

Génesis de carbonatos autigénicos asociados a volcanes de fango del Golfo de Cádiz (SW España): influencia de procesos bioquímicos y desestabilización de hidratos de gas

Marta Rejas Alejos

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



**Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica
Universitat de Barcelona
Programa de Doctorat de Ciències de la Terra
Bienni 2004-2006**

**Génesis de carbonatos autigénicos asociados a
volcanes de fango del Golfo de Cádiz (SW España):
influencia de procesos bioquímicos y
desestabilización de hidratos de gas.**

**Marta Rejas Alejos
2009**

Capítulo 3. Muestras y áreas de estudio

3. Muestras y áreas de estudio.

En la presente tesis se estudian muestras obtenidas en tres áreas distintas del Golfo de Cádiz:

-Campo de Volcanes de Fango Diasom: Se trata de concreciones carbonatadas de tres montículos de fango: Ibérico, Cornide y Arcos (figura 3a). Estas concreciones fueron dragadas durante las campañas Anastasia 2000 y Anastasia 2001 y facilitadas por el Centro Oceanográfico de Málaga. Las concreciones de Ibérico corresponden a la draga DA-10, las de Cornide a las dragas DA-01 y DA-02 y, las de Arcos a la draga DA-18 (ver tabla 3). Se muestrearon a unas profundidades que oscilan entre 850 y 1100 m de columna de agua. El estudio de 19 muestras de Ibérico, 26 concreciones de Cornide y 20 de Arcos, se describe en el capítulo 5 de esta tesis.

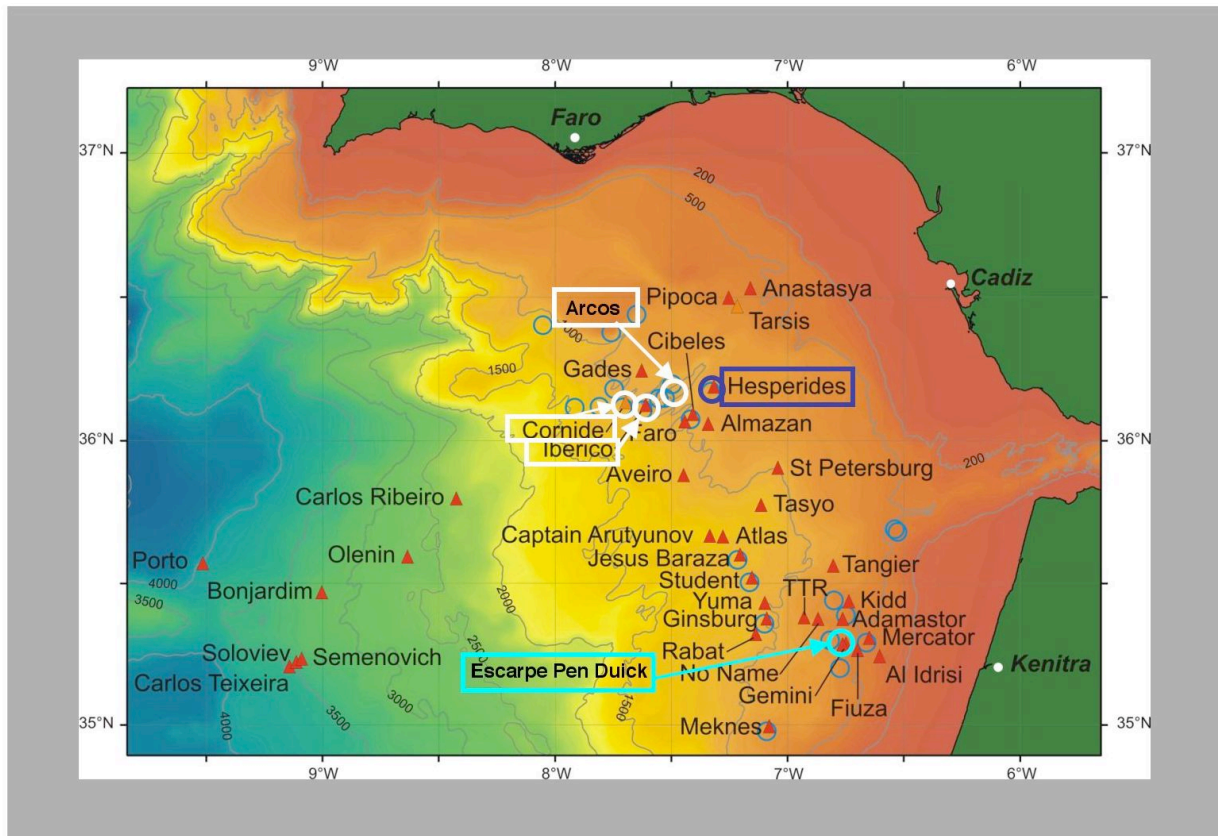


Figura 3a. Mapa de situación de los volcanes de fango y montículos de fango descubiertos en el Golfo de Cádiz. Los triángulos rojos corresponden a volcanes y los círculos azules a montículos (modificado de Somoza et al, 2002).

-Complejo de Volcanes de Fango Hespérides: Esta zona la denominamos, en la presente tesis, Bosta. Las muestras fueron obtenidas en las mismas campañas que las concreciones de los montículos de fango de Diasom. Las muestras corresponden a brechas y costras carbonáticas situadas en la parte alta del

Complejo de Volcanes Hespérides (figura 3b). Fueron muestreadas a unas profundidades que oscilan entre 750 y 900 m y corresponden a la draga DA-12. En el capítulo 6 se mostrarán los principales resultados obtenidos en el estudio de 8 costras y 1 brecha carbonatada.

-Complejo de Volcanes El Arraiche: dentro de este complejo se han estudiado costras carbonáticas del Escarpe Pen Duick (figura 3a). Estas muestras fueron obtenidas durante la campaña 64PE237 (R.V. *Pelagia*) realizada del 19 de mayo al 8 de junio de 2005. El primer objetivo de la campaña era confirmar los resultados obtenidos en anteriores campañas (de Haas et al, 2003; Mienis et al, 2004) en lo que se refiere al hábitat de las diferentes especies de corales. El segundo objetivo, era realizar un muestreo de diferentes tipos de muestras (colonias de corales, fango, costras carbonáticas) con objeto de conocer la relación entre el metano y la formación de los materiales carbonatados. Las 15 costras carbonáticas estudiadas pertenecen a la estación de muestreo M2005-21 (ver tabla 3), fueron muestreadas a 498 m y, el resultado de su análisis se muestra en el capítulo 7 de esta tesis.

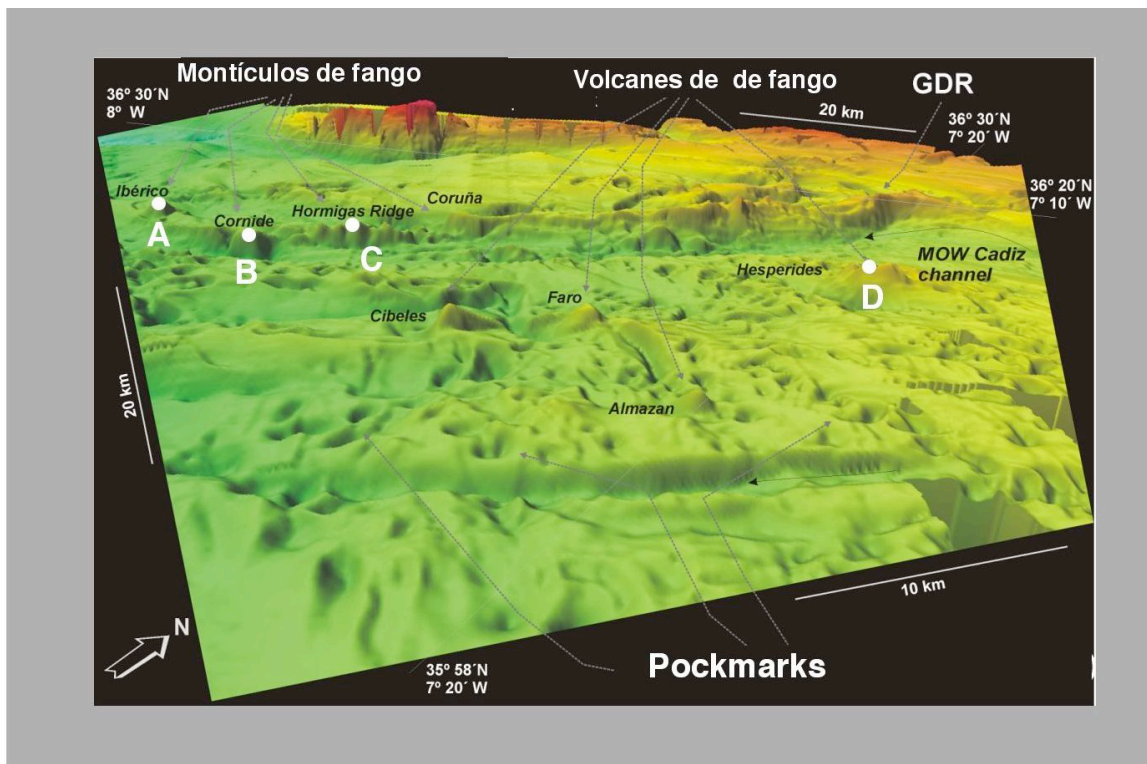


Figura 3b. Imagen batimétrica 3D del fondo marino del Golfo de Cádiz. El área mostrada corresponde a un sector de la Unidad Alóctona de Guadalquivir dónde se sitúan los montículos de fango Ibérico (A), Cornide (B), Arcos (C) y el Complejo de Volcanes de Fango Hespérides (BOSTA)(D). En la zona aparecen estructuras de colapso producidas por la circulación de gas dentro de esta zona (pockmarks) (modificado de Hernández-Molina et al., 2003).

Unos de los datos que no se ha podido calcular es la distancia recorrida por la dragas en el momento de muestreo de las concreciones y costras carbonáticas de Diasom y Bosta. Se podría hacer una medición cartografiando el

recorrido sobre una batimetría de precisión y medir el resultado, pero el resultado no sería exacto. Todo depende del tipo de relieve por el que ha circulado la draga, la velocidad a la que avanza el barco y la velocidad de la draga de arrastre sobre el fondo marino. Se puede realizar una estimación general por el tiempo y la velocidad de arrastre y en ese caso, las distancias obtenidas varían entre 300 y 500 metros como máximo (datos facilitados por Dr. Víctor Díaz del Río del Instituto Oceanográfico de Málaga).

CAMPAÑA	draga/ estación muestreo	lugar de muestreo	latitud-origen	longitud-origen	latitud-final	longitud-final	Nombre muestras
ANASTASYA 2000	DA-10	IBERICO	36° 07'	7 °41.50'	36°07.48'	7 °40.77'	0214, 0215, 0216, 0217, 0218, 0219, 0220, 0221, 0222, 0223, 0224, 0225, 0226, 0227, 0265, 0266, 0267, 0291, 0292
ANASTASYA 2001	DA-01	CORNIDE	36°06.96'N	7°36.31'W	36°07.08'	7°36.07'	0200
ANASTASYA 2001	DA-02	CORNIDE	36°06.48'N	7°36.93'W ^o	36°07.28'	7°36.55'	0201, 0202, 0203, 0204, 0239, 0240, 0241, 0242, 0243, 0244, 0245, 0246, 0248, 0249, 0250, 0251, 0252, 0253, 0254, 0255, 0256, 0257, 0258, 0259, 0260
ANASTASYA 2001	DA-18	ARCOS	36°09.29'N	7°32.89'O	36°09.48'N	7°33.47'W	0230, 0231, 0232, 0233, 0234, 0235, 0236, 0237, 0238, 0277, 0278, 0279, 0280, 0281, 0282, 0283, 0284 0285, 0286, 0293
ANASTASYA 2000	DA-12	BOSTA	36°11.39'	7 °18.96'	36°11.18'	7 °19.45'	0205, 0206, 0207, 0208, 0209, 0210, 0211, 0212, 0213
64PE237 (2005)	M2005-21	ESCARPE PEN DUICK	35° 19.084' N	6° 46.397' W			Pd-034, PD-035, PD- 036, PD-037, PD-038, PD-039, PD-040, PD- 041, PD-042, PD-043, PD-044, PD-045, PD- 046, PD-047, PD-048

Tabla 3. Listado de las cinco zonas de muestreo en el Golfo de Cádiz. En el caso de los montículos de fango Ibérico, Cornide, Arcos y el Complejo de Volcanes Bosta se muestran las coordenadas iniciales y finales de las dragas de arrastre. En el punto de muestreo Pen Duick sólo se facilita unas coordenadas de latitud y longitud porque corresponden a una estación de muestreo.

3.1. Campo de Volcanes de Fango Diasom.

El Complejo de Volcanes de Fango Diasom está formado por varios montículos y volcanes de fango. Se encuentra asociado a la cresta diapírica de Guadalquivir (ver apartado 2.3, capítulo 2). A continuación se muestran las características morfológicas de los montículos de fango Ibérico, Cornide y Arcos.

3.1.1. Montículo de Fango Ibérico.

El montículo de fango Ibérico es uno de los primeros lugares del Golfo de Cádiz dónde se descubrieron carbonatos autigénicos asociados a circulación de metano (Díaz del Río et al., 2003). Se encuentra a una profundidad de 870 m de columna de agua y tiene una altura de 165 m (figura 3.1.1). Tiene una morfología cónica y presenta un perfil sísmico asimétrico. Si se observa con detalle el perfil sísmico del montículo, presenta una estructura caótica en profundidad (figura 3.1.1-B). En la superficie de esta estructura se ha observado la presencia de "chimeneas" carbonatadas y costras (foto 3.1.1).

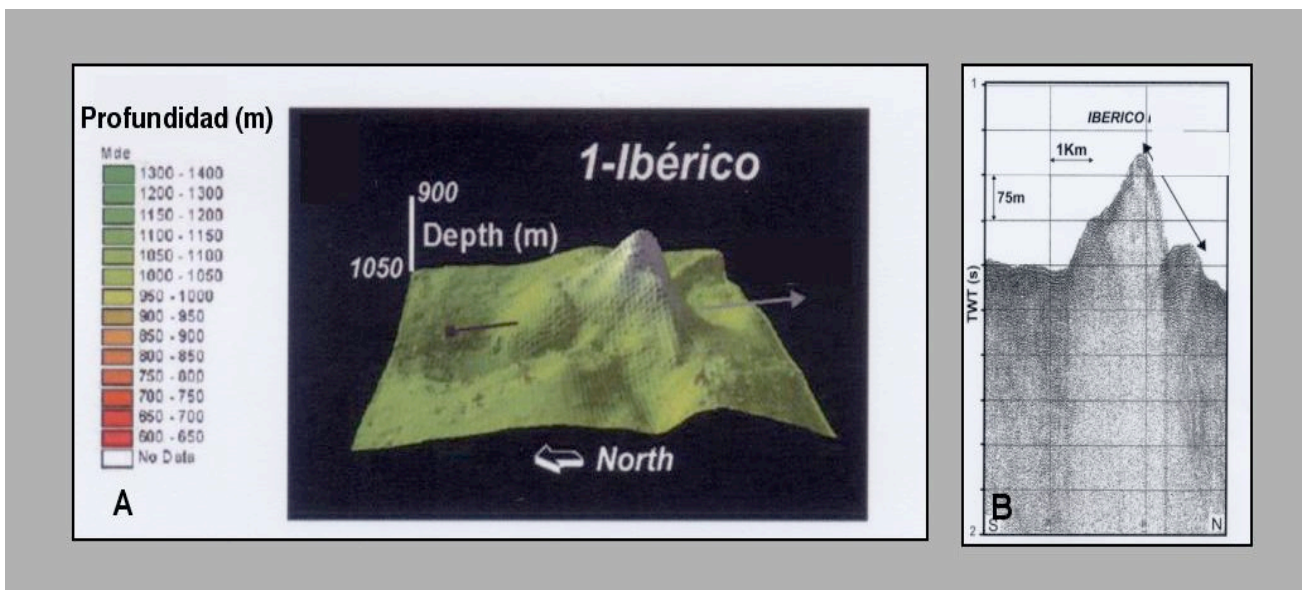


Figura 3.1.1. A) Batimetría 3D del montículo de fango Ibérico, extraída de Somoza et al., (2003), B) Perfil sísmico con orientación N-S del montículo de Ibérico. Se aprecia la morfología cónica del montículo. Extraído de Díaz del Río et al., 2003.

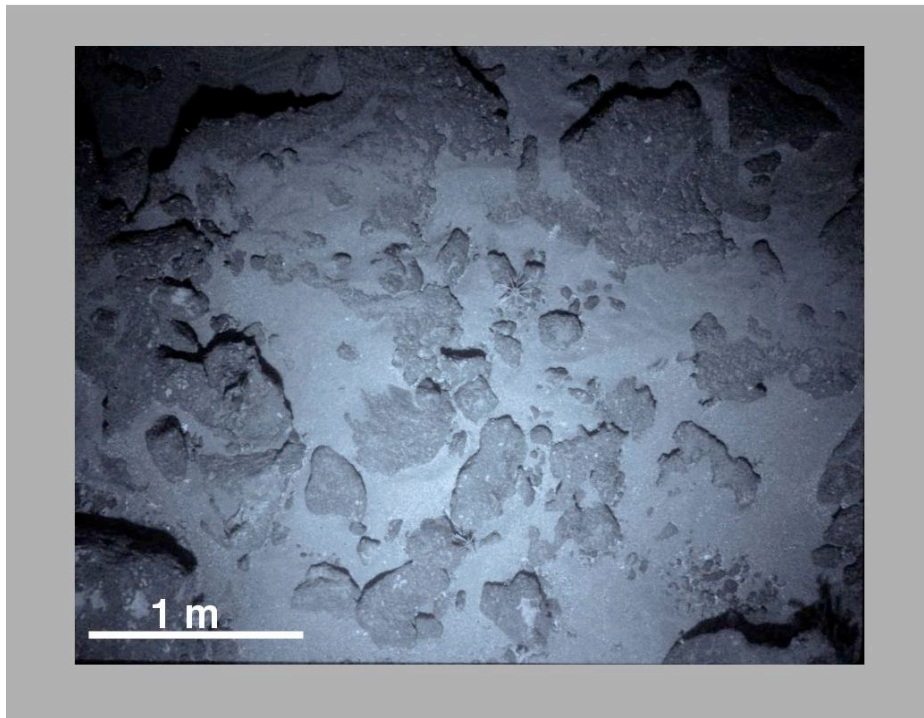


Foto 3.1.1. Fotografía del fondo marino, mostrando la presencia de carbonatos (costras y concreciones), tomada en Campo de Volcanes Diasom. La fotografía fue tomada mediante una cámara submarina Benthos. Los carbonatos presentan morfologías y tamaños diversos.

3.1.2. Montículo de Fango Cornide.

El montículo de fango Cornide es la estructura más grande en el campo Diasom. Su altura es de 230 m (figura 3.1.2) y la cima se encuentra bajo 950 m de columna de agua. Se han observado una gran densidad de chimeneas carbonatadas en este montículo de fango.

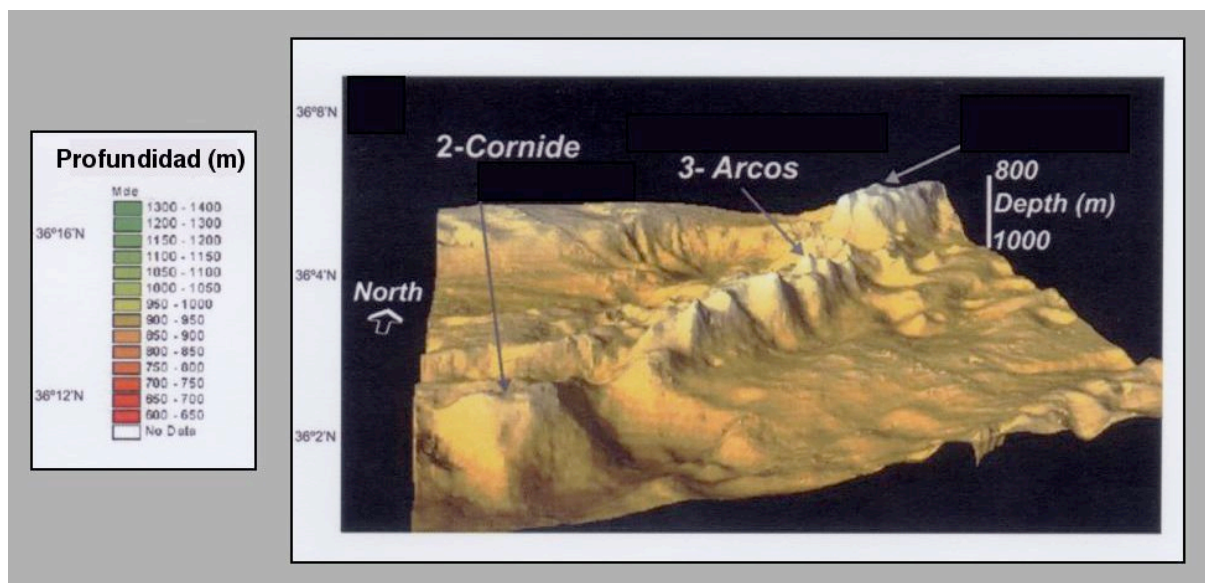


Figura 3.1.2. Batimetría 3D del montículo de fango Cornide y Arcos (Somoza et al., 2003).

3.1.3. Montículo de Fango Arcos.

Es una de las estructuras cónicas más pequeñas del Campo de volcanes de fango Diasom. Se encuentra localizado en la cresta denominada "Hormigas" a una profundidad de 850 m de columna de agua y con una altura de 200 m (figura 3.1.2). También se han observado una gran cantidad de concreciones y costras carbonatadas.

3.2. Complejo de Volcanes Hespérides. Bosta.

En esta tesis, utilizaremos el nombre de Bosta para referirnos a este complejo que se halla, a su vez, formando parte de otro Campo de Volcanes de fango denominado Tasyo. Este complejo está comprendido entre $36^{\circ}15' N-7^{\circ} W$ y $35^{\circ} 45' N-7^{\circ} 30' W$ (Somoza et al., 2003). Se caracteriza por presentar una gran cantidad de estructuras de colapso (pockmarks y cráteres) y numerosos volcanes de fango (Aveiro, Hespérides, Cibeles, Faro y Almazán).

Bosta es la estructura más grande dentro del Campo Tasyo. Está formado por seis domos de morfología circular (figura 3.2-A) cuyos diámetros oscilan entre 0.4 y 1.1 Km, haciendo que el complejo tenga un diámetro total de 3 Km. La altura media de este complejo es de 150 m respecto el fondo marino.

El perfil sísmico de este complejo muestra una gran reflectividad en su parte superior (figura 3.2-B) y unos reflectores caóticos en profundidad que chocan con los niveles "transparentes" del complejo de volcanes. Se han realizado varios muestreos de esta estructura, y obtenido grandes cantidades de costras y concreciones carbonatadas. También se han observado depósitos de brecha típicos de la actividad de los volcanes de fango (ver apartado 1.4.2, capítulo 1). El análisis de estas brechas indica que están formadas por materiales del Mioceno medio (M1) (ver capítulo 2, apartado 2.2).

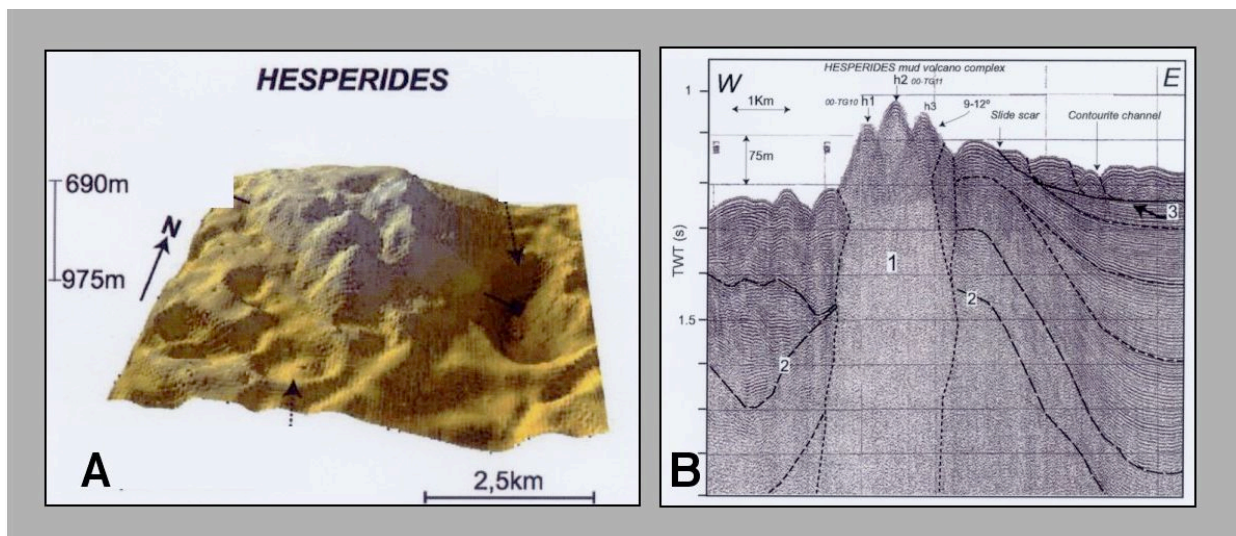


Figura 3.2. A) Batimetría 3D del Complejo de Bosta, extraída de Somoza et al., 2003, B) Perfil sísmico con orientación W-E del Complejo de Bosta. Se observan tres conos con morfología circular (h1, h2 y h3). 1: reflectores caóticos, 2: reflectores adyacentes a la estructura que forma

el complejo de volcanes, 3: discontinuidad observada en la base de material deslizado por la falda del volcán extraído de Somoza et al., (2003).

3.3. Complejo de Volcanes El Arraiche.

Este complejo se encuentra situado a 35 Km de la costa NW de Marruecos (figura 3a) y los valores batimétricos oscilan entre 200 m y 800 m (Foubert et al., 2008; van Rensbergen et al., 2005).

Está formado por ocho volcanes de fango (figura 3.3a) de diferentes dimensiones que se encuentran agrupados siguiendo dos alineaciones: las crestas de Vernadsky y Renard. La mayoría de los volcanes se encuentran siguiendo la cresta de Renard (volcanes de fango Lazarillo de Tormes, Gemini, Don Quichote y Fiúza).

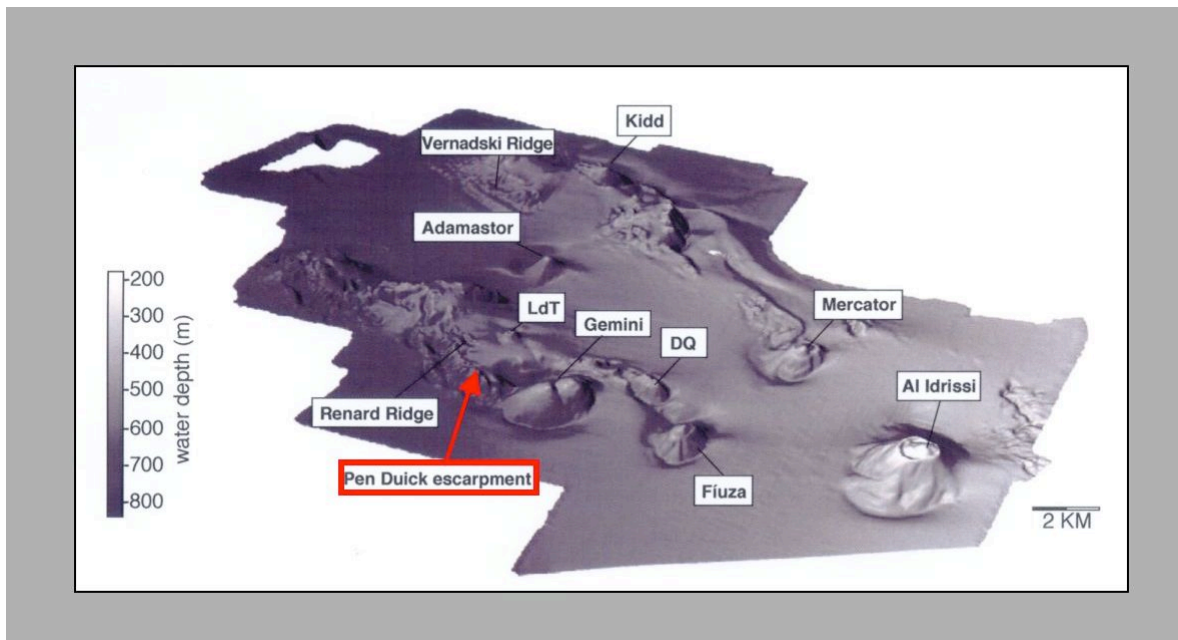


Figura 3.3a. Morfología 3D del Complejo de Volcanes de fango El Arraiche. Al Idrissi es el volcán más grande con 255 m de altura y 5.4 Km de diámetro. Don Quichote (DQ) y Lazarrillo de Tormes (LdT) son los volcanes más pequeños con sólo 25 m de altura. La flecha roja marca el Escarpe Pen Duick, que es la zona dónde se han obtenido las costras carbonáticas estudiadas en la tesis (van Rensbergen et al. 2005).

Los volcanes tienen morfología cónica y en su cima se encuentran depósitos de brechas. Gracias al análisis petrográfico de las brechas de los volcanes Al Idrissi y Mercator, se sabe que el Complejo de volcanes de fango El Arraiche está ubicado sobre materiales del Mioceno superior- Plioceno (Akhmanov et al., 2002).

Se cree que estos volcanes de fango se formaron a partir de procesos de sobrepresión debidos al aumento de la presión de fluido intersticial asociado a la circulación de gas termogénico (Barker, 1990).

La situación estructural del Complejo de El Arraiche es diferente a otros complejos de volcanes de fango localizados en la Unidad Alóctona del Guadalquivir, cómo puede ser el Complejo de Volcanes de fango Diasom y Bosta. Como ya se comentó en el apartado 2.3 del capítulo 2, esta unidad se caracteriza por la presencia de fracturas situadas en la base del sistema de acreción, que permiten la circulación de fluidos (figura 3.3b) influyendo en la formación y distribución de los volcanes de fango de esa zona. En cambio, la zona del El Arraiche, está situada fuera de la principal unidad de olistostromas y todas la estructuras de compresión están enterradas bajo la secuencia del Pleistoceno y en este caso, la presencia de los volcanes de fango está relacionada con estructuras extensionales que favorecen la circulación vertical de fluidos y la inyección de material.

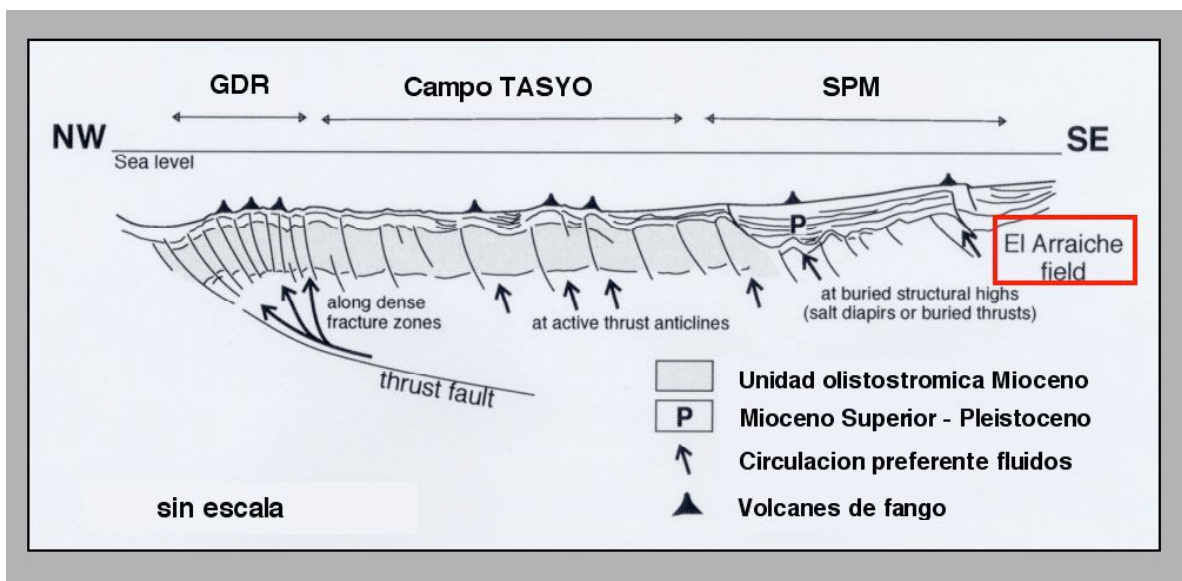


Figura 3.3b. Perfil estructural del Golfo de Cádiz que muestra las principales zonas dónde se encuentran los volcanes de fango. Zonas de volcanes de fango; SMP: zona española-marroquí; GDR: zona del extremo diapirítico del Guadalquivir. (Gràcia et al., 2003; Flinch, 1993; van Rensbergen, 2005).

Dentro de esta zona se han obtenido costras carbonáticas en el Escarpe Pen Duick (figura 3.3a). Este escarpe se encuentra situado cerca del volcán de fango Gemini (figura 3.3c) y forma parte de una estructura elongada, en cuya parte más elevada se pueden observar varios montículos de fango cuya cima se encuentra a profundidades que oscilan entre 500 y 600 m de columna de agua. La altura máxima de estos montículos es de 60 m respecto la parte más alta del escarpe y este tiene una altura media de 100 m respecto el fondo marino adyacente y 4.5 Km de longitud (Rejas et al., 2006).

Un perfil sísmico realizado en la zona del Escarpe Pen Duick, muestra los volcanes de fango con las facies características transparentes (figura 3.3d) y, a su alrededor las facies estratificadas correspondientes a sedimentos hemipelágicos.

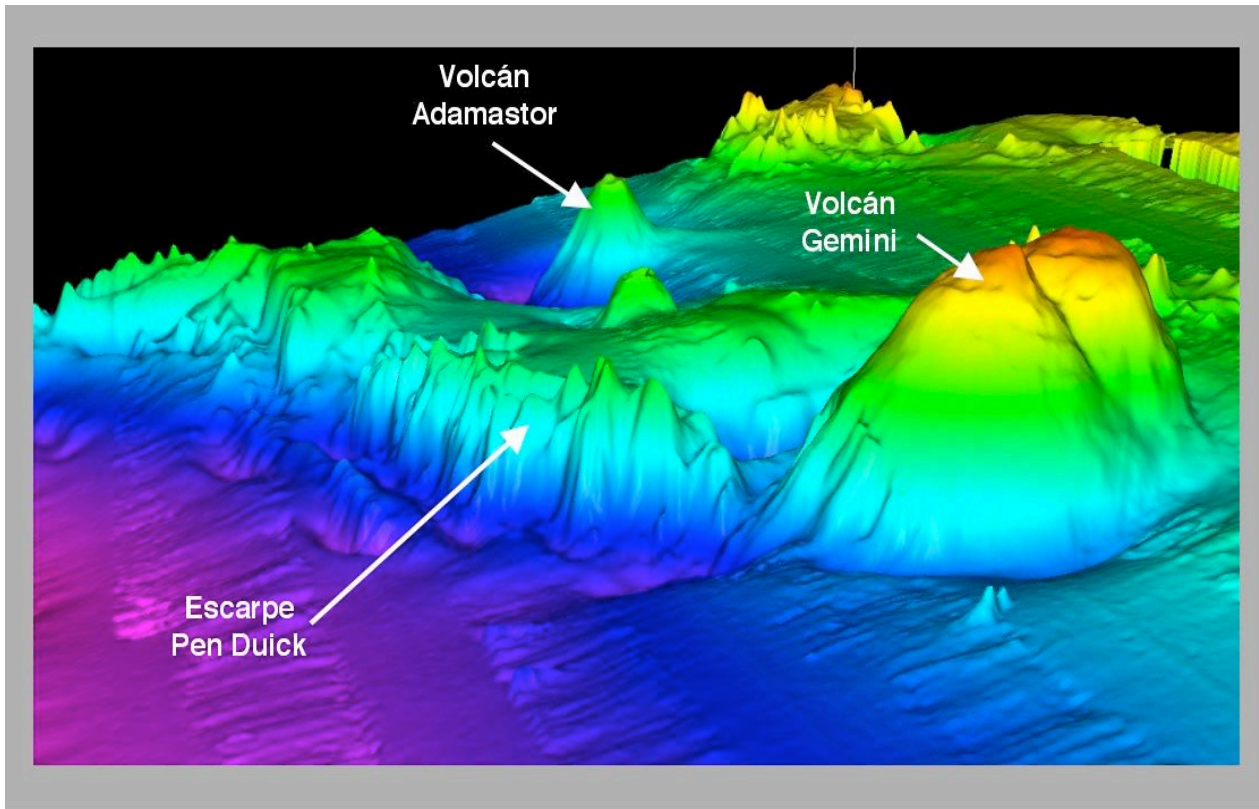


Figura 3.3c. Batimetría 3D del escarpe Pen Duick. Se observa la gran densidad de montículos de fango situados en la parte alta de este escarpe. Se han marcado los volcanes de fango Gemini y Adamastor.

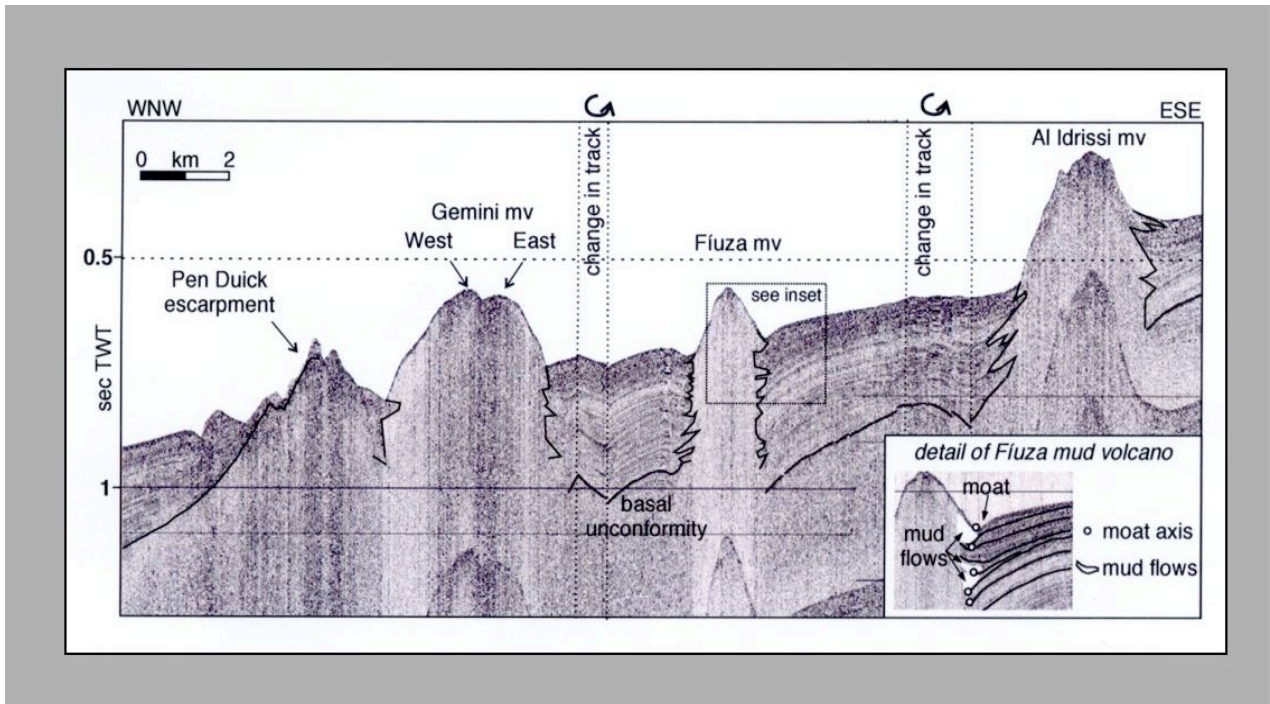


Figura 3.3d. Perfil sísmico de alta resolución sobre los volcanes de fango Al Idrissi, Fiúza y Gemini. Los volcanes de fango se caracterizan por presentar “niveles transparentes” en contraposición a los niveles bien estratificados correspondientes a sedimentos hemipelágicos (van Rensbergen et al., 2005)