

GEOLOGÍA EN EL ENTORNO DE LA CIUDAD DE CÁDIZ (*)

GEOLOGY OF THE CADIZ CITY AREA

Salvador DOMÍNGUEZ-BELLA

Área de Cristalografía y Mineralogía. Departamento de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias. Universidad de Cádiz. Campus Río San Pedro. 11510 Puerto Real (Cádiz). Correo electrónico: salvador.dominguez@uca.es

BIBLID [1138-9435 (2008) 10, 1-508]

Resumen

Se expone un balance de la geología de la ciudad de Cádiz y de su entorno geográfico. La ocupación del territorio de la Bahía de Cádiz a lo largo de la historia ha estado también condicionada por sus características geológicas y su evolución geomorfológica. Se analiza el medio natural y la base geológica del área de la bahía y la ciudad de Cádiz, exponiendo las principales características de su evolución tectónica reciente, así como los últimos estudios geofísicos realizados en el entorno de dicha ciudad.

Palabras Clave: Geoarqueología, Bahía de Cádiz, materias primas minerales, geología, litología.

Abstract

We exposed here a balance of the geology of the city of Cadiz and of his geographical environment. The occupation of the territory of the Bay of Cadiz along the history has been also determined by his geological characteristics and his geomorphological evolution. There is analyzed the natural way and the geological base of the area of the bay and the city of Cadiz, showing the principal features of his tectonic recent evolution, as well as the last geophysical studies realized in the environment of the above mentioned city.

Key Words: Geoarchaeology, Bay of Cadiz, mineral raw materials, geology, lithology.

Sumario:

1. Introducción. 2. Constitución geológica del entorno de la Bahía de Cádiz. Composición del substrato. 2.1. Materiales mesozoicos o “antiguos”. 2.2. Materiales terciarios. 3. Constitución geológica de la ciudad de Cádiz. 4. Movimientos tectónicos en la Bahía de Cádiz. 5. Evolución reciente de la ciudad de Cádiz. Geofísica del Canal Bahía-Caleta o de Ponce. 6. Bibliografía.

1. Introducción

Aunque disponemos, desde finales del siglo XIX y la primera mitad del XX, de estudios específicos sobre la geología de la provincia de Cádiz (Mac-Pherson, 1873; Gavala, 1924), las descripciones sobre el litoral de esta provincia ya aparecen en la *Ora Maritima* de Avieno, que nos describe estas costas hace unos dos mil años, como dos grandes estuarios en las desembocaduras del río Guadalquivir y en la del río Guadalete. Esta reconstrucción la podemos ver en la *Memoria del Mapa Geológico de España*, a escala 1:50.000, realizada por Gavala y que es publicada en 1959.

(*) Fecha de recepción del artículo: 26-I-2004. Fecha de aceptación: 15-XII-2008.

También aparecen descripciones de la naturaleza geológica de Cádiz en la obra publicada en 1775, de Guillermo Bowles, científico irlandés traído a España por orden de Carlos III para inspeccionar la minería del país. Este autor describe los materiales sobre los que se asienta Cádiz como una mezcla de mármoles, cuarzos, espatos, guijarros y conchas, argamasados con arena y el betún de mar.

Tras los trabajos de Mac-Pherson, con su *Bosquejo Geológico de la Provincia de Cádiz*, no es hasta 1924 en que J. Gavala publica su hoja y memoria de la hoja del mapa geológico de Cádiz, que presenta en 1927 en el *XI Congreso Hispano-Luso de la Asociación para el Progreso de las Ciencias*, celebrado en Cádiz, y en el que expone su hipótesis sobre el *Origen y Evolución de la Bahía de Cádiz*. Después de estos autores, entran a trabajar en la provincia y con temáticas geológicas diferentes, muchos geólogos europeos como Blumenthal, Fallot, Bourgois, Didon, Chauve, etc.; así como españoles tales como Fontboté, Linares, Pendón, Martín Algarra, etc.; trabajos que se prolongan hasta la actualidad (Gutiérrez *et al.*, 1991: 20-29).

Hoy podemos observar que la actual ciudad de Cádiz se encuentra enclavada formando una estrecha lengua de tierra entre masas de agua, en una zona central de la bahía del mismo nombre, constituyendo el límite suroeste de la misma. Su constitución geológica se fundamenta en unos materiales rocosos, no muy antiguos desde un punto de vista geológico y que son básicamente conglomerados cementados, con ostras y pectínidos; las popularmente llamadas “rocas ostioneras”, que aparecen junto con materiales margosos y arenosos. Todos ellos forman la citada lengua de tierra que emerge de las aguas, cubierta por cordones litorales arenosos, que separan el interior de la bahía del mar abierto.

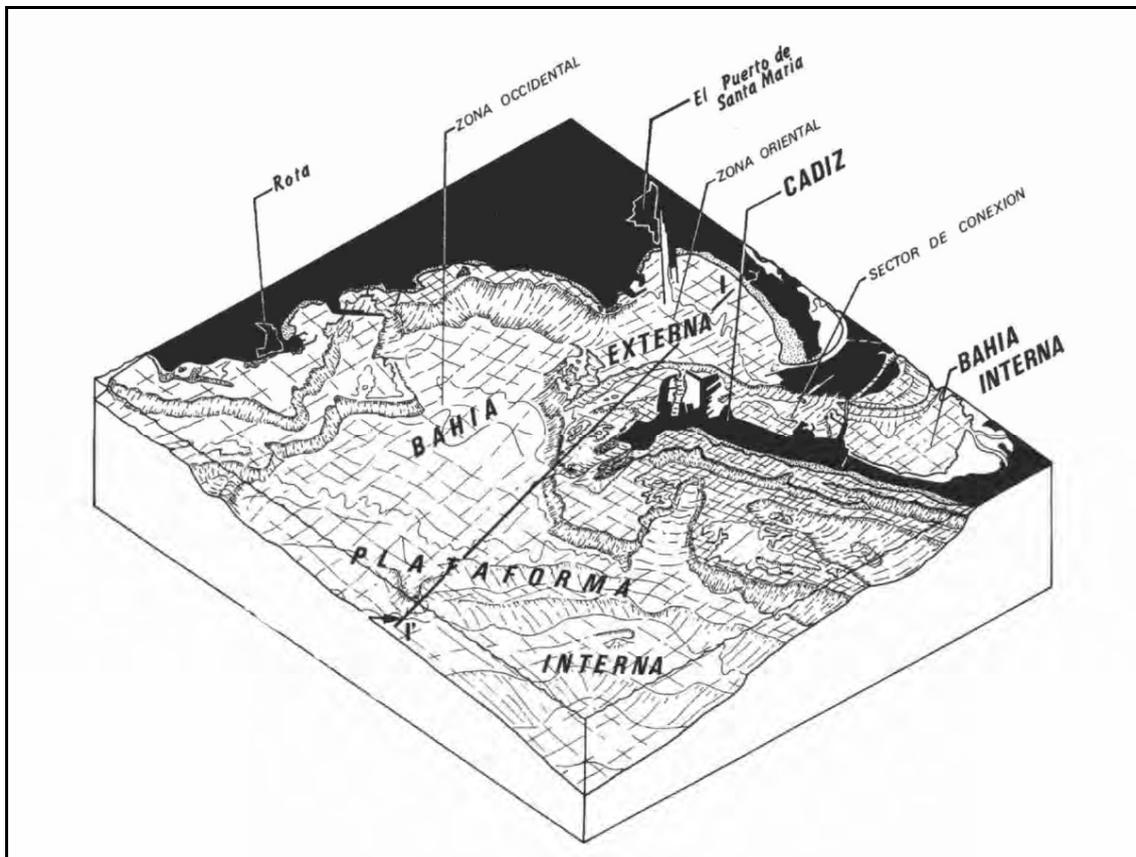


Figura 1. Batimetría de la Bahía de Cádiz (según Parrado, 1997; en Llave *et al.*, 1999), mostrando diferentes zonas y la canal del puerto y de la bahía interna, dragada artificialmente.

Su batimetría presenta una zona de mayores profundidades en la plataforma, emplazada al noroeste, en concreto la mitad occidental de la llamada bahía externa (Gutiérrez, 1992); el resto de la Bahía de Cádiz, presenta escasa profundidad en la actualidad, fruto de una dinámica de relleno sedimentario típico de una costa mesomareal, que durante el Holoceno ha ido colmatando progresivamente la misma (Parrado, 1997).

El entorno de la bahía gaditana está formado por materiales terciarios, que tras una cierta actividad tectónica durante el Mioceno Superior-Plioceno, ha conformado una zona de depresión tectónica de esta edad.

Veremos a continuación las características geológicas generales de los materiales del área de la Bahía de Cádiz y a continuación y de forma específica, aquellos que aparecen en el substrato de la ciudad de Cádiz.

2. Constitución geológica del entorno de la Bahía de Cádiz. Composición del substrato

2.1. Materiales mesozoicos o “antiguos”

- Materiales del Triásico, en Facies Keuper, llamado regionalmente triás germano-andaluz. Son materiales que corresponden con edades en torno a los 195 m.a. y están formados por afloramientos de margas, yesos, arcillas variegadas y sales, lo que les imprime un aspecto característico, como se puede observar en El Estanquillo y Cerro de los Mártires en San Fernando o el Cerro de Ceuta en Puerto Real.

A estos materiales aparecen asociados una serie de fenómenos como son los manantiales salados, que han dado origen a muchas explotaciones de salinas de interior, que vienen funcionando en la provincia de Cádiz desde hace mucho tiempo. Se asocian asimismo otros materiales como los yesos, que también han sido objeto de explotación en canteras y una materia prima mineral de gran importancia en la tecnología lítica, especialmente desde el Neolítico, como son las doleritas, rocas ígneas subvolcánicas, de colores grises, verdosos, oscuros hasta negro, muy usadas en la fabricación de industria lítica pulimentada. Proceden de pequeños afloramientos de rocas con origen subvolcánico, inmersas en la masas plásticas de arcillas, margas y yesos triásicos y generalmente desplazadas por arrastre tectónico, de su ubicación original.

Los materiales triásicos aparecen en el entorno de la ciudad de Cádiz en pequeños afloramientos de la bahía, con un reducido tamaño, como ocurre en el Cerro de Ceuta (Puerto Real) y el Cerro de los Mártires (San Fernando). En los dos casos, se trata de afloramientos de naturaleza diapírica, que en su proceso de ascensión, han deformado intensamente los materiales que se encontraban sobre ellos; como podemos observar en los estratos verticalizados del Terciario, que aparecen junto al Cerro de los Mártires (Gracia *et al.*, 1999: 74).

Estos materiales se caracterizan por presentar una gran plasticidad, formando un substrato que ha jugado un importante papel tectónico en toda el área, sobre el que se han desplazado, a veces importantes distancias, otros materiales más modernos emplazados sobre ellos.

- Materiales del Jurásico-Cretácico, con edades entre los 190 y los 70 m.a. Aparecen en el entorno de la Bahía de Cádiz, como isleos de calizas y dolomías, englobados en una masa de otros materiales tales como las arcillas, margas y yesos del Triásico. Se trata de materiales alóctonos, es decir que proceden de emplazamientos lejanos, habiendo sufrido un transporte gracias a fenómenos tectónicos. El ejemplo más próximo a la capital gaditana sería el monte de El Berrueco, entre Chiclana y Medina Sidonia, formado por calizas blancas marmóreas, que fueron explotadas como roca de construcción y usadas en edificios singulares como la Catedral de Cádiz.

2.2. Materiales terciarios

Dentro de este segundo grupo, de materiales “modernos”, podemos distinguir dos tipos de materiales:

- **Materiales Preorogénicos.** Son aquellas rocas pertenecientes a la era terciaria, que fueron afectadas por la orogenia Alpina, que tuvo lugar entre el Mioceno Medio y el Mioceno Superior.

Las Moronitas, unas arcillas y margas blancas, con diatomeas; denominadas localmente albarizas o tierra de diatomeas, son depósitos marinos pelágicos, con altos contenidos en caparazones silíceos de algas diatomeas. Tienen una edad de Mioceno Inferior y Medio. Además presentan ciertos contenidos en foraminíferos, radiolarios, espículas de esponjas, etc. (Baena *et al.*, 1987).

Podemos encontrar afloramientos próximos a la bahía, en zonas como la Loma del Puerco en Chiclana o en la zona de Lomopardo, próximo a El Portal.

- **Materiales Postorogénicos.** Las Biocalcarenitas, rocas formadas por una acumulación de restos de caparazones de moluscos, espículas de erizos, gasterópodos, etc., con una matriz terrígena rica en granos de cuarzo y un cemento carbonatado. Son materiales marinos someros, posiblemente generados en zonas de plataforma costera, con estratificación cruzada. Pertenecen al Mioceno Superior y forman muchos de los relieves característicos del entorno de la Bahía de Cádiz, tales como la Sierra de San Cristóbal (Puerto de Santa María), Vejer, acantilados de Barbate, cerro de Medina Sidonia, etc. Se ha usado este tipo de roca como materia prima en la construcción de muchos edificios, en especial en la elaboración de columnas, frisos y capiteles, si bien es fácilmente erosionable.

El resto de materiales del Plioceno, Pleistoceno y Holoceno, aparecen en su mayoría en la península gaditana por lo que serán descritos a continuación.

3. Constitución geológica de la ciudad de Cádiz

Otros materiales postorogénicos serían un grupo de materiales sedimentarios que suelen aparecer íntimamente asociados entre sí, con edades comprendidas entre el Plioceno Inferior y el Plio-Cuaternario, aflorando entre Chipiona y el Cabo de Trafalgar, siendo típicos de la Bahía de Cádiz y formando paquetes tectónico-sedimentarios.

Se trata de las arcillas y margas azules, las arenas amarillas con pectínidos, y los conglomerados con ostras y cantos; todos ellos han sido sometidos a una tectónica Pliocuaternaria, con fenómenos de fracturación y basculamiento. Estos materiales sí aparecen y afloran en la ciudad de Cádiz.

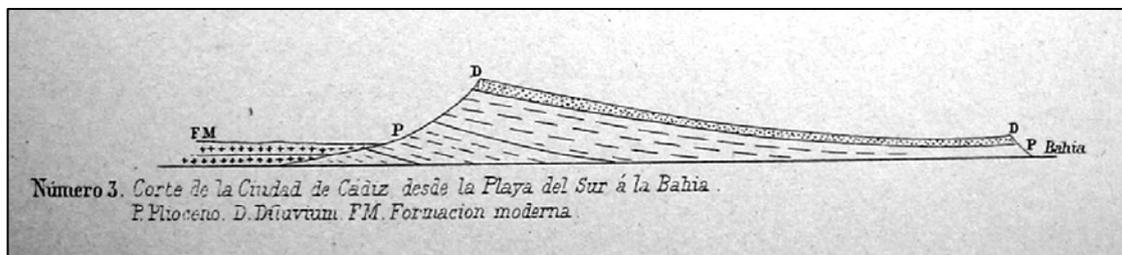


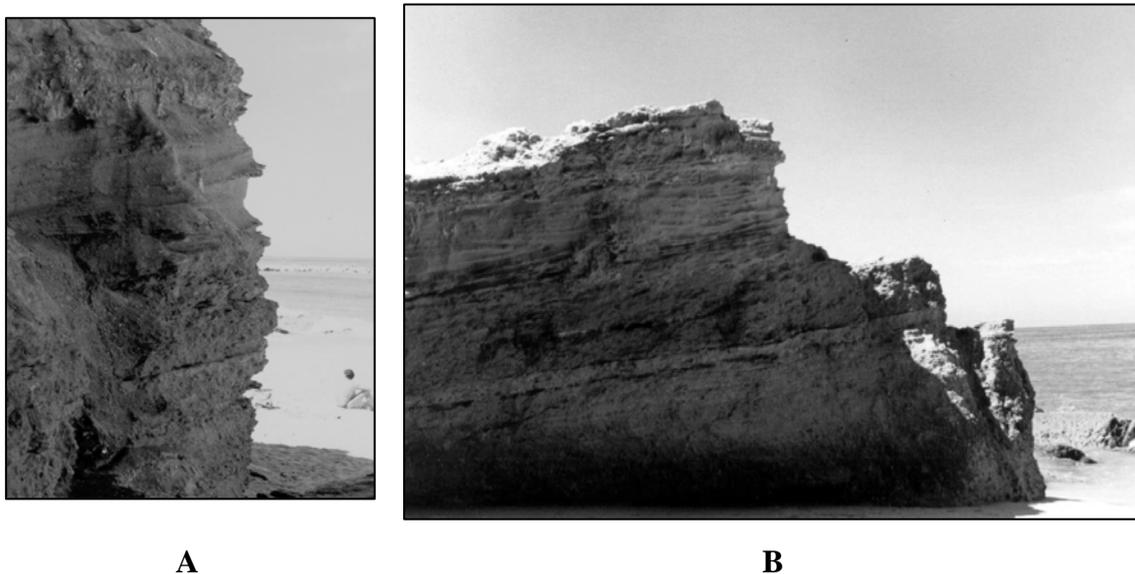
Figura 2. Corte geológico desde la Playa del Sur a la bahía, según J. Mac-Pherson (1873).

Son básicamente:

- **Materiales arcilloso-margosos,** las llamadas arcillas azules, constituyen la base de la serie sedimentaria que “aflora” en la capital, p.ej.: en la zona de la Playa de Santa María del Mar, donde Mac-Pherson menciona que aunque no afloran a la superficie, si aparecieron a escasa profundidad durante la excavación de la muralla junto a la Plaza

de Toros y de un pozo en la ciudad (Mac-Pherson, 1873: 88) (Figura 2). Se pueden asimismo observar en otras zonas de la bahía, como en La Barrosa-Torre del Puerco (Chiclana).

- Arenas amarillas con pectínidos, del Plioceno Medio-Superior, laminaciones cruzadas, muy fosilíferas. Acantilado de Santa María del Mar (Figuras 3 A y B).
- Conglomerados cementados, con ostras y pectínidos, la popularmente llamada “piedra ostionera”. Aparecen discordantes con las arenas anteriores; son del Pleistoceno y forman una lámina de unos 2 m de espesor. En algunos puntos aparece un segundo nivel inferior de este mismo material, intercalado con las arenas amarillas, como ocurre en Santa María del Mar (Cádiz). Estos depósitos proceden de un medio sublitoral de alta energía. Se trata de una secuencia claramente regresiva, con facies marinas como las margas y arcillas azules, que pasan a facies menos profundas como las arenas con pectínidos y luego sublitorales como la facies de roca ostionera (Figura 3).



A

B

Figura 3. A: Sección estratigráfica en el antiguo acantilado de la Playa de Santa María del Mar (Cádiz), mostrando niveles de areniscas con pectínidos y arenas con estratificación cruzada, ambas amarillas. B: Aspecto general del afloramiento de estos materiales, donde aparecen dos niveles de conglomerados con pectínidos y ostreidos.

En una etapa posterior, se llega a producir la emersión de los conglomerados, con formación de zonas de plataforma de abrasión marina, con formación de marmitas y tubos verticales, que luego sufrirían un proceso de karstificación, con génesis de pináculos, por unión de varias marmitas y posterior disolución, propias de un clima más cálido (Figura 4).

Tras esta etapa, se produce el relleno y fosilización del karst con un depósito de arenas rojas aluviales con cantos de cuarcita, cuarzo, filitas, etc., que suponen un claro tránsito a un régimen continental, siliciclástico y un clima más frío. Son del Villafranquiense (1-1,8 m.a. aproximadamente), similares a las presentes en otros afloramientos del área de la bahía (como La Barrosa, Chiclana o El Aculadero, Puerto de Santa María).

Una síntesis de algunos cortes de referencia en Cádiz y el entorno de la bahía, aparece en la figura 5 (Gutiérrez *et al.*, 1991).



Figura 4. Sección estratigráfica en el acantilado de la Playa de la Barrosa, mostrando niveles de conglomerados con ostras y pectínidos, karstificados en forma de pináculos, que han sido rellenados por las arenas rojas del Villafranquiense. Bajo ellos, las areniscas amarillas con pectínidos y las arenas con estratificación cruzada.

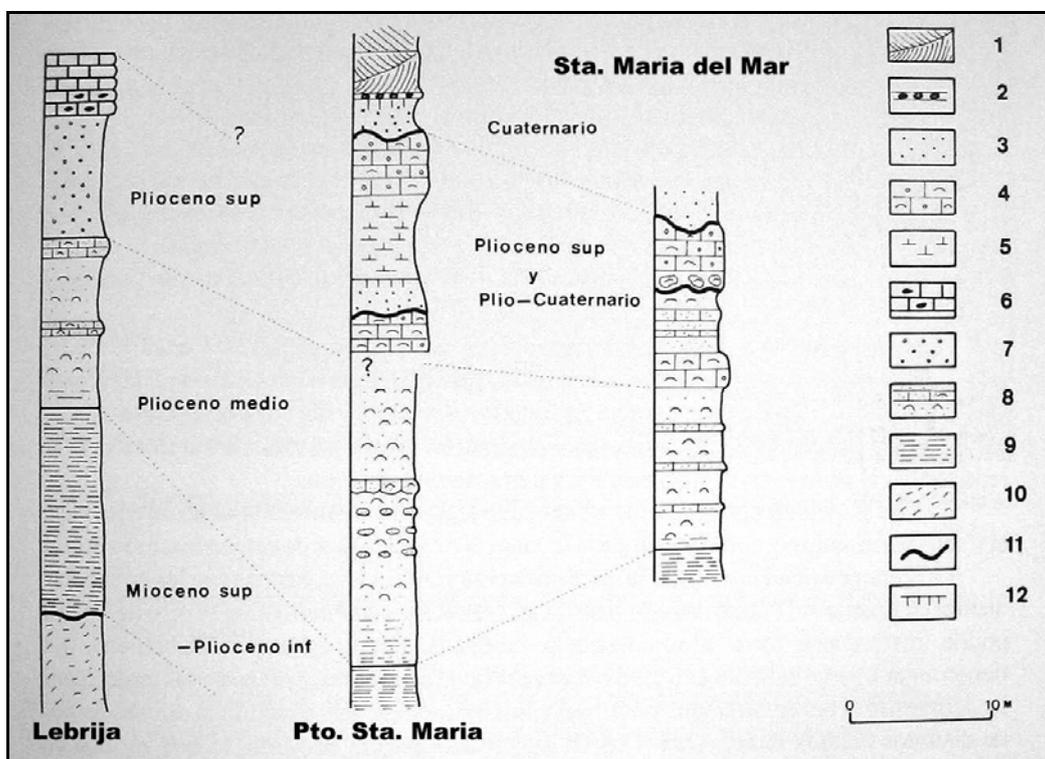


Figura 5. Diferentes columnas estratigráficas en tres áreas del entorno de Cádiz (Lebrija, El Puerto de Santa María y la Playa de Santa María del Mar) (Gutiérrez *et al.*, 1991). Leyenda: 1. Dunas holocenas; 2. Nivel de cantos con “pebble culture”; 3. Arenas rojas; 4. Conglomerado fosilífero “piedra ostionera”; 5. Margas verdes con nódulos de carbonatos; 6. Calizas con sílex; 7. Arenas blancas; 8. Areniscas y arenas amarillas con pectínidos; 9. Margas y arcillas azules; 10. Albarizas (Moronitas); 11. Contacto discordante; 12. Paleosuelo.

La génesis de las arenas rojas con cantos, según Mac-Pherson (Figura 6), se asociaría a la existencia de un continente, formado esencialmente por rocas metamórficas antiguas y emplazado aproximadamente en el centro del Golfo de Cádiz.

Este continente habría sido erosionado y sus sedimentos en forma de arenas y cantos rodados de este tipo de rocas, se habrían sedimentado en lo que ahora es el litoral gaditano, para después desaparecer bajo las aguas.

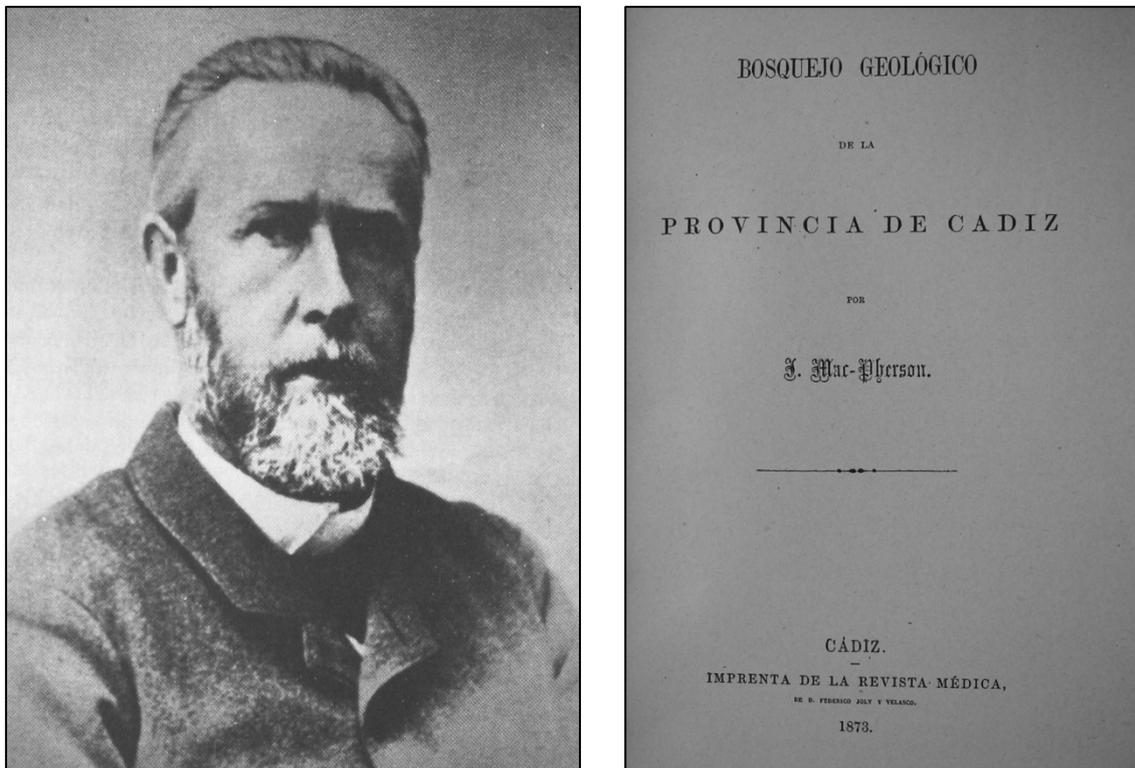


Figura 6. El geólogo gaditano D. José Mac-Pherson y la portada de su libro *Bosquejo Geológico de la Provincia de Cádiz* (1873).

Esta idea de trabajo, que está dentro de las ideas y teorías catastrofistas, dominantes en la geología de su época, fue dada por Mac-Pherson con algunas salvedades, que nos hablan de una gran prudencia en sus aseveraciones, afirmando:

“Por lo tanto, todos estos datos tienden a confirmar la creencia de que la serie de cortes transversales que en esta provincia se observan, sean consecuencia del movimiento de báscula y necesario quebrantamiento que esta parte de la tierra experimentó al desaparecer bajo el nivel de las aguas del Océano una parte no insignificante quizás de aquel antiguo territorio. Pero cuestión es esta que me parece prematuro tocar y que solo apunto aquí para llamar la atención hacia un asunto que presenta tan trascendental importancia, y que aclarará tal vez la tradición que aún quedaba entre los antiguos pueblos del Mediterráneo acerca de la desaparición de la famosa Atlántida” (Mac-Pherson, 1873: 99).

Según los sondeos actuales, en esta zona sólo hay materiales mesozoicos, típicos de las Unidades Externas del Arco de Gibraltar, con diapirismo, pliegues, fallas, etc. Así pues, el origen de estos materiales se debe asociar a un área fuente situada al norte, posiblemente procedentes de la erosión de materiales Paleozoicos del Macizo Ibérico, transportados a través del Guadalquivir o alguno de sus brazos, en este periodo de tránsito Plioceno-Pleistoceno.

Las arenas rojas son el substrato arqueológico de muchos enterramientos en Cádiz (en especial púnicos, como ocurre en la zona de los cuarteles de Varela).

Sobre estas arenas se desarrolla un glacis (Zazo, 1979), que a veces presenta industria lítica, como ocurre en El Aculadero (Puerto de Santa María), donde han sido encontrados cantos tallados antiguos del tipo “pebble culture”.

Finalmente, sellando todo lo anterior, se depositaron en el Cuaternario (Holoceno) unas arenas eólicas, procedentes de depósitos de dunas litorales, sobre las que se asientan muchos de los yacimientos arqueológicos de la capital, tales como las necrópolis romanas de extramuros y que continúan formándose en la actualidad (Figura 7).



Figura 7. Campos de dunas de la barra litoral holocena en la costa de Cádiz.

Aparecen además en Cádiz, otros materiales como son las arenas biogénicas y los depósitos de barra sumergida, ambos holocenos y emplazados actualmente bajo el agua, en el margen este de la ciudad (Baena *et al.*, 1987: 21).

También se desarrollaron en el Cuaternario depósitos de playas fósiles; dando conglomerados bioclásticos cementados, similares a la roca ostionera pero de edad cuaternaria; aparecen en enclaves submarinos a varias cotas batimétricas, como p.ej. frente a la playa de Vendaval. Están en relación genética con episodios de glaciación cuaternaria.

La unión de la antigua isla o islas rocosas con la costa, a través de la Isla del León, se ha visto favorecida por los depósitos holocenos de estos materiales detríticos, con depósitos de barras litorales (predominio de arenas), favorecida por la dinámica litoral dominante en esta zona de la costa, con movimiento de NO a SE de los sedimentos procedentes del Guadalquivir y Guadalete y posterior acumulación de materiales más finos asociados a la génesis de las actuales marismas.

Se forman campos de dunas, algunas de ellas rampantes, sobre los que luego se han desarrollado o repoblado los pinares habituales en la zona.

4. Movimientos tectónicos en la Bahía de Cádiz

La peculiar morfología de la ciudad, emplazada sobre lo que un día fue un conjunto de islas, estrecha y alargada en dirección noroeste-sureste, se asocia a la existencia de diferentes fracturas a lo largo de esa dirección, que resulta ser además la dirección predominante de la costa en buena parte del litoral atlántico de la provincia (Gutiérrez *et al.*, 1991). Estas fracturas, que han experimentado movimientos relativamente recientes, son responsables de dicha morfología.

Otro sistema de fracturas corta al anterior, condicionando la extensión en longitud de estos bloques rocosos, todo ello asociado a un régimen compresivo, que continúa hasta la actualidad (Gracia *et al.*, 1999).

La Bahía de Cádiz ha experimentado a lo largo del Terciario y Cuaternario una serie de transformaciones morfológicas que han podido tener su origen, al menos en una parte importante, en los movimientos tectónicos.



Figura 8. Mapa geológico y tectónico del área de la Bahía de Cádiz (según Gracia *et al.*, 1999: 73), en donde se muestran las direcciones de fallas más importantes, que condicionan la morfología de la costa.

Según Benkhelil (1976), entre el Mioceno Superior y Plioceno, se produce una fase tectónica distensiva, que origina una falla normal de dirección E-W, limitando por el norte la actual bahía, justo al pie de la Sierra de San Cristóbal. Esta falla habría producido una depresión o cubeta, coincidente con su labio sur, que fue ocupada por un sistema deltaico. En el periodo entre el Plioceno Medio-Superior y el Pleistoceno Inferior, se sedimentaron materiales detríticos de cierta energía, con características fluviales y litorales (Aguirre, 1995), lo que explicaría la

presencia de restos de conchas y cantos rodados de cierto tamaño. Esta facies, es la de conglomerados bioclásticos cementados, que ahora conocemos como “roca ostionera” (Benot *et al.*, 1993).

Tras esta fase distensiva, se produce otra de carácter compresivo, ya en el final del Plioceno, con direcciones predominantes de NO-SE hasta N-S, que Benkhelil (1976) identifica con pequeñas fallas direccionales.

La peculiar morfología de la ciudad, emplazada sobre lo que un día fue un conjunto de islas, estrecha y alargada en dirección noroeste-sureste, se asocia efectivamente a la existencia de diferentes fracturas a lo largo de esa dirección (NNO-SSE), que es la dirección predominante de la línea de costa en la mayor parte del litoral atlántico de la provincia, con una cronología Plioceno-Pleistoceno Inferior (Gutiérrez *et al.*, 1991; Gutiérrez y Gracia, 1994).

Estas fracturas, que han experimentado movimientos relativamente recientes, con reactivación en el Cuaternario, son responsables de dicha morfología. Otro sistema de fracturas (NE-SO) corta a éstas y condiciona la extensión en longitud de los bloques rocosos (Figura 8), todo ello asociado al régimen compresivo N-S, que continúa hasta la actualidad (Gracia *et al.*, 1999). Se generan acantilados que impiden el avance del mar (por fallas como la de la Sierra de San Cristóbal).

En el Holoceno, se presenta una etapa de oscilaciones eustáticas, en la que al final de un periodo glacial frío, que había producido un descenso de unos 120 m en el nivel del mar y la línea de costa alejada unos 14 kilómetros de la actual bahía (Zazo y Goy, 2000); se inicia un calentamiento general del clima.



Figura 9. La isla de Sancti Petri, vista desde el noroeste y en marea baja, mostrando la alineación (NNW-SSE), característica de la costa de Cádiz en esta parte del litoral atlántico, condicionada aquí por una falla en esta dirección (vd. Figura 8) y la flecha litoral arenosa paralela a la misma (Foto: J. M. Carrascal).

Estaríamos en un ambiente continental, con amplios campos de dunas en la costa, junto con depósitos marinos del tipo barras litorales, barras eólicas de dunas y una gran plataforma emergida con desarrollo de llanuras aluviales (Rodero, 1999).

Con la Transgresión Flandriense comienza a subir el nivel del mar, se empieza a rellenar de agua la bahía, quedando algunas islas en medio de ésta, como ocurre con Cádiz o San Fernando y el avance del mar hacia el continente se produce especialmente sobre las zonas más planas, llegando hasta la actual zona de El Portal, a lo largo del estuario del Guadalete.

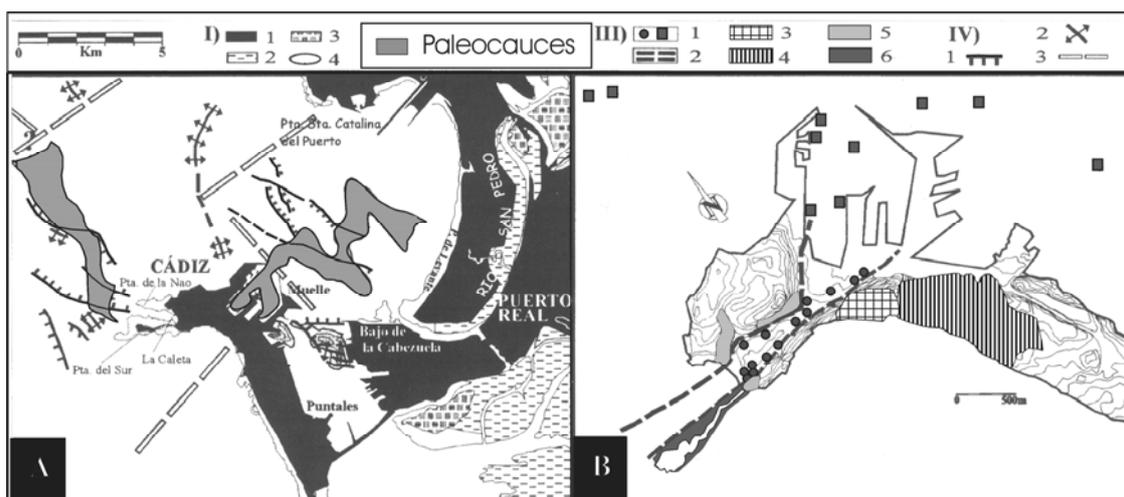
La génesis de las islas gaditanas y el relleno de la bahía se asocian por tanto claramente a fenómenos tectónicos, con dos fases de actividad y la existencia de líneas de fallas según dos sistemas predominantes, así como a los cambios eustáticos en el nivel del mar.

Debido al régimen de mareas en esta etapa transgresiva y a los aportes desde el río Guadalete, se va produciendo un relleno paulatino con sedimentos detríticos del interior del estuario, entre las islas y la línea de costa, que va retrocediendo progresivamente (14.000 – 6000 BP).

El máximo eustático se produce aproximadamente entre el 4000 BP y el 6500 BP, alcanzando el nivel del mar unos 3 m más que el actual; y en cualquier caso, con pequeñas fluctuaciones de nivel, lo que explicaría la existencia de playas colgadas en toda esta zona del litoral (Gracia *et al.*, 2000; Zazo *et al.*, 1996; Zazo y Goy, 2000). En esta etapa se desarrollan flechas litorales como la de Valdelagrana y Sancti Petri (Figura 9), que favorecen el desarrollo de ambientes de estuario y marisma, con el progresivo avance de los fenómenos de colmatación y que acaban configurando un paisaje muy similar al actual.

5. Evolución reciente de la ciudad de Cádiz. Geofísica del Canal Bahía-Caleta o de Ponce

Sobre el substrato rocoso de la ciudad de Cádiz; que como ya se ha comentado, tiene una naturaleza conglomerática, basada en la denominada “roca ostionera”, que aparece asentada sobre las arenas y areniscas con *pecten* y las arcillas y margas azules; se puede observar como accidente más destacable, una zona deprimida que como una estrecha banda atraviesa en dirección E-O el casco histórico de la ciudad.



Industrias líticas prehistóricas.

Mediante geofísica de alta resolución se ha observado que este canal mareal, que atravesaba de este a oeste la plataforma rocosa sobre la que se asienta la actual ciudad de Cádiz, puede ser la herencia de un paleocauce holoceno del río Guadalete, activo entre los 14.000 y 10.500 años BP (Llave, 1998; Llave *et al.*, 1999). Según estos autores, el relleno de sedimentos que ha experimentado la Bahía de Cádiz durante el Cuaternario, presenta 5 grandes unidades sísmicas, correspondientes con tres cortejos sedimentarios: uno regresivo de bajo nivel, otro transgresivo y finalmente otro de alto nivel (Llave, 1998).

La geometría del citado canal fluvial sería asimétrica y se localizaría éste en las zonas oriental y occidental de la bahía externa (Figura 10 A), a ambos lados de la ciudad, cruzándola de E a O, entre San Juan de Dios y la Caleta, saliendo entre la Punta de la Nao y la Punta del Sur (Figura 10 B), hacia la plataforma continental.

El basamento acústico en estos estudios sísmicos, está constituido por la roca ostionera, es decir los conglomerados bioclásticos con ostras y pectínidos, del Pleistoceno. Se presentan plegados con formas anticlinales suaves, a lo largo de uno de los cuales se desarrollaría la península de Cádiz, con una dirección aproximada de NNO-SSE, que posteriormente habría sufrido diferentes fracturaciones y basculamientos debidas a la ya citada tectónica de la zona, activa hasta la actualidad (Gracia *et al.*, 1999).

La génesis de este canal se encuadra dentro de la evolución geológica cuaternaria de la zona. Según Zazo y Goy (2000: 193), hacia los 20.000-18.000 BP cal., se produce el mínimo regresivo, con un nivel del mar unos 120 m por debajo del actual y la línea de costa a unos 14 km de la actual. En esta situación, con un marcado descenso del nivel de base de los ríos de la zona, se produce una fuerte incisión de los cauces fluviales sobre la superficie erosiva previa y los depósitos existentes sobre ella en toda el área del Golfo de Cádiz (Hernández-Molina *et al.*, 1996). Según estos autores, los primeros materiales marinos durante la Transgresión Flandriense (que tuvo lugar entre 14.000-6800 BP), aparecen hacia el 10.000 BP en el estuario, entre -25 y -30 m desde el nivel del mar actual; llegándose hasta el 6500 BP con una subida relativamente rápida. A partir de este momento y hasta 4000 BP, el ascenso de nivel del mar es ya muy lento y con oscilaciones, pudiendo emerger en ciertos momentos las flechas litorales y las llanuras mareales.

Este proceso transgresivo llevó parejo un ascenso en el nivel de base de los ríos, el relleno, colmatación y el abandono final de los cauces fluviales formados anteriormente.

Los depósitos marinos posteriores fosilizan estos depósitos fluviales previos, lo que unido a una constatada actividad tectónica en la zona, pudieron provocar ascensos de bloques y descenso de otros, con posibles desplazamientos y migración en el cauce del río Guadalete hacia el sur.

En el máximo nivel del mar durante el Holoceno, datado en torno a los 6800 BP (Hernández-Molina *et al.*, 1994; Llave, 1998), la posición del paleocauce y la desembocadura estarían situadas más hacia el interior, formando la bahía un gran estuario como el descrito por Gavala (1959). Desde este momento hasta la actualidad, se ha producido una progradación de los sedimentos fluviales procedentes de la desembocadura del río Guadalete, lo que unido a la deriva litoral de la zona y la sedimentación mareal, han conformado la evolución actual del entorno de la ciudad de Cádiz, conformando ésta como un conjunto de varias islas, cuya propuesta de evolución aparece en Arteaga *et alii* (2001a; 2001b; Arteaga, 2002), basada en los resultados de los sondeos geoarqueológicos realizados en diferentes puntos de la ciudad, especialmente en el casco antiguo, y contrastando los datos geológicos con los registros arqueológicos disponibles.

6. Bibliografía

- AGUIRRE, J., 1995: "Implicaciones paleoambientales y paleogeográficas de dos discontinuidades estratigráficas en los depósitos pliocénicos de Cádiz". *Revista de la Sociedad Geológica de España* 8 (3), pp. 161-174.
- ARTEAGA, O., 2002: "Las teorías explicativas de los 'cambios culturales' durante la prehistoria en Andalucía. Nuevas alternativas de investigación". En *Actas del III Congreso de Historia de Andalucía* (Córdoba 2001). *Prehistoria*, pp. 247-311. Córdoba.
- ARTEAGA, O., KÖLLING, A., KÖLLING, M., ROOS, A. M., SCHULZ, H. y SCHULZ, H. D., 2001a: "Geoarqueología Urbana de Cádiz. Informe preliminar sobre la campaña de 2001". *Anuario Arqueológico de Andalucía* 2001 (III.1), pp. 27-40.
- ARTEAGA, O., KÖLLING, A., KÖLLING, M., ROOS, A. M., SCHULZ, H. y SCHULZ, H. D., 2001b: "El puerto de Gadir. Investigación geoarqueológica en el casco antiguo de Cádiz". *Revista Atlántica-Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social* 4, pp. 345-415.
- BAENA, J. et alii, 1987: *Mapa Geológico de España. Hoja de Cádiz, nº 1061. Escala 1:50.000. Memoria y mapa*. Madrid.
- BENKHELIL, J., 1976: *Étude Néotectonique de la Terminaison occidentale du Cordillères Bétiqes (Espagne)*. Thèse d'état. Université de Nice.
- BENOT, C., DÍAZ, M. G., MAYORAL, E., PARRA, A. y RODRÍGUEZ VIDAL, J., 1993: "Nuevas aportaciones para la determinación del límite Neógeno-Cuaternario en la Bahía de Cádiz (SO de España)". En *El Cuaternario en España y Portugal* 1, pp. 243-250. Madrid.
- GAVALA Y LABORDE, J., 1924: *Mapa geológico de la provincia de Cádiz*. Madrid.
- GAVALA Y LABORDE, J., 1959: *La Geología de la Costa y Bahía de Cádiz y el poema "Ora Maritima", de Avieno*. Madrid.- Reedición de la Diputación de Cádiz en 1992.
- GRACIA, F. J., RODRÍGUEZ VIDAL, J., BENAVENTE, J., CÁCERES, L. y LÓPEZ-AGUAYO, F., 1999: "Tectónica cuaternaria en la Bahía de Cádiz". En PALLÍ BUXÓ, L. y ROQUE PAU, C., Eds.: *Avances en el estudio del Cuaternario español*, pp. 67-74. Girona.
- GRACIA, F. J., ALONSO, C., BENAVENTE, J. y LÓPEZ-AGUAYO, F., 2000: "Evolución histórica de la línea de costa en la Bahía de Cádiz". En DE ANDRÉS, J. R. y GRACIA, F. J., Eds.: *Geomorfología Litoral. Procesos activos*, pp. 225-234. SEG Monografía 7. Cádiz.
- GUTIÉRREZ MAS, J. M., 1992: *Estudio de sedimentos recientes de la Plataforma Continental y Bahía de Cádiz*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz.
- GUTIÉRREZ MAS, J. M., MARTÍN ALGARRA, A., DOMÍNGUEZ-BELLA, S. y MORAL CARDONA, J. P., 1991: *Introducción a la geología de la provincia de Cádiz*. Cádiz.
- GUTIÉRREZ MAS, J. M. y GRACIA, F. J., 1994: "Morphostructural controls on the coastal sedimentary dynamics in the Southatlantic spanish margin (province of Cádiz, Spain)". *Gaia* 9, pp. 87-90.
- HERNÁNDEZ-MOLINA, F. J., SOMOZA, L., REY, J. y POMAR, L., 1994: "Late Pleistocene-Holocene sediments on the Spanish continental shelves: model for very high resolution sequence stratigraphy". *Marine Geology* 120, pp. 129-174.
- HERNÁNDEZ-MOLINA, F. J.; FERNÁNDEZ-PUGA, M. C., FERNÁNDEZ-SALAS, L. M., LLAVE, E., LOBO, F. J., VÁZQUEZ, J. T., ACOSTA, J. y LÓPEZ-AGUAYO, F., 1996: "Distribución y estructuración sedimentaria de los depósitos del Holoceno Terminal en la Bahía de Cádiz". *Geogaceta* 20 (2), pp. 424-427.
- LLAVE, E., 1998: *Estratigrafía sísmica de las unidades sedimentarias cuaternarias en la Bahía*

- de Cádiz. Consideraciones paleogeográficas.* Tesis de Licenciatura. Universidad de Cádiz.
- LLAVE, E., HERNÁNDEZ-MOLINA, F. J., ALONSO, C., GALLARDO, M., VÁZQUEZ, J. T. y LÓPEZ-AGUAYO, F., 1999: "Caracterización y evolución del paleocauce del río Guadalete en la Bahía de Cádiz durante el Cuaternario terminal". *Geogaceta* 26, pp. 43-46.
- MAC-PHERSON, J., 1873: *Bosquejo Geológico de la Provincia de Cádiz.* Cádiz.
- PARRADO, J. M., 1997: *Estudio de la dinámica sedimentaria en la Bahía de Cádiz. Modelo de distribución de corrientes de fondo.* Tesis de Licenciatura. Universidad de Cádiz.
- RODERO PÉREZ, J., 1999: *Dinámica sedimentaria y modelo evolutivo del margen continental suroriental del Golfo de Cádiz durante el Cuaternario Superior (Pleistoceno Medio-Holoceno).* Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- ZAZO, C., 1979: *El Cuaternario marino-continental del litoral de las provincias de Cádiz y Huelva.* Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- ZAZO, C., DABRIO, C. J., GOY, J. L., BARDAJÍ, T., GHALEB, B., LARIO, J., HOYOS, M., HILLAIRE-MARCEL, C., SIERRA, F., FLORES, J. A., SILVA, P. G. y BORJA, F., 1996: "Cambios en la dinámica litoral y nivel del mar durante el Holoceno en el Sur de Iberia y Canarias Orientales". *Geogaceta* 20 (7), pp. 1679-1682.
- ZAZO, C. y GOY, J. L., 2000: "Cambios eustáticos y climáticos durante el Cuaternario. Una síntesis sobre su registro en los litorales del sur y sureste peninsular, Islas Canarias y Baleares (España)". En DE ANDRÉS, J. R. y GRACIA, F. J., Eds.: *Geomorfología Litoral. Procesos activos*, pp. 187-206. SEG Monografía 7. Cádiz.