal of Experimental Marine Biology* 366:187–197.

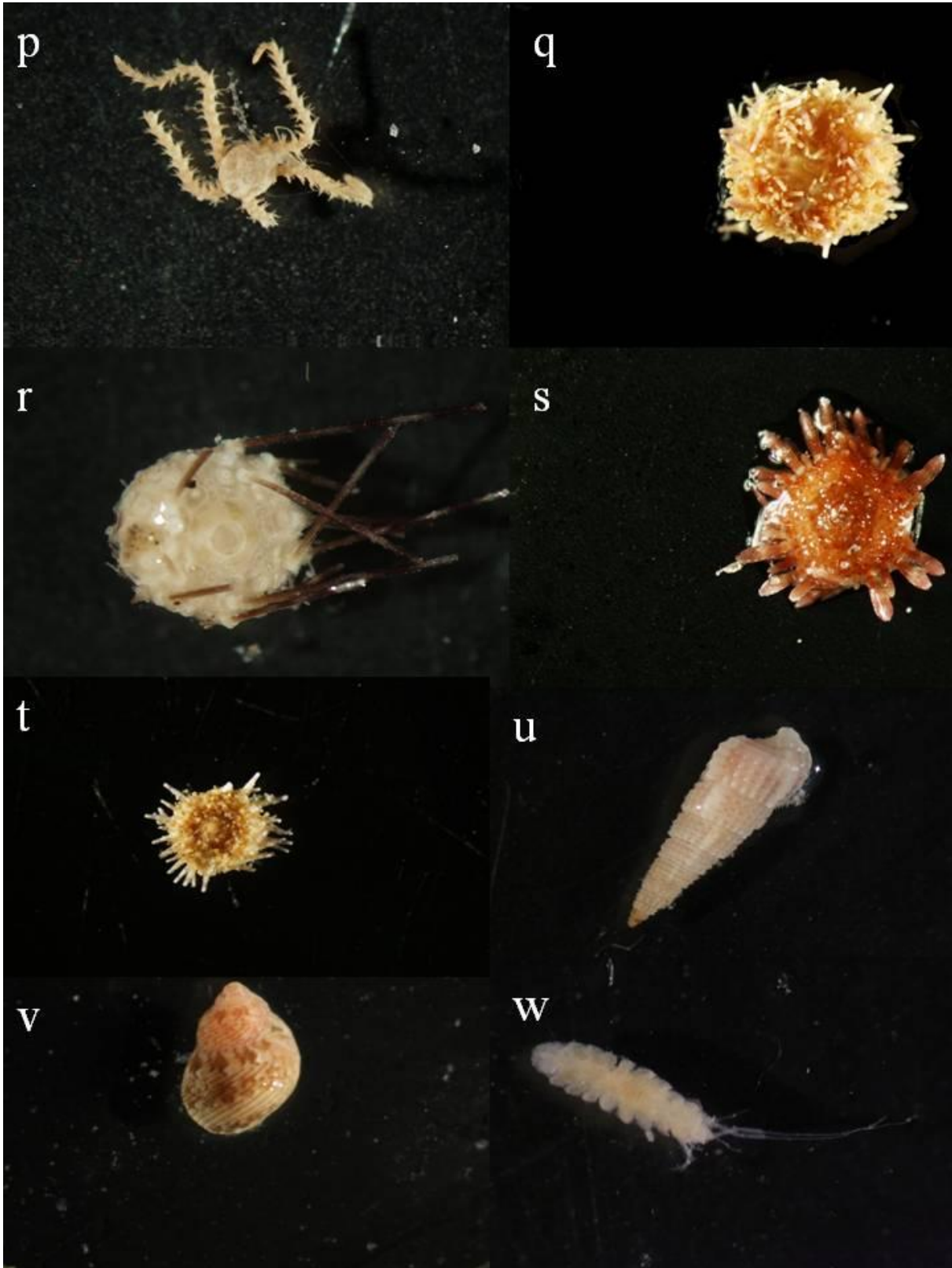
Anexo 1 (Catalogo de especies más abundantes).



**Lamina 1.** a) *Alpheus dentipes*. b) *Pilumnus sp.* c) *Microdeutopus anomalus*. d) *Microdeutopus damnoniense*. e) *Hyale perieri*. f) *Dexamine spinosa*. g) *Harpinia antennaria*. h) *Leucothoe spinicarpa*.



**Lamina 2.** i) *Chaetogammarus olivii*. j) *Eusiroides dellavallei*. k) *Gammaropsis maculate*. l) *Platynereis dumerilii*. m) *Nereis pulsatoria*. n) *Nicidion saxicola*. ñ) *Dorvillea rubrovittata*. o) *Polyophthalmus pictus*.



**Lamina 3.** p) *Amphipholis squamata*. q) *Sphaerechinus granularis*. r) *Diadema africanum*. s) *Arbacia lixula*. t) *Paracentrotus lividus*. u) *Bittium* sp. v) *Tricolia pullus canarica*. w) *Janira* sp.





**Lamina 4.** *x) Apseudopsis latreillii.*