



IGME

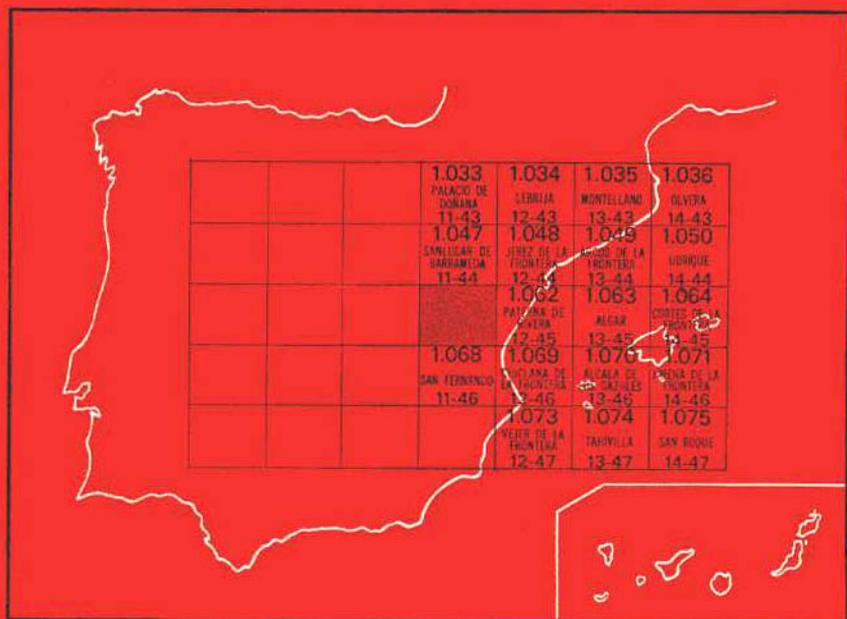
1.061**11-45**

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

CADIZ

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

CADIZ

Segunda serie - Primera edición

Centro de Publicaciones
Ministerio de Industria y Energía

La presente Hoja y Memoria han sido realizadas por ENADIMSA bajo normas, dirección y supervisión del IGME, habiendo intervenido en la misma los siguientes técnicos superiores:

Cartografía: José Baena, Licenciado en Ciencias Geológicas.

Para el Plioceno Superior-Cuaternario: Caridad Zazo, Dra. en Ciencias Geológicas, y José Luis Goy, Dr. en Ciencias Geológicas.

Memoria: José Baena, Caridad Zazo y José Luis Goy.

Sedimentología: De campo: C. Dabrio, Catedrático Universidad de Salamanca. De Laboratorio: F. Leyva, Licenciado en Ciencias Geológicas.

Micropaleontología: Levigados: L. F. Granados, Licenciado en Ciencias Geológicas. Microfacies: E. Moreno, Dr. Ingeniero de Minas. Nannoplancton: P. Aguilar, Licenciado en Ciencias Geológicas.

La supervisión ha sido realizada por P. Ruiz, del IGME.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España, existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria constituida por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Estudio sedimentológico, micropaleontológico de dichas muestras.
- Informes sedimentológicos de series.
- Fichas bibliográficas, fotografías y demás información.

Centro de Publicaciones - Doctor Fleming, 7 - 28036-Madrid

Depósito Legal: M - 23.408 - 1987

NIPO 232 - 87 - 007 - 3

Imprenta IDEAL, S. A. - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - 28016-MADRID

0 INTRODUCCION

0.1 SITUACION Y CARACTERISTICAS GENERALES

La Hoja núm. 14-45 (1.061) E. 1:50.000, Cádiz, comprende muy poca tierra firme, unos 121 km² de los 550 que abarca la totalidad de la Hoja. Se sitúa en la Andalucía sur-occidental, en el trozo de costa que se extiende entre las desembocaduras del Guadalquivir y el Guadalete, comprendiendo parte de la Bahía de Cádiz, de probable origen tectónico.

Observando el paisaje, se pueden distinguir tres regiones diferentes, cada una de ellas con características propias:

- Una región de suaves colinas, en los materiales margosos y arcillosos de los «albarizas» y de las formaciones del Subbético, donde sólo destaca la alineación calcarenítica de la Sierra de San Cristóbal, del Mioceno Superior (con cotas de 100 m. dentro de la Hoja), y el vértice Cabezas (71 m.) sobre «albarizas». La naturaleza del terreno, junto con las condiciones climáticas, han dado lugar a la creación de potentes suelos en el transcurso del Cuaternario, que cubren en gran parte las distintas formaciones geológicas, haciendo casi imposible su identificación.
- La experiencia de los agricultores en cuanto a la idoneidad de los cultivos en relación con los suelos formados sobre cada formación, facilita mucho la identificación de éstas. Así, el cultivo de las viñas, de renombada fama en esta región, está prácticamente restringido a la zona de «albarizas» (margas blancas diatomíferas), mientras que sobre las arcillas verdosas, más o menos margosas del Subbético, se desarrollan los cereales.
- La región anterior da paso, tanto hacia el Sur como hacia el Oeste, a una comarca más llana, prácticamente horizontal (entre las cotas 10 y 30 m.), constituida por arenas y conglomerados plio-cuaternarios. Un campo de dunas, pobladas y fijadas por pinares, cubre gran parte de los anteriores materiales.

- La tercera región, situada al SE, y cuyo nivel es ligeramente inferior al de las pleamares de aguas vivas, corresponde a las llanuras de mareas y a los depósitos con ellas asociados, en el estuario del Guadalete y Bahía de Cádiz. Aquí predominan los suelos arcillosos y salitrosos, con juncos, enneas y otros matorrales. Hacia la Bahía de Cádiz, las grandes flechas litorales arenosas que cierran el estuario han sido en parte, repobladas y fijadas, constituyendo el asiento de modernas urbanizaciones ligadas a las hermosas playas que dan cara a la Bahía de Cádiz.

0.2 ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

El principal antecedente bibliográfico es precisamente la antigua Hoja 1:50.000, núm. 1.061, de Cádiz, que con el título de «La Geología de Costa y Bahía de Cádiz y el poema «Ora Marítima» de Avieno», fue publicada en 1959 por el IGME, y cuyo autor fue el ingeniero y científico J. GAVALA.

Su cartografía es de un gran mérito para la época, en que se carecía de fotos aéreas.

La escasa evolución de las ideas que sobre las Cordilleras Béticas existía entonces, así como el reducido marco geográfico en que se desarrollaron sus investigaciones hicieron que GAVALA considerara como autóctonas muchas de las formaciones cuya aloctonía se ha demostrado posteriormente. No obstante, su cartografía sigue siendo bastante válida, y aún queda por definir adecuadamente la evolución tectónica de este sector de las Cordilleras Béticas.

En cuanto al Cuaternario, es de los pocos autores que en aquella época le dedican un detenido estudio, o incluso algunas publicaciones específicas. Su gran preocupación sobre la evolución de los estuarios del Guadalquivir y del Guadalete le lleva a consultar los escritos que los historiadores romanos habían realizado para la descripción geográfica de los mismos durante su época de ocupación. Llega a reconocer, de esta forma, una paleogeografía referente al Cuaternario romano, y a identificar la zona que nos ocupa, como la terminación meridional de la Isla Cartare, citada en el poema «Ora Marítima» de Avieno.

La tesis doctoral de P. CHAUVE (1968) recopila y analiza muchos de los estudios micropaleontológicos y tectónicos realizados por él y otros autores. En cuanto a la cartografía, poco añade a la de GAVALA, más bien es una copia menos detallada de la misma. Este autor concibe las Cordilleras Béticas Occidentales como un apilamiento de mantos «puestos *in situ*» por deslizamientos de dirección SE-NO que, en general, se han movido al menos en dos fases diferentes, una en el Mioceno Medio y otra durante el Mioceno Superior.

Dentro de la provincia de Cádiz el autor distingue dos dominios estructurales diferentes: uno externo y otro de los Flyschs.

En el dominio externo más septentrional distingue: El Subbético S. S., el Penibético, la Unidad de Algarrobo (a lo que considera como probablemente una facies lateral del Subbético) y las Moronitas.

En el dominio de los Flyschs distingue el Manto de Algibe y la Unidad de Paternas, así como las Unidades representadas en el Campo de Gibraltar.

C. VIGUIER (1974), en su tesis doctoral describe el corte del Mioceno de la Sierra de San Cristóbal. El Proyecto de Geodinámica del Mediterráneo lleva a J. BENKHELIL (1976) a estudiar la Neotectónica de las Béticas Occidentales en su tesis de tercer ciclo. Un mapa a escala 1:400.000 sintetiza los datos obtenidos; las direcciones de la fase distensiva serían submeridianas en la Bahía de Cádiz; cambiando hacia el Sur a la dirección E-O, en las proximidades del estrecho las direcciones de acortamiento serían N-S en la Bahía, y hacia el Sur NO-SE.

El estudio más reciente y completo, en lo que se refiere al Cuaternario marino-continental y a su límite con el Plioceno corresponde a la tesis doctoral de C. ZAZO (1980). Siendo uno de los autores de esta Hoja, sus investigaciones y resultados se detallarán más adelante en los apartados correspondientes.

Para la realización de la Hoja, hemos utilizado o consultado todos los datos y estudios objetivos realizados por otros investigadores anteriormente.

0.3 MARCO GEOLOGICO REGIONAL

Desde el punto de vista geológico esta región está situada en la terminación occidental de las llamadas Cordilleras Béticas, aunque aquí el término «Cordillera» tenga una connotación geológica más que geográfica. Después de sufrir numerosos eventos tecto-orogénicos, estos materiales depositados en la cuenca bética (zona subbética), han ocupado esta región, cuya evolución geodinámica más reciente ha dado lugar a la formación de la Bahía de Cádiz, con los consiguientes depósitos de claro significado paleogeográfico.

Las Cordilleras Béticas representan el extremo más occidental del conjunto de cadenas alpinas europeas. Se trata, conjuntamente con la parte Norte de la zona africana, de una región inestable afectada en parte del Mesozoico y durante gran parte del Terciario de fenómenos tectónicos mayores, y situada entre los grandes cratones europeo y africano.

Tradicionalmente se distinguen las «Zonas Internas» y las «Zonas Externas», en comparación con Cordilleras en desarrollo geosinclinal, o sea, una parte externa con cobertera plegada, y a veces con estructuras de manto de corrimiento, y una parte interna, con deformaciones más profundas que afectan al zócalo, y que están acompañadas de metamorfismo. Actualizando estos conceptos, podríamos decir que las «Zonas Externas» se sitúan en los bordes de los cratones o placas europea y africana, y presentan carac-

terísticas propias en cada borde, mientras que las «Zonas Internas» son comunes a ambos lados del Mar de Alborán, situándose en la zona de separación entre ambas placas o zonas cratogénicas.

Circunscribiéndonos al área ibérica, podemos decir que están presentes las «Zonas Externas» correspondientes al borde de la placa europea, y parte de las «Zonas Internas». El resto de las «Zonas Internas» aflora en amplios sectores de la zona africana y europea que rodean el actual Mediterráneo.

Las «Zonas Externas» están representadas aquí por:

- La Zona Prebética
- La Zona Subbética

Las «Zonas Internas» por:

- La Zona Circumbética
- La Zona Bética (s.s.).

La distribución geográfica de estas zonas de Norte a Sur, y desde la meseta hasta el mar, sería la siguiente: Prebética, Subbética, Circumbética y Bética.

Veamos ahora muy resumidamente las principales características de estas zonas:

La Zona Prebética

Es la más externa, y sus materiales se depositan sobre una corteza continental clásica, la de la meseta. En ella, los sedimentos son propios de medios marinos someros o costeros, con ciertos episodios de tipo continental. Fue definida ya por BLUMENTHAL (1927) y FALLOT (1948), y en base a la potencia de sedimentación y a las diferencias de facies en el Cretácico y Paleógeno (L. JEREZ y J. BAENA, 1982) se han diferenciado dos dominios.

- Prebético externo.
- Prebético interno.

La Zona Subbética

Se sitúa al Sur de la anterior, y presenta facies pelágicas, más profundas a partir del Domeriense, con margas, calizas nodulosas, radiolaritas, y hasta facies turbidíticas a partir del Jurásico Superior. Igualmente, en algunos dominios existió volcanismo submarino durante el Jurásico.

En base a las características de la sedimentación durante el Jurásico y parte del Cretácico Inferior, se ha subdividido esta zona en tres dominios, que de Norte a Sur son:

- Subbético Externo.
- Subbético Medio.
- Subbético Interno.

El Subbético externo incluiría parte del talud que enlaza con el Prebético, un pequeño surco con depósitos turbidíticos y un umbral que separa este surco de la parte más profunda, el Subbético medio.

El Subbético medio se caracteriza por facies profundas desde el Lías Superior, con abundancia de radiolaritas y con volcanismo submarino. Representa la parte más profunda de la Zona Subbética.

El Subbético interno presenta facies calcáreas durante todo el Jurásico, predominando las oolíticas, y constituiría un umbral, probablemente límite meridional de las «Zonas Externas».

La Zona Subbética debió depositarse sobre una corteza continental adelgazada, relacionada con la placa europea. La primera alusión a esta zona corresponde a DOUVILLE (1906).

La Zona Circumbética

Dentro de las «Zonas Internas», ha recibido este nombre porque sus materiales rodean con mayor o menor extensión a la Zona Bética. Ha sido definida por J. BAENA y L. JEREZ (1982), e incluiría una serie de Unidades, Formaciones y Complejos que han recibido diversas denominaciones según los autores, tales como Dorsal, Predorsal, Zona Media, Unidades del Campo de Gibraltar, Substrato de los flyschs cretácicos, Subbético Ultrainterno, etc.

Se trata de una zona que en principio se situaría entre las Zonas Externas ibéricas y las Zonas Externas africanas, ocupando un amplio surco que se fue estructurando a partir del Pliensbachiense. En sus partes más profundas se depositaban radiolaritas, y a partir del Jurásico Superior potentes formaciones turbidíticas, que se fueron sucediendo hasta el Mioceno Inferior. El espacio ocupado por esta zona fue probablemente, y a partir del Eoceno Medio-Superior, invadido por la Zona Bética, que mediante fallas en dirección (fallas transcurrentes) se desplazó desde regiones más orientales, donde habría evolucionado (Subplaca de Alborán). Con lo cual, lo que en principio era una sola zona, se estructura en varias partes, situadas a un lado y a otro de la Zona Bética, existiendo una posible Zona Circumbética ibérica, y otra africana, aunque muy probablemente enlazadas por lo que hoy es el arco de Gibraltar.

Dentro de esta Zona Circumbética podremos distinguir, en base a las características de la sedimentación en el Jurásico, Cretácico y Terciario, varios dominios, que denominamos:

- Complejo de la Alta Cadena.
- Complejo Predorsaliano.
- Complejo Dorsaliano.

El complejo de la Alta Cadena representaría el área cercana al Subbético Interno. Este Complejo tendría su correspondiente en el borde de las Zonas Externas africanas.

El Complejo Predorsaliano representaría las series típicas depositadas en la parte más distal de la cuenca, que ocuparía una amplia región, posteriormente empujada y distorsionada (subducida, obducida o arrastrada) por el encajamiento de la Zona Bética.

El Complejo Dorsaliano se depositaría en sectores más orientales, sirviendo de enlace entre esta Zona y la Zona Bética, la cual, al trasladarse hacia el Oeste, la arrastró, y dibujó la orla que actualmente constituye alrededor de dicha Zona.

Es muy probable que la Zona Circumbética, al menos en parte, se desarrollara sobre un fondo oceánico.

Por último, la *Zona Bética*, cuya evolución parcial se supone en sectores más orientales, presenta mantos de corrimiento y metamorfismo en la mayor parte de sus dominios. Tradicionalmente se distinguen tres unidades:

- Complejo Maláguide.
- Complejo Alpujárride.
- Complejo Nevado-Filábride.

Se trata de tres unidades tectónicas, cuya posición de arriba a abajo es la descrita anteriormente, pero sin que ello indique, como en las zonas anteriores, una posición paleogeográfica. Salvo en el Complejo Maláguide, están representados exclusivamente terrenos Paleozoicos y Triásicos.

Con posterioridad a la «intrusión» de la Zona Bética, al final del Aquitaniense se produce el evento tectónico más espectacular de las Cordilleras Béticas, puesto que afectó a todas las zonas, aunque, como es lógico, con desigual intensidad. Se trata de la compresión que provoca el choque de las placas europea y africana, mediante el juego de una miniplaca, la Zona Bética.

Esta colisión, que tuvo su mayor reflejo en el límite entre Zonas Internas y Zonas Externas, afectó profundamente a la Zona Circumbética; gran parte de la cual fue subducida, obducida o acumulada mediante imbricaciones.

En la Zona Subbética, y debido a esta colisión se originan cizallas de vergencia Norte que hacen cabalgar unos dominios sobre otros. En la base de estas Unidades cabalgantes el Triás sufre una extrusión, y se extiende en diversas láminas cubriendo amplias zonas. Este Triás soporta retazos de su cobertera, que han sufrido diversos procesos de despegue mecánico. Estos Triás y sus coberteras no identificadas, o de difícil relación con un dominio determinado, podrían considerarse como *Subbético indiferenciado*.

Esta colisión puede ser responsable también de que parte de la Zona Circumbética situada al Sur de la Zona Bética (zona africana) fuera expulsada por encima de la Zona Bética hacia el lado ibérico (Flysch-ultrabéticos),

donde montaría sobre diversos dominios, tanto de la Zona Circumbética septentrional o ibérica, como de la Zona Subbética.

Posteriormente se depositan en el sector occidental, y sobre las partes más deprimidas de este conjunto estructurado, «silexitas» y «albarizas», y lo hacen indiferentemente sobre el Triás, el Cretácico o el Terciario subbético, o sobre ciertas unidades de la Zona Circumbética, ya corridas.

Durante el Mioceno Medio parece producirse una cierta elevación en la Zona Subbética, quizá como un ajuste isostático después de la colisión. Esta elevación provoca un deslizamiento, a un lado y otro de su eje, de las formaciones alóctonas desenraizadas, que se mezclaron, dando lugar a un conjunto de aspectos más o menos caótico (Arcillas con bloques) en el que ya están implicadas tanto las «silexitas» como las «moronitas» de edad Burdigaliense. Esta formación, que para algunos es de origen *tectosedimentario*, es para otros puramente *tectónica*. Este último evento importante pudo desdibujar las estructuras existentes, y complicó enormemente la interpretación de las contradictorias observaciones que hoy se reflejan en el campo.

Hemos realizado todo este resumen con el objeto de encajar la Hoja que nos ocupa dentro de este esquema. Pues bien, la Hoja de Cádiz, situada en el sector occidental, incluye materiales de la Zona Subbética corridos en dirección O, NO, pero de insegura asignación a un dominio determinado de dicha Zona. Igualmente presenta abundantes depósitos de «albarizas» o «moronitas» de carácter para-autóctono.

Durante el proceso postectónico (Mioceno Superior-Plioceno Superior) la región conoce un período de distensión que dio origen a la Cuenca del Guadalquivir, donde van a parar muchas de las Unidades alóctonas ya mencionadas, que arrastran consigo a las «albarizas», dando lugar a grandes masas «olistostrómicas». Fruto de este proceso de distensión es, también, el origen de la Bahía de Cádiz, que se instala sobre el bloque hundido de una falla normal ENE-OSO, que pasa al pie de la Sierra de San Cristóbal.

El mar, que durante el Plioceno Superior y Medio ocupaba una amplia franja en el litoral gaditano, con extensos entrantes que, en general, coinciden con las desembocaduras de los valles actuales más importantes de la región, comienza a retroceder durante el Plioceno Superior, de tal modo, que durante este período de claro carácter regresivo, sólo aquí perdura un régimen marino abierto, mientras que hacia el interior se forman extensos lagos, totalmente desconectados del mar.

A lo largo del Cuaternario y coincidiendo con una etapa tectónica compresiva que dura hasta la actualidad, continúa la regresión con ligeras interrupciones ocasionadas por pequeñas oscilaciones positivas de carácter eustático, cuyos máximos transgresivos no llegan a superar a los del Plioceno Superior.

Los aportes del Guadalete colmatan en parte las zonas deprimidas que anteriormente ocupaba el mar, creando zonas bajas que constituyen llanuras

mareales en las que reina un ambiente mixto-salobre que aún perdura. El viento pone en movimiento las arenas de la playa y de las formaciones pliocenas litorales, dando lugar a grandes mantos de dunas.

1 ESTRATIGRAFIA

Dentro del marco geográfico que abarca esta Hoja, es prácticamente imposible hacerse una idea de la complejidad tectónica de la región, y resulta muy difícil identificar formaciones presentes, debido a los potentes suelos desarrollados sobre ellas. No existen afloramientos que nos permitan levantar una columna estratigráfica completa. Los escasos y esporádicos que se pueden observar en las formaciones subbéticas sólo permiten recoger alguna muestra que nos indica su edad, y un aspecto parcial de su naturaleza. Con las «albarizas» ocurre algo parecido, aunque en este caso es más fácil su identificación.

Sólo el Neógeno y Cuaternario se identifican con cierta facilidad, y los escasos y pequeños cortes permiten al menos observar su naturaleza y estructuras sedimentarias, lo que nos acerca a la interpretación de su medio de depósito.

Podemos separar tres tipos de formaciones:

- Las pertenecientes al Subbético indiferenciado, de carácter alóctono.
- Las «albarizas», o formaciones miocenas autóctonas o para-autóctonas.
- Neógeno autóctono y Cuaternario.

1.1 SUBBETICO INDIFERENCIADO

La asignación a los diferentes dominios de la Zona Subbética se ha realizado hasta ahora en las Cordilleras Béticas en base a las características paleogeográficas y litológicas durante el Jurásico y Cretácico Inferior. En esta Hoja sólo se ha identificado un reducidísimo afloramiento de Jurásico Superior-Cretácico Inferior, de poca validez para asignarlo a un dominio determinado. Por esta razón, hemos incluido las formaciones reconocidas dentro de este epígrafe.

Estratigráficamente, se han reconocido dentro del Subbético al Trías (por su típica facies), un pequeño asomo de Jurásico Superior-Cretácico basal, Cretácico Superior y Eoceno.

Existe la razonable duda de que las facies que presentan tanto el Cretácico Superior como el Eoceno pertenezcan efectivamente a una serie

subbética, ya que poseen unas características que no son las propias de la Zona Subbética (ausencia de las facies «capas rojas», y abundancia de arcillas oscuras en el Paleoceno y Eoceno). Por el contrario, sí parecen asemejarse a ciertas series que se pueden observar en la Unidad de Tánger occidental presentes en el lado africano. Hasta que se pueda realizar una investigación mucho más detallada, si es que ello es posible, dada la escasez de buenos afloramientos, mantenemos éstos como pertenecientes al Subbético, aunque con las reservas oportunas. Es evidente también que la nula experiencia que poseemos sobre la geología del otro lado del Estrecho no nos permite por el momento identificar con certeza formaciones allí presentes con las que aquí afloran.

1.1.1 ARCILLAS, DOLOMIAS, ARENISCAS Y YESOS. TRIAS (1)

Suponemos por consideraciones regionales que los materiales triásicos constituyen el basamento de todos los materiales aflorantes. Aunque en la vecina Hoja de Paterna de Rivera el Trías aflora en gran extensión, aquí sus afloramientos se limitan a la marisma del Hato de la Carne, quedando reducidos a tres o cuatro pequeños asomos, quizá unidos por debajo del relleno reciente. Estos afloramientos, que ya fueron citados por GAVALA (1959), están constituidos por arcillas abigarradas, con algunas intercalaciones de areniscas, dolomías y algunas capas de yeso.

Se trata, pues, de la facies típicamente subbética, depositada en un medio continental salino, con influencias de medios marinos restringidos con sistemas de mareas microtidales.

La edad es atribuida por su facies, ya que no presenta fauna.

1.1.2 CALIZAS NODULOSAS ROJAS, MARGO-CALIZAS BLANCAS. JURASICO SUPERIOR - VALANGINIENSE (2)

Esta formación está representada en un solo afloramiento de escasísimas dimensiones, situado al Oeste de la marisma o laguna del Hato de la Carne, al norte de la Sierra de San Cristóbal. Está rodeado y cubierto, en parte, por las «albarizas», y cercano a los afloramientos triásicos, también de escasa entidad.

Ya fue citado por GAVALA (1959), y en él recogió algunos ejemplares de *Aptychus lamellosus*, y algunos restos de Ammonites.

Se trata de calizas nodulosas rojizas («biomicritas»), cuya microfacies muestra: Radiolarios, «filamentos», gasterópodos, *Globochaote alpina* y restos de Ammonites. Podría tratarse de un Kimmeridgiense-Titónico Inferior.

La escasa extensión del afloramiento poco puede indicarnos sobre su

potencia. Este tipo de facies puede interpretarse como depositada en un medio submareal de energía muy baja y aportes pelágicos.

En relación con estas calizas, y en contacto mecanizado con ellas, existen margocalizas blancas de edad Valanginiense. Son también «biomicrocritas», que contienen: *Spirillinas*, Lagénidos, *Globochaete alpina*, *Calpionellitis darderi* y *Lorenciella hugárica*.

Prácticamente en todos los dominios de la Zona Subbética está generalizada la presencia de estas dos facies, por lo que resulta imposible asignarlas a un dominio determinado, aunque «sospechamos» que pueda tratarse de un Subbético Medio.

1.1.3 MARGAS Y MARGO-CALIZAS. CRETACICO SUPERIOR (3)

Debajo del potente suelo negro que cubre las comarcas de Villarana e Hinojosa Baja, aparte de las arcillas verdes predominantes, se adivinan ciertas manchas más claras, cuya naturaleza difícilmente se identificaría, si no es por la existencia, en el momento de realizar el trabajo de campo, de algunas zanjas abiertas para la colocación de tubos para la conducción de algún fluido. En una de ellas, y cerca del cruce de las carreteras de El Puerto de Santa María-Sanlúcar, con la de Rota-Jerez, hemos podido ver la naturaleza de algunos de estos materiales. Se trata de calizas margosas y margas, que no presentan las tonalidades rosáceas que son tan características del Cretácico Superior Subbético. Más bien son verdosas o blanquecinas, color que suele presentar el Cenomaniense-Turonense en otras regiones.

Presentan fauna del Cenomaniense, con *Rotalipora appenninica*, *R. ticensis* y *Globigerinoides breggiensis*, mezclada con fauna característica del Santoniense-Campaniense, representada por *Hedbergella planispira*, *H. delrioensis*, *H. trochoidea*, *Globotruncana fornicata*, *Gl. lapparenti*, *Gl. renzi*, *Heterohelix globulosa*, *Heterotextularia elegans*, etc.

Esta mezcla se podría interpretar como efecto del deslizamiento de las series del Cretácico Superior sobre el Triás, favorecida por el nivel de «despegue» del Aptiense Superior-Cenomaniense Inferior ya reconocido por CHAUVE (1968), en esta región, y por nosotros en otros sectores de la Zona Subbética. Este efecto provoca una mezcla tectónica, con contactos mecanizados entre esta «zapata» plástica (Aptiense-Cenomaniense) con la formación infrayacente (Triás), y con las series suprayacentes (Cretácico Superior-Plioceno).

En algunos sectores, las facies apenas se observan, y solamente la fauna del Senoniense nos indica su presencia, al menos cercana.

1.1.4 ARCILLAS VERDES OSCURAS, MARGAS Y CALIZAS ARENOSAS. PALEOCENO-LUTECIENSE (4)

La gran mancha sobre la que se desarrollan los suelos oscuros, y por la que discurren los Arroyos del Campillo, Hinojosa y Villarana, está constituida en su mayor parte por arcillas o margas arcillosas verdes oscuras con las que alternan esporádicos episodios de margas blancas y calizas arenosas o areniscas de carácter turbidítico. No existen afloramientos claros, excepto en la costa, cerca de la Puntilla, ya dentro de la Base Militar de Rota. Se trata de la formación que GAVALA (1959) denominaba «flysch eoceno». Es probable que en algunos puntos este «flysch» alcance hasta el Oligoceno, pero en este caso no abundan tanto las arcillas, e incluso pudiera llegar al Aquitaniense, pero en esta Hoja no existe certeza ni de la presencia del Oligoceno ni del Aquitaniense.

Las muestras recogidas en las arcillas margosas oscuras proporcionan la siguiente fauna: *Globorotalia bullbrooki*, *Gt. bolivarlana*, *Gt. spinulosa*, *Truncorotaloides topilensis*, *T. rohrí*, *Globoquadrina venezuelana*, *Globigerina seni*, *G. yeguaensis*, *G. aff. boweri*, *Globigerapsis index*, así como Nummulites.

Otras han proporcionado piezas de *Microcodium*, así como *Globorotalia aff. trinidadensis*, *G. aff. gracilis*, y restos del Senoniense.

Las calizas son «biomicritas» arenosas, en donde se observan ciertos caracteres turbidíticos, como sedimentación gradada. Están constituidas por un 50 por 100 de fósiles, entre los que destacan Nummulites, *Orthophragmina*, *Operculinas*, *Alveolinas* y *Rotálidas*.

Hay que hacer notar aquí, al igual que lo hicimos al tratar del Cretácico, que las características mecánicas de estas arcillas han propiciado el «despegue» de la serie con respecto a su substrato cretácico, pudiendo encontrarse hoy desplazadas con respecto al mismo, o en contacto mecánico con él, como parece indicarlo la mezcla de faunas y la posición y complejidad de los contactos. Su observación, no obstante, no resulta nada clara.

1.2 NEOGENO AUTOCTONO Y CUATERNARIO

1.2.1 MIOCENO SUPERIOR

El Mioceno Superior está bien representado en esta Hoja, tanto en forma de «albarizas», como en forma de calcarenitas o «caliza tosca». Entre ambas facies se sitúan margas arenosas.

1.2.1.1 «Albarizas». Margas blancas con Radiolarios y Diatomeas (5)

Las «albarizas» y/o «moronitas» fueron descritas por vez primera por

S. CALDERON y M. PAUL en 1886 en la localidad de Morón de la Frontera (Sevilla). El nombre de «moronitas» lo deben, pues, a esta localidad. La gente de campo las conoce como «albarizas» por su color blanco que destaca en el paisaje. A ellas se asocian, al menos en esta región, la mayoría de los viñedos.

Esta formación, muy bien representada en toda Andalucía Occidental, presenta un aspecto uniforme, aunque pudieran existir ciertas diferencias litológicas entre algunas de ellas. Por lo general, son margas blancas o amarillentas ricas en sílice, en tamaño arena limosa (constituida por esqueletos de organismos tales como Radiolarios y Diatomeas).

Desde su definición, esta formación ha sido el centro de grandes polémicas, en aspectos tales como su edad, su origen, su composición, y hasta los procesos tectónicos sufridos. Así, GAVALA (1959), en la antigua Hoja de Cádiz, les atribuye una edad Oligocena, COLOM (1957) las cita como Aquitano-Burdigalienses, pero con el dato contradictorio de la presencia de *Orbulina Universa* d'Orb. Los conocimientos micropaleontológicos más actualizados permitieron a PERCONIG (1964) diferenciar dos edades distintas dentro de ellas. A las que no contienen Orbitolinas les asigna una edad Aquitano-Burdigaliense, y a las que la contienen una edad Tortoniense-Andaluciense.

Todas las «albarizas» muestreadas en la Hoja de Cádiz (excepto las de Fuentebravía en la costa, que no son cartografiables) pertenecen a las más recientes, o sea, a las de edad Tortoniense-Andaluciense, tanto las recogidas en los alrededores de la Laguna Salada, o en la carretera del Puerto a Sanlúcar, o en el Cortijo de San José, o en la costa en la Urbanización «El Manantial», e incluso encima del Eoceno Subbético.

Presentan, además de Radiolarios, Diatomeas y espículas, una abundante microfauna, en la que encontramos: *Globorotalia acostaensis*, *Gt. suterae*, *Gt. humerosa*, *Gt. menardii*, *Gt. obesa*, *Gt. cultrata*, *Gt. pseudobesa*, *Gt. plesiotomida*, *Gt. miocenica*, *Gt. miozea*, *Gt. cf. andalusiana*, *Gt. cf. margaritae*, *Globigerina bulloides*, *G. woodi*, *G. apertura*, *G. falconensis*, *Orbulina universa*, *O. bilobata*, *O. suturalis*, *Globigerinoides trilobus*, *Gl. amplus*, *Gl. helacinus*, *Gl. obliquus extremus*, *Gl. quadrilobatus*, *G. obliquus amplus*, *Gl. ruber pyramidalis*, *Globigerinita uvula*, *Globoquadrina altispira*, *G. dehiszens*, *Textularia saggitula*, *Cibicides ungeniaus*, *Lenticulina cultrata*, etc.

En cuanto al medio de depósito, lo único que podemos decir es que no presentan estructuras que señalen un ambiente de alta energía, sino que más bien apuntan a condiciones tranquilas, en un ambiente relativamente restringido.

Tanto CHAUVE (1968) como VIGUIER (1974) tratan el problema de la sedimentación de las «moronitas», y dicen, entre otras cosas, recogiendo opiniones propias y ajenas, lo siguiente:

«Los foraminíferos, sobre todo Globigerinas, asociados a los sílico-flagelados, así como a numerosos Coccolitos, indican un medio marino, con sedimentación característica de un mar en calma, poco profundo y cálido. No obstante, la presencia de Diatomeas plantea un problema, ya que éstas deben asociarse con aguas más frías. De todas formas, la distribución de estas Diatomeas no es uniforme. Se observa una alternancia de «lechos», entre los que existen:

Lechos microscópicos, claros, de granos de cuarzo, alternando con lechos grises de Globigerinas, y con lechos más potentes de granos de cuarzo con Radiolarios y Diatomeas.

Para explicar la presencia en el seno de los mismos de margas blancas, de Globigerinas y Diatomeas, se ha imaginado un juego de corrientes opuestas. Unas procedentes del mar abierto aportarían el plancton, y las otras, más litorales, arrastrarían los elementos detríticos y las Diatomeas.

Es cierto que el descubrimiento del tipo microsecuencial de las «moronitas» refuerza la idea de un control del depósito por un fenómeno cíclico. Se ha propuesto la acción de corrientes marinas intermitentes que arrastrarían el plancton con Globigerinas hasta el área de sedimentación; durante los períodos de parada, llegarían los productos detríticos de erosión costera con, a veces, Diatomeas y benthos. Pero, sin negar la existencia de corrientes marinas que aportarían el plancton, se podría uno preguntar si esta sedimentación particular no es nada más que el resultado de una sucesión de depósitos climáticos en un mar bastante calmado. Los ritmos estacionales ocasionarían la alternancia observada de niveles detríticos y de depósitos más finos.»

A pesar de su aspecto homogéneo, se aprecian diferencias litológicas, y así, mientras COLOM piensa que no se pueden asimilar a verdaderos «Trípolis», GAVALA cita exploraciones de «Kieselguhr».

Del estudio de los componentes de distintas «moronitas» por VIGUIER (1974) se puede deducir que:

- El porcentaje mayor de las arcillas corresponde a la montmorillonita (58-90 por 100).
- Las «antiguas» presentan mayor porcentaje que las «modernas» (80-90 por 100).

A este respecto, hemos de reseñar que existe una relación de vecindad geográfica entre los afloramientos de «moronitas», y los de las formaciones «flyschoides» autóctonas (arcillas con bloques, Unidad de Paterna, Manto de Carmona, Manto del Aljibe, etc.), cuyas arcillas son en un 80-90 por 100 montmorillonitas. Parece, pues, verosímil que junto a los cambios de condiciones físico-químicas, jugara un gran papel la existencia de sílice suficiente en los materiales, que parcial o totalmente constituirían el receptáculo de la cuenca donde se depositaban las «moronitas».

Sobre estas formaciones se depositarían las «moronitas antiguas», que son las que más se asemejan a las definidas como tales. Las «modernas» procederían de una resedimentación y reelaboración parcial de las procedentes. El conjunto de ambas se denomina «albarizas», aunque no todas presentan el aspecto «moronitoide».

Algunos autores consideran que todas las «albarizas» son para-autóctonas, pero pensamos que esto no es del todo demostrable, pues si bien las «antiguas» pueden serlo, las «modernas» sólo lo serían en ciertos sectores inestables (Cuenca del Guadalquivir — PERCONIG, 1964), mientras que aquí, en la Hoja de Cádiz, parecen ser totalmente autóctonas.

1.2.1.2 Margas arenosas y arenas (6)

Al parecer, sin discordancia ninguna, se pasa desde las margas blancas o «albarizas» a unas margas-arenosas y arenas de color amarillento, que llegan a tener una potencia de 100-150 m. En ellas es más abundante la arena de cuarzo, mientras que son escasos, o no existen, los Radiolarios.

La microfauna encontrada consiste en: *Orbulina universa*, *Globigerina bulloides*, *G. woodi*, *Globorotalia miozea conoidea*, *Gt. miocenica*, *Gt. acostaeensis*, así como Lamelibranquios, Radiolas de Equínidos, Briozoos, etc. Todo ello indica una edad Mioceno Superior, probable Andaluciense.

1.2.1.3 «Caliza Tosca». Areniscas calcáreas. Calcarenitas (7)

Se trata de las areniscas con cemento calcáreo que forman el pequeño alto de la Sierra de San Cristóbal, entre Jerez y el Puerto de Santa María. Tienen un 40 por 100 de arena de cuarzo de tamaño medio o grande, con una matriz calcárea y algo de glauconita.

Presentan estratificación cruzada plana y de surco bastante confusa. Probablemente corresponden a barras regresivas.

Dadas las características litológicas su fauna es poco representativa, aunque por su posición no existe duda en cuanto a su edad Andaluciense.

Tienen una potencia de 40-50 metros y son explotadas en numerosas canteras, tanto para extraer arena, como en bloques para la construcción de diques en la desembocadura del Guadalete, u otro tipo de obras.

1.2.2 PLIOCENO

El Plioceno Inferior-Medio que en sectores más orientales aflora, y donde puede ser datado por la presencia de *Globorotalia margaritae* y *Globorotalia*

crassaformis, no aflora en la Hoja de Cádiz. Es muy probable que debajo del Plioceno Superior, entre la Sierra de San Cristóbal y El Puerto de Santa María, se encuentre rellenando la pequeña fosa post-miocena producida por la falla que con dirección ENE-OSO ha afectado a las calcarenitas del Mioceno Superior, y que después fue fosilizada por el Plioceno Superior. La geofísica [ESTEBAN, 1969] parece indicar ambas cosas.

El Plioceno Superior regresivo está representado en toda la Bahía de Cádiz por facies marinas y marino-salobres.

1.2.2.1 «Piedra Ostionera». Conglomerado con Ostreas y Pectínidos. Plioceno Superior (8)

Se trata de unos conglomerados o lumaquelas de lamelibranquios (Ostreas y Pectínidos), que son conocidos en la región con el nombre de «piedra ostionera». En general, se instalan en continuidad sedimentaria con los depósitos del Plioceno Inferior y Medio, en aquellos puntos en que se observa este contacto (fuera de la Hoja).

La macrofauna que contiene en el afloramiento del Aculadero, comprende según MECO (tesis de ZAZO): *Chlamys opercularis* (L), *Chlamys varia* (L), *Chlamys glabra* (L), *Chlamys flexuosa* (POLI), *Pecten jacobaeus* (L), *Ostrea lamellosa* (L).

Según la mayor parte de los autores la *Chlamys glabra* aparece en la parte alta del Plioceno Superior.

Los cantos son de cuarzo y cuarcita, y su tamaño máximo no llega a los 8 cm. En algunos puntos se diferencian alternancias de niveles de conchas de gran tamaño (en general, con la concavidad hacia arriba), con otros de conchas más pequeñas y menor tamaño de grano, con estratificación cruzada en artesa dirigida hacia el Sureste. En esta localidad (El Aculadero) la dirección de corrientes más frecuente es la N 120°-130°, dentro de un abanico que abarca desde N 60° hasta N 180°.

Se interpreta como un depósito marino sublitoral («shore-face»), bajo la acción del oleaje y de las corrientes litorales. La regularidad de los «sets» de la estratificación cruzada apunta hacia un origen a partir de corrientes de deriva o de mareas. Aunque no han aparecido pruebas claras de reversión de flujo, se atribuyen estos depósitos a una zona sublitoral barrida por las mareas con una dirección dominante de corrientes hacia el Sureste, y de poca profundidad, puesto que las olas eran capaces de eliminar las fracciones finas, dejando una gran proporción de tamaños gruesos. Las alternancias de dos tamaños de grano se deben, probablemente, a la sucesión de épocas de mar gruesa o tormentas, durante las cuales se movía el sedimento grueso y se arrastraba hacia zonas más profundas, el sedimento fino, y épocas de buen tiempo durante las cuales se favorecía la formación

de «megaripples» en sedimento más fino que era movido por las corrientes mareales.

Sobre estos depósitos se labra un karst continental, que está relleno por arenas rosadas sobre las que se desarrolla un suelo en el que se observan procesos de hidromorfismo local.

Estos conglomerados, cuya potencia visible es de aproximadamente 1 m., alcanzan la cota máxima al pie de la Sierra de San Cristóbal, a + 35 m., descendiendo hasta los — 20 m., a 4 kilómetros de la costa (GAVALA, 1959).

1.2.3 PLIO-CUATERNARIO

El problema del límite Plio-Cuaternario sigue siendo objeto de controversias. En el caso de la Bahía de Cádiz, y aunque existen buenos cortes, la escasez de dataciones precisas hasta el momento, plantean diferentes interpretaciones.

Como el problema no está totalmente resuelto (aunque el hallazgo de vertebrados en la cantera de la Florida pueda ayudar a resolverlo), consideramos incluidas en este apartado las formaciones que aparecen por encima de la «piedra ostionera» inferior y por debajo el «glacis antiguo».

1.2.3.1 Margas y arenas ricas en Carbonatos. Facies de Lagoon (9)

En el corte del Aculadero, encima de lo ya descrito como atribuible al Plioceno Superior, se presentan margas y arcillas verdosas con nódulos de carbonato de tipo pulverulento, que a veces se agrupan formando niveles más o menos continuos. En algunos puntos se han encontrado restos de valvas de *Ostrea*, *Cardium* y *Mytilus* en vías de transformación a nódulos. Se dan en este depósito estructuras de deformación hidroplástica.

Se interpretan como sedimentos de «lagoon» en los que se desarrollan suelos subacuáticos en medio no ácido. Abundancia de arcilla tipo montmorillonita. Fuerte actividad biológica. Este nivel intercala capas de arenas que se acuñan lateralmente. El espesor máximo de estas capas es de unos 30 cm., y la estructura interna consiste en laminación paralela. Se interpretan como depósitos de arena arrastrada sobre la costa por el frente de oleaje de tormentas («overwash») y acumulada en forma de abanicos en el «lagoon» («washover fan»).

También podemos considerar en este apartado unas arenas amarillas con nódulos de carbonato que aparecen en el Aculadero. El tránsito arenas-nódulos se realiza mediante interdigitaciones que, en conjunto, integran un dispositivo progradante hacia el Noroeste. Los nódulos son fácilmente iden-

tificables como rizocreaciones, es decir, acumulación de carbonatos alrededor de raíces de plantas que fueron, probablemente, las responsables de la destrucción de la estructura interna de las arenas. De acuerdo con la litología y la posición se interpreta como un depósito hacia tierra de una isla barrera («bacbarries») sometida a frecuentes fenómenos de «overwash», a cuyo favor se depositaban cuñas sedimentarias que eran colonizadas por la vegetación. Se trata de la migración hacia tierra de la isla barrera y la superposición sobre el lagoon. Después viene aquí una intensa erosión.

1.2.3.2 Conglomerados, areniscas y algo de margas (10)

Encima de lo anterior se presenta una lumaquela de lamelibranquios de cantos de cuarzo y cuarcita de unos 5 cm., y niveles de conglomerados. La fauna está constituida por *Chlamys glabra*, *Chlamys inaequicostalis*, *Acanthocardia tuberculata*, *Lima inflata* y *Thais haemastoma*. Por su posición se ha denominado «conglomerado intermedio» o «piedra ostionera» intermedia, aunque puede estar sustituido por arenas, o bastante erosionado.

La estructura interna consiste en estratificación cruzada en surco debida a migración de megaripples de cresta en forma de media luna en una dirección muy constante N 240°-250° E, en un ambiente marino sublitoral semejante al descrito para el Plioceno Superior. Desde el depósito del Plioceno Superior hasta ahora la línea de costa se había desplazado hacia la Bahía.

En la playa de El Colorado, el conglomerado cambia hacia el Norte a arenas cuya estructura interna no se ve bien, pero que contiene un cuerpo de arenas con morfología de barra y estructura interna compuesta por un apilamiento de megaripples que, en la dirección de la corriente, es sustituido por un set de estratificación cruzada apuntando hacia N 250°-260° E.

A techo del conglomerado se encuentran en algunos puntos metro y medio de calcarenitas bioturbadas por raíces, atribuidas a playas en sentido amplio. En las proximidades del Castillo de Santa Catalina, aparecen encima margas y arcillas verdes con nódulos. Se trata de una facies de lagoon, en la que se intercalan niveles finos de arena, que deben representar «washover fan».

Encima arenas gruesas con restos de lamelibranquios y cantos de cuarcita, que se interdigitan con las anteriores. La estructura interna es estratificación cruzada de dirección N 300° E. El sedimento procede de la isla barrera.

Termina la serie por una lumaquela de lamelibranquios con cantos de cuarcita que pueden llegar a constituir niveles finos y a las que en conjunto se les llama «conglomerado superior» o «piedra ostionera superior». A pesar de estar muy afectado por la karstificación se puede apreciar es-

stratificación cruzada orientada hacia el Noroeste. Su origen es marino sublitoral, igual que en las dos «ostioneras» anteriores, pero aquí las corrientes apuntan en dirección opuesta debido, quizá, a la superposición de las corrientes de marea y la deriva litoral generada por el oleaje del Suroeste.

Como vemos, todos estos depósitos corresponden a fluctuaciones del nivel del mar en las que dominan las transgresiones en una zona de costa con islas barreras, lagoons someros y marismas. Más al Norte, el de la Florida, parece ser que se nota la invasión de los sedimentos fluviales del antiguo Guadalete sobre estos lagoons, y una mezcla de facies marina, marino-salobres y fluviales. Parece, pues, evidente que los cambios de litología sean frecuentes, y que a la escala cartográfica que nos movemos sean difíciles de expresar.

1.2.3.3 Arenas ricas en cuarzo. «Arenas rojas» (11)

Allí donde el ambiente no era el que anteriormente hemos expresado, sobre el Plioceno Superior, y rellenando el karst, se encuentran unas arenas rojas con algún canto, que aquí no presentan mucha potencia (1-2 m.), pero que en el litoral de Huelva sobrepasan la docena de metros. Se trata, al parecer, de un depósito marino, pero con clara influencia continental (paradeltaica). Quizá constituirían una serie de barras de estuario y paralelas al litoral, aunque hacia otros puntos estas arenas tengan otro significado.

1.2.4 CUATERNARIO

1.2.4.1 Pleistoceno

1.2.4.1.1 Arenas-arcillosas rojas con cantos. «Glacis antiguo» (12)

Sobre la «piedra ostionera» superior, en el corte del Aculadero se labra un karst continental que está relleno por arenas-arcillosas rojas con cantos de cuarzo y cuarcitas, correspondientes a un depósito de glacis de cobertera. Esta formación contiene industria lítica arcaica. Precisamente en este yacimiento se han excavado y recogido 22.555 piezas por M. A. QUEROL. De ellas, 17.000 se han clasificado como fracturas, muchas de ellas posiblemente intencionadas. Las piezas claramente talladas presentan unas características muy arcaicas, y entroncan este yacimiento con las fases más primitivas de la zona mediterránea.

Esta formación se extiende también entre la Sierra de San Cristóbal y el Puerto, cubriendo en su mayor parte a los depósitos marinos y marino-

AMBIENTES SEDIMENTARIOS DE LOS MATERIALES CUATERNARIOS DE LA BAHIA DE CADIZ

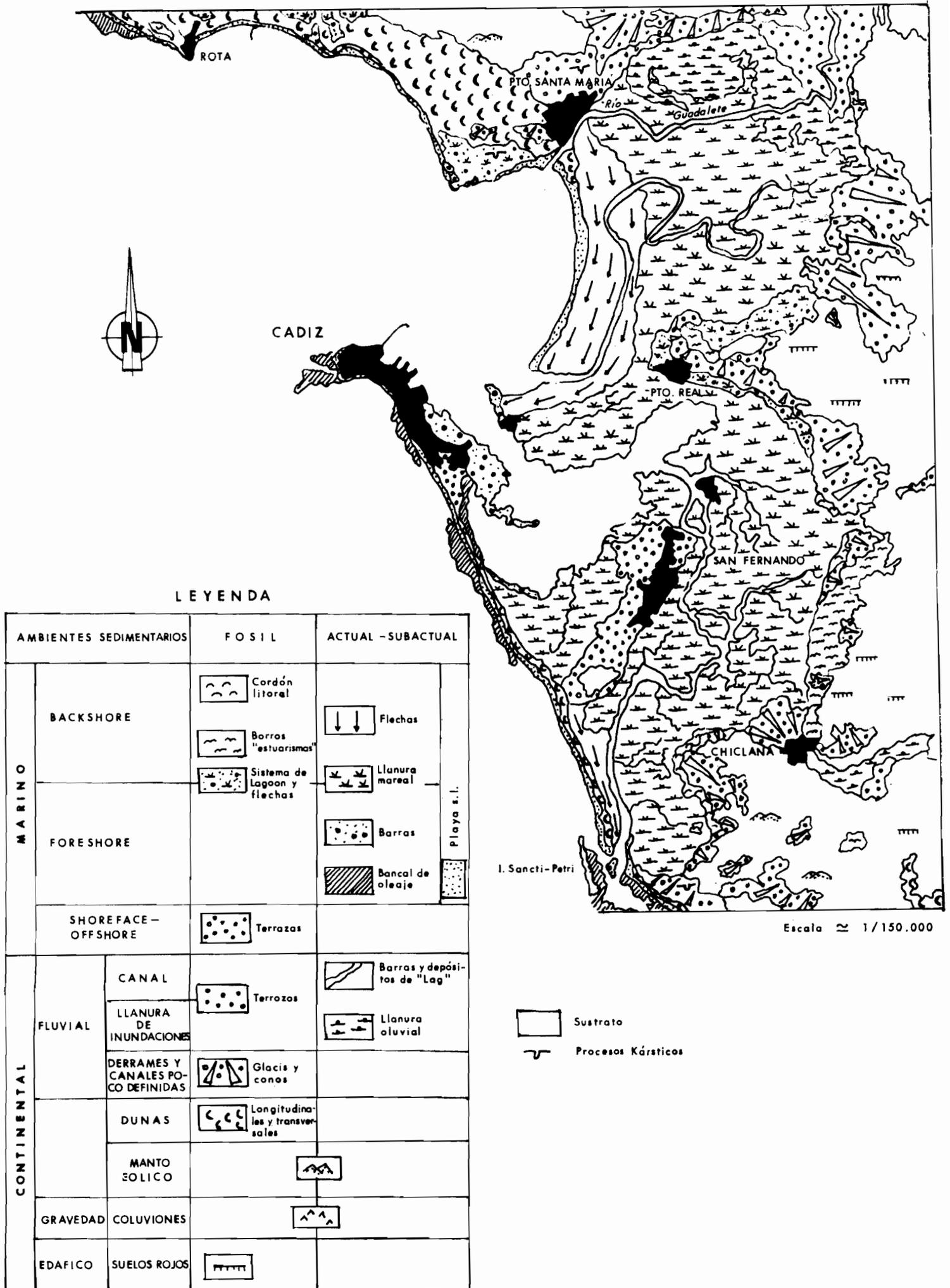


Figura 1

salobres del Plioceno Superior y del Pleistoceno antiguo. Igualmente se presenta en el litoral entre el Puerto y Rota, pero cubierta por el «Manto de dunas».

1.2.4.1.2 Arenas y arcillas. «Suelo rojo» (13)

Sobre lo anterior se desarrolla un suelo rojo fersialino con procesos de lavado de arcillas muy intenso. Este suelo ha sufrido posteriormente una desrubefacción en la parte superior, dejando estas zonas más empardecidas.

1.2.4.2 Holoceno

Dentro de los materiales del Cuaternario reciente, y como se detallará en el apartado de Geomorfología, se han distinguido los correspondientes a diversos Dominios morfogenéticos, que aun presentando la misma litología corresponden a distintos ambientes sedimentarios. El conjunto de los ambientes sedimentarios para todos los materiales del Cuaternario se expresa en la figura 1.

1.2.4.2.1 Del Dominio marino

- Arenas biogénicas sumergidas, correspondientes a las barras de la Bahía de Cádiz. Son de la zona subtidal (14).
- Arenas y conchas de las playas, que pueden pasar a dunas (28).
- Arenas y conchas que constituyen las flechas litorales. Por su morfología se han distinguido las crestas (20) y los surcos (211).

Se ha estudiado la fauna, que en gran cantidad se acumula en las crestas, y así, MECO (tesis de ZAZO) distingue en el Trocadero:

- *Glycymeris glycymeris* (L)
- *Chlamys flexuosa* (POLI)
- *Anomla ephippium* (L)
- *Ostrea edulis* (L)
- *Cerastoderma edule* (L)
- *Venerupis decussata* (L)
- *Donax trunculus*
- *Turritella communis*
- *Murex brandaris* (L)
- *Hinia reticulata* (L)

- Arenas acumuladas delante del bancal de oleaje (Longshore bars) (23).

1.2.4.2.2 *Del Dominio marino-continental*

- Arenas y gravas biogénicas, de la zona intertidal baja (15).
- Arenas biogénicas, también de la zona intertidal baja (16).
- Arena y arcillas, de la zona fangosa poco profunda, de la llanura de mareas (17). En estos fangos abundan los materiales arcillosos con niveles de conchas discontinuas. La fauna encontrada (tesis de ZAZO) es:
Macrofauna:

- *Cerastoderma edule* (L)
- *Angulus* sp.
- *Scrobicularia plana* (DA COSTA)
- *Amyclina pfeiffen* (PHILIPPI)
- *Hinia reticulata* (L)

y dentro de la microfauna, tenemos:

- *Bentos*: *Ammonia beccarii tepida*, *Bolivina aenariensis*, *Elphidium decipiens*, *Cydogyra involuens*, *Hyalinea bathica*, y *Quinqueloculina seminula*.
- *Plancton*: *Globigerina bulloides*, *Gl. falconenseis*, *Gl. guinguloba*, *Gl. uvula*, y *Globorotalia duteri*.
- Arenas y arcillas de la zona intertidal alta, inundada en las mareas altas (18).
- Limos y arcillas de la zona fangosa poco profunda, que coincidiría con las marismas propiamente dicha (19).
Los sedimentos son más arenosos y la vegetación de fanerógamas es densa.

1.2.4.2.3 *Del Dominio continental*

- Arenas formando dunas, generalmente transversales y longitudinales (24).
- Limos y arcillas de inundación (25).
- Cantos angulosos, de origen aluvial o coluvial (26).
- Rellenos aluviales de ríos y ramblas (27).
- Limos, arcillas y materia orgánica que van colmatando y rellenando las diversas lagunas que se desarrollan lejos de la red hidrográfica (28).

2 TECTONICA

2.1 TECTONICA ALPINA

La escasez de afloramientos, el gran desarrollo de los suelos y la natu-

raleza marga-arcillosa de las formaciones subbéticas aquí representadas, poco pueden favorecer el conocimiento de los rasgos tectónicos y estructurales si nos ceñimos a las observaciones dentro de los límites de esta Hoja. Por esta razón, tenemos que ampliar nuestro campo de experiencia a regiones más extensas que abarquen a zonas relativamente próximas, donde las observaciones sean posibles, así como a la experiencia que sobre regiones de semejantes características geológicas podemos tener, aunque estén situadas algo lejanas en el espacio.

Estructuralmente la Hoja de Cádiz está situada sobre materiales pertenecientes a las zonas externas de las Cordilleras Béticas, y más concretamente sobre la zona Subbética.

La complejidad estructural de la Zona Subbética es grande, y sobre todo en este sector, en que todos sus materiales proceden de corrimientos y deslizamientos hacia el O o NO. Aunque el motor de la puesta en marcha de estos deslizamientos sea una fase tectónica compresiva, parece evidente, y a ello apuntan muchas de las hipótesis vigentes, que ello se ha visto favorecido por mecanismos gravitacionales y por la diferente competencia de los materiales.

Los principales movimientos se realizarían con posterioridad al Aquitaniense y aprovechando el despegue de la «zapata» triásica todos estos materiales se desplazaron y cubrieron, en gran parte, a otros materiales de dominios más externos. Ya CHAUVE (1968) evoca la existencia de dos importantes niveles de despegue con gran contenido arcilloso separando dos series de naturaleza litológica algo más competente. Los niveles de despegue serían: El Triásico y el Aptiense-Cenomaniense. El Triásico sería causante del despegue generalizado de su probable basamento paleozoico y de la mecanización del contacto con las series jurásicas suprayacentes, y al Aptiense-Cenomaniense daría lugar a un segundo despegue de las series suprayacentes con respecto a las infrayacentes. Con lo que sobre el Triás quedarían retazos, por un lado de Jurásico-Cretácico Inferior y por otro del Cenomaniense hasta el Aquitaniense. No obstante, estos despegues se han generalizado mucho más, y allí donde las arcillas son abundantes y la morfología adecuada, se producen nuevamente despegues (caso del Eoceno Medio).

En la Hoja que nos ocupa sobre una «zapata» Triásica corrida se encuentran deslizados retazos del Jurásico-Cretácico Inferior (Hato de la Carne), del Cenomaniense-Senoniense, y en gran parte del Eoceno, que cubre mecánicamente a los cretácicos, dando lugar a una mezcla difícilmente observable por la carencia de afloramientos, pero deducible en el muestreo por la mezcolanza de fauna y las diferentes edades dentro de pequeños afloramientos, solamente observables en algunas obras o zanjas.

Las observaciones en esta Hoja no nos permiten fijar si han existido otras fases posteriores ligadas a la orogenia principal.

2.2 NEOTECTÓNICA

La Bahía de Cádiz ha sido estudiada bajo el punto de vista de la Neotectónica por BENKHELIL (1976). Sus observaciones y conclusiones coinciden en gran parte con las nuestras.

El detecta dos fases tectónicas, que a grandes rasgos afectan a todo el litoral mediterráneo:

- una fase distensiva fini-miocena con movimientos en el Plioceno;
- y una fase compresiva fini-Pliocena, cuyos efectos principales se observan en el Cuaternario antiguo.

Los principales accidentes observados o deducidos dentro de esta Hoja corresponden a la fase distensiva.

Y así, las areniscas calcáreas del Mioceno terminal de San Cristóbal, que buzan 10-15° hacia el S o SO, están cubiertas en discordancia por el Plioceno Superior, pero los perfiles eléctricos realizados con fines hidrogeológicos —ESTEBAN (1969)— han puesto en evidencia la existencia de un accidente con dirección aproximada ENE-OSO, que bordea estas calcarenitas y las hunde hacia el Sur. La edad de esta fractura se supone que es fini-Mioceno, aunque su juego pudo durar durante parte del Plioceno. De hecho el Plioceno Inferior-Medio rellenó la cubeta creada por este accidente, y el Plioceno Superior la cubrió y enmascaró la fractura. Su traza está marcada por el alargamiento de la Sierra de San Cristóbal.

En las canteras abiertas en el flanco Sur de la Sierra, se observan pequeñas fallas, donde los espejos están desprovistos de estrías. BENKHELIL (1976) detecta las siguientes familias de fallas subverticales: N 10° E, N 80°-110° E y N 140° E. Él piensa que los accidentes N 10° E corresponden a direcciones de fallas normales de la fase fini-Miocena, la falla N 80°-110° E están en relación con el hundimiento y la creación de la Bahía de Cádiz y acompaña al gran accidente ya descrito que fue su causante. La tercera familia N 140° E está en relación con la distensión Mío-Pliocena.

Las direcciones medidas por nosotros no difieren demasiado de las ya apuntadas, pero para nosotros la creación de la Bahía de Cádiz, fue el fruto del juego distensivo de tres fracturas principales:

- La ya citada al pie de San Cristóbal, dirección aproximada N 80° E.
- La de dirección N 35° E, que separa la zona del Puerto de Santa María del estuario, y que es responsable del brusco giro del río Guadalete antes de su desembocadura.
- Y la dirección aproximada N 140° E, que se situaría en la Bahía de Cádiz paralela a la alineación del Plioceno Superior.

Estas dos últimas podrían ser responsables de que los sondeos realizados entre el Puerto de Santa María y Puerto Real atravesasen 200 m. de arena del Plioceno sin encontrar su base, y de que continúe la subsidencia en la zona de estuario.

3 GEOMORFOLOGIA

Este capítulo tiene gran desarrollo en esta Hoja, porque prácticamente son las formaciones cuaternarias las que definen el contorno geológico del paisaje (fig. 2).

Se puede establecer una jerarquía geomorfológica de los distintos materiales cartografiados, teniendo en cuenta su génesis, proceso, geometría, etcétera. Los grados geomorfológicos en sentido decreciente se pueden denominar: Dominio morfogenético, Sistema morfogenético, Unidad geomorfológica, Elemento y tipo.

Dominio morfogenético: «Se trataría de una zona o área de morfología variada, pero cuyas formas están relacionadas geoméricamente». Dentro de nuestra área, entran tres Dominios morfogenéticos: Marino, Marino-Continental y Continental.

Sistema morfogenético: «Sería el conjunto de acciones que configuran un proceso determinado». Litoral, fluvial, Gravedad-Vertiente, Eólico, Lacustre, etc.

Unidad geomorfológica: «Áreas donde la morfología y proceso están unificadas». Post-playa, Estran, Subtidal, Zonas canalizadas, Llanura de inundación, Lagunas, etc.

Elementos morfológicos: «Depósitos o formas que presentan una geometría concreta y están producidas por una acción igualmente concreta». Cordones litorales, Cúspides de playa, Terrazas marinas, Flechas litorales, Bancales, Barras paralelas, Aluvial, Conos de deyección, Mantos eólicos, etcétera.

Tipos: «Incluyen las características accesorias que permiten subdividir un elemento geomorfológico en dos o tres formas cartografiables independientemente». Cordones litorales, Fósiles y actuales, Dunas vivas y no funcionales, etc.

A continuación pasamos a describir los depósitos cuaternarios pertenecientes a cada Dominio, que constituyen los rasgos relevantes que diferencian a esta Hoja de otras que la rodean (fig. 2).

3.1 DOMINIO MARINO

Los depósitos cuaternarios pertenecientes a dicho Dominio morfogenético presentan una morfología muy variada, aunque todos ellos quedan incluidos en un solo sistema morfogenético, que en nuestro caso es el litoral.

Entre ellos tenemos depósitos o formas típicas, de «Backshore», de «Foreshore» y de «Shoreface».

3.1.1 DEPOSITOS DE POST-PLAYA (BACKSCHORE)

Es la zona de la playa que está comprendida entre la línea de dunas litorales y una ruptura de pendiente llamada berma, que marca el límite de las aguas en la alta marea. El límite superior es a veces difícil de precisar, aunque se suele considerar como tal, a la zona en la que ya aparece la vegetación permanente de tipo continental. El límite inferior también es, a veces, difícil de marcar, puesto que en ocasiones hay varias bermas, o no existe ninguna. En cualquier caso es un área de la playa que sólo es cubierta por el agua durante los temporales.

Dentro de las formas más características de esta zona, representadas en esta Hoja, se encuentran las *flechas litorales*.

Las *flechas litorales* se forman por la acreción lateral de cordones litorales o crestas de playa a partir de un punto de la costa, debido al material transportado por la deriva litoral que hace que dichas formas se prolonguen en el sentido de la deriva. El extremo libre de las flechas puede estar curvada hacia el interior (continente), de tal suerte que la cresta de la playa presenta a modo de ganchos que en realidad se producen por la difracción de las olas al llegar a la punta.

Un buen ejemplo de flechas litorales lo constituyen la de Valdelagrana, que dejan por detrás una zona de marisma.

Se extienden paralelas a la costa, y dentro de ellas la más amplia ha sido desligada de su punto de apoyo mediante el continuo dragado que se efectúa en la desembocadura del Guadalete, con el fin de que las barcas puedan llegar al Puerto de Santa María.

3.1.2 DEPOSITOS DE «FORESHORE» (INTRAMAREAL)

Se considera esta unidad geomorfológica como el área comprendida entre las altas y bajas mareas y que es barrida diariamente por la oscilación del nivel del agua, al mismo tiempo que las mareas suben y bajan.

En este área podemos distinguir:

Bancales: Se trata de formas erosivas, plataformas con una ligera inclinación hacia el mar, en las que el rasgo más característico lo constituyen las huellas de oleaje, sentido de escurrimiento de las aguas y las cubetas de disolución.

Aquí, el rasgo más común que presentan las bancadas, son las cubetas. Se trata de unas depresiones circulares en las que interviene un fenómeno de disolución de los carbonatos provocado por la actividad fisiológica de las algas cianófitas y clorófitas. Es por ello que casi siempre encontramos labrado este tipo de bancal sobre roca carbonatada, aunque puede labrarse sobre otros tipos de roca.

ESQUEMA GEOMORFOLOGICO DEL CUATERNARIO DE LA BAHIA DE CADIZ

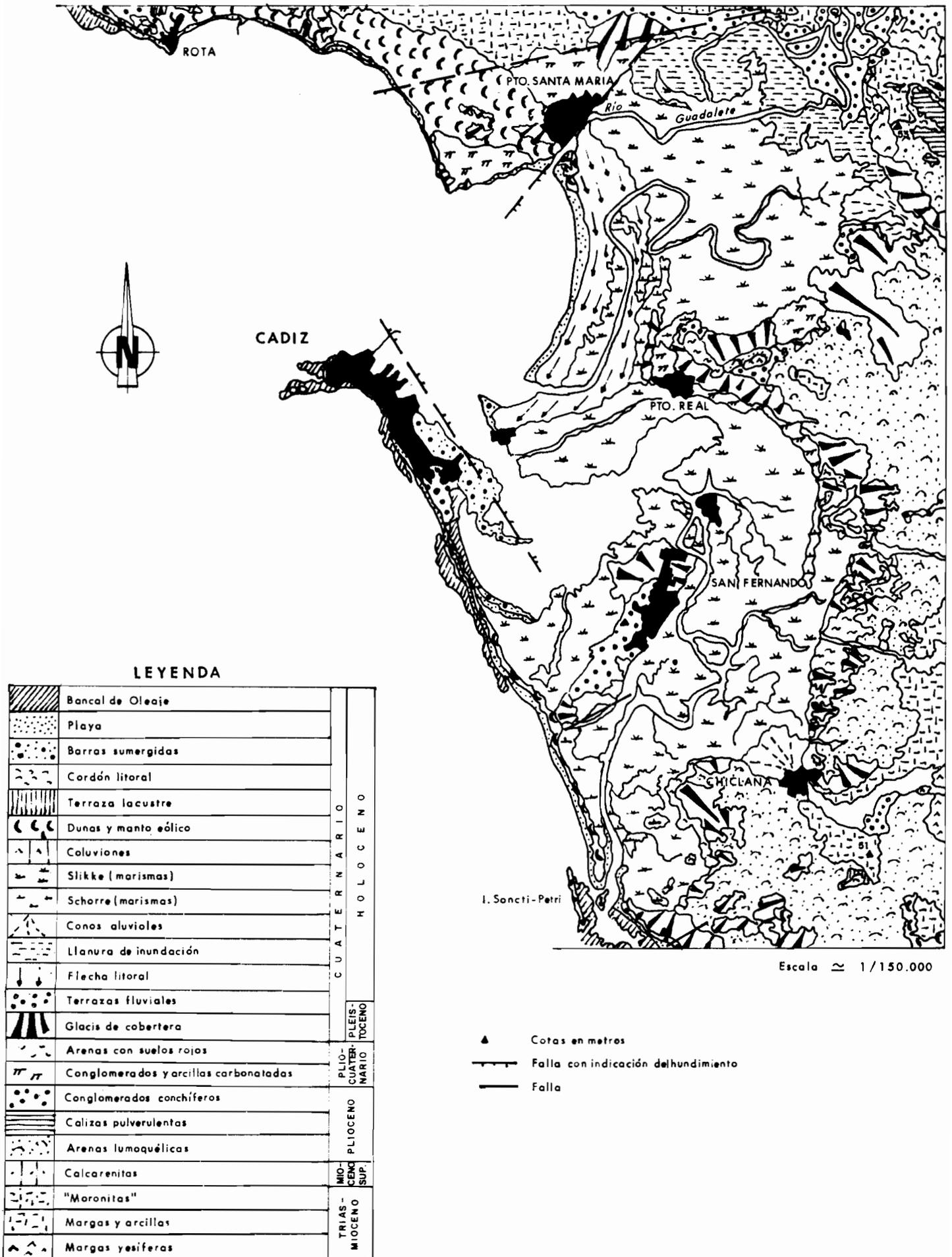


Figura 2

Barras y surcos prelitorales: En nuestro caso están representados por lo que hemos llamado «acumulación de arenas delante del bancal» (Longshorebars). Están localizadas en la zona inferior del «foreshore». Generalmente se trata de formas paralelas a la costa, aunque la dirección depende sobre todo del ángulo de incidencia de la ola. Estas formas suelen estar emergidas, al menos en mareas bajas. La formación de estas barras es debida a los remolinos hidráulicos que se originan por el rompimiento de las olas erosionando el flanco dirigido hacia el mar y depositando hacia tierra.

3.1.3 DEPOSITOS DEL «SHOREFACE» (ZONA SUBTIDAL)

Es una zona estrecha de la costa que se extiende desde la línea de marea baja hasta el punto más alejado del continente en que las olas dejan de tener una acción efectiva sobre el fondo de los períodos de buen tiempo. Generalmente en la zona de transición con el «foreshore» existen una serie de surcos y barras que parecen estar ligados al rompimiento de las olas y son tanto más profundos cuanto más fuerte es la acción de la ola y cuanto más grosero es el sedimento.

Entre los depósitos de esta zona están las *barras de Bahía*. Son barras arenosas que unidas a un punto de la costa se introducen hacia la bahía, sin aflorar en marea baja.

Dos buenos ejemplos son los de la Bahía de Cádiz, en donde se trata de barras de media Bahía (mid bay bar).

3.2 DOMINIO MARINO-CONTINENTAL

El Dominio marino-continental está representado en esta Hoja por el «sistema estuarino», en el que la acción conjunta de las mareas y la dinámica fluvial originan una morfología característica, cuya Unidad más representativa es la «marisma».

El estuario del Guadalete es un «estuario barrera», es decir, que tiene la comunicación algo cortada hacia el mar, debido a la existencia de flechas, barras, etc., y está más relacionado hidrológicamente con el río, teniendo un efecto menor las mareas.

Se trata de un estuario de forma triangular, de tipo «mesotidal», o sea, con mareas cuya amplitud está comprendida entre los 2 y 4 metros (3,40 m. en aguas vivas y 2,40 m. en aguas muertas).

El río ha rellenado fundamentalmente la mitad Norte del estuario y el mar ha tenido verdadera influencia en el relleno de la mitad Sur del mismo (MABESOONE, 1966).

El Guadalete antes de la época romana debía desembocar en el Portal, al NE, y los caños y canales de marea más importantes, los constituían el Caño de la Piedad, que desembocaba en el Puerto de Santa María, y el Caño de San Pedro. Dichos brazos hoy en día se abren a través de las numerosas flechas litorales que prácticamente cierran la bahía (la flecha de Valdelagrana cortada en la actualidad por el Arroyo de San Pedro).

Dentro de dicha marisma se distinguen dos elementos fundamentales: el *Slikke* y el *Schorre*. El límite entre ambos es difícil de precisar, y numerosos autores han llamado a esta zona *Alto Slikke*.

El *Slikke*, que coincide con la llanura tidal de algunos autores (tidal flat), es la zona de la marisma que es cubierta por las mareas, incluso las de aguas muertas. El agua que cubre la llanura durante la alta marea es llevada a través de un sistema de canales dispuestos como las ramas de un árbol.

El *Schorre*, que para algunos coincidiría con la marisma propiamente dicha, es la porción más elevada de la misma, que sólo es alcanzada con mareas de aguas vivas o tempestades.

El *nivel de marisma*, como su nombre indica, está constituido por los retazos de una superficie antigua de la marisma, que estuvo 1-2 m. por encima de la actual.

Una particularidad especial en el estuario del Guadalete lo constituye la zona que hemos denominado *Bajo Slikke*, que la forma una orla que bordea la Bahía, y que están por debajo de la marea baja, no aflorando nada más que durante el reflujo de las mareas de aguas vivas.

3.3 DOMINIO CONTINENTAL

Desde el punto de vista geomorfológico el sistema morfogenético mejor representado es el eólico, y en menor grado, el fluvial y el de gravedad-vertiente.

Dunas: A lo largo del litoral entre el Puerto de Santa María y Rota y entre esta población y Chipiona, son abundantes los depósitos eólicos que bajo diferentes formas se extienden en una faja paralela a la costa, adentrándose algunos kilómetros al interior, bajo el aspecto de un manto eólico, pero que generalmente representan un antiguo sistema dunar degradado, aunque por lo general son dunas móviles. En su mayor parte han sido fijadas por el hombre.

Manto eólico: Está constituido por una capa arenosa que cubre amplias zonas y que ha perdido completamente el aspecto morfológico dunar. En algunos puntos llegan a considerable distancia de la costa, y enmascaran las formaciones más antiguas.

Glacis: Los que aquí se presenta son principalmente de cobertera.

En esta Hoja, pertenecen a este tipo de «glacis» los del Cuaternario antiguo con industria lítica, representados en El Aculadero y entre San Cristóbal y el Puerto, sobre formaciones Plio-pleistocenas marinas.

El resto lo constituyen rellenos de ramblas y de lagunas.

4 HISTORIA GEOLOGICA

Las peculiaridades de esta región, tanto por la escasez de buenos afloramientos en los terrenos pertenecientes a la zona Subbética, como por sus complejos caracteres estructurales, hacen difícil realizar una reconstrucción de la evolución geológica, al menos hasta el Mioceno Superior. A partir de entonces esto parece ser más sencillo.

Los materiales pertenecientes a la zona Subbética parece ser se encuentran despegados y corridos, y procedente de un dominio situado al S-SE, se han precipitado sobre una zona hoy ocupada por la Depresión y zona de desembocadura del Guadalquivir, cuya historia va ligada a la etapa orogénica y sobre todo post-orogénica de las Cadenas Béticas.

Durante el Triásico, la sedimentación en la zona Subbética, que como hemos indicado se realiza en sectores más orientales y meridionales, es de tipo continental, con cierta influencia marina (sobre todo en ambientes intramareales). No tenemos en esta Hoja ninguna referencia de cómo pudo ser la sedimentación durante el Lías y el Dogger, y esto hace difícil asignar todos estos materiales subbéticos a un dominio determinado de los que clásicamente se distinguen en esta zona (interno, medio o externo).

Durante el Jurásico Superior-Cretácico Inferior, la sedimentación es pelágica, lo que puede hacernos pensar que estos materiales pertenecerían al Subbético medio, aunque con muchas reservas.

Durante el Cretácico Superior la sedimentación continúa siendo pelágica y muy homogénea (margas y calizas-margosas). Ya en el Luteciense parece ser que el surco de sedimentación se hizo más profundo, y comenzaron a llegar a la cuenca materiales arrastrados por corrientes de turbidez. A partir del Eoceno Superior y hasta el Mioceno Superior pocos datos poseemos dentro de esta región para interpretar lo que pudo ocurrir, ya que no hemos encontrado materiales que posean esa edad. Por comparación con regiones vecinas podemos suponer que desde el Eoceno Superior hasta el Aquitaniense la sedimentación se realizó en una plataforma externa menos profunda.

Al final del Aquitaniense parece ser que se produjo la fase tangencial más importante, que desplazó todos los materiales hasta ese momento depositados, hasta esta región. Se produjo un despegue del Trías de su basamento (primer nivel de despegue) y éste se desplazó hacia el NO

junto con su cobertera. A la vez que esto ocurrió, se producían despegues dentro de la misma cobertera, debido a la acusada diferencia en la naturaleza de los materiales y a factores morfológicos, que favorecían los desplazamientos gravitatorios. Este nivel de despegue sería el Aptiense-Cenomanense (segundo nivel de despegue) y, en algunos casos, más limitados el Luteciense (tercer nivel de despegue). El resultado de todo esto originó la existencia de una gran mancha triásica cubierta en menor o mayor extensión por terrenos despegados del Triás, y cuya edad se enmarca entre los distintos niveles de despegue.

A partir del Burdigaliense Superior comienzan a depositarse «moronita» y/o «albarizas», en un medio marino, de mar en calma, poco profundo y con una interacción entre corrientes procedentes de mar abierto y otras más litorales, con condiciones físico-químicas diferentes.

Los sedimentos de «moronitas» más antiguas Burdigaliense Superior-Mioceno Medio, no están presentes o al menos no lo hemos podido localizar dentro de los límites de esta Hoja, aunque sí en la vecina Hoja de Paterna de Rivera, donde sufre un retoque tectónico en una fase quizás intraserravaliense.

Estos materiales continúan depositándose en esta Hoja hasta el Mioceno muy Superior. En el Mioceno terminal la sedimentación cambia una zona litoral con estructuras de mayor energía dentro de un régimen regresivo.

Al final del Mioceno Superior se implanta en todo este sector una fase distensiva, que hace hundir el Mioceno terminal de San Cristóbal mediante fallas de dirección ENE-OSO, a la vez que imprime un buzamiento 10-15° a las mismas. Es probable que otras fallas, hoy fosilizadas, actuaran sobre la región.

Durante el Plioceno Inferior-Medio se produce una transgresión en discordancia sobre el Mioceno. Las facies son litorales o infralitorales y no afloran en esta Hoja. Probablemente los movimientos con predominio de la distensión continuasen durante el Plioceno.

Durante el Plioceno Superior se produce en todo el litoral una regresión generalizada que lleva asociados depósitos marinos y marino-salobres de poca profundidad, que se instalan en la actual Bahía. El paso Plioceno-Cuaternario es difícil de determinar, dada la ausencia de faunas características necesarias para adaptar a los estratotipos internacionales. Pero de todos modos debe corresponder a depósitos marinos conglomeráticos y secuencias de lagoon e islas barreras. En todo el conjunto se reconocen dos episodios transgresivos que culminan a techo de conglomerados, seguido de transgresiones rápidas. Parece ser que se trata de una corta transgresión con Islas barrera y lagoones someros y marismas, con influencia de aportes fluviales hacia el Norte y Noreste.

Durante las tormentas de oleaje podían romper los cordones de dunas litorales inundando parcialmente los ambientes protegidos al socaire de las

Islas barrera y depositando en ellas cuñas de arena con forma de abanico (Washoverfans). De este modo las islas barreras migraban poco a poco hacia tierra y la acción del oleaje en el foreshore erosionaba los sedimentos depositados en los ambientes más terrestres, a medida que se desplazaba hacia tierra el sistema deposicional.

El «valor medio» de la elevación del nivel del mar necesario para depositar las secuencias transgresivas puede estimarse en 10-15 m.

Poco a poco la costa va configurándose. Se reducen los sedimentos marinos sobre los que se apoyan «arenas rojas» con carácter de barras y flechas litorales. Sobre éstas se desarrollan glaciares con industria lítica. Las flechas litorales van cerrando el estuario del Guadalete, a la vez que se produce subsidencia, Cádiz queda como un islote en la Bahía. Posteriormente, los aportes del río Guadalete distribuidos a lo largo de su emisora rellenan la depresión, constituyendo las «Marismas», que no son otra cosa que amplias llanuras mareales recorridas por multitud de canales.

Las arenas de depósitos plio-cuaternarios son trasladadas por el viento dominante en forma de dunas o mantos eólicos que cubren gran parte del litoral.

Todos estos sedimentos se ven afectados por una débil fase de compresión dominante hasta nuestros días.

La pervivencia y evolución de estas marismas depende en gran parte del uso que el hombre haga de las mismas, ya que en muchos casos la intensa actividad humana cambia completamente la dinámica natural de esta zona.

5 GEOLOGIA ECONOMICA

5.1 MINERIA Y CANTERAS

No existe ninguna explotación minera dentro de esta Hoja ni indicios que pudieran ser interesantes de considerar a largo plazo.

Lo único que existen y han existido son canteras, todas ellas para materiales de construcción. Estas canteras explotan:

- Las areniscas calcáreas del Mioceno terminal, utilizadas entre otras cosas para la construcción de diques en la desembocadura del río Guadalete.
- La «piedra ostionera» del Plioceno Superior y Pleistoceno. En aquellas partes donde presente buena compactación se explotan para material de construcción, y de hecho se observan en muchas fachadas de edificios.

— También se explotan (Canteras de la Florida) las arenas y gravas de las facies marino-salobres del Pleistoceno marino.

5.2 AGUAS SUBTERRANEAS

Las posibilidades de aguas subterráneas de la Hoja de Cádiz son relativamente bien conocidos. Existen dos acuíferos principales que han sido y son explotados con desigual desarrollo.

- El primer acuífero lo constituyen las calcarenitas del Mioceno Superior de la Sierra de San Cristóbal, que han sido explotadas en otros tiempos para el abastecimiento del Puerto de Santa María.
- El segundo lo constituyen los materiales detríticos del Plioceno Superior-Cuaternario que se extiende desde Chipiona al Puerto de Santa María.

El resto de los materiales son impermeables y no ofrecen ningún interés bajo este punto de vista.

En el informe de la F. A. O. sobre el Valle del Guadalquivir se cita parcialmente las características de estos acuíferos, a él remitimos al lector.

6 BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, E.; MENENDEZ AMOR, J.; LHENAFF, R.; ALFEREZ, F., y MECO, J. (1967).—«El Mioceno Superior (Andalucense» en Sevilla y Cádiz». *Publ. Dpto. Paleontol. Univ. Madrid*, 18 pp.
- AGUIRRE, E.; MOLINA, E.; PEREZ GONZALEZ, A., y ZAZO, C. (1972).—«The Pliocene-Pleistocene boundary in Spain». *The Bound. Betw. Neogene and Quaternary*, Coll. of papers I, pp. 1-14 (Moscow).
- ANDRIEUX, J., y MATTAVER, M. (1973).—«Precisions sur on modèle explicatif de l'arc de Gibraltar». *Bull. Soc. Geol. France* (7), 5-15, núm. 2, pp. 115-118.
- ANGELIER, J.; CADET, J. P.; GICOUT, M., et PIERRE, G. (1976).—«Sur la méthodologie de la Néotectonique des Littoraux». *XXVe Congrès, Assemblée plénière de Split*.
- ARAMBOURG, C. (1969).—«Les corrélations paléontologiques et chronologiques entre le Pléistocène inferieur de l'Europe et celui de l'Afrique». *Bull. Soc. Geol. France* (7), t. 11, núm. 1, pp. 106-115.
- AUZENDE, J. M.; BONNIN, J.; OLIVET, J. L.; BEUZRT, P.; PASTOURET, L., et SICHLER, B. (1975).—«Nouvelles données sur l'histoire Tertiaire de

- la partie orientale de la zona Açores-Gibraltar». *3.^{er} R. An. des Sciences de la Terre*, p. 399.
- BENKHELIL, J., et GIRAUD, R. (1975).—«Les deformations post-nappes de la région de Cadiz». *3.^{er} R. An. de Sciences de la Terre*, p. 33.
- BENKHELIL, J. (1976).—«Etude néotectonique de la terminaison occidentale des Cordilleres Bétiques (Espagne)». *Thèse de 3.^{er} cycle, Univ. Nice*, 180 pp.
- BONNIN, J.; AUZENDE, J. M., et OLIVET, J. L. (1973).—«L'extrémité orientale de la zone Açores-Gibraltar. Structure et évolution». *1.^{er} R. An. des Sciences de la Terre*, p. 91.
- BONNIN, J.; OLIVET, J. L., et AUZENDE, J. M. (1975).—«Structure en nappe á l'ouest de Gibraltar». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 280, pp. 559-562.
- BORDES, F., et VIGUIER, C. (1969).—«Sur la présence de galets taillés de type ancien dans un sol fossilifère a Puerto de Santa María, au Nord-Est de la baie de Cadix (Espagne du Sud-Ouest)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 272, pp. 1747-1749.
- BOURCART, J. (1935).—«Le Quaternaire marin dans le Golfe du Cadix». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 201, pp. 1493-1495.
- BOURGOIS, J. (1978).—«La transversale de Ronda. Cordillères Bétiques, Espagne. Données géologiques pour un modèle d'évolution de l'Arc de Gibraltar». *Extr. Ann. Sc. de l'Université de Besançon, Géologie 3.^{er}*, fasc. 30, 445 pp.
- BOUSQUET, J. C. (1977).—«Contribution a l'étude de la tectonique récente en Méditerranée occidentale; les données de la néotectonique dans l'arc de Gibraltar et dans l'arc Tyrrhénien». *Int. Symp. Struc. Hist. Méditerrananean Basins, Split (Yugoslavia)*, 1976.
- BREUIL, H. (1914).—«Stations Chelléennes de la province de Cadix». *Ints. Fr. Anthropologie*, t. 2, pp. 67-69.
- CHAUVE, P. (1960-1962).—«Structure géologique de la région centrale de la province de Cadix (Espagne)». *Livre Mem. P. Fallot. Soc. Geol. France*, t. 1, pp. 257-264.
- (1962).—«La unidad de Paterna en el N de la provincia de Cádiz». *Not. y Com. IGME*, núm. 67, pp. 103-108.
- (1968).—«Etude géologique du Nord de la Province de Cadix (Espagne Méridionale)». *Thèse d'Etat, Mem. Inst. Geol. Min. España*, t. 69, 377 pp.
- CHAUVE, P., y DIDON, J. (1961).—«Estudio de algunos cortes en el límite de las zonas subbéticas y el flysch al este de Alcalá de los Gazules (Cádiz)». *Not. y Com. IGME*, núm. 61, p. 177.
- CHAUVE, P.; DIDON, J.; MAGNE, J., y PEYRE, Y. (1967).—«Aclaraciones sobre la edad de los fenómenos tectónicos mayores de las Cordilleras Béticas Occidentales». *Not. y Com. IGME*, núm. 93, pp. 97-103.
- DIDON, J. (1969).—«Etude géologique du Campo de Gibraltar (Espagne méridionale)». *Thèse d'Etat, Paris*, 39 pp.

- (1977).—«Rôle des phénomènes de glissement et d'écartement par gravité dans la mise en place du matériel flysch á la périphérie de l'arc de Gibraltar. Conséquences». *Bull. Soc. Geol. France*, t. XIX, núm. 4, pp. 765-767.
- DIDON, J., y DURAND-DELGA, M. (1973).—«Géodynamique de la Méditerranée occidentale». *Bull. Soc. Geol. France* (7), t. 15, núm. 2, pp. 160-188.
- DIDON, J.; DURAND-DELGA, M., y KORNPROBST, T. (1973).—«Homologies géologiques entre deux rives du détroit de Gibraltar». *Bull. Soc. Geol. France* (7), t. 15, núm. 2, pp. 77-105.
- DURAND-DELGA, M. (1973).—«Hypothèses sur la genèse de la courbure de Gibraltar». *Bull. Soc. Geol. France* (7), t. 15, núm. 2, pp. 119-120.
- ESTEBAN SANTIESTEBAN, F. (1968).—«Investigación hidrogeológica por el método eléctrico en Chipiona y Jerez de la Frontera (Cádiz)». *Bol. Geol. y Min. IGME*, t. 39, fasc. 4, pp. 380-387.
- (1969).—«Aportaciones geofísicas al conocimiento de los acuíferos, en las proximidades de Chiclana de la Frontera, Puerto Real y Puerto de Santa María (Cádiz)». *Bol. Geol. y Min. IGME*, t. 80, fasc. 3, pp. 252-261.
- GAVALA Y LABORDE, J. (1918).—«Informe del Instituto Geológico sobre abastecimientos de aguas en la provincia de Cádiz». *Bol. Min. y Metal*, pp. 13-27.
- (1924).—«Mapa geológico de la provincia de Cádiz, E. 1:100.000». *IGME*, 4 Hojas.
- (1926).—«Costa Española del Estrecho». *XIV Congreso Geol. Inter. Madrid*, Exc. A-1 (Estrecho de Gibraltar), pp. 23-136.
- (1927).—«Cádiz y su bahía en el transcurso de los tiempos geológicos». *Bol. Inst. Geol. Minero España*, t. 49, pp. 219-245.
- (1959).—«Mapa geológico de España, E. 1:50.000. Explicación de la Hoja núm. 1061, Cádiz». *IGME*.
- GIGOUT, M.; CADET, J. P., et PIERRE, G. (1974).—«Sur le comportement de l'arc de Gibraltar au Quaternaire récent, d'après les formations littorales». *2.^{er} R. An. des Sciences de la Terre*, p. 187.
- GIRAUD, R. (1974).—«Sur la néotectonique des zones externas de l'arc de Gibraltar». *2.^{er} R. An. des Sciences de la Terre*, p. 206, Nancy, 1974.
- GONZALEZ, S., y CHAVES, M. (1960).—«Los tipos de suelos más frecuentes en Andalucía occidental». *An. Edaf. y Fis. Veg.*, t. 19, núm. 4, pp. 213-228.
- LHENAFF, R. (1977).—«Recherches géomorphologiques sur les Cordillères Bétiques centro-occidentales (Espagne)». *Thèse d'Etat*, 707 pp., Univ. Paris-Sorbone.
- MABESOONE, J. M. (1963).—«Coastal sediments and coastal developments near Cadiz (Spain)». *Geol. en Mijnb.*, v. 42, pp. 29-43.
- (1966).—«Depositional environment and provenance of the sediments in the Guadalete Estuary (Spain)». *Geol. en Mijnb.*, v. 45, pp. 25-32.
- MAGNE, J., y VIGUIER, C. (1972).—«Stratigraphie du Neogeno de l'extrémité

- nord-occidentale de la zone subbétique dans le province de Cadix (Espagne Sud-Ouest)». *Bull. Soc. Geol. France* (7), XIV, pp. 127-136.
- MECO, J. (1976).—«Los Strombus neógenos y cuaternarios del Atlántico Euroafricano (Taxonomías, Bioestratigrafía y Paleocología)». *Tesis Doctoral*, Madrid, julio 1976.
- MELIERES, F. (1973).—«Dynamique sedimentarie récent dans le Golfe de Cadix, révélée por les mineroux lourds». *A. An. des Sciences de la Terre*, p. 295.
- (1974).—«Recherches sur le dynamique sédimentaire du Golfe de Cadix (Espagne)». *Thèse d'Etat*, 235 pp.
- PERCONIG, E. (1973).—«El Andaluciense». *XIII Congr. Euro. Micropal. España*, pp. 201-223, CNG-ENADIMSA, Madrid.
- (1975).—«Andalusian Stratotypes of Mediterranean Nèogène Stages». Edit. STEINGER, F. F., y NEVESSKAYA, L. A., Bratislava, 1975.
- PERCONIG, E., y GRANADOS, L. F. (1973).—«El ...estratipo del Andaluciense». *XII Congr. Euro. Micropal. España*, pp. 225-246, CNG-ENADIMSA, Madrid.
- PIERRE, G., et GIGOUT, M. (1976).—«Sur le deformation du littoral andalou de Marbella a Cadix, au cours du Quaternaire recent». *Reun. Geol. Cordillera Bética y mar de Alborán*, Granada.
- PORTA, J. DE (1957).—«Bibliografía sobre el Cuaternario marino de las costas Atlánticas de España». *Est. Geol.*, t. 13, núm. 34, pp. 153-165.
- ROBERTS, D. G. (1970).—«The rif-bahia orogen in the Gulf of Cadiz». *Marine Geology*, t. 9, pp. 31-37.
- THIBAUT, Cl.; QUEROL, M.ª A.; VIGUIER, Cl., y SANTONJA, M. (1976).—«El yacimiento del Paleolítico Inferior arcáico de El Aculadero (Puerto de Santa María, Cádiz)». *Ac. XIV Congr. Nac. de Arqueología*, pp. 69-80.
- VANNEY, J. R.; MENANTEAU, L., y ZAZO C. (1979).—«Physiographie et évolution des dunes de Basse-Andalousie [Golfe de Cadix, Espagne]». *Actes de Colloques; les côtes Atlantiques de l'Europe. Evolution, Aménagement, Protection*, Brest, France, mayo 1979, pp. 277-286.
- VIGUIER, C. (1974).—«Le Néogène de l'Andalousie Nord-Occidentale (Espagne). Histoire géologique du bassin du Bas-Guadalquivir». *Thèse d'Etat, Faculté Sciences Bourdeaux*, 1 v., 450 pp. (inédito).
- (1975).—«Les grands traits de la tectonique du bassin Néogène du Bas Guadalquivir (Espagne du S.O.)». *3.ª R. An. des Sciences de la Terre*, p. 380.
- ZAZO, C., y OVEJERO, G. (1976).—«Niveles marinos cuaternarios en el litoral de la provincia de Cádiz». *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, núm. 5, pp. 142-145.
- ZAZO, C.; GOY, J. L.; HOYOS, M.; MECO, J.; USERA, J.; GARCIA VICENTE, J.; GALVAN, J., y AGUIRRE, E. (1977).—«El corte de Puerto Real

- y el problema del límite Plio-Pleistoceno en la Bahía de Cádiz». *Trabajo sobre Neógeno-Cuaternario*, núm. 6, pp. 319-336.
- ZAZO, C. (1980).—«El Cuaternario Marino-Continental y el límite Plio-Pleistoceno en el Litoral de Cádiz». *Tesis Doctoral, Univ. Complu. Madrid* (inédito).
- ZAZO, C.; GOY, J. L., y DABRIO, C. (1983).—«Medios marinos y marinosalobres en la Bahía de Cádiz durante el Pleistoceno». *Mediterránea*, núm. 2, pp. 29-52.



INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS 23 · 28003 MADRID