Proyecto Bimbache

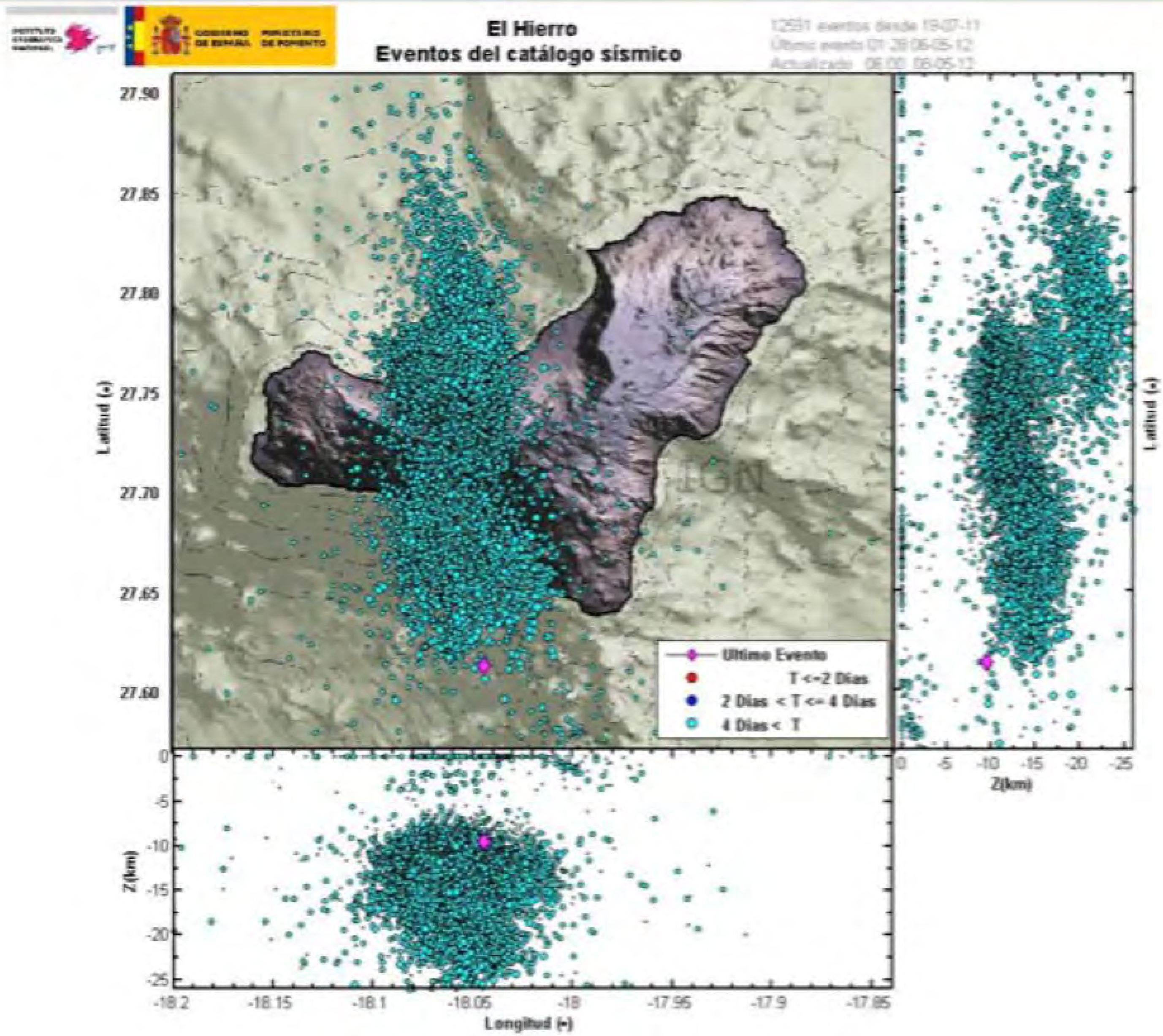
La erupción submarina de El Hierro: perturbación físico-química y su respuesta biológica.

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

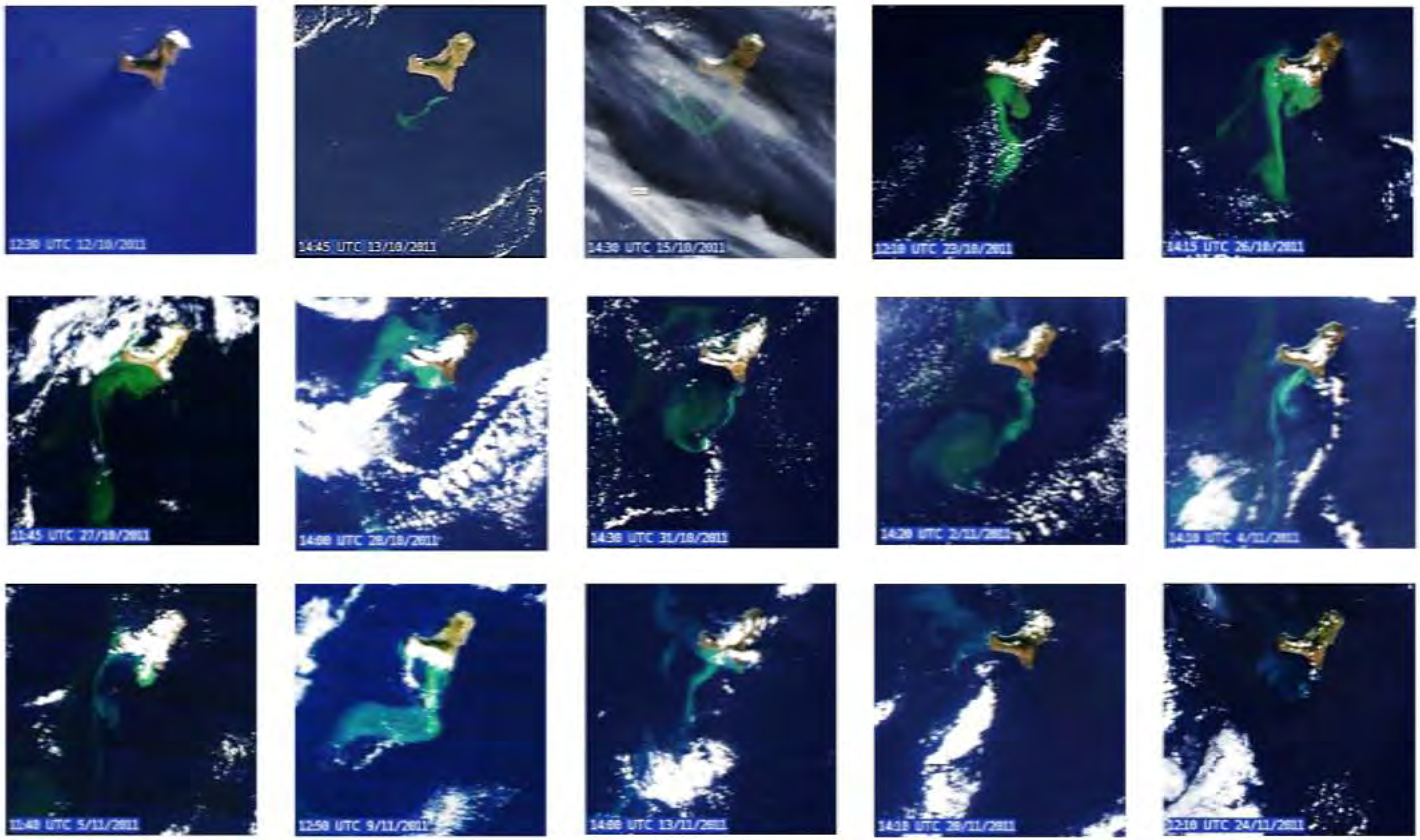
Dr. Eugenio Fraile Nuez
Investigador Titular
Instituto Español de Oceanografía

Las Palmas de Gran Canaria, 20 de Noviembre de 2012

Introducción: inicio de la actividad sísmica



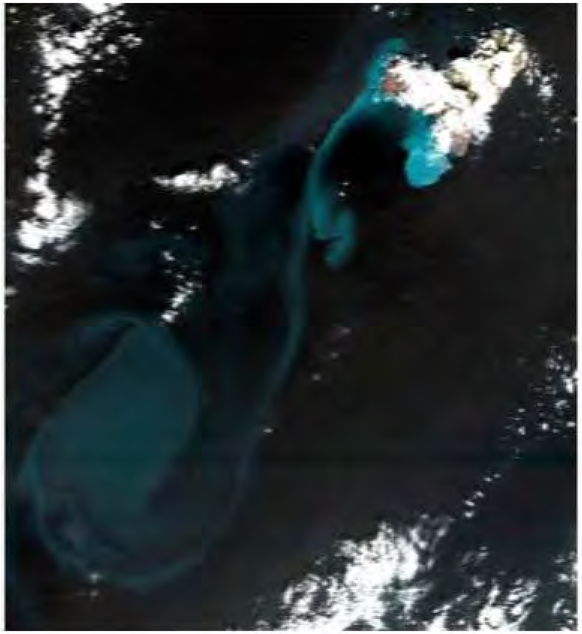
Introducción: inicio de la monitorización por satélite



Eugenio, F., 2012

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

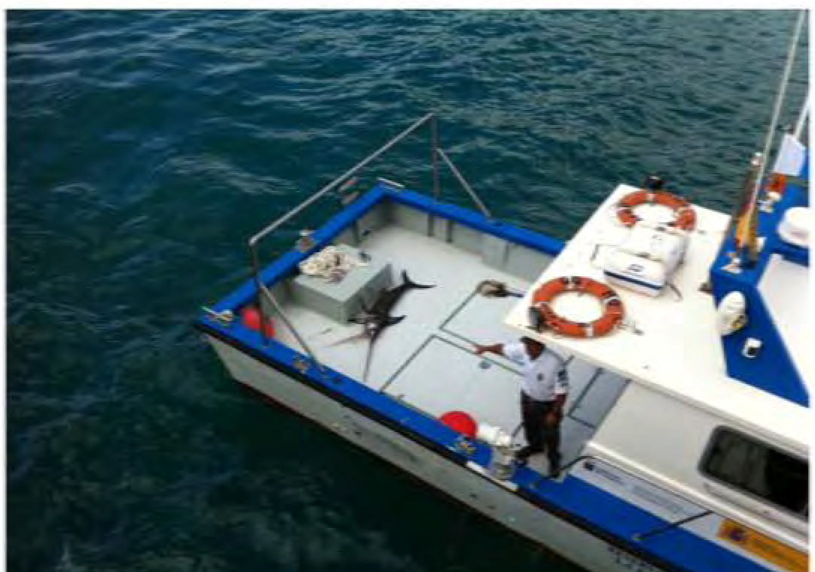
Introducción: inicio de la monitorización por satélite



Introducción: inicio de la actividad investigadora en el océano

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Introducción: efectos evidentes del desastre ecológico



INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Introducción: emisiones gaseosas y material en suspensión

Introducción: erupción submarina del 5 noviembre 2011

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Video: Javier Arístegui

Introducción: emisiones piroclásticas

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

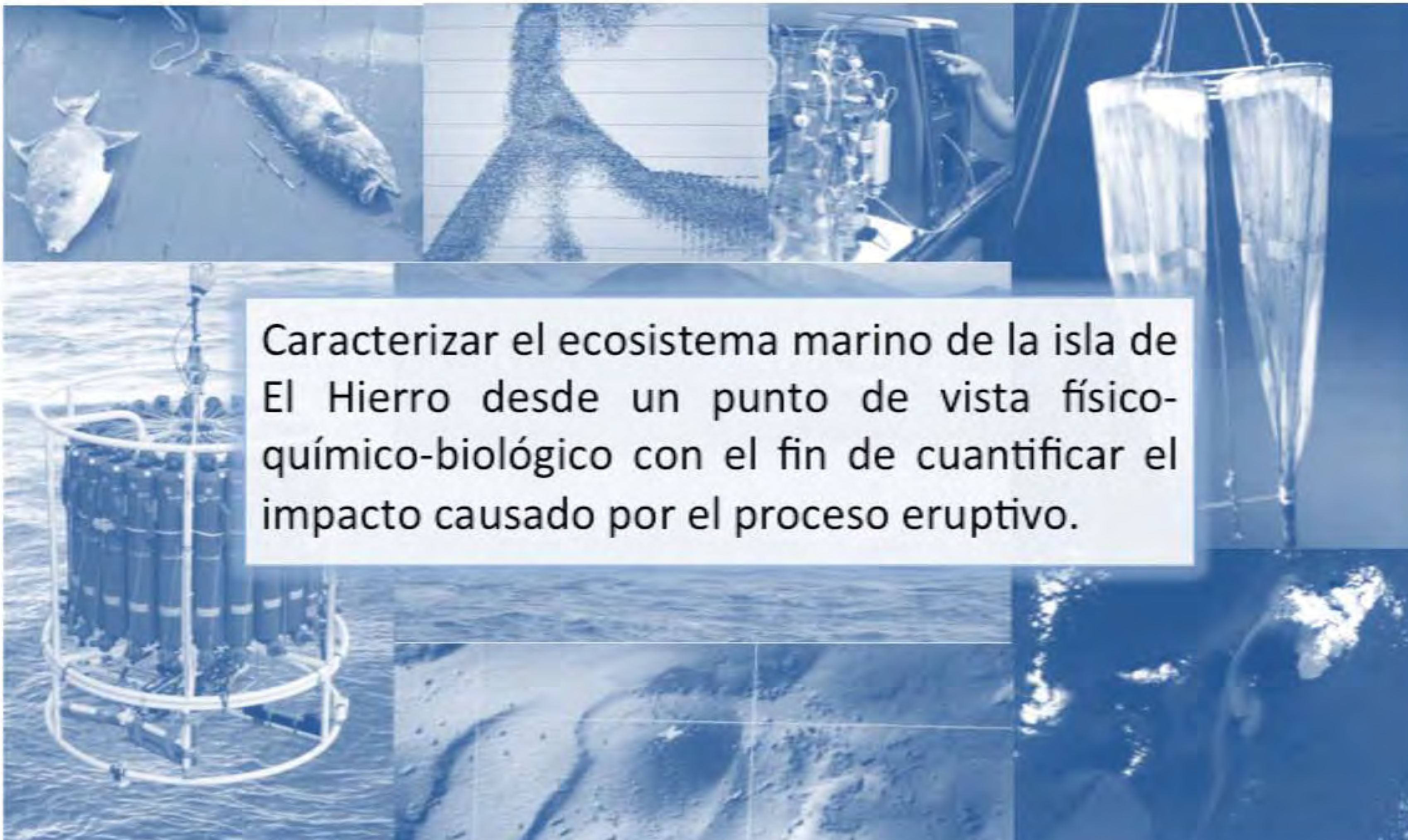
Video: Jesús Pérez

Introducción: Papel del IEO

Más de 20 investigadores de 6 instituciones distintas.

Objetivo fundamental

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA



Caracterizar el ecosistema marino de la isla de El Hierro desde un punto de vista físico-químico-biológico con el fin de cuantificar el impacto causado por el proceso eruptivo.

Especificaciones:

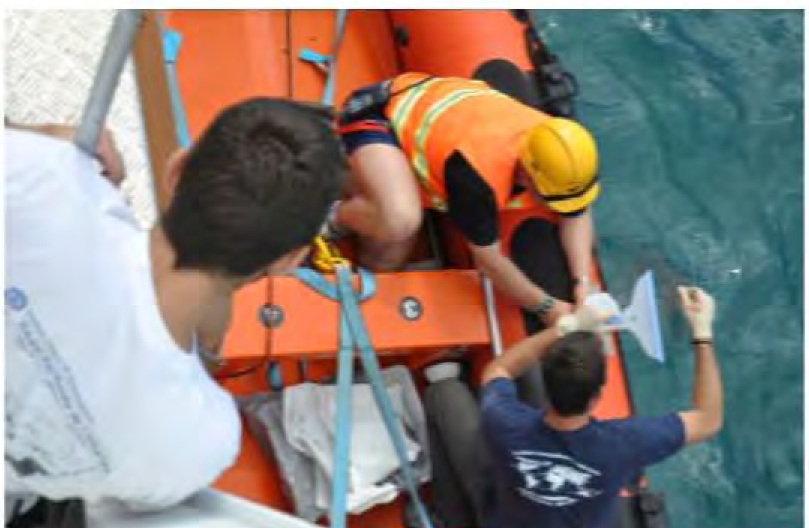
Tipo: Buque Oceanográfico
Año de Construcción: 2011
Propietario: Instituto Español de Oceanografía (I.E.O.)
Longitud: 46,70 m
Envergadura: 10,50 m
Calado: 4,20 m
Velocidad Máxima: 13 kn
Autonomía: 10 días
Tripulación + Técnicos: 12+2
Personal Científico: 12

Foto de Isis Comas

INSTITUTO
ESPAÑOL DE
OCEANOGRAFÍA

INSTITUTO
ESPAÑOL DE
OCEANOGRAFÍA

Coordinador del proyecto

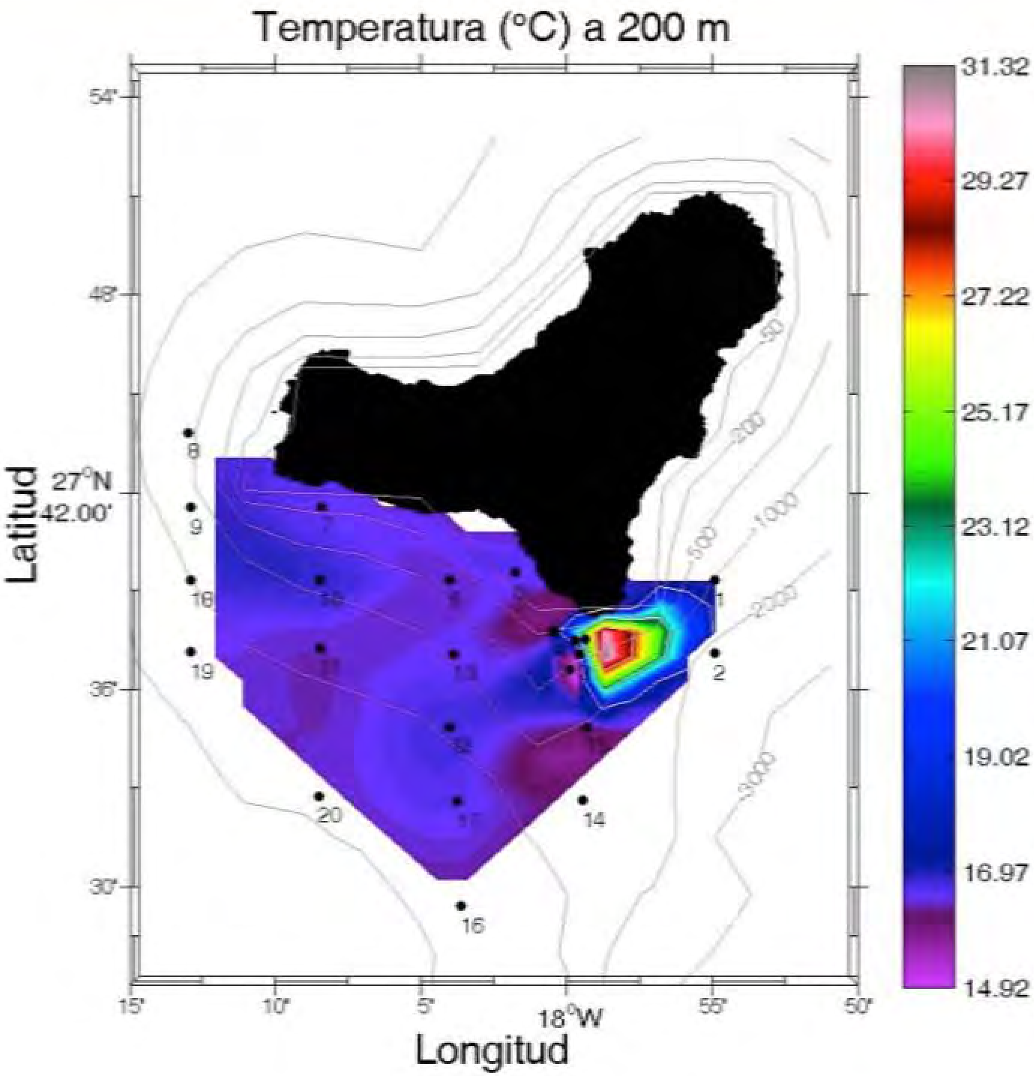


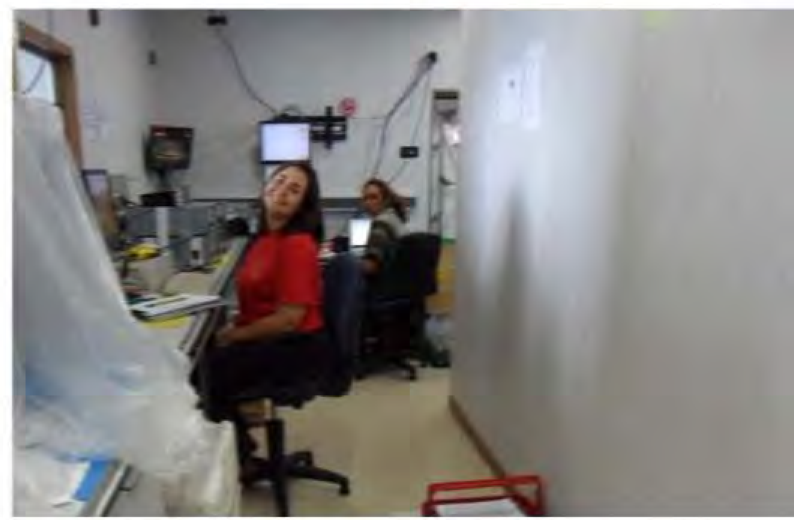
INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

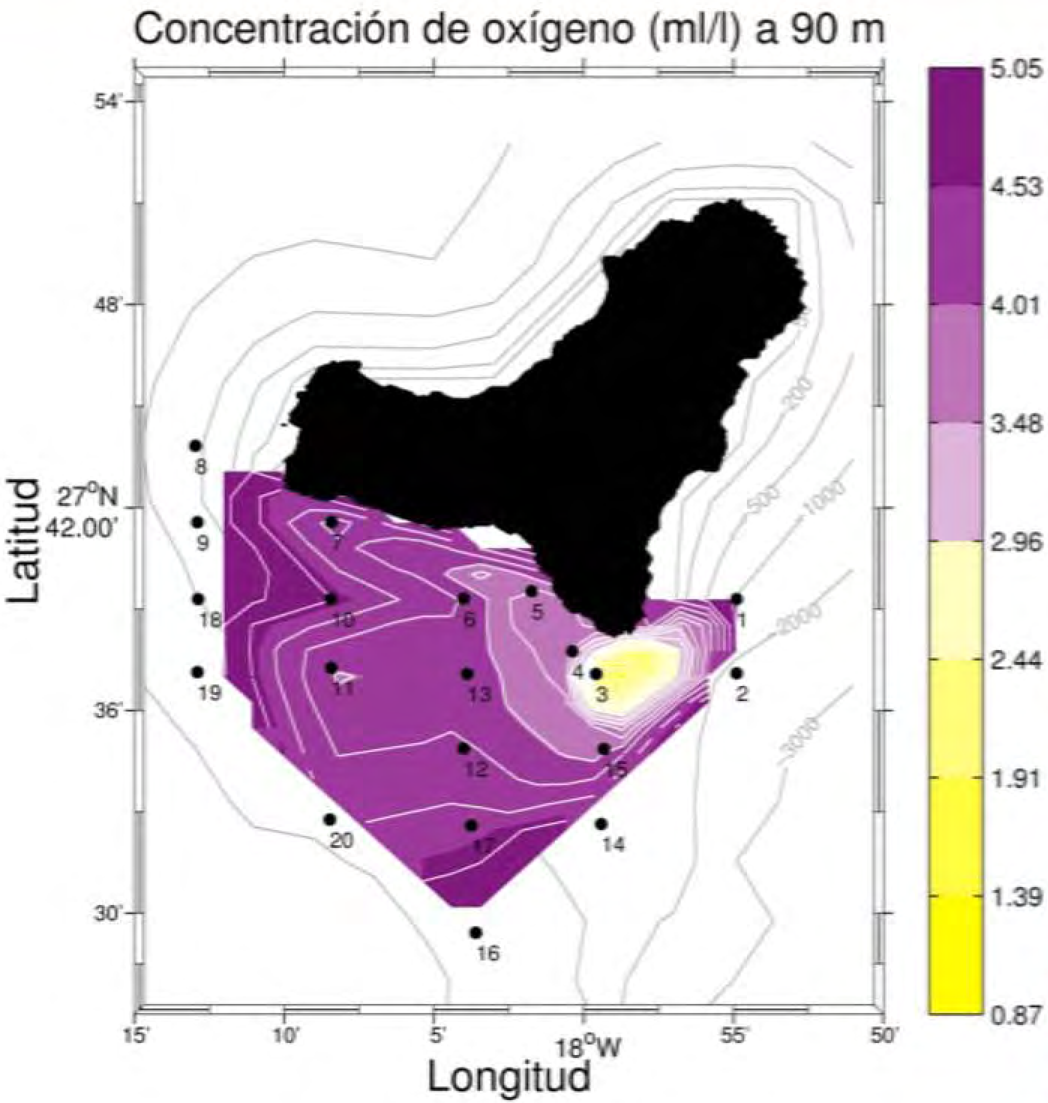
La Roseta

INSTITUTO
ESPAÑOL DE
OCEANOGRAFÍA

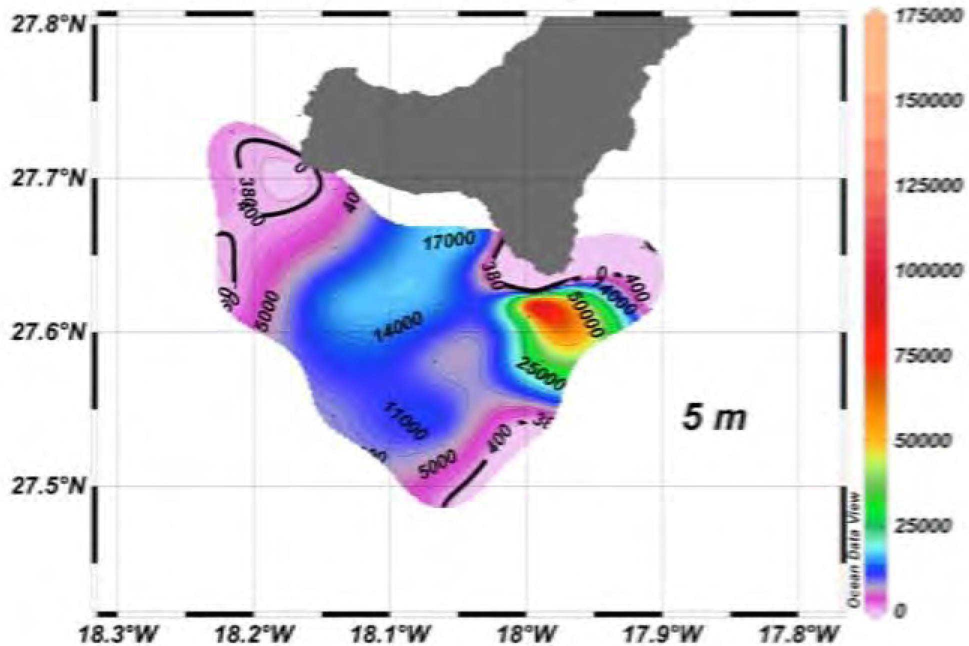
Los Oceanógrafos Físicos






Concentración de oxígeno (ml/l) a 90 m
Latitud
Longitud
54'
48'
27°N 42.00'
36'
30'
15'
10'
5'
18°W
55'
50'
5.05
4.53
4.01
3.48
2.96
2.44
1.91
1.39
0.87
200
500
1000
2000
3000
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Los Oceanógrafos Químicos



C_T, Carbono inorgánico total disuelto

A_T, Alcalinidad total

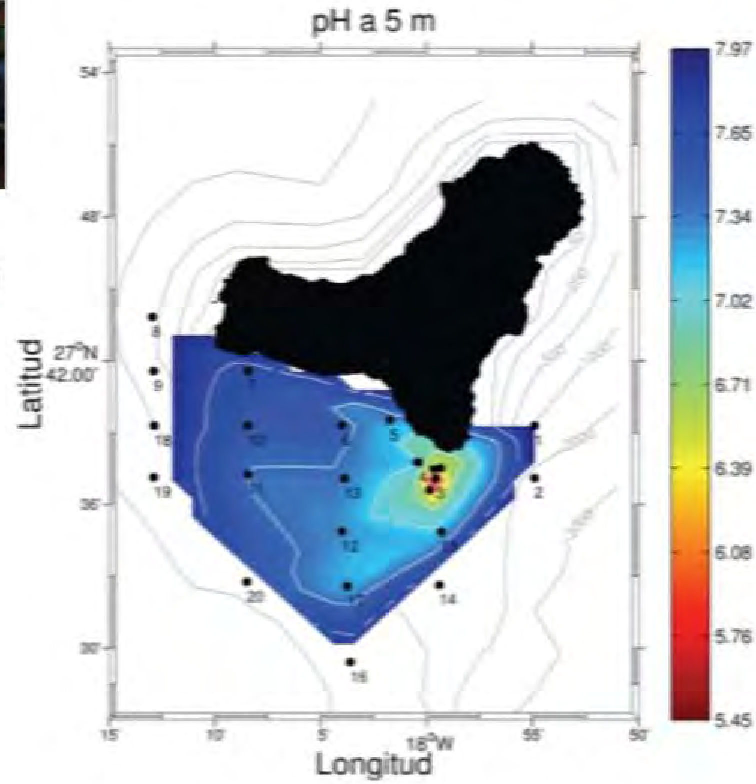
pCO_2 en contínuo

Los Oceanógrafos Químicos

pH potenciomético y espectrofotométrico

H_2S, HS^-, S^{2-}, SO_3^{2-} E (V)

Fe(II), Hierro ferroso

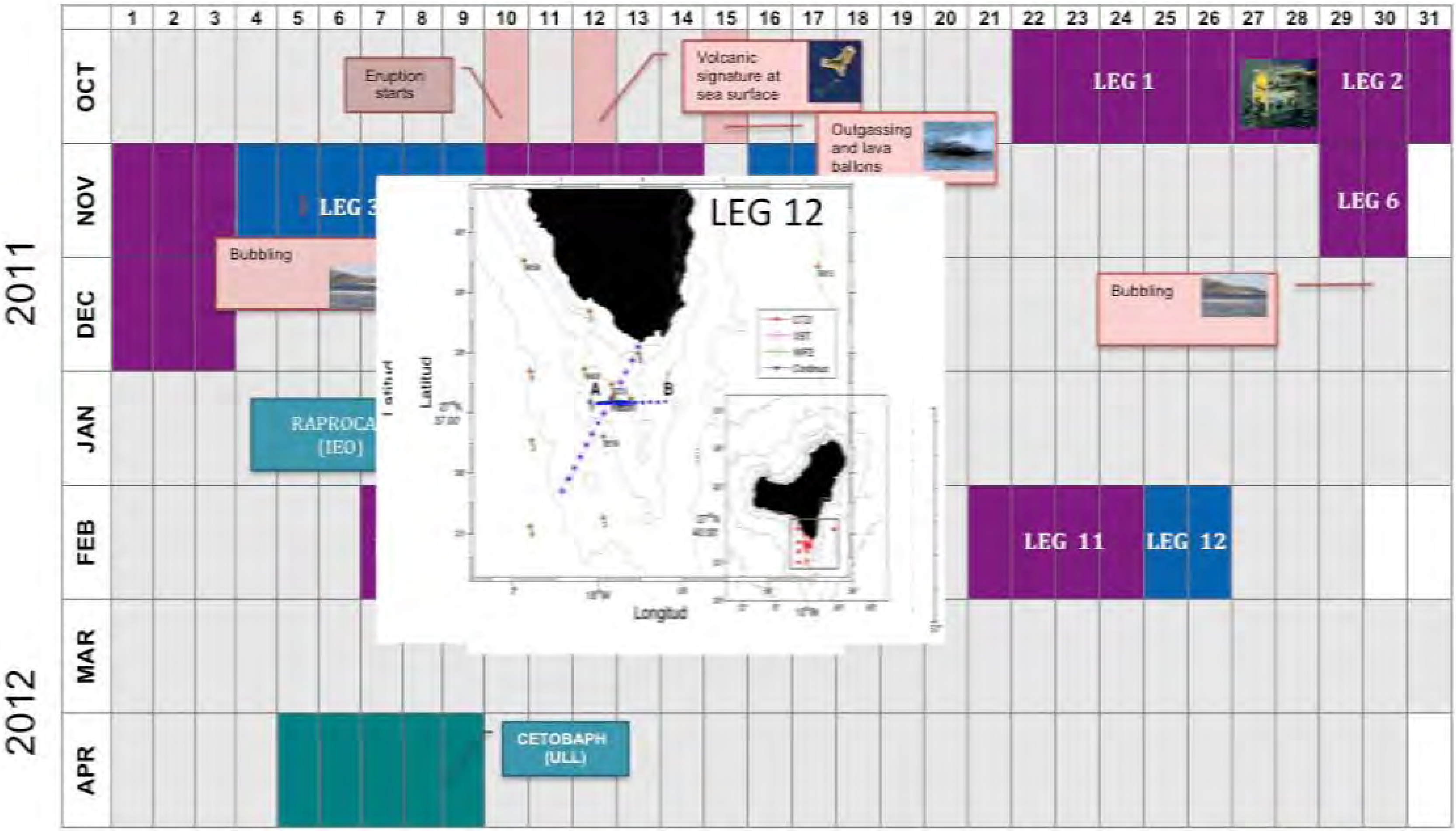


Los Oceanógrafos Biológicos

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Cronograma

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

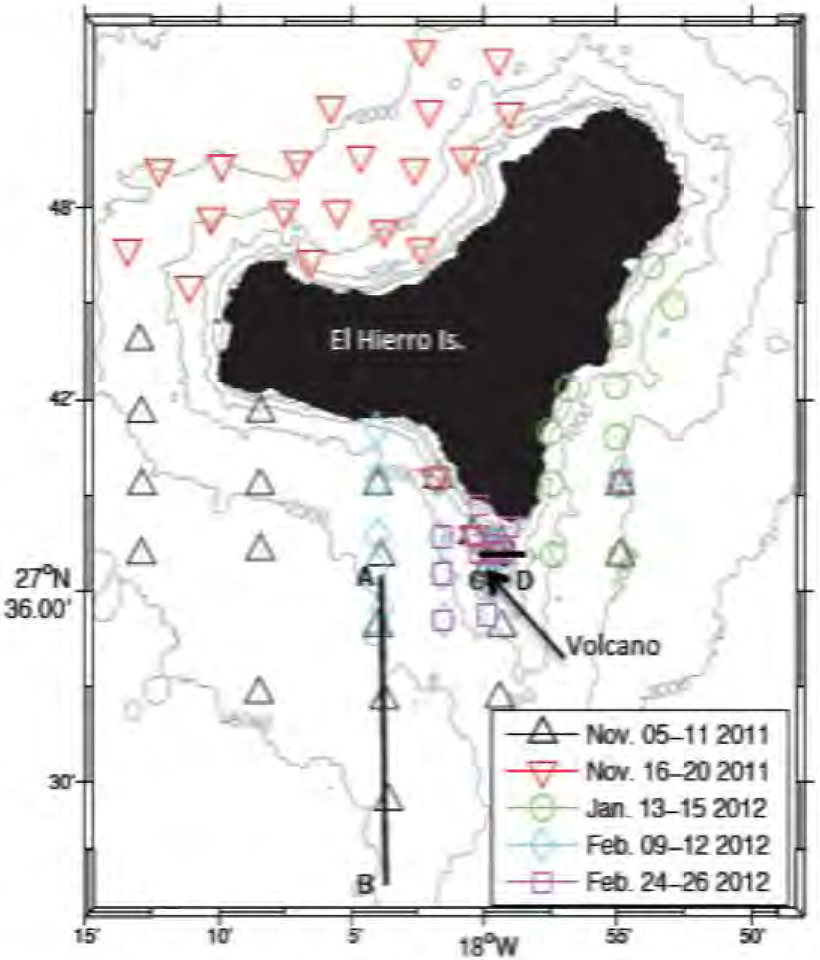


INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Bimbaches Leg 3, 5, 8, 10 y 12, Raprocan1211 y Cetobaph0412: Caracterización Físico-Química-Biológica

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

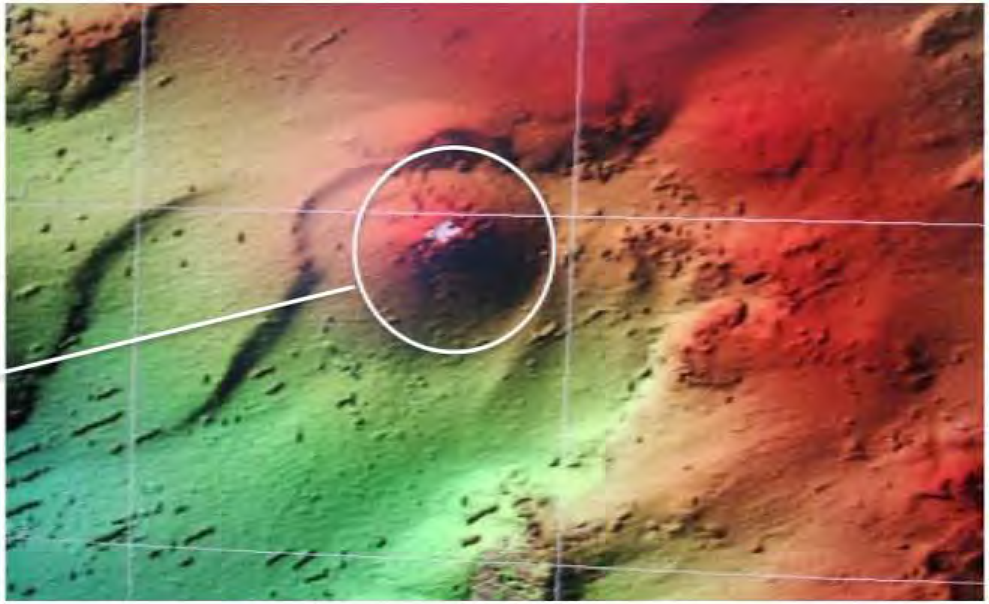
Jefe Campaña: Eugenio Fraile (IEO-Tenerife)

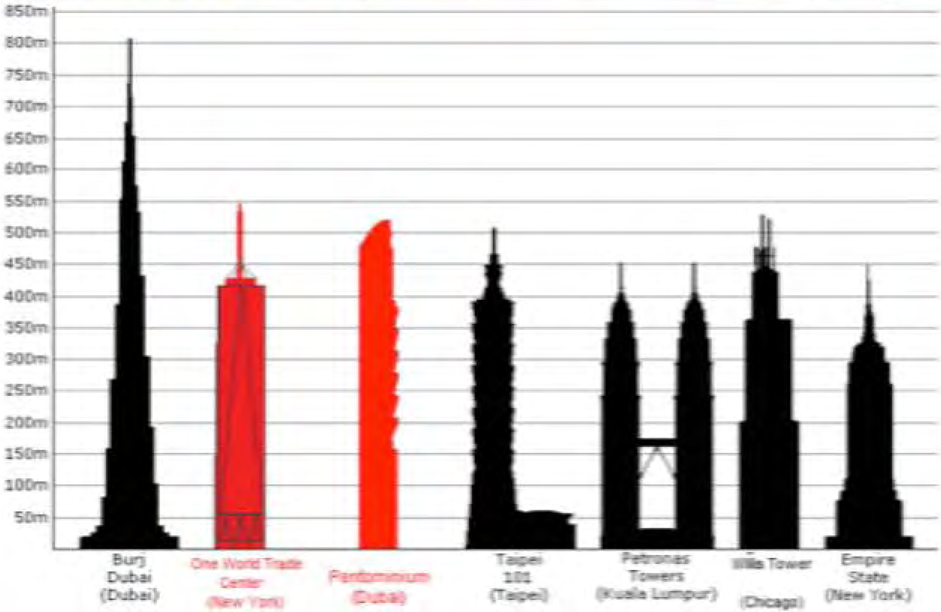


Instrumento/Parámetro	Estaciones	Muestras
CTD	127	> 5 millones de registros de conductividad, temperatura, presión, oxígeno, fluorescencia, materia orgánica disuelta coloreada y transmisómetro
LADCP	100	> 200.000 registros de las componentes zonal y meridional de la corriente
XBT	66	> 15.000 registros de temperatura
VMADCP	continuo	> 14.000 registros de las componentes zonal y meridional de la corriente
EK60	continuo	> 14.000 registros de backscatters
Termosalinógrafo	continuo	>14.000 registros de temperatura y salinidad superficial
Meteorología y navegación	continuo	> 8.000 registros de posición y parámetros meteorológicos
Oxígeno	127	1500
Nutrientes	127	1500 muestras para análisis de nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos
pH	127	1800
Carbono inorgánico total	127	1800
Alcalinidad total	127	1800
pCO2	continuo	> 500.000 registros
Metales	127	1200 muestras para análisis de hierro ferroso (Fe II)
	127	1500 muestras para análisis de aluminio, cobre, cadmio y plomo
Turbidez	127	1500
Fitoplancton	127	1300 muestras para estudio de biodiversidad
	30	100 muestras para análisis de ADN
Microorganismos	127	1300 muestras para el estudio de picoplancton, nanoplancton y bacterias
	30	100 muestras para análisis de ADN
WP2	127	127 muestras para metabolismo
		120 muestras para biomasa y composición

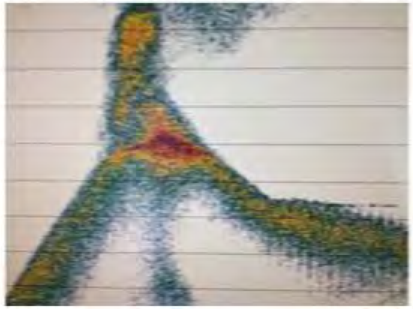
Bimbaches Legs 1, 4, 6, 7, 9 y 11: Levantamientos batimétricos

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA



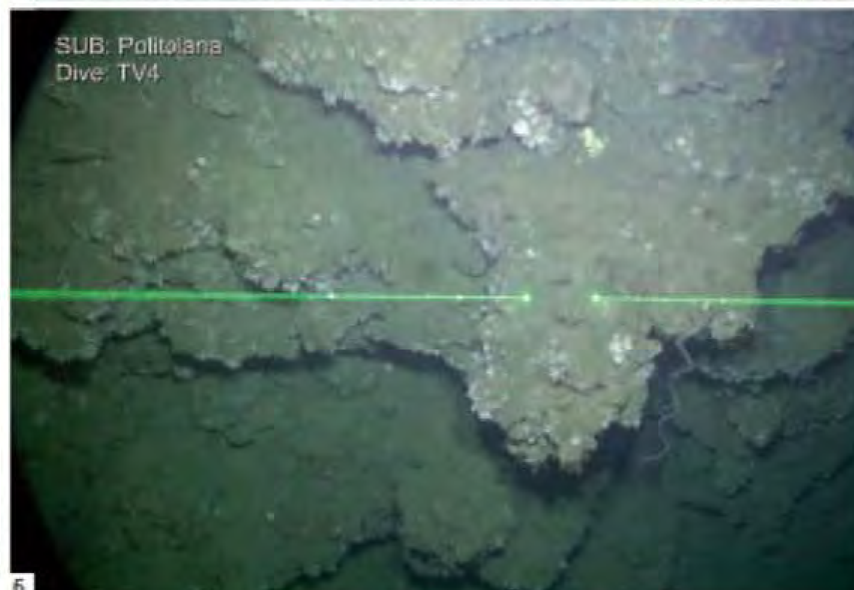


La cima del cono volcánico ha pasado de 350 a <u>88 metros</u> de la superficie.



INSTITUTO
ESPAÑOL DE
OCEANOGRAFÍA

Bimbache Leg 2: ROV y Politolana



Resultados: El Hierro, un laboratorio natural para el estudio del Cambio Climático

1.- Aumento de la Temperatura

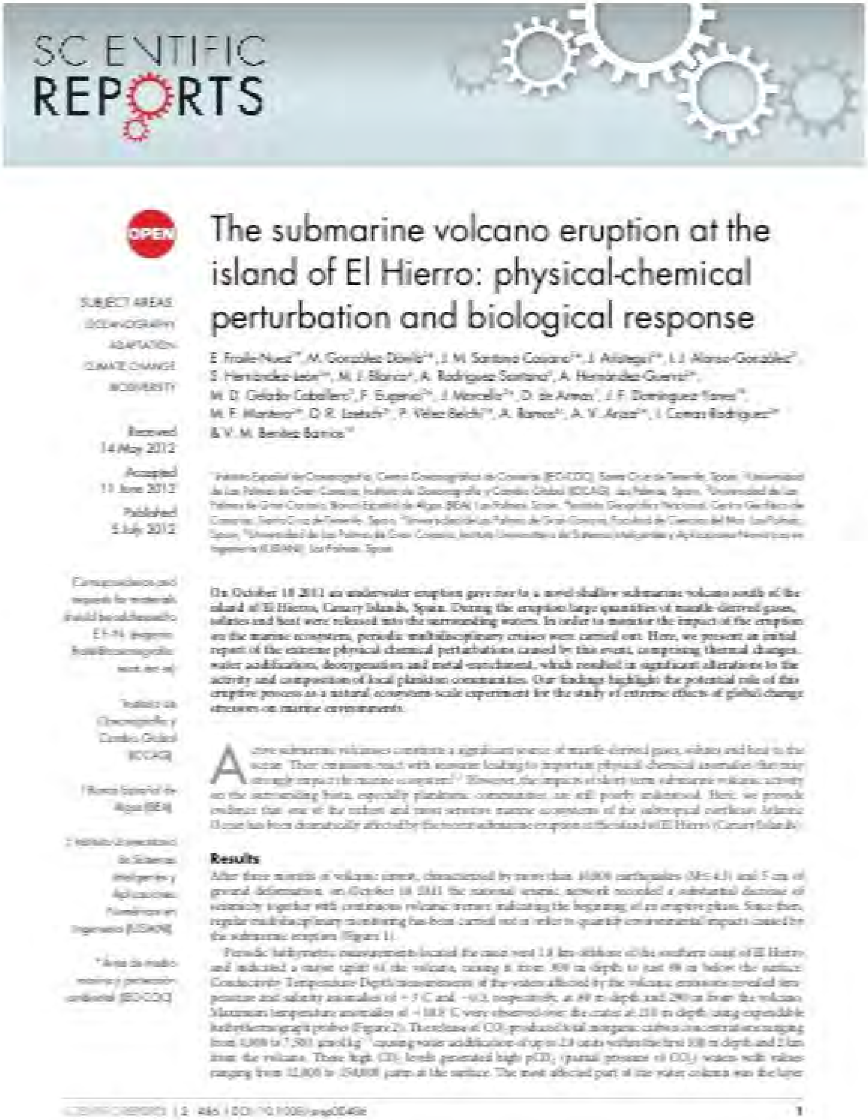
2.- Acidificación oceánica

3.- Desoxigenación

Fraile-Nuez, E. *et al.* The submarine volcano eruption at the island of El Hierro: physical-chemical perturbation and biological response. Sci. Rep. **2**, 486; DOI:10.1038/srep00486 (2012).

http://www.nature.com/srep/2012/120705/srep00486/full/srep00486.html

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA



SCIENTIFIC REPORTS

OPEN

The submarine volcano eruption at the island of El Hierro: physical-chemical perturbation and biological response

Results

1.- Aumento de la Temperatura

2.- Acidificación oceánica

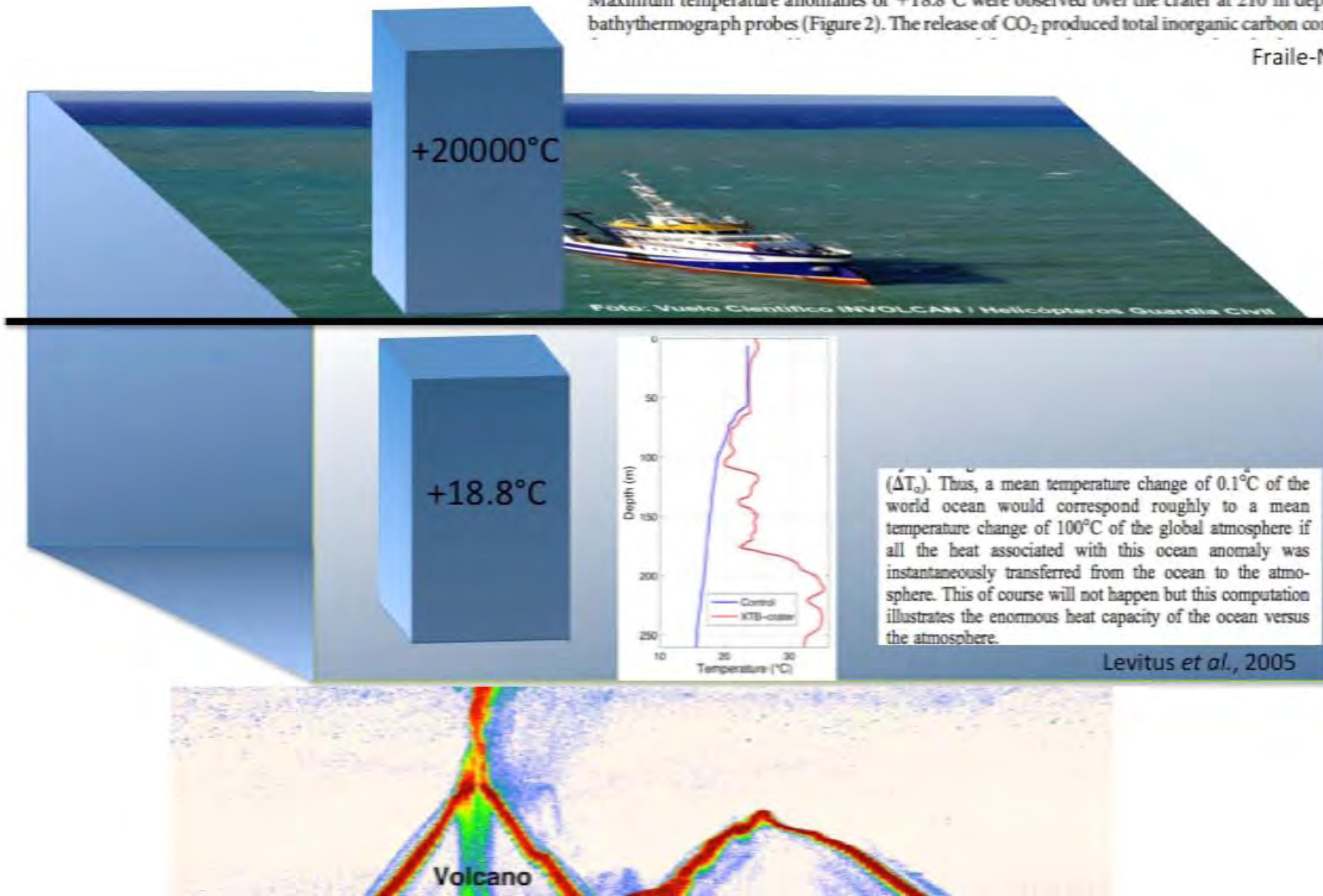
3.- Desoxigenación

Primer factor: Aumento de Temperatura.

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Conductivity-Temperature-Depth measurements of the waters affected by the volcanic emissions revealed temperature and salinity anomalies of +3°C and −0.3, respectively, at 80 m depth and 290 m from the volcano. Maximum temperature anomalies of +18.8°C were observed over the crater at 210 m depth using expendable bathythermograph probes (Figure 2). The release of CO_2 produced total inorganic carbon concentrations ranging

Fraile-Nuez *et al.*,2012

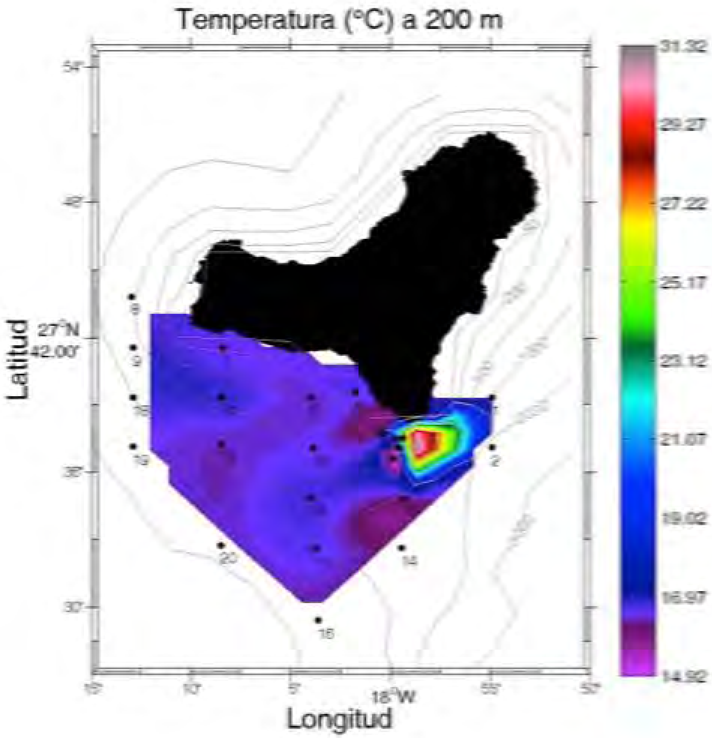


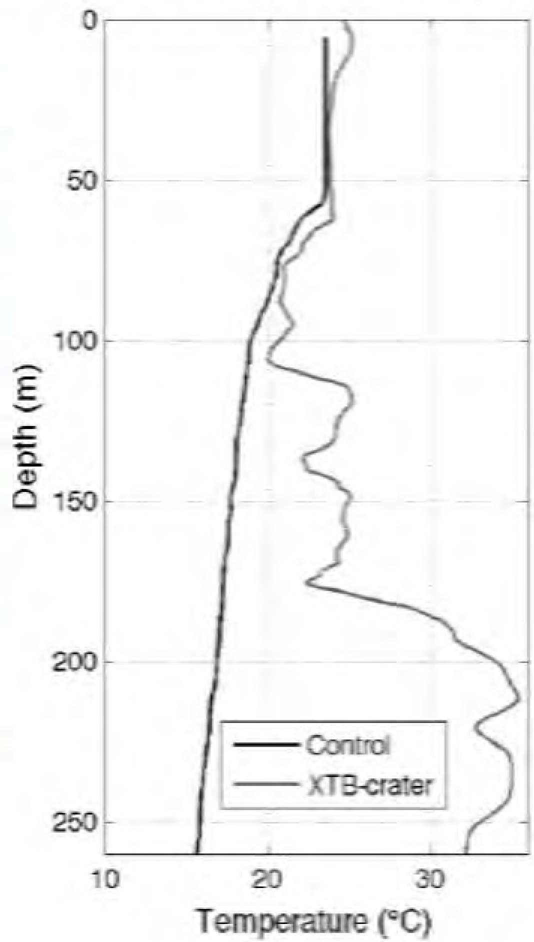
(ΔT_o). Thus, a mean temperature change of 0.1°C of the world ocean would correspond roughly to a mean temperature change of 100°C of the global atmosphere if all the heat associated with this ocean anomaly was instantaneously transferred from the ocean to the atmosphere. This of course will not happen but this computation illustrates the enormous heat capacity of the ocean versus the atmosphere.

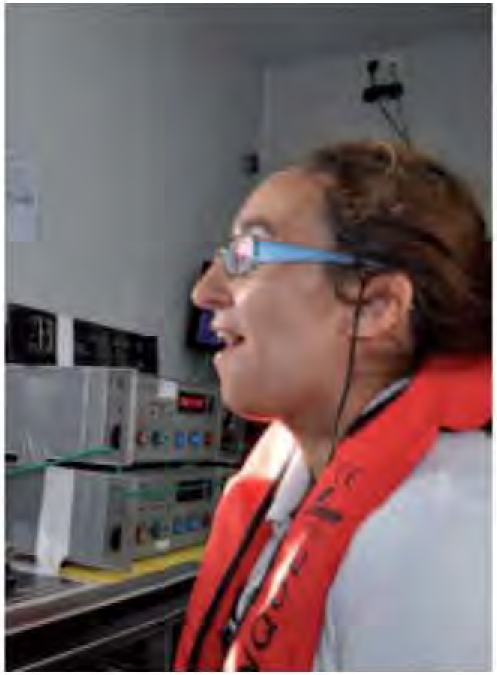
Levitus *et al.*, 2005

Primer factor: Aumento de Temperatura.

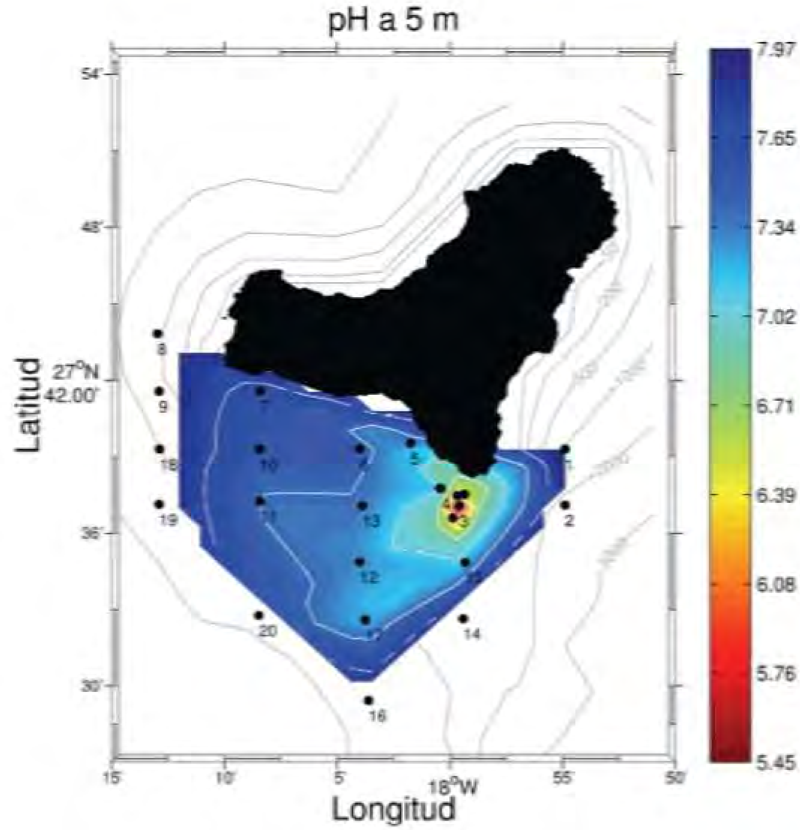
1.- Los primeros 200 metros de la columna de agua sobre el volcán han sufrido un incremento medio de la temperatura de 18.8°C. El calor emitido por el volcán para producir esta variación supondría **una elevación de 20.000°C la temperatura de la atmósfera.**

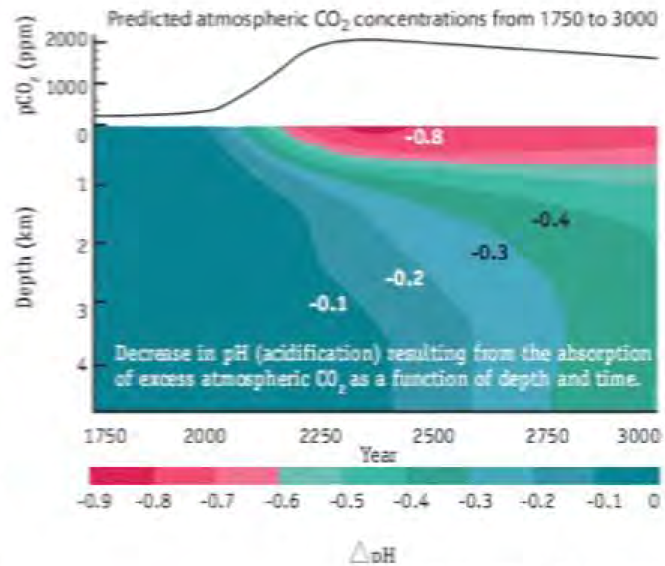






Segundo factor: Acidificación Oceánica.





© Caldeira & Wickett (2003, Science)

bathythermograph probes (Figure 2). The release of CO_2 produced total inorganic carbon concentrations ranging from 4,000 to 7,500 µmol kg^{-1} causing water acidification of up to 2.8 units within the first 100 m depth and 2 km from the volcano. These high CO_2 levels generated high pCO_2 (partial pressure of CO_2) waters with values ranging from 12,000 to 150,000 µatm at the surface. The most affected part of the water column was the layer

Fraile-Nuez *et al.*,2012

Segundo factor: Acidificación Oceánica.

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

1.- El pH disminuyó en 2.8 puntos, lo que supone que el medio está soportando una concentración de ácidos **1000 veces superior** a lo normal.

2.- Las concentraciones de ácido sulfhídrico muestran valores medios realmente elevados, entre 50-100 µM, llegando a valores superiores a 400 µM a 75 metros.

3.- La concentración de Fe(II) disuelto total en el mar **es 4 millones de veces superior** que en condiciones normales.

4.- El carbono inorgánico total disuelto ha aumentado un 476%, pasando de 2100 µmol/kg a 10.000 µmol/kg de agua de mar.

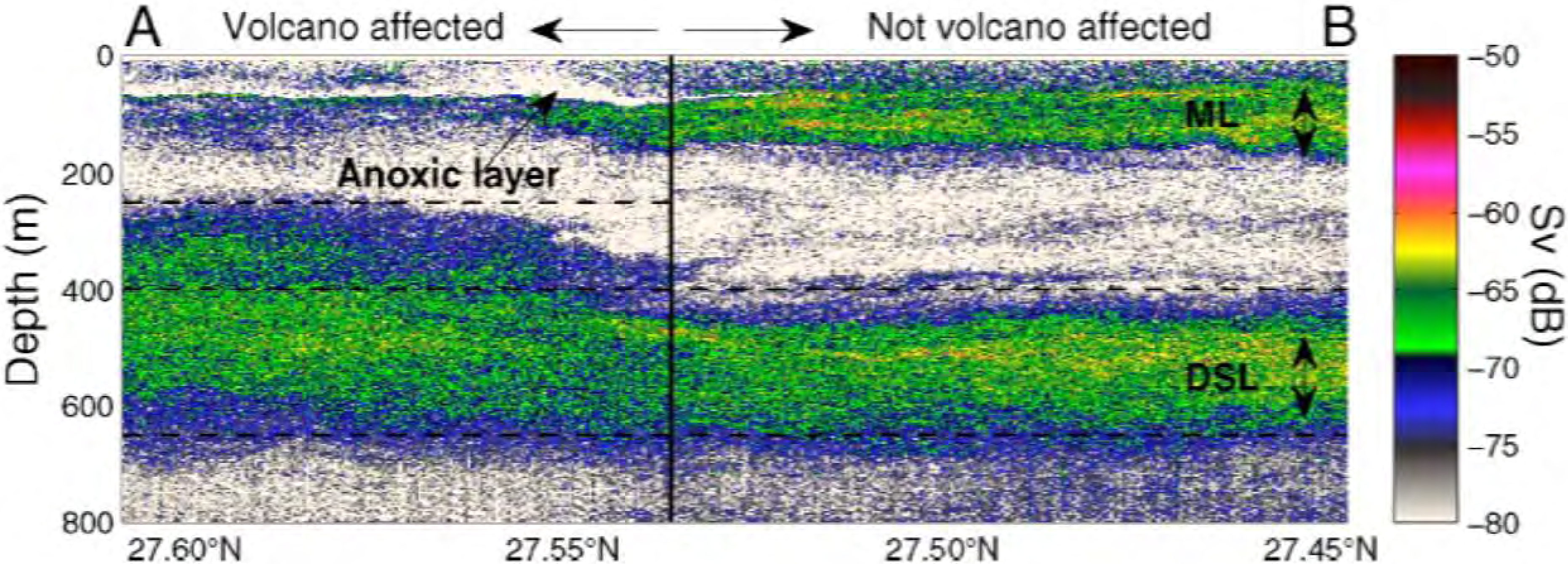
5.- La pCO_2 disuelto ha pasado de 380 µatm a 316.800 µatm.

0.15% de las emisiones diarias mundiales

17% de las emisiones diarias en España

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

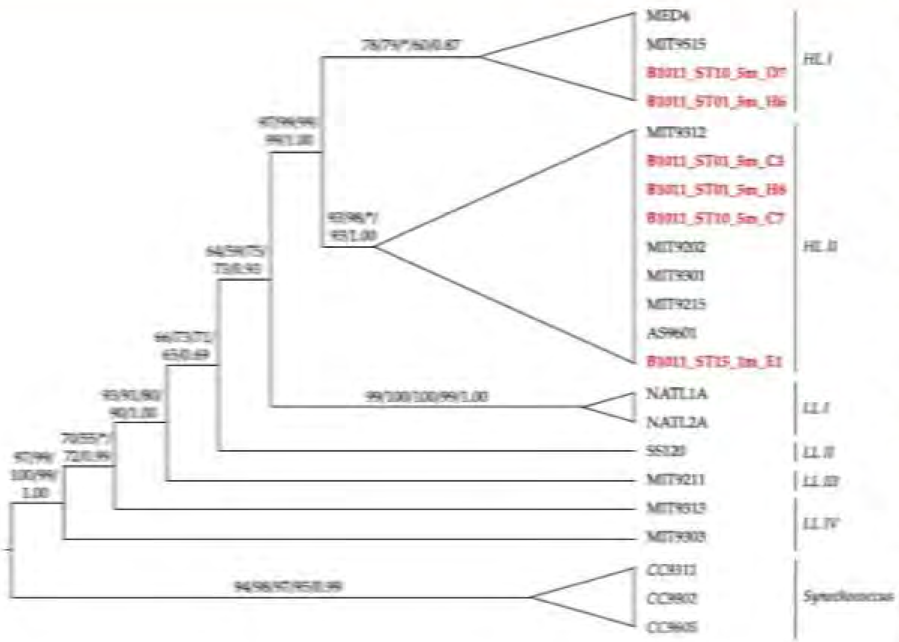
Tercer factor: Desoxigenación



These physical-chemical anomalies had a major impact on local pelagic communities. No fish schools were acoustically detected within the volcano affected area, and many dead fish were observed floating at the surface. Due to low light penetration, the upper limit of the deep scattering layer (produced by plankton and nekton echoes) was around 100 m shallower than usual in waters affected by the volcano. There, diel vertical migration was rather weak or absent as a consequence of anoxic levels in shallow layers (Figure 3). Small

Fraile-Nuez *et al.*,2012

Respuesta biológica:

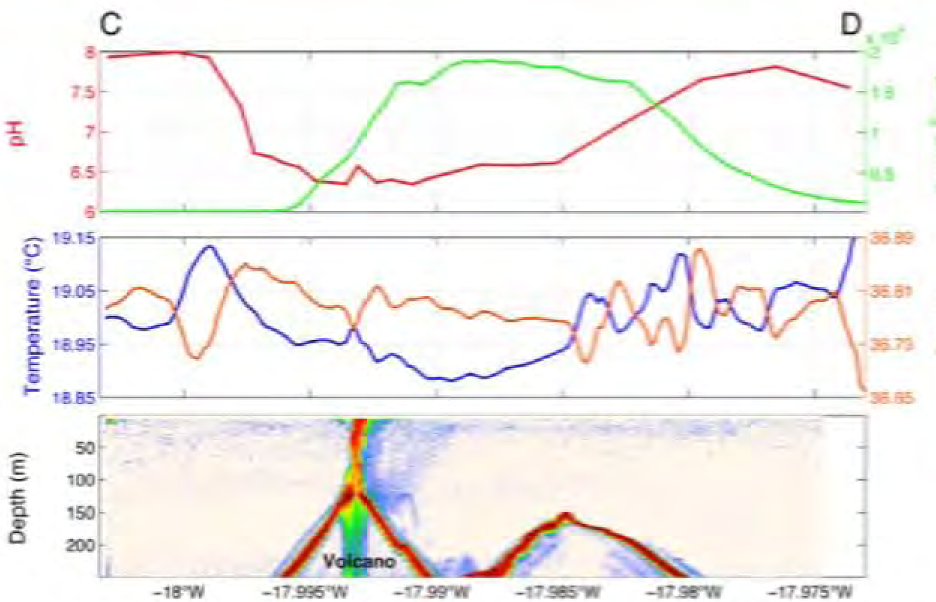


picoplankton communities showed a variable response to the volcanic emissions. Picophytoplankton at surface layers were not affected. However, at 75 m depth, *Prochlorococcus* showed a three-fold and *Synechococcus* a two-fold significant decline of abundance (t-test, $p<0.06$ and $p=0.1$, respectively), compared to far-field stations. Conversely, heterotrophic bacterial abundances (particularly large cells with high green fluorescence) increased dramatically with depth at stations affected by the volcanic emissions. The distinct response of the picophytoplankton groups to the volcano's influence is suggestive of ecotype selection under the rapidly changing conditions. Indeed, preliminary phylogenetic analyses of 16S rDNA from surface waters revealed *Prochlorococcus* ecotypes characterized by lower chlorophyll b/a ratios and higher cupric ion tolerance (High Light-adapted[3], HLI and HLII) (Figure 4). The lack of HLI ecotypes in waters affected by the volcanic emissions may indicate a volcano-induced selection towards higher growth-temperature optima, an attribute associated with the HLII ecotypes.

Fraile-Nuez *et al.*,2012

INSTITUTO
ESPAÑOL DE
OCEANOGRAFÍA

Atenuación del proceso

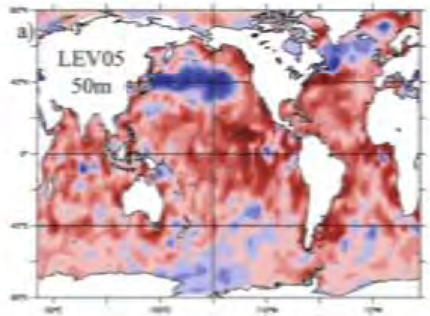


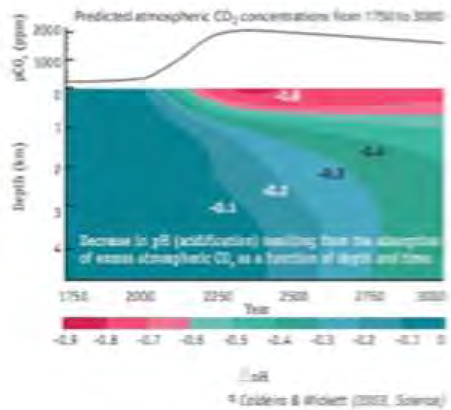
Five months after the beginning of the eruptive process, monitoring of the physical-chemical properties around the volcano continues to show significant variations within the different fields being measured (Figure 5). Surface temperature and salinity above the crater show small but notable differences of +0.02°C and −0.018, respectively. Although CO_2 values have decreased considerably since the eruption, they continue to be highly variable. pCO2 ranges between 16,000 and 19,000 µatm (compared with 150,000 µatm at the time of the eruption), and surface pH values show a decrease of 1.8 points below normal levels to 6.2.

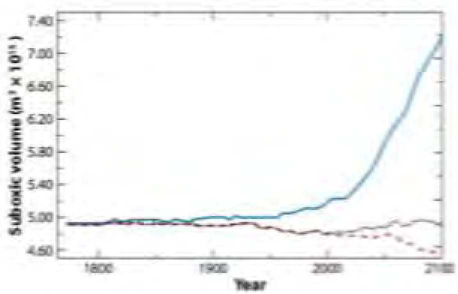
Fraile-Nuez *et al.*,2012

Fraile-Nuez, E. *et al.* The submarine volcano eruption at the island of El Hierro: physical-chemical perturbation and biological response. Sci. Rep. **2**, 486; DOI:10.1038/srep00486 (2012).

http://www.nature.com/srep/2012/120705/srep00486/full/srep00486.html



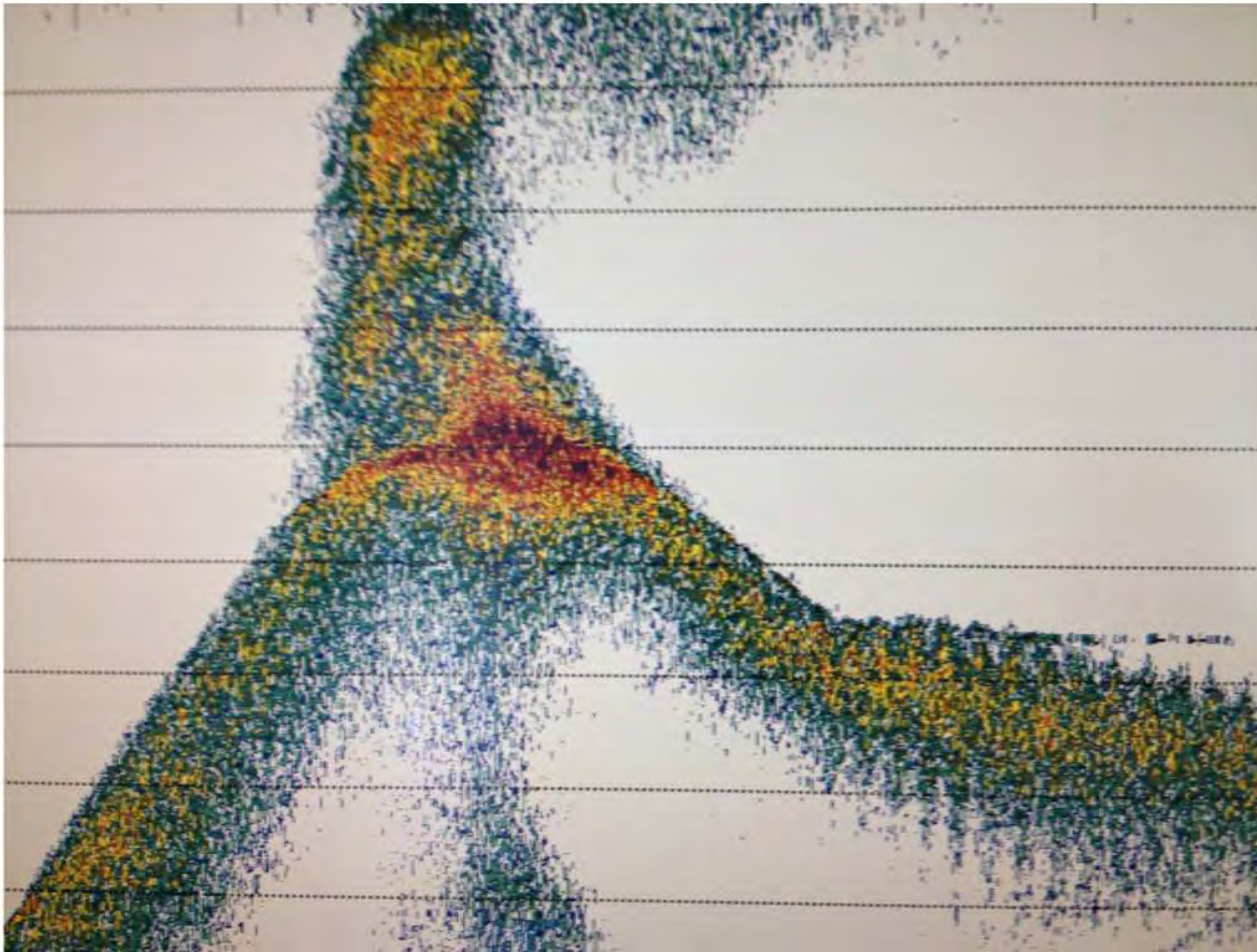




During the eruption of a submarine volcano at the island of El Hierro, volcanic emissions resulted in major physical-chemical alteration of the surrounding waters, such as warming, acidification and deoxygenation. These three processes are also the main stressors of global climate change, driven primarily by elevated anthropogenic release of carbon dioxide into the atmosphere[4]. Global climate models predict for the next century a rise of 0.6°C in ocean surface temperature[5], a decrease of 0.3 – 0.4 pH units in surface waters[6], and a decline of 1 – 7% in the global ocean oxygen inventory[7]. Marine organisms have already responded to these changes through variations in their distribution and survival[8], decreased calcification rates[6] and alteration of diurnal and ontogenetic vertical migrations of pelagic communities[9,10]. These effects directly impact the structure and functioning of marine ecosystem.

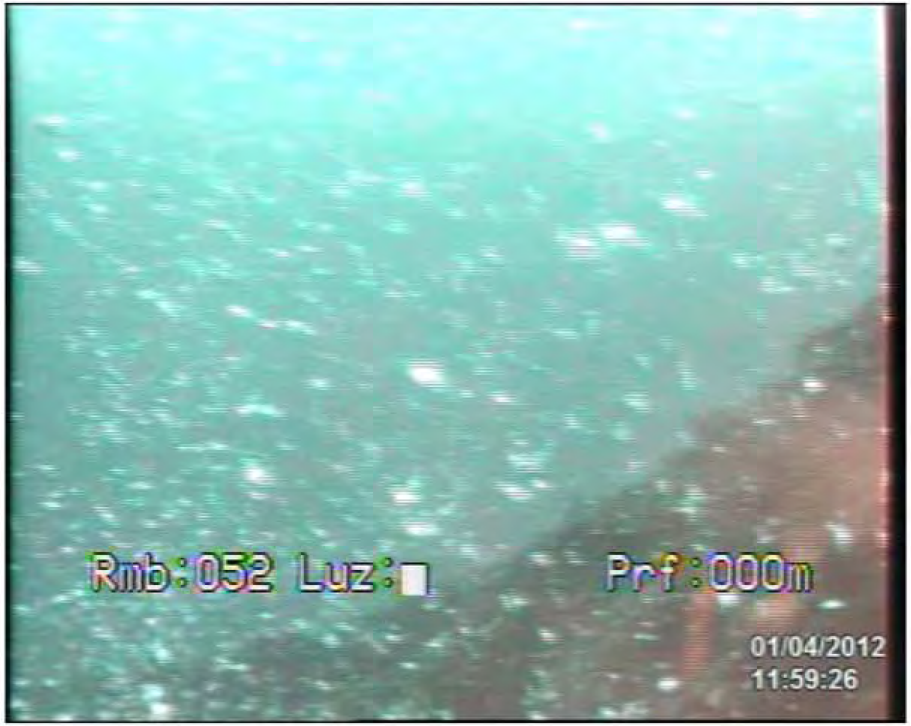
The volcano affected area has exhibited responses that are occurring globally, making El Hierro into a unique natural laboratory where the principal climate change stressors are acting simultaneously. The results emerging from this volcanic eruption will help to improve our understanding of how future climate change may impact marine biota.

Proceso de desgasificación



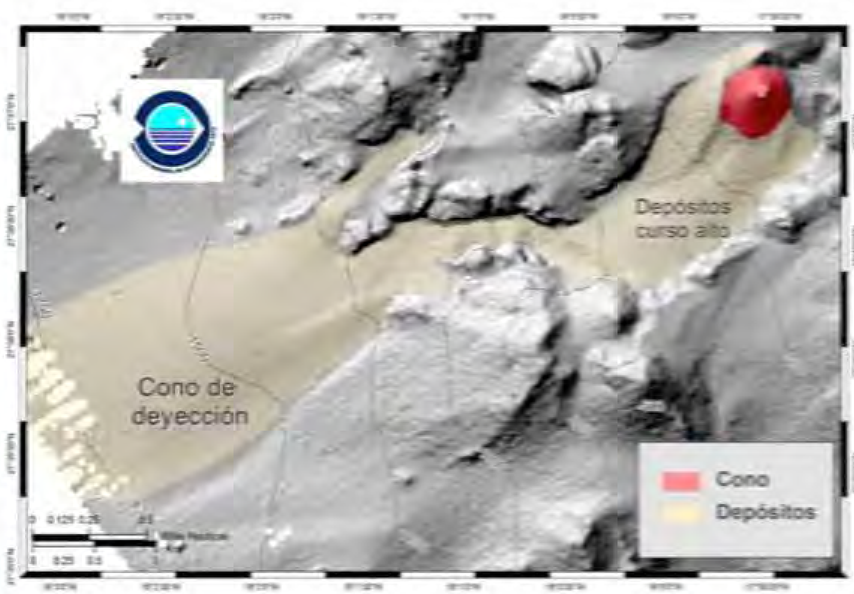
INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Proceso de desgasificación



Proyecto VULCANO

Título: Volcanic erUption at El Hierro IsLand. Sensitivity and ReCovery of the mAriNe EcOsystem
Fuente: MINECO (CTM2012-36317)
Investigador Principal: Eugenio Fraile (IEO)
Duración: dos años (2013 – 2014)



INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Gracias por su atención!

Proyecto Bimbache

La erupción submarina de El Hierro: perturbación físico-química y su respuesta biológica

Dr. Eugenio Fraile Nuez
Investigador Titular
Instituto Español de Oceanografía

Las Palmas de Gran Canaria, 20 de Noviembre de 2012