

IV. GEOSISTEMAS LAGUNARES EN EL LITORAL DE HUELVA: LOS COMPLEJOS HUMEDOS DE EL ABALARIO (ENTORNO DE DOÑANA)⁽¹⁾

FRANCISCO BORJA BARRERA (2)

1. RESUMEN

El presente artículo aborda, desde el campo de la Geografía Física, el análisis detallado de los *Complejos Húmedos* de El Abalarío, en el entorno de Doñana (Huelva); el objeto central de nuestra investigación es la *morfogénesis lagunar*, su dinámica y su evolución dentro del ámbito litoral reciente de la costa onubense. Se insiste, especialmente, en el desarrollo postsedimentario y en la morfodinámica general del medio. La consideración metodológica de la que partimos se centra en proponer, para los medios acuáticos continentales, la acepción de *geosistema natural* de base morfogenética. En tal sentido precisamos los elementos que estructuran el geosistema y los procesos que lo dinamizan, elucidan de las interrelaciones existentes entre las *formaciones superficiales*, las *series edáficas* y las *formaciones vegetales*.

2. INTRODUCCIÓN Y SINTESIS PALEOGEOGRAFICA. LITORAL DE HUELVA.

El geosistema lagunar de El Abalarío se localiza en el tramo central del espacio litoral comprendido entre las desembocaduras de los ríos Guadiana, en la frontera andaluza con Portugal, y Guadalquivir, límite de las provincias de Huelva, Sevilla y Cádiz. Este sector se presenta como una misma *unidad física*, homogeneizada por una articulación estructural y unos componentes morfológicos compartidos. Se trata de un "prelitoral" conocido territorialmente como la Tierra Llana, cuyos rasgos geológicos diferenciadores son las facies Plio-pleistocenas de la cuenca del Bajo Guadalquivir, y las holocenas de una banda costera arenosa que se organiza a partir de la dinámica fluvio-litoral de cierre de la "bahía" de Huelva. De E. a W., en esta unidad física se pueden distinguir dos

-
- (1) Este artículo recoge los resultados de la investigación realizada por el autor en relación con sus estudios de Tercer Ciclo (1.986/1.987), en el Dpto. de Geografía Física y A.G.R. de la Universidad de Sevilla. Asimismo, este trabajo se vinculó a otros proyectos generales: CAICYT sobre el Parque Nacional de Doñana nº 84-0243-C07-07; durante Sep-1986/Mar-1.987 se incluyó en los Programas del Servicio de Protección y Conservación de la Naturaleza de la Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- (2) Prof. Ayudante. Geografía Física. Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas (Huelva). Univ. de Sevilla. (1988).

tramos importantes, cuya discriminación es fundamentalmente geomorfológica (JURADO y DIAZ, 1.984); el resto de los elementos geográficos –clima, vegetación, etc.– se presentan bajo unos caracteres diferenciadores a menor escala. (Fig. 1).

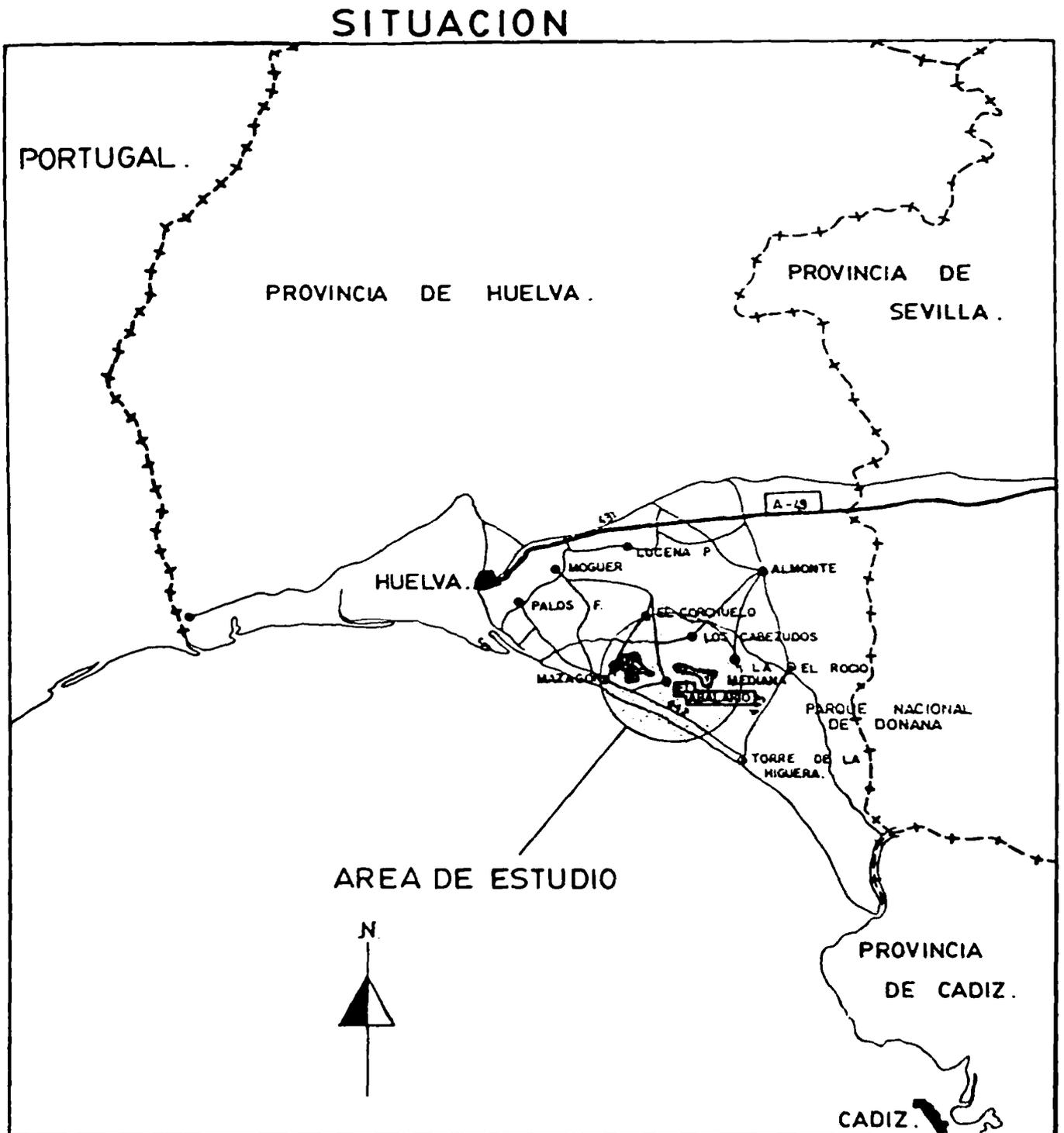


Figura 1

La Cuenca Neógena del Bajo Guadalquivir conforma un ambiente sedimentario de amplio desarrollo cronoestratigráfico, incluyendo fases preorogénicas y postorogénicas. Siendo como es, una de las mayores cuencas del marco peninsular, presenta tramos de cierta individualización paleogeográfica que atienden a diversos factores, bien relacionados con las pulsaciones tectónicas del zócalo, bien vinculados a la dinámica de su propia historia sedimentaria. Según este planteamiento, algunos de los autores que han trabajado el área (VIGUIER, 1.974; PERCONING, 1.964; etc) han aportado análisis sectoriales que enriquecen los datos para la definición de los distintos ámbitos de la Cuenca. Quizá sea el sector onubense uno de los que mantiene, a pesar de los estudios realizados (PEREZ MATEOS y otros 1982; LEYVA, 1.976; SIERRA, 1.985, etc.), una mayor conflictividad en torno a la definición de sus formaciones y el entronque regional con el resto de la cuenca.

Hasta el momento se puede decir que tras una fase de sedimentación marina neógena se suceden etapas de morfogénesis marino–continental interferidas por episodios tectónicos que termina con una regularización de los ambientes costeros de la "bahía". (DIAZ DEL OLMO y otros, 1.981 a; DIAZ DEL OLMO y otros 1.981, b; VIGUIER y THIBAUT, 1.973; VIGUIER, 1.974; DIAZ DEL OLMO, 1.983; RODRIGUEZ VIDAL, 1.987, a–b).

Otros datos procedentes de sondeos geotécnicos hablan de la presencia del zócalo a una profundidad variable, siendo asimismo diferentes sus características litosismológicas; en el ámbito de Moguer–Abalario–Doñana queda situado en torno a los 3.300 m. de profundidad. La sedimentación regional plantea una secuencia completa de Mioceno, Plioceno y, en la plataforma continental, de Pleistoceno Inferior, respectivamente caracterizada por biozonas de *Globorotalia plesiotumida* (Mioc.), *G. tumida*, *Sphaeroidinella dehiscens*, *G. multicamerata* y *G. tosaensis tehuitheca* (Plioc.), y *G. truncatulinoides* (Pleistoc. Inf.) que informan de un medio sedimentario perteneciente a un dominio templado subtropical, que en el paso al Pleistoceno Inferior, toma caracteres de templado subárido (DIAZ, PARRA Y BENOT, 1983).

En el entorno continental inmediato a El Abalario se han definido columnas estratigráficas de manera precisa en Huelva, Moguer y Niebla, completadas por otras adyacentes (Trigueros, Gibraleón, Castilleja del Campo...). En aquellas, la secuencia se concentra especialmente en varios episodios sedimentarios reunidos en el Plioceno Inferior (SIERRA, 1.985). Dos biozonas se definen, destacando por su amplia implantación las referidas a la *G. margaritae* (engloba varias de las biozonas antes mencionadas) y a la *G. punctulata*. Se trata de ambientes areno–arcillosos con caracteres de tipo margas y correspondientes con la regresión y continentalización de la Cuenca. En El Rompido, VIGUIER (1.974) define un Plioceno Inferior detrítico y marino.

De mayor interés para el ámbito litoral de la "bahía", por su mayor presencia regional, son las facies de *arenas basales*. Todos los autores que a ellas se han referido destacan su carácter detrítico arenoso y su abundancia de minerales opacos. Su posición cronoestratigráfica es más discutida, situándose entre el Plioceno Superior y una sedimentación Plio-Pleistocena. Las interpretaciones actuales

parecen disociar en este sentido el ámbito costero gaditano del onubense, entendiendo que dichas arenas serían fundamentalmente cuaternarias allí (ZAZO, 1980 y GOY, 1.981), mientras que toman un carácter más pliocuaternario al W. del Guadalquivir (LEYVA, 1.976). De cualquier manera y para ambos sectores, las condiciones de sedimentación serían del tipo deltáica progradante dentro de un dominio templado-cálido.

El esquema tectónico que controla el borde sedimentario de la cuenca en este área —sistemas de fallas del Tinto—Odiel y Bajo Guadalquivir— no está todavía claramente determinado según la ordenación de sus fases. Neotectónicamente (ARMIJO y otros, 1.977) se reconoce para todo el área litoral un período distensivo neógeno que da paso a otro de carácter compresivo de cronología intracuaternaria que organizan y remobilizan el esquema de fracturas antes citado. Como detalles de esta neotectónica pueden referirse las elevaciones sufridas por determinados sectores continentales, caso de El Cuervo, por ejemplo, así como las reorientaciones a que se ven sometidas las redes hidrográfica del Tinto—Odiel y el Guadiamar, o las individualizaciones de cuencas, como la del Guadalete.

En estrecha relación con este sistema tectónico puede encontrarse la formación continental que caracteriza por excelencia el sector onubense; hablamos del clásico depósito detrítico grosero de piedemonte (PEREZ MATEOS y otros 1.982; VIGUIER y THIBAUT 1.973; DIAZ DEL OLMO, 1.983, b) del que la literatura definitoria del mismo ha insistido siempre en su carácter rojo y de conglomerado. Interpretaciones recientes (PENDON y RODRIGUEZ VIDAL, 1.986) abandonan el concepto de glacis que se le atribuyó anteriormente y abundando en la estructura sedimentológica y sus caracteres geomorfológicos los redefinen más justamente como un sistema aluvial de tipo "braided" (Alto Nivel Aluvial), destacando su calidad erosiva y su papel de regularizador de paleotopografías, así como el de manto fosilizante de un episodio de alteración laterítica (RODRIGUEZ VIDAL y otros, 1.985) en consonancia con el dominio morfoclimático antes referido.

Hasta aquí queda conformado en sus rasgos principales el sistema litoral y prelitoral de la "bahía", a falta de los espacios costeros más orientales. Carecemos de datos que nos faciliten información acerca de las etapas morfogenéticas del Pleistoceno Inferior posterior al Alto Nivel Aluvial y del Pleistoceno Medio, excepción hecha de la de los procesos de jerarquización de la red fluvial y sus sistemas de terrazas correlativos. Es necesario llegar al Pleistoceno Superior para poder argumentar las etapas morfogenéticas finales de la franja costera. Sabemos que a occidente de Matalascañas las secuencias de playas progradantes pueden datarse desde 41.000 B.P. (14C) siguiéndose a lo largo de los períodos finipleistocenos y Holocenos por medio de depósitos de flechas y barras litorales (ZAZO y cols. 1.981; RODRIGUEZ VIDAL, 1.987, b).

Con referencia a la morfodinámica actual y subactual, los mejores elementos de juicio están en los sistemas dunares y marismeños. En el primer caso se suele hacer la distinción entre las dunas fijas y las móviles determinando así sistemas pretéritos o actuales. En el entorno de El Abalarío—Doñana la evolución del complejo dunar se manifiesta de manera multicíclica, habiéndose apuntado hasta

cuatro sistemas dunares (JURADO y otros, 1.984; ZAZO, 1980; ZAZO y cols., 1981).

- 1º Sistema: Correspondería al denominado "manto eólico" de El Abalarío.
- 2º Sistema: Forman las dunas *barjanas* y parabólicas del Palacio de Doñana y Asperillo continental (Matalascañas), la dirección predominante es WSW.
- 3º Sistema: Forman dunas parabólicas hoy únicamente perceptibles por los restos de los brazos de avance en los "Corrales" y formaciones interiores, dirección SW.
- 4º Sistema: Corresponde a los trenes de dunas móviles que actualmente se desarrollan entre Matalascañas y la Punta de Malandar.

El sistema marismenío, parcialmente activo en nuestros días (MENANTEAU, 1.982), culmina la serie ya en época histórica. Su tendencia actual es a la pérdida de influencia marina, en relación con el cierre progresivo de la desembocadura del Guadalquivir y los efectos de la colmatarión aluvial. Los procesos morfodinámicos más destacables sean, quizá, los referidos a la redistribución de *slikkes* y *schorres*. (DIAZ DEL OLMO, 1.987).

3. EL GEOSISTEMA LAGUNAR DE EL ABALARIO.

La interpretación geosistémica bajo la que desarrollamos nuestra investigación cuenta con que los factores integradores del medio natural son los procesos morfodinámicos, los cuales dirigen la evolución edafogenética y controlan el sistema ecológico del entorno. Por consiguiente la caracterización física natural que planteamos para El Abalarío pasa por el análisis de sus *Formaciones Superficiales*, así como por el de su edafogénesis añadida.

En tal esquema resulta elemental contar con los fenómenos hidrológicos e hidrogeológicos, fenómenos que, junto a los elementos antedichos, formaciones superficiales y procesos edafogenéticos, son los que imprimen en última instancia los caracteres actuales de variedad y distribución de la vegetación. En síntesis, tratamos de revisar los factores que controlan la presencia del agua en el geosistema, de rastrear los mecanismos de su circulación y los efectos naturales a ellos ligados, y de concretar los procesos edafogedáficos que se desencadenan bajo circunstancias de presencia/ausencia del citado elemento. Para ello nos centramos en el análisis de las formaciones superficiales, las toposecuencias edáficas y las formaciones vegetales, a la postre, elementos clave del geosistema lagunar que nos permitirán ahondar en su génesis, funcionamiento y evolución.

3.1. El Régimen Hídrico. Aspectos Generales.

Los 627,7 mm. anuales de precipitaciones que se recogen en El Abalarío, vistos desde el ángulo de su reparto intraanual y puesto en relación con la distribución de las temperaturas, nos arrojan un amplio período seco que se prolonga

desde el mes de Abril hasta el de Septiembre, ambos incluidos, siendo especialmente notorio tal carácter entre Junio y Agosto. Tenemos, pues, el ciclo anual dividido en dos secuencias cuyos rasgos hídricos son claramente opuesto (Fig. 2) un período invernal, con lluvias relativamente abundantes (Fig. 3) –salvo ciclos de sequía, como bien se ha evidenciado en épocas recientes (PITA, 1.987)– y con un exceso de aguas álveas y subálveas; y un período de marcado carácter xérico con precipitaciones casi inexistentes, temperaturas medias superiores a los 20° C y, en general, unos vientos de fuerte componente desecante (II y III cuadrantes). (fig. 4).

Junto a ello hay que añadir la presencia de un sustrato arenoso, extremadamente poroso, con una capacidad de infiltración de casi el 100% de la lluvia útil, pero que puntualmente ve colapsado su sistema hipodérmico por la presencia de niveles impermeables subsuperficiales y discontinuos.

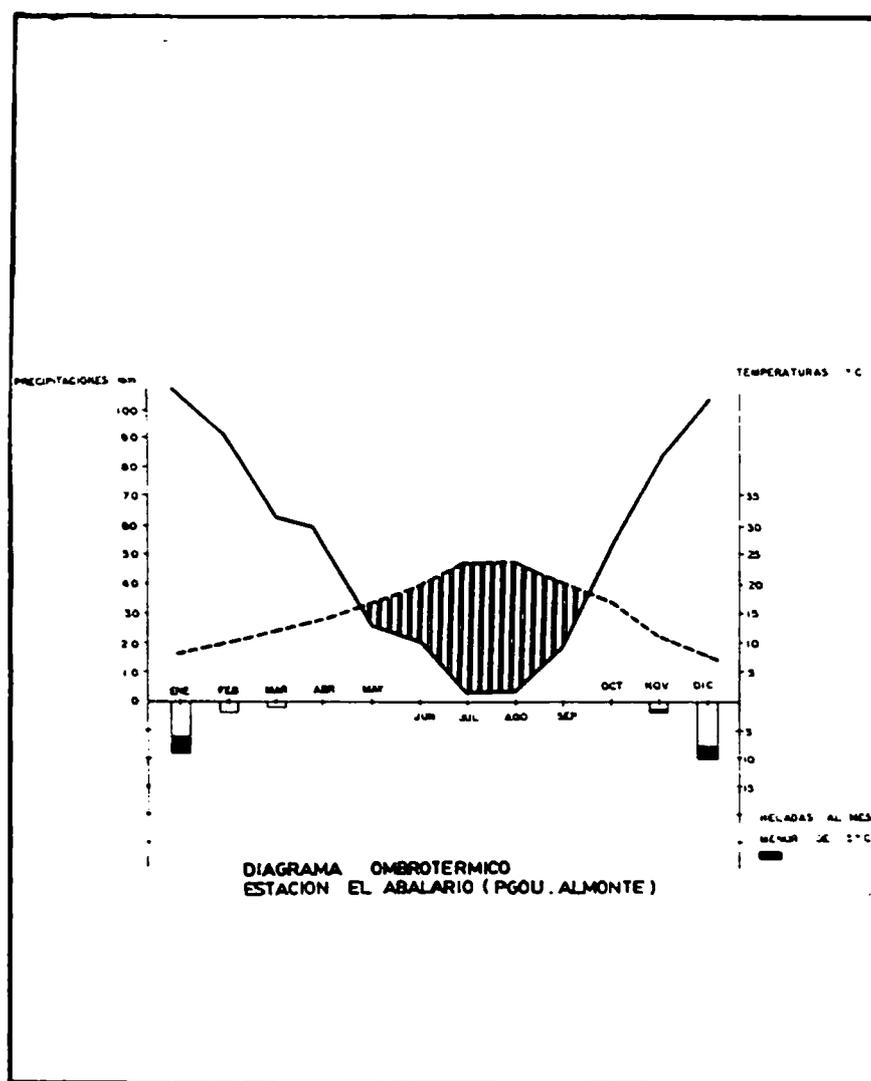


Figura 2

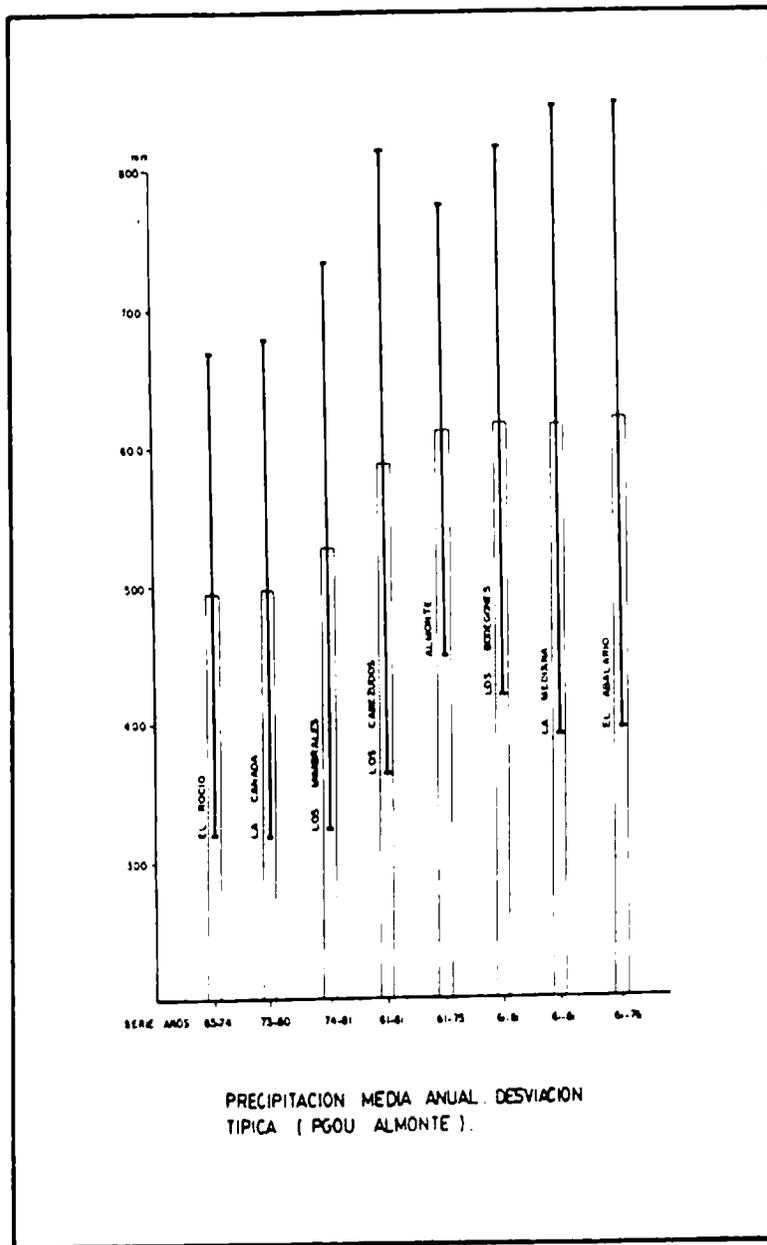


Figura 3

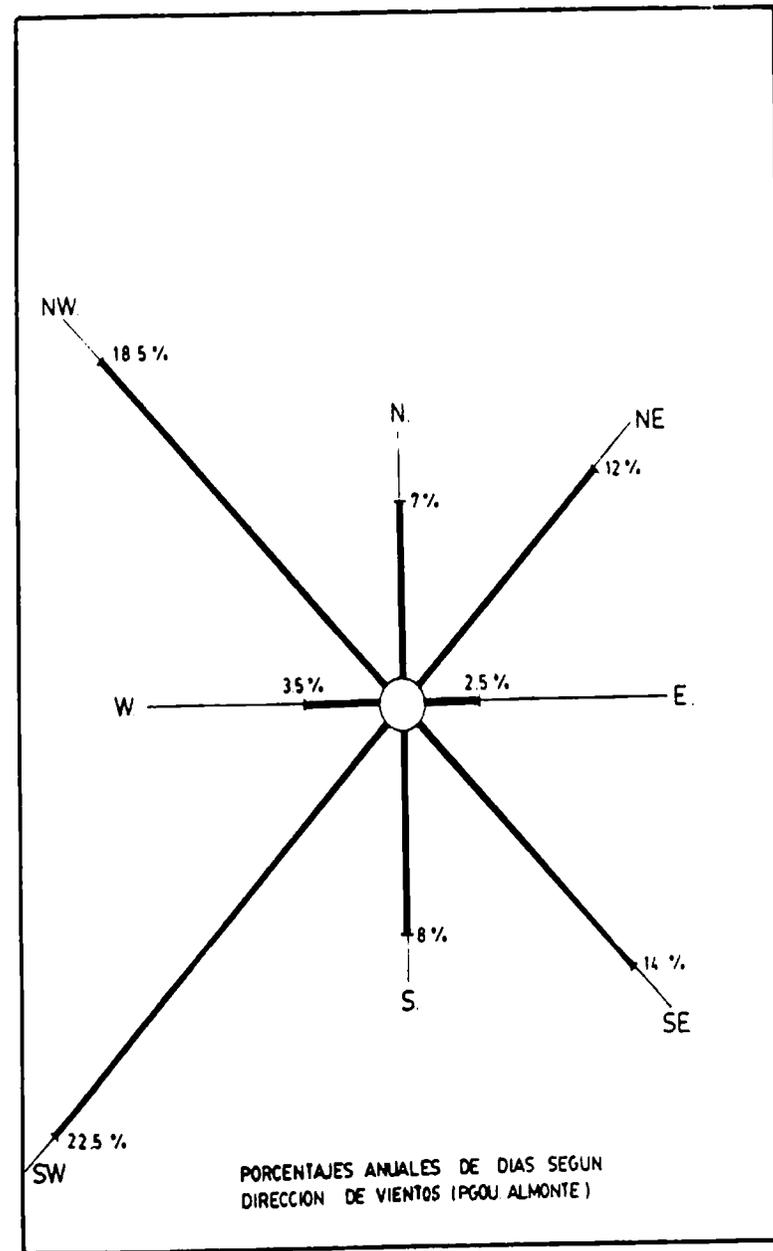


Figura 4

Bajo estas circunstancias cabe distinguir tres conjuntos de procesos morfogenéticos actuantes en el área de El Abalarío: los *procesos eólicos*, los *fluviales* o de arroyada superficial y los derivados de las especiales condiciones hidrogeológicas del sector: los que podríamos considerar como procesos "*freatogenéticos*".

La dinámica eólica actúa preferentemente en el desmantelamiento de un paleomodelado de acumulación del tipo dunas parabólicas y transversales, mediante diferentes mecanismos de deflación. La actividad desarrollada por las aguas superficiales, concentradas en arroyada o no, actúa en sentido similar, si bien, ahora se hace de forma selectiva: incidiendo preferentemente sobre las condiciones de menor porosidad del sustrato; esto es, se centra allí donde el potencial pluviométrico no escapa rápidamente por infiltración reciclándose en el sistema subálveo.

Por lo que respecta al conjunto de procesos que hemos considerado como "freatogenéticos", cabe empezar distinguiendo entre los que se refieren, por un lado, al sistema alterológico continental del tipo costra ferruginosa, cuyo ámbito de actuación son las formaciones detríticas plio-cuaternarias aflorante en el ángulo NW de nuestro área de estudio; y por otro, al cortejo de procesos "freatogenéticos" ligados a la presencia de niveles de agua subsuperficiales, permanentes (manto freático acuífero) o temporales (niveles alióticos impermeabilizantes), y que, en cualquier caso, tienden a ocupar las depresiones eólicas. Estas últimas consideraciones permiten verificar auténticas toposecuencias edáficas del tipo: suelos lavados / s.hidromorfos / s.gley.

Así pues, el punto central en el análisis del sistema hídrico de El Abalarío es elucidar los mecanismos y las fases del ciclo del agua. En otras palabras, se trata de poner de relieve la dimensión espacio-temporal bajo la que actúa el agua en contacto con el suelo, esto es, caracterizar su estructura hidrogeológica y los procesos que la controlan. Este hecho se ve complejizado en nuestro área de estudio, además de por la dualidad freatogenética aludida más arriba, por la circunstancia local de encontrarnos sobre una de las zonas del acuífero libre que presenta la mayor transmisividad, y cuyas magnitudes piezométricas se mueven entre los 2 y 5 m. (Fig. 5). Ello produce frecuentes áreas de surgencia de agua que aparecen, bien ligadas a puntos deprimidos en la microtopografía paleo-dunar, o bien, a lugares de contactos entre formaciones superficiales de distintas características de porosidad y compacidad.

El resultado es un complejo sistema hídrico en el que unos inputs muy irregulares y extremados en el ciclo anual alimentan una estructura doble, álvea-subálvea y subterránea, cuya distribución de reservorios, e intercambios entre uno y otro nivel de la misma quedan controlados por factores de índole geológica, litológica y por la propia evolución de las formaciones superficiales, y/o por la topografía.

ESQUEMA HIDROGEOLOGICO

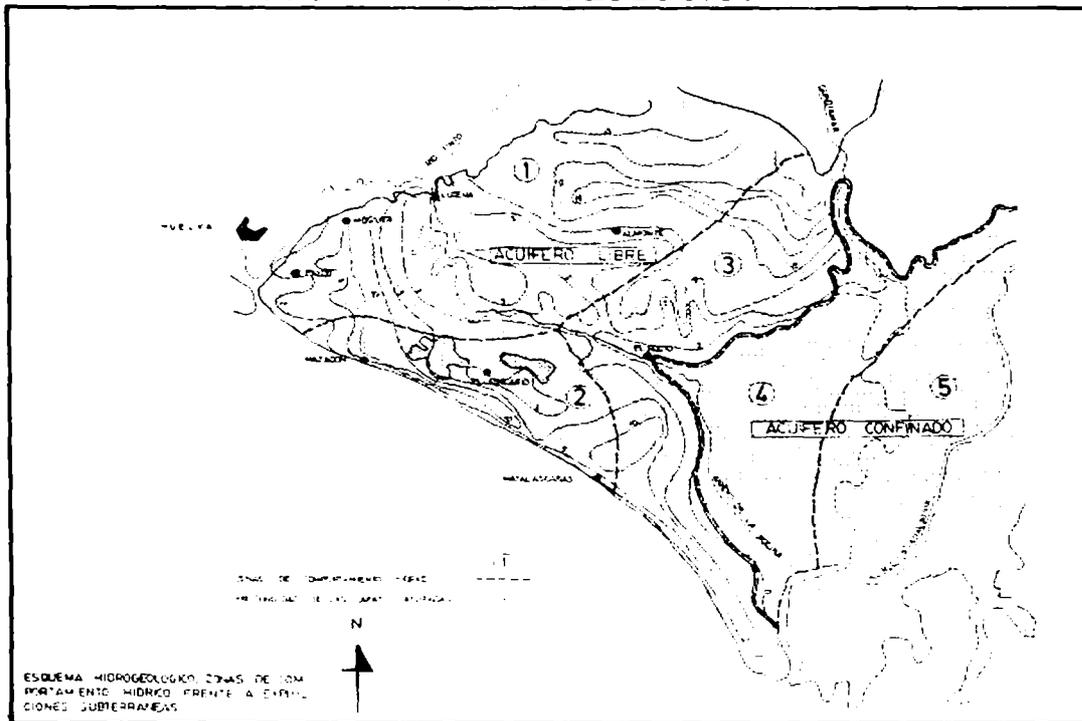


Figura 5

Por otra parte, la caracterización del régimen hídrico de El Abalarío no queda completa si no se tiene en cuenta las actuaciones antrópicas sobre el área, en especial las derivadas de las actividades forestales y agrícolas (plantaciones de especies de gran poder desecante, drenajes, extracciones abusivas, impermeabilizaciones de fondos lagunares...).

3.2. Dinámica Superficial y Unidades Geomorfológicas.

Los principales rasgos geomorfológicos del Humedal de El Abalarío vienen signados por la evolución geológica finipliocena y cuaternaria del Golfo de Cádiz (ZAZO, 1980). A ello se une todo un cortejo de marismas, playas y dunas, actuales o no, que caracterizan el área. Morfodinamicamente han de considerarse asimismo otros elementos del medio en relación con una escala intermedia como son:

- Un ambiente xérico generalizado y exceso de aguas invernales.
- Presencia de un sistema acuífero con una capa freática a escasa profundidad del terreno que condiciona en gran medida el carácter de la cobertura vegetal, e indirectamente las propiedades del suelo (Fig. 5).

- Una evolución edáfica de escaso desarrollo morfológico, sobre todo en las áreas con sustrato de arenas estabilizadas, donde predomina el mineral de cuarzo imponiendo su carácter de escasa alterabilidad (CLEMENTE y otros, 1.983). Asimismo importa destacar la alta permeabilidad generalizada del material de partida en contraste con la presencia de una capa impermeable discontinua de carácter aliótico, a lo que se asocia temporalmente un nivel freático colgado (MUDARRA y otros, 1.980).

En los apartados que siguen planteamos el estudio de las distintas formaciones superficiales que se relacionan con las características anteriores. Analizamos también los procesos morfodinámicos más significativos. Con unos y otros datos definiremos una serie de entidades espaciales homogéneas que hemos dado en llamar *Unidades Geomorfológicas Superficiales* (U.G.S.).

3.2.1. Formaciones Superficiales.

En el marco de nuestro estudio hemos distinguido las siguientes formaciones:

Alteritas (sobre facies arenosas pliocuaternarias).

Alto nivel aluvial.

Manto eólico.

- Alteritas sobre facies arenosas pliocuaternarias.

La continentalización que sigue a los episodios regresivos finineógenos aparece en todo el litoral onubense con caracteres de *alteración laterítica*, interpretada recientemente como el nivel de tránsito plio-pleistoceno (RODRIGUEZ VIDAL y otros, 1.985), a la vista de su posición estratigráfica regional entre las facies arenoarcóicas y las de cobertera aluvial. El perfil de alteración presenta la secuencia típica de lateritas (BONIFAS, 1.959; MILLOT, 1.964), con niveles moteados de litomargas y costras (Figs. 6 a.b.).

En el Abalario este episodio de continentalización puede reconocerse, en superficie, como arenas finas de alteración envolviendo un cuerpo de concreciones férricas (pisolitos); a modo de tapiz de pisolitos, habiendo desaparecido el material arenoso envolvente; o bien, por medio de un costra o *carapace* ferruginosa. El estudio detallado de los perfiles ha mostrado una secuencia con los siguientes niveles, de muro a techo:

- a) *Nivel moteado*. Se corresponde con el tradicional horizonte *tacheté* de los autores franceses, afectando al sustrato de arenas blanco-amarillentas y dando lugar, consiguientemente, a una decoloración anaranjada.
- b) *Costras ferruginosas*. Forman el nivel fundamental de óxidos de hierro, presentando el doble aspecto de costra zonal (*dalle*) o *carapace* con facies diferenciadoras: F.pisolíticas, F.areniscosas, F.mixtas.

DESARROLLO EDAFICO TEORICO

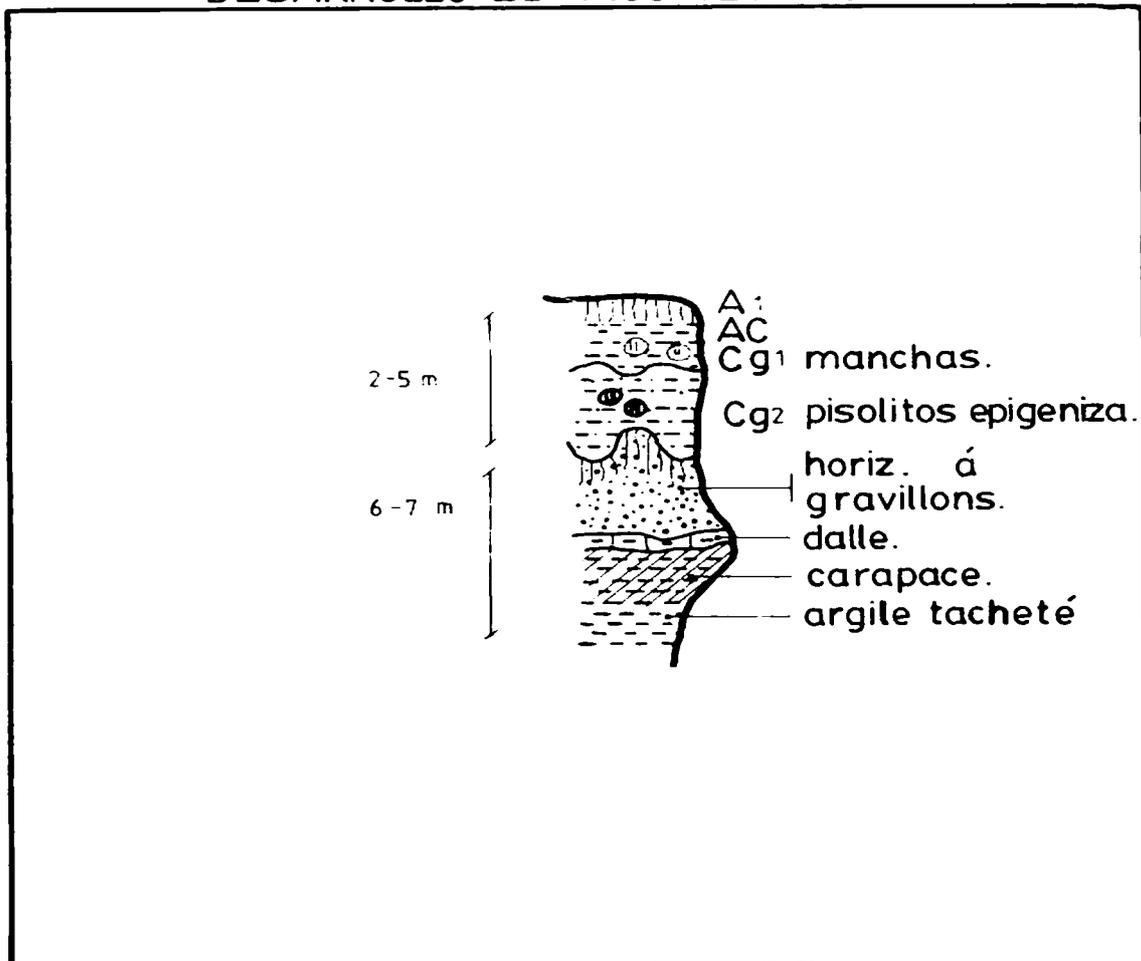


Figura 6.a.

DEGRADACION DE COSTRAS FERRUGINOSAS. ABALARIO.

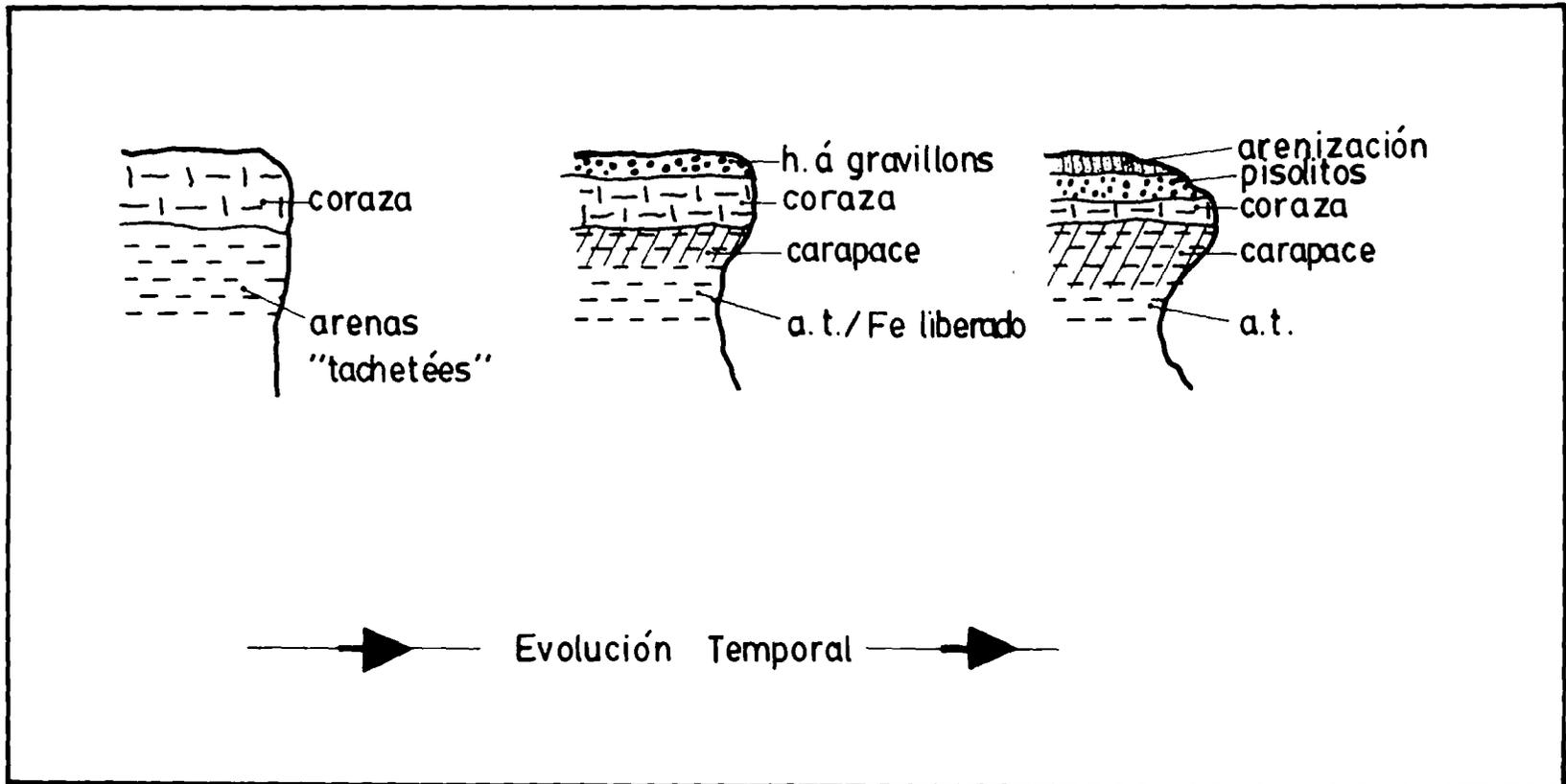


Figura 6.b.

Al igual que en otros medios geoquímicos las corazas ferruginosas no conforman horizontes inertes. Antes bien, en el estudio de sus caracteres viene resaltándose de forma constante una fuerte *tendencia evolutiva* de las mismas, contrastable tanto en los medios tropicales como en los subtropicales, y con indiferencia del carácter de los horizontes lateritizados. (NAHON, 1.976; LEPRUN, 1.979; MICHEL, 1.973; MAIGNIEN, 1.958). En El Abalario dicha evolución se materializa bajo una doble manifestación: aparición en superficie de arenas lateríticas, pisolitos y restos de ferricreta; o bien, presencia de una secuencia pedogenética con rasgos podsólicos.

La desaparición de las corazas muestra unos perfiles de alteración que liberan pisolitos de forma abundante. Este horizonte compone un nivel designado clásicamente por los alterólogos como "*h. à Gravillons*" ("*h. gravillonaire*"), el cual puede reconocerse en superficie conformando un "tapiz de pisolitos", situación esta en la que habría que distinguir la posibilidad de removilización del material. Bajo el manto eólico arenoso los niveles de pisolitos se detectan por lo general en relación con horizontes de tipo gley (Cg), siendo para el caso de los Llanos de Huelva (OLMEDO, 1.981) cuerpos ricos en minerales caoliniticos.

Por otro lado la liberación de pisolitos lleva aparejada una alteración de los mismos, degradando progresivamente su estructura esferoidal hasta alcanzar un mínimo carácter concrecionar, llegando incluso a una liberación del hierro y a la aparición de niveles moteados (pardo-rojizos). La presencia de cortex de alteración es reducida reconociéndose, en cualquier caso, una estructura de capas excéntricas que representan una decoloración del módulo hematítico, esto es, un mayor enriquecimiento de Fe hacia el exterior. Los pisolitos quedan pues conformados como un núcleo de arenas de cuarzo con coraza ferruginosa, oscilando su tamaño entre los 1 y 3 cm. de diámetro. Es por ello que podemos hablar de un perfil con estructura heredera (laterita s/s), un perfil con estructuras lavadas (carapace) y un perfil con estructura reorganizada (tapiz de pisolitos y alios).

Este esquema subraya en El Abalario, como hemos apuntado, los planteamientos evolutivos de las corazas ferruginosas, mostrando en la F.S. el desequilibrio pedobioclimático definido por LEPRUN (1.979) en sus estudios sobre la degradación de las corazas lateríticas bajo climas actuales del tipo sudanio-saheliano.

Hemos de hacer hincapié en un dato altamente significativo para la mejor comprensión de este sistema evolutivo y que hemos reconocido principalmente en el perfil trabajado sobre la laguna de Moguer II.A: la *presencia de carbonatos* en forma de amas y pequeños nódulos, detectada en los horizontes II Cg. del citado perfil y que pasamos a describir.

Perfil Moguer II.A

Horizonte	Prof. (cm)	
Ao/A1	0–15	Pardo claro; arenoso; grumos medianamente desarrollados; raíces finas y límite difuso.
Cg1	13–30	Pardo rosáceo (7,5 YR 6/2) con manchas más pardas hacia la base, arenoso, sin estructura marcada; consistente en húmedo, macroporos vinculados a raíces en la base. Límite plano con retención de aguas.
IICg.	30–60	Pardo amarillento (10 YR 6/6) abigarrado en ocre-rojos (2,5 YR 4/4) y gris (10 YR 5/1); arenoso; consistente en húmedo macroporos vinculados a raíces medias y pedotúbulos, concreciones ferruginosas, con carbonatos; límite ondulado.
IICca1	60–(?)	Blanquecino, arenoso, consistente con amas y nódulos carbonatados.

La presencia de carbonatos en el entorno de el Abalarío, medio de extremo carácter silíceo y elevada acidez, se presenta como un hecho altamente revelador. Aunque nosotros no los hemos detectado en el resto de los perfiles que hemos revisado, otros autores si lo han hecho referidos a ámbitos de Vera y antiguos Corrales, dentro del área de contacto entre las arenas (estabilizadas y móviles) y las marismas del Parque Nacional de Doñana, concretamente, al sur de la Laguna del Sopedón (SILJESTROM y otros, 1987). El hecho de que el perfil por ellos revisado se encuentra sobre uno de los puntos de surgencia del nivel freático (localmente "Nocles"), y de que los mayores porcentajes de carbonato se presentan en los horizontes superiores del mismo, les lleva a insistir en un carácter alóctono del compuesto y en su génesis evaporítica, en relación con las fluctuaciones del nivel freático. De tal modo, el carbonato vendría como un constituyente más del flujo de agua que circula a través de las formaciones arenosas, siendo el área de dunas la zona de recarga, y los niveles conchíferos que estas intercalan, su punto de origen primario.

Independientemente de la posibilidad de desarrollo del carbonato en el Parque Nacional según dicho esquema, la *evolución in situ* del mismo se impone en el Abalarío a la luz del desarrollo geoquímico del material de partida laterilizado. A nuestro entender, la presencia de carbonatos en este entorno se explica por tratarse de carbonatos de alteración, concretándose su génesis dentro de la fase evolutiva de degradación de la coraza ferruginosa laterítica existente a techo de las arenas pliocuaternarias, en la que se constata una epigénesis sobre las facies pisolítica con sustitución del hierro por carbonatos.

En este sentido puede expresarse una vinculación entre la evolución puesta de manifiesto por NAHON (1976) en relación al cambio de régimen ambiental de ferralítico a carbonato, en Senegal, y la que parece constatarse en nuestro

ámbito según el paralelismo expreso en cuanto a precipitaciones y estacionalidad vigentes en uno y otro área.

Por tanto cabe concluir que en El Abalarío puede estar produciéndose una *alteración epigénica* del tipo isovolumétrica sobre los pisolitos, la cual está propiciando la aparición de carbonatos en los perfiles edáficos en forma de amas y pequeños nódulos.

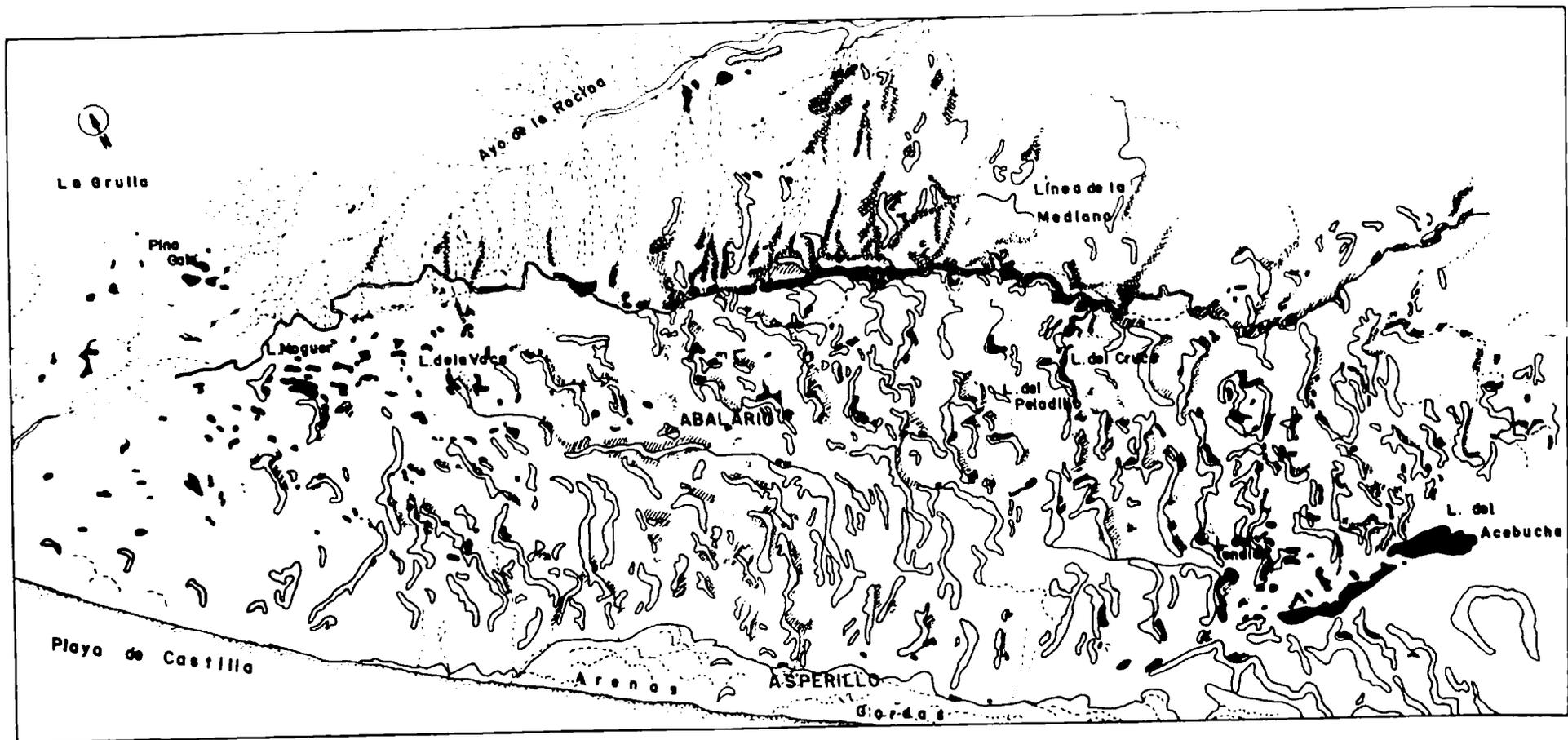
- Alto nivel Aluvial

Denominamos así a la formación detrítica grosera que aflora puntualmente sobre la margen izquierda del arroyo de la Rocina (tramo Bodegones–Cabezudos) y al NW del área estudiada (en torno a Pino Galé), habiendo sido definida con tal terminología por PENDÓN y RODRÍGUEZ VIDAL (1986). Tradicionalmente conocida como "Capas Rojas" y "glacis de Piedemonte", según VIGUIER (1974), o como "Formación Roja" según PASTOR y LEYVA (1976), y concebido bajo el modelo de un depósito nivelador del piedemonte de Sierra Morena con morfología de glacis, su interpretación actual se vincula más a depósito fluvial es de antiguas topografías labradas sobre las "arenas de Bonares", y su morfología se asimila a la de terrazas o plataformas acumulativas, según su menor o mayor distancia a las márgenes de los paleovalles. Se han reconocido asimismo unas secuencias fluviales del tipo canales entrelazados (*braided*) que evolucionan localmente –sobre todo por imposiciones del paelorrelieve– hacia situaciones meandriiformes.

Los afloramientos reconocidos por nosotros: La Grulla, Pino Galé, Bodegones–Cabezudos, presentan los rasgos típicos de las descripciones hechas para el entorno de Moguer por los autores citados: canales de gravas y arenas más o menos concrecionadas por óxidos de hierro, con estratigrafías cruzadas y planares y cicatrices erosivas muy marcadas. La litología de los cantos es fundamentalmente cuarcítica, incorporando material procedente de la alteración neógena.

- Manto Eólico

Corresponde a la formación arenosa con la que se suele identificar el sector de El Abalarío (Fig. 7). Caracterizado como un manto de arena blanca con variaciones locales de color en relación con el evolución psot-sedimentaria (materia orgánica especialmente), y de potencia variable entre varios decímetros y varios metros. Se le suele vincular a la degradación de antiguos frentes dunares que avanzaron desde la costa (LEYVA y otros 1976). Otros autores han identificado el Manto Eólico como perteneciente al "Sistema Interno" de las dunas estabilizadas –unidad ésta que junto con cordones antiguos y los acantilados muertos conformarían las "Formas Heredadas" del litroal onubense– (VANNEY y MENANTEAU. 1979).



ELEMENTOS EOLICOS

- Paleoduna
- Frente dunar
- F D Secundario
- Línea de la Mediana

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

- Arroyo
- Laguna Cerrada
- Abierta
- Mixta
- Encharcamiento Peridunar
- Depresionario
- Cañada

Figura 7

En cualquier caso, apenas si se han esbozado los aspectos morfológicos y el significado de su coloración, así como las implicaciones existentes entre estos rasgos y los procesos morfogenéticos y/o degradativos, y sus implicaciones en el desarrollo de la vegetación. Estos mismos autores han apuntado igualmente la posible coexistencia de dos generaciones dunares, como conformadoras del Manto Eólico, sin que se llegue a constatar tal extremo dado el carácter exclusivamente fisiográfico sobre el que basan sus observaciones. Otras contribuciones cartográficas no aportan nuevas consideraciones para la caracterización de la Formación Manto Eólico en El Abalarío y su entorno (VANNEY y MENANTEAU 1985).

Para nosotros esta Formación se presenta mucho menos que homogénea en su expresión espacial sobre El Abalarío. Su potencia oscila por término medio entre los 0,5 y 2,5 m., circunstancia que queda controlada por la propia evolución morfológica del depósito eólico. Para situaciones de paleodunas y acumulaciones del tipo "frentes dunares" se reconcoen las mayores potencias; por contra, en áreas atacadas especialmente por la deflación (situaciones interdunares profundas, pasillos eólicos, etc.), la Formación se hace prácticamente irreconocible, aflorando material laterítico subyacente.

Paquetes eólicos considerables se reconocen por ejemplo en el frente dunar de la Línea de la Mediana, o a lo largo de todo el eje Laguna de Jiménez – Abalarío (Poblado)– Laguna del Huerto.

Para el caso de las variaciones laterales u horizontales es igualmente necesario distinguir dos situacuiones:

- a – Modelado acumulativo de dunas parabólicas y transversales de génesis reciente donde abundan las arenas eólicas propiamente dichas.
- b – Plataformas eolizadas con predominio de granos del esqueleto de las alteritas (granos que presentan rasgos exoscópicos que los incluyen claramente dentro del grupo de los *picoteados*).

Al igual que en la diferenciación espacial realizada para el caso de la dimensión vertical o potencia del depósito eólico que estamos analizando, nuevamente podemos considerar la línea de la Mediana como la frontera entre el dominio propiamente eólico y acumulativo, al S., y el vinculado a los materiales alteríticos eolizados, al N. La circunstancia de presencia/ausencia relativa de estos rasgos de la Formación eólica ha de ponerse necesariamente en relación con los procesos de drenaje superficial identificados para cada una de las áreas diferenciadas:

1) Por todo ello hablaremos de *Alto Manto Eólico* (A.M.E.) para la franja meridional del Manto Eólico de la bibliografía tradicional, al S. de la Línea de la Mediana, que se compone esencialmente de arenas blancas litorales.

Morfológicamente destaca su *modelado paleodunar*, reconocible por diferencias topográficas de orden métrico y por la diferente coloración (anaranjadas en las crestas, grisese en los valles). La proliferación de dunas parabólicas permitió en su momento el desarrollo de un verdadero campo de dunas transversales migrantes tierra adentro. Estos procesos está en el origen de

la constitución de importantes *frentes dunares*. Paralelos a la costa, el más importante de los cuales forma parte de lo que venimos denominando Línea de la Mediana; de menor relevancia se presenta otra alineación dunar de este tipo que se desarrolla sobre el eje Laguna de Jiménez-Abalarío (Poblado)–Laguna del Huerto (J–A–H). Esta situación se reconoce con mucha mayor claridad en la cartografía histórica (I.G.M.E., 1936; GONZALO y TARIN 1886; COELLO, 1869)

Hay que añadir, en lo que al modelado del A.M.E. se refiere, la abundante presencia de cubetas deflactadas y corredores eólicos, en relación igualmente, con los sistemas de alineaciones que hemos dado para los cordones dunares. Estas áreas se presentan como lugares propicios para la aparición de puntos de agua y, con ellos, de todo el cortejo de vegetación natural que impone la presencia de este elemento para su proliferación en un substrato tan arenoso y de tan escasa potencialidad edáfica. Todo ello está en relación con las *condiciones endorréicas* que caracterizan asimismo el Alto Manto Eólico.

Respecto a la evolución actual de este modelado, el análisis morfológico comparativo realizado sobre dos series de fotografías aéreas separadas por un lapso de un cuarto de siglo (1956–1980), sin permitir establecer ningún tipo de secuencia evolutiva clara, sí muestra el doble efecto morfodinámico que se desarrolla sobre el área: difuminado paulatino de las formas eólicas y afirmación del modelado "fluvial" por aguas de escorrentía más o menos concentradas.

Granulométricamente el depósito arenoso representativo del A.M.E. contiene un material detrítico en general bien clasificado con un índice de S_o entre los 1.27 y 1.34, siendo la fracción gruesa la que mejor recoge este carácter; su moda se presenta muy cercana al diámetro medio lo que remarca el rasgo de homometría dentro de sus constituyentes. Los índices de Kurtosis dan valores propios de una curva francamente "empinada", afirmando así el carácter eólico de su génesis. (Anexo Estadístico)

II) De otro lado, hablaremos de *Bajo Manto Eólico* para referirnos a la franja que discurre entre la Línea de la Mediana (al S) y el Arroyo de la Rocina (al N), y cuyo material arenoso procede en una gran proporción de la eolización sufrida por los niveles superiores de la alterita.

Aquí, del modelado paleodunar tan sólo se reconocen algunos retazos dispersos e informes, desfigurados fundamentalmente por la acción de la arroyada, el lavado hipodérmico y, en parte, por la acción humana. Son pequeñas diferencias en el color de las arenas (naranjas/grises) las que no pueden remitir a su antigua morfología; por ejemplo, en los alrededores del poblado de la Mediana se reconocen dos antiguas dunas cuyos ejes longitudinales se orientan SW–NE.

El agente modelador principal es el fluvial: se reconoce todo un sistema organizado de "cañadas" estacionales que partiendo de la Línea de la Mediana (recordamos su carácter de talud rezumante o área de descarga del Alto Manto Eólico) alcanzan la margen derecha del Arroyo de la Rocina. Muchos de estos tributarios desarrollan parte de su recorrido adosados a los frentes de las escasas dunas reconocidas para el área, adoptando en general la dirección SW–NE, igualmente apuntada para esos restos dunares. Se trata de una red de drenaje

del tipo paralelo cuya textura se aclara de media a guesa conforme avanzamos en dirección a las Marismas. La dimensión espacial del análisis hidrográfico pone de relieve algunos datos importantes que, junto con la información granulométrica, nos permite ahondar en la definición del B.M.E: por un lado, el hecho del cambio de régimen endorréico a exorréico que se producen entre el Alto y Bajo Manto Eólico, nos habla de un aumento de la compacidad/densidad del material de base, y de una disminución de su porosidad, esto es, una mayor presencia en la unidad de material de origen no eólico. El aclarado de W a E de la red de drenaje también habla, en este sentido, de una disminución de aquellos rasgos eólicos.

Con respecto a los datos granulométricos cabe destacar que las arenas del B.M.E. se presentan peor clasificada que las pertenecientes al A.M.E. Al igual que en el caso anterior, la fracción gruesa es la que obtiene una mejor clasificación, quedando ahora la moda más alejada del diámetro medio, lo que supone una mayor heterometría relativa del depósito. Esta circunstancia queda reflejada verazmente por la mayor presencia de la fracción fina como demuestran los diagramas de barras elaborados al efecto, y por el diseño menos "empinado" de su curva acumulativa (Anexo Estadístico).

Por último hemos de decir que, tanto en una unidad como en la otra, podemos encontrar facies pertenecientes a las descritas para su opuesta, bien por restos sin desmantelar del A.M.E. en el B.M.E., o bien por exhumaciones y afloramientos del B.M.E. en el A.M.E.

3.2.2 Análisis morfodinámico.

- *Dinámica eólica e implicaciones hidrológicas: La Línea de la Mediana.*

Como acabamos de indicar en el apartado anterior, para el sustrato arenoso que tradicionalmente se conoce como Manto Eólico, hemos distinguidos dos formaciones: Alto y Bajo Manto Eólico, las cuales se individualizan tanto por las facies que presenta el material arenoso constituyente en cada caso, como por el diseño hidrográfico que acoge cada parcela y sus efectos morfológicos. Así pues, estas diferencias, junto a las peculiares condiciones hidrogeológicas del sustrato, dotan a determinados factores de índole hidrotopográficas de un verdadero papel controlador de la morfodinámica diferencial que registra el geosistema lagunar.

La expresión más notoria de este cúmulo de circunstancias se dan en el ámbito natural que hemos dado en llamar *Línea de la Mediana*. Debido a su origen por obturación de antiguos drenajes, y a su evolución por fragmentación, los puntos lagunares en ella contenidos constituyen una larga serie, "a manera de cuentas de rosario, unidos unos a otros por la línea de la vaguada (...) formando lo que en la localidad llaman Hilo" (GONZALO Y TARIN. 1886). Lo mismo se constata en otros documentos cartográfico no tan antiguos, como los del mapa de Coello o los del I.G.M.E., donde se destaca con insistencia la especial importancia de La Línea de La Mediana. Se habla de la "gran laguna de Invierno" ha-

ciéndose con ello referencia a su llamativo contraste estacional; o bien, se representa como una verdadera arteria fluvial haciendo participar de este diseño al eje J-A-H. Aunque ambas interpretaciones son, a nuestro entender, desafortunadas –la primera pierde de vista el carácter genético del fenómeno y la segunda su carácter evolutivo– sí aportan datos importantes a nuestro análisis en cuanto a lo que ha supuesto la percepción histórica del fenómeno lagunar en El Abalario.

Hoy día entendemos que la evolución de la morfología dunar, donde la proliferación de dunas parabólicas debió permitir el desenvolvimiento de dunas transversales migrando hacia el interior y creando un verdadero frente dunar a sotavento, produciría la desarticulación de antiguos drenajes, individualizando puntos lagunares. Estos, a su vez, se verían realimentados por descargas hídricas de la unidad arenosa eólica en el contacto con las arenas alteríticas de fondo.

Atendiendo a su carácter de eje natural articulador del área, a su realidad de frontera física entre dos unidades geomorfológicas y a su calidad biótica de ecotono, es por lo que la Línea de la Mediana, puede ser comparada, en cierto modo, con la subunidad geomorfológica de la Vera de Doñana, si bien, es cierto que hay diferencias insalvables. Para el caso de la Vera esta unidad encuentra su esencia en el contacto de formaciones litosedimentarias bien distintas (arenas eólicas–litorales estabilizadas o móviles, contra sedimentos limo–arcillosos de origen marismeno). Y aunque tal circunstancia no se reconoce para el caso de la Mediana, si hay que considerar a ésta como una modalidad diferente del proceso general de la transición estuarino continental de la desembocadura del Guadalquivir, fenómeno en el que ámbos hechos se encuadran genética y evolutivamente. Por todo ello cabe hablar de La Línea de La Mediana como de una "Paleovera".

En efecto, la presencia de agua que supone la línea de la mediana, dentro de un paisaje clasificable como xérico, se liga tanto a las repercusiones hidrogeológicas de la puesta en contacto de diferentes materiales, como a la morfodinámica eólica e hidrología superficial y subuperficial: las familias de dunas parabólicas transversalizadas conforman un frente dunar, topográficamente de orden métrico y con pendientes a sotavento en torno a los 30°. Este frente dunar se configura como un talud rezumante que alimenta tanto la línea de la mediana –donde asimismo es frecuente el afloramiento del manto freático principal por su baja topográfica– como al complejo de cañadas estacionales que ubican allí sus cabeceras.

El análisis de su evolución morfológica reciente (series de fotos aéreas 1956–1982–1986) revela la acentuación de sus caracteres lineales, aunque persisten algunos puntos de desdoblamiento desde la primera de las fechas, por ejemplo al S. de la Laguna de Moguer, pero mucho más homogeneizados para un cuarto de siglo posterior.

- *Dinámica pedogenética: Series edáficas bajo control freático.*

En El Abalario, los factores que han de ser considerados como controladores, en lo que se refiere a la serie edáfica allí desarrollada, son los siguientes:

- Material de partida
- Grado de hidromorfía
- Evolución de la Materia Orgánica.

Para el primer caso las variaciones viene acordes con el tipo de facies que presentan las distintas formaciones superficiales (textura, estructura, prosidad, compacidad...). Con respecto al grado de hidromorfía y la evolución de la M.O., estos quedan controlados a su vez por la humedad edáfica, lo cual, como ya dijimos, está en estrecha relación con la topografía y la situación relativa dentro del sistema hidrogeológico superficial y subálveo. De menor a mayor incidencia de aquellos factores (gradiente positivo) se reconoce, la siguiente serie: suelos lavados con encharcamientos y sin pseudo gley estricto; suelos con pseudogley; suelos con gley y rasgos podsólicos (mono y poligenéticos).

Atendiendo al desarrollo de la serie edáfica según su ubicación sobre las formaciones superficiales sobre las que acaecen, distinguimos las siguientes situaciones (Fig. 8):

SERIE EDAFICA		SUELOS HIDROMORFOS SIN GLEY		SUELOS HIDROMORFOS CON GLEY Y RASGOS PODSOLICOS	
		SUELOS LAVADOS CON ENCHARCAMIENO, SIN LLEGAR A PSEUDOGLEY	SUELOS CON PSEUDOGLEY	MONOGENETICOS	POLIGENETICOS
FORMACIONES SUPERFICIALES	FACIES ARENOSAS LATERITICAS (ALTERITAS)			L. Pino Galé L. Redonda	
	FUERTEMENTE BOLIZADA Y PROCESOS DE ARROYADA (B.M.E Y LINEA MEDIANA)			L. Pinta L. Niña L. de los Ansares L. del Cruce I	L. Juan de Dios
FACIES ARENOSAS BOLICAS	MORFOLOGIA PALEODULAR (ALTO MANTO EOLICO)	I de Ana I L. Jiménez II L. de la Vaca	L. del Tendido L. de Huerto		L. Peladillo Las Lagunillas L. de Moguer II A y B

Fig. 8
Ejemplos de lagunas en relación con las Formaciones Superficiales y la serie edáfica

- Suelos sobre alteración laterítica, cuya característica más representativa corresponde al tipo suelos hidromorfos con gley en situación monogenética. Este tipo se reconoce en el entorno de Pino Galé en ausencia de restos eólicos y donde los rasgos podsólicos apenas aparecen. Ejemplos típicos pueden verse en los fondos lagunares de Laguna Redonda y Laguna de Pino Galé.
- Suelos sobre facies arenosas lateríticas con fuertes rasgos de eolización, reconocidos preferentemente en el Bajo Manto Eólico: Lagunas de los Ansa-res, del Cruce I y Juan de Dios; así como en el borde meridional de la Unidad de Pino Galé: Lagunas Pinta y Niña. Al igual que en el caso anterior el tipo que se presenta principalmente es el de suelo hidromorfo con gley, aunque con matizaciones: ahora el carácter podsólico es mucho más acentuado, como corresponde a las "zonas situadas en las partes bajas de laderas, a lo largo de rupturas de pendiente o el borde de los vallecitos" (DU-CHAFOUR, 1984), y además se presentan casos de poligénesis ligados a la propia evolución de los depósitos.
- Suelos desarrollados sobre facies arenosas paleodunares. Corresponden a lo que hemos denominado Alto Manto Eólico, recogiendo aquí situaciones representativas de todas las fases de secuencia evolutiva: suelos lavados con encharcamientos, sobre sustrato eólico en sentido estricto (Lagunas de Ana I, Jiménez II y de La Vaca); suelos hidromorfos con pseudogley sobre sustrato eólico pero con presencia de material alterítico a escasa profundidad y/o capas impermeables discontinuas (Lagunas del Tendido y del Huerto); suelos hidromorfos con gley podsólicos (poligenéticos), sobre sustrato alterítico aflorante en A.M.E. (Lagunas de Moguer II. A y B, del Peladillo y Las Lagunillas).

Cabría añadir, fuera ya del cuadro de nuestra interpretación, la presencia de perfiles edáficos del tipo planosólicos sobre el material detrítico de la formación Alto Nivel Aluvial, con su característico horizonte álbico y cambio brusco entre éste y el Bt.

Concluimos este apartado destacando la importancia que presenta, para la fijación de una tipología de orden genético dentro de los geosistemas lagunares, la caracterización de los procesos morfopedológicos. En nuestro caso, atendiendo a tal extremo, distinguimos:

- Complejos húmedos alimentados por mantos freáticos que conllevan una evolución edáfica con horizontes de tipo gley e incluso desarrollo de rasgos podsólicos y turbas incipientes. Se encuentra preferentemente sobre la Línea de la Mediana donde, desde el punto de vista morfogenético, se ligan a procesos de obturación de drenaje. En general estos complejos suelen presentar una fuerte actividad biológica y, aunque frágiles, encajan bien los impactos ambientales, dado que se ligan a putnos de descargas hídricas casi permanentes.
- Complejos húmedos alimentados por drenajes laterales o hipodérmicos, claramente relacionados con descargas de aguas superficiales. En las

situaciones más evolucionadas se desarrollan horizontes de pseudogley dentro de perfiles lavados hidromorfos. Es destacable la elevada fragilidad de estas lagunas donde el desmantelamiento de los horizontes pseudogley, ligados a la existencia de niveles impermeables de carácter aliótico, conduce a la pérdida de aquellas. Se presentan vinculadas al modelado paleodunar, concretamente a cubetas deflactadas y corredores eólicos del Alto Manto Eólico.

- *Dinámica Lagunar: Génesis, morfología y evolución.*

Hasta ahora, siempre que ha hecho referencia al fenómeno lagunar en El Abalario, se ha remarcado su importante carácter endorreico y su alimentación hídrica superficial, o freática. Sin embargo, nunca se ha puesto de manifiesto su filiación morfogenética, ni se ha intentado obtener, tipologías morfológicas atendiendo a la secuencia evolutiva.

Del desarrollo de nuestra investigación podemos distinguir, *morfogenéticamente*, los siguientes casos:

- Complejos Húmedos procedentes de la obturación de una paleored de drenaje, lo que les proporciona un diseño alargado con tendencia al redondeamiento, y una evolución morfológica por fragmentación. Especialmente se presentan asociados a la Línea de la Mediana y en presencia de afloramientos de los niveles cauíferos; atendiendo a la evolución regional cabe hablarse, como mínimo, de una cronología post-Atlántica para el primero de los casos.
- Complejos Húmedos relacionados genéticamente con el desarrollo del paleomodelado dunar parabólico y transversal. En este caso aparecen preferentemente en el Alto Manto Eólico; ligados a cubetas deflactadas y corredores eólicos, y siempre en presencia de niveles impermeables en el substrato de los que ya hemos hablado. La cronología relativa que podemos dar para estos complejos es la establecida para el primer sistema dunar de los determinados en el conjunto eólico de Doñana (VANNEY, J.R. y MENANTEAU, L. 1979), y en cualquier caso posterior a las anteriores.

El tratamiento *morfológico* que hemos realizado, sin ser exhaustivo, nos permite diferenciar varios tipos lagunares. La evolución morfogenética a la que ya hemos aludido, impone una serie de formas recurrentes. El modelo que más aparece es de corte elongado y bilobulado: evolución por fragmentación (GUILCHER, 1981); es al tipo morfológico que llamamos "de antifaz". Aparecen ligados por igual a la paleored de la Mediana y a las deflaciones alargadas adyacentes a los dorsos dunares. Otras formas de plantas más redondeadas pueden filiarse a situaciones muy evolucionadas del fenómeno anterior (fragmentación), o bien, desligado de este, pueden vincularse a cubetas deflactadas o a puntos deprimidos en situación peridunar de curvatura muy cerrada. Si atendemos a sus bordes, y esto es válido para cualquiera de las situaciones genéticas vistas con anterioridad, podemos concretar tres casos:

- a) **Lagunas con borde marcado:** denotan unas condiciones morfoeólicas propicias para su aparición y evolución.
- b) **Lagunas con borde difuso:** se trata de las condiciones opuestas a las anteriores; suelen dar situaciones hidromorfas no muy avanzadas, de tal suerte que no se produce un mantenimiento prolongado de la lámina de agua.
- c) **Las situaciones mixtas** suelen ser las más abundantes: los tramos de borde marcado, dentro de una misma laguna, suelen orientarse a poniente (Alto Manto Eólico) o al S. (Paleorred de La Mediana), coincidiendo con los bordes dunares de sotavento. Los tramos opuestos a este borde suelen ser más difusos, estableciéndose una toposecuencia húmeda más espaciada estacionalmente. El borde setentrional de las lagunas alineadas con la pseudovera tienen aún peor delimitación, habida cuenta de sus implicaciones en la alimentación en cabecera de los colectores de la margen derecha de La Rocina.

El análisis de las fotos aéreas de 1956 ha puesto al descubierto una serie de conexiones entre lagunas que la evolución reciente enmascara. El desfiguramiento paulatino que sufren las formas eólicas que acogieron a posibles "*sistemas de lagunas*" antiguos, conduce indefectiblemente a la desarticulación de los mismos, a través de la individualización de los vasos lagunares; este modelo es propio del A.M.E., en relación con su génesis paelodunar.

3.2.3. Caracterización espacial del Geosistema: Unidades Geomorfológicas Superficiales.

Atendiendo al estudio del desarrollo morfogenético y al cuadro evolutivo particularizados sobre el geosistema lagunar de El Abalarío, se han distinguido una serie de entidades espaciales, las cuales se consideran como Unidades Geomorfológicas Superficiales y cuya individualización se ha materializado atendiendo a los aspectos morfodinámicos que presentan, a las secuencias pedogenéticas que en ellas concurren y a las Formaciones superficiales sobre las que se desarrollan. (Fig. 9).

- ***U.G.S. Mediana.***

Se trata de una banda paralela a la costa con dirección WNW-ESE y que discurre desde el Arroyo de Portuguesa (E.) hasta la carretera Rocio-Matalascañas (W.), teniendo como límite N el Arroyo de la Rocina, y como límite S la Línea de la Mediana. Geomorfológicamente se caracteriza por la presencia abundante de facies de alteración aflorantes, que configuran un manto eólico donde el constituyente alterítico eolizado es fundamental (B.M.E). Los procesos de arroyada superficial son los agentes modeladores principales, actuando sobre una superficie que aún conserva algunos retazos de formas eólicas apenas reconocibles por el color. Asimismo, caracteriza a esta Unidad una generalizada evolución edáfica del tipo suelos Hidromorfos con Gley.

- *U.G.S. Línea de la Mediana.*

Es la que presenta una mayor homogeneidad en todo su extensión, desde la cabecera del arroyo de La Comba, un primer orden de La Rocina, hasta conectar con la marisma por el E.; su sección transversal S.-N., representa un frente dunar de varios metros de altura por donde se produce una descarga superficial del acuífero, a modo de talud rezumante, lo que genera un espacio lagunar cuyo borde N queda, por lo general, abierto en esa dirección. Todo el ámbito se presenta colonizado por una vegetación higrofitica en "galería", en relación con importantes niveles hidromorfos del tipo gley. Se trata además, en cuanto a hidrología superficial se refiere, de una divisoria que deja al N y S respectivamente, sectores exorreicos y endorreicos. Asimismo, supone el contacto natural entre las facies del Alto y Bajo Manto Eólico, por lo que como Unidad participaría de ambas.

- *U.G.S. Abalarío.*

Corresponde a otra franja de territorio paralela a las anteriores y que corre entre la unidad de La Mediana y el médano del Asperillo, desde el arroyo Madre de Avitor, por el W, hasta conectar sin solución de continuidad con las áreas estabilizadas del P.N. Doñana por el E. Esta unidad constituye el dominio por excelencia de las arenas eólicas de origen costero, así como el de los sistemas de paleodunas parabólicas y transversales. Igualmente, por su carácter endorreico, se concentra en este sector la mayor densidad de puntos lagunares, mayoritariamente ligado al modelo de deflación de cubetas y a las situaciones edáficas hidromorfas del tipo pseudogley, en relación con capas impermeables discontinuas que mantienen niveles estacionales de agua.

- *U.G.S. Pino Galé.*

Ocupando el ángulo NW de nuestro área de estudio; en esta Unidad la presencia eólica queda escuetamente representada por algunos retazos dispersos que pueden presentar tanto las facies correspondientes al A.M.E., como al B.M.E. Pero lo que principalmente la discrimina como tal U.G.S. es su sustrato, que se caracteriza por un afloramiento abundante del material laterítico poco o nada eolizado. La Formación Superficial sobre la que se desarrolla esta unidad se manifiesta, de N a S, según sus distintos horizontes de alteración, que son, de muro a techo: coraza, tapiz de psiolitos y capa de arenas finas conteniendo pisolitos. Ello responde a las distintas fases de degradación de la laterita (costra ferruginosa). La presencia de elementos lagunares en esta Unidad es fruto de la conjunción espacial de los dos mecanismos de alimentación hidrológica –hipodérmico y freático– que ya hemos mencionado, ambos se refuerzan mutuamente manteniendo niveles de agua importantes durante una dilatada secuencia temporal.

3.3. Las Formaciones Vegetales: Secuencias Evolutivas e Hidrosereies Lagunares.

3.3.1. Secuencias Evolutivas.

La temática geosistémica que desarrollamos en nuestra investigación sobre El Abalario, requiere inevitablemente su puesta en relación con el dominio no marismeno de Doñana. En uno y otro ámbito se dan la mano tres grandes secuencias evolutivas, las cuales se ajunstan rigurosamente a los cambios de la naturaleza del suelo, toda vez que el macroclima es homogéneo para todo el área: puede hablarse pues de una clara "catena edafófila". La caracterización edafófila de *arenas estabilizadas* que se aplica a parte del entorno de Doñana, en la que se inscribe El Abalario, muestra un cortejo de formaciones vegetales diferenciadas tanto en sus rasgos florísticos, como en su secuencia evolutiva:

- Secuencia evolutiva del alcornocal.
- Secuencia evolutiva del sabinar.
- Secuencia evolutiva de la fresneda.

En el primer caso, el del alcornocal, no encontramos en ambientes relativamente pedohúmedos, donde es propia la presencia de arenas de carácter pedológico, con suelos oligotrofos de horizontes pseudogleys y gleys. La sucesión se establece de la forma siguiente:

Oleo-Quercetru suberis - > *Phillyreo Angustifoliae-arbutetum* - > *Asparago-Rhanmetum oleoidis* - > *Erico Ulicetum australis* - > *Centaureo-Armerietum gaditanae*.

Esta sucesión se materializa geopaisajísticamente como: *Acornocal con olivos y piruétanos*, de escasísimo representación en El Abalario. La evolución se realiza hacia un *madroñal*, del que sí encontramos buenos ejemplares vinculados exclusivamente a la Línea de la Mediana. *El coscojal con espinos prietos* no es muy representativo; todo lo contrario que en el caso del *brezal higrofítico*, o monte negro, ligado a las numerosas microdepresiones del área con presencia de lámina de agua o humedad abundante. Por último, también está bien representado el *pastizal de pterófitos* y graminoides subnitrófilos ligados asimismo al ambiente anterior.

En el segundo caso, el de la secuencia evolutiva del *Sabinar*, nos encontramos ante suelos extremadamente arenosos y lavados, y en los que la capa freática se encuentra a más de 1,5 m. de profundidad. Esto es lo que se conoce como "monte blanco" en general, que se corresponde con las partes más altas de la morfología paleodunar, sobre todo en la Unidad Geomorfológica Superficial de El Abalario. Esta formación se extiende igualmente a las Unidades de la Mediana y Línea de la Mediana, no así a la de Pino Galé.

La sucesión se establece según:

Rhamno-Juniperetum lyciae - > *Rubio-Coremetum albi* - > *Halimio-Stauracanthetum genistoidis*.

siendo su manifestación geopaisajística la de un *sabinar* típico de dunas interiores; formación que, en el caso de El Abalario, no tiene representación debido principalmente a la mano del hombre. El *matorral denso de camariñas* queda

también desvirtuado hasta su ausencia: las camariñas, representantes de esta comunidad, no son reconocibles en el ámbito de estudio, para recoger algunos ejemplares hay que bajar hasta la misma línea del Asperillo, donde sí se han conservado. Llama la atención que en cartografías antiguas (I.G.M.E., 1936) aún se conserven topónimos como "La Camarina", situados sobre la unidad de La Mediana y hoy desaparecidos. El *jaguarzal*, o propiamente dicho "Monete Blanco", es considerado como el verdadero matorral de sustitución del Sabinar, formación aquella en la que domina la especie que le da nombre (*Halimium Halimifolium*).

Hay que decir también, fuera ya de la sucesión tipo que hemos establecido, que en los claros del jaguarzal, sobre arenas silíceas sueltas y no salobres, se establece una comunidad de pterófitos, primaveral y fugaz, de poca cobertura e incluye dentro de la *Anthyllido-Malcolmion lacerae* (*Malcomietalia*), alianza suroccidental costera de la Clase *Tuberarietea guttatae*. Esta comunidad se considera característica de la asociación *Linaria donyanae*, que con *Leoflingia baetica* se presentan constantes en estos biotopos. (COSTA y otros, 1977).

Por último, se reconoce la secuencia evolutiva de las *Fresnedas*; vinculadas a suelos arenosos frescos con trazas de oligotrofia, sin presencia relevante de arcillas, con una capa de agua colgada a poca profundidad, y con suelos de horizontes más o menos pseudogleizados.

La sucesión se establece de la siguiente forma:

Ficario-Fraxinetum angustifoliae - > *Lonicero-Rubietum ulmifolii* - >
Erico-Ulicetum lucitanici

Geopaisajísticamente la fresneda propiamente dicha está escasísima y débilmente representada en El Abalarío. Si aparecen, por el contrario, sus fases de sustitución: tanto el *zarzal con madreSelva*, como el *brezal higrofítico* pueden reconocerse en el área: la primera ligada a la Línea de la Mediana (siempre en bordes de arenas eólicas y con antecedentes de ocupación antrópica, y el segundo, sobre el mismo sustrato, y dado que su fisiología no soporta fuertes fluctuaciones del nivel freático del subsuelo, se acogen a zonas depresivas con cierta estabilidad en la humeda edáfica. Pies aislados de *Fraxinus* o *Populus* aparecen ligados al sistema de cañadas de La Rocina y entorno del Acebuche.

Independientemente de esta sucesión, es de señalar la presencia de la comunidad *Centauro-Armerietum gaditanae*, cuyos representantes se sitúan en las digitaciones de arenas blancas recientes que arrastradas por el agua de lluvia se adentran en los vasos lagunares desde los bordes dunares. (RIVAS MARTINEZ y otros, 1980)

3.3.2. Hidroseries Lagunares

Los complejos húmedos ofrecen peculiaridades que definen cinturones de vegetación según una toposecuencia que viene marcada, tanto por las condiciones del medio -manifiestas por el gradiente de humedad- como por su trofismo (eu, meso y oligotrofo). Al hilo de los contenidos de este capítulo desglosamos

seguidamente cada una de las hidroseries lagunares reconocidas en El Abalarío, así como en Doñana (ALLIER et BRESSET, 1975; GARCIA NOVO y otros, 1976; COSTA y otros, 1977; RIVAS-MARTINEZ y otros, 1980).

a.- La orla exterior de los ambientes lagunares de la unidad Abalarío está inmersa en la serie *Cistus Lavanduletea*, reconociéndose dos asociaciones: la primera de ellas define en esta primera orla exterior el monte blanco (*Halimio halimifolii-Stauracanthetum genistoidis*), con especies características como *H. halimifolium*, *H. conmutatum*, *Lavandula stoechas* o *Helichrysum sp.*, y acompañantes como *Ulex australis* o *Erica scoparia* (Lagunas de Moguer II, Ana I, Tendido y La Vaca).

b.- La segunda pertenece a la alianza *Cistion ladaniferi*, representando una etapa sumamente avanzada de degradación del bosque potencial sobre sustrato eólico estabilizado del entorno de Doñana, el Sabinar, perteneciente al dominio del *Rhamno oleoidi-Junipertum lyciae*. Forma la orla externa en la unidad Pino Galé (Lagunas Pinta y Niña).

c.- Dentro de la clase *Calluno-Ulicetea* y en general sobre suelos de carácter podsólico o gleyzados, donde los procesos de humificación son excesivamente lentos y producen una fuerte acidificación del medio, se presentan tres asociaciones, la primera de las cuales define esa tercera hidroserie. Corresponde a la *Erico scoparia-Ulicetum australis* determinando el monte negro o higrofítico, con presencia de agua a unos 40 cms. de profundidad. Esta comunidad de brezos se considera como una etapa avanzada de degradación del alcornocal con acebuches (*Oleo-Quercetum suberis*). Componen la orla intermedia de las lagunas en las unidades Línea de La Mediana y Abalarío, al tiempo que la orla interna de las de Pino Galé. En las cañadas estacionales de la Mediana, mirtos y lentiscos enriquecen esta asociación.

d.- Casi al borde de los espacios lagunares ocupados por la lámina de agua, se localiza una segunda asociación de la clase anteriormente referida, la *Centaureo-Armerietum gadatinae*. Se levanta a partir de arenas blancas de reciente movilización, preferentemente en la unidad Abalarío.

e.- La verdadera orla leñosa de las lagunas del Parque Nacional Doñana y de la Línea de la Mediana, es la compuesta por la comunidad de *Erico ciliaris Ulicetum (minoris) lusitanici*, brezal higrófilo sobre suelo arenoso con presencia de capa freática colgada, cuya etapa madura corresponde con la fresneda. En esta situación se puede entender que la comunidad de brezos y tojos sustituyen, en el interior de estas lagunas, a la correspondiente al madroñal con labiérnagos.

Fuera de la sistematización anterior en hidroseries, hemos de señalar la presencia de alcornocales con olivos y piruétanos, y aladiernos y sabinares, que se acoplan a suelos arenosos frescos. El alcornocal forma aún, en las lagunas de la Línea de la Mediana, lo que sería la franja de incorporación a las comunidades xerofíticas (Laguna del Cruce I).

3.3.3. Caracterización ecológica de las "Arenas estabilizadas".

El fuerte uso forestal de El Abalarío hace que en este apartado nos centremos casi exclusivamente en el análisis del estrato arbustivo. Para nuestro área, la consideración de la estructura dinámica y de las respuestas fisiológicas de la vegetación no conduce, sino a sumar aún más nitidez a la imagen de acentuada fragilidad ecológica que parece caracterizarla: hechos como el que la profundidad del manto freático o la capacidad de encharcamiento superficial (por presencia de capa impermeable colgada) controlen la composición y distribución de la vegetación en la zona, están hoy fuera de toda duda. Todo ello sugiere la existencia de estrechas relaciones fisiológicas implicadas en esta dicotomía: distribución de especies/presencia de agua en el subsuelo. Por lo que se ha podido constatar esta relación sigue una secuencia estacional (ICONA, 1975):

- Período estival; total dependencia de la variación y distribución de especies según la presencia de agua en el subsuelo.
- Período invernal; desaparición de esta férrea dependencia.

El análisis del comportamiento fisiológico de las especies más características del área, atendiendo a su "potencial hídrico", pone a las claras la existencia de dos tipos esenciales de respuestas (RAMIREZ DIAZ y otros, 1975) (4):

- Una, corresponde a especies que soportan grandes fluctuaciones en su potencial hídrico (p.h.), esto es, *Poikilohídricas*.
- La otra, correspondería a especies que presentan reducidas fluctuaciones del p.h., o *estenohídricas*. Aquí cabría distinguir las que aguantan pequeñas variaciones en el nivel del agua freática y las que soportan fluctuaciones de mayor rango.

En resumen se puede considerar que son tres los comportamientos fundamentales de la vegetación ante las características del medio, lo cual puede interpretarse como una suerte de confinamiento de las especies o, por pasiva, puede pensarse en la existencia de determinados ecotopos, cada uno de los cuales "tirarizaría" a especies concretas.

- Las especies del primer caso (romero, lavanda, jaras...) responden como xerofíticas que soportan grandes oscilaciones en su p.h. (70 atms.). Colonizan las zonas más áridas donde la profundidad de la capa freática puede oscilar entre los tres y siete metros.

- Un segundo grupo de especies (Brezos, *callunas*...) responde como higrofíticas que soportan pequeños cambios en su p.h. (20 Atms.), apareciendo en consecuencia confinadas en los puntos más húmedos y deprimidos, donde la profundidad de las aguas freáticas en verano se instala en torno a las 1,5 metros.

- Por último, especies como el jaguarzo o las pertenecientes al género *Helichrysum*, se presentan como xerofíticas con aguante sólo para pequeñas fluctuaciones de su p.h. (20 Atms.). Por ello aparecen en lugares muy arenosos tanto se-

(4) En este apartado adoptamos, para El Abalarío, lo expuesto por el citado autor para el dominio de las arenas estabilizadas del P. N. de Doñana, habida cuenta de la equiparidad manifiesta entre ambos medios

cos como húmedos y donde la capa freática no suele descender a mayor profundidad de los 3 metros en verano.

Ecológicamente estos tres tipos responden al desarrollo de diferentes estrategias de adaptación al medio. Sin embargo ninguna de ellas están a salvo de la gran variabilidad hídrica de la zona. En el cuadro siguiente intentamos esquematizar la distinta naturaleza de los factores ambientales y antrópicos que inciden sobre la vegetación natural en El Abalarío, así como la resultante ecológica de su combinación (Fig. 10).

En tal sentido se podría constatar cómo tras prolongadas sequías, tras actuaciones de desecación directa (drenajes) o indirectas (aprovechamiento forestal con eucaliptos), o bien, mediante el desmantelamiento de la capa impermeable colgada que permite los encharcamientos estacionales, desaparecerían gran cantidad de especies del primero de los tipo vistos anteriormente (Romero, Lavandas, Jaras...). Por el contrario, durante periodos lluviosos o mediante el encharcamiento artificial prolongado, serían las especies pertenecientes a los otros grupos las que perecerían preferentemente.

4. SINTESIS INTERPRETATIVA.

El sistema morfogenético lagunar reconocido en El Abalarío culmina la evolución reciente del litroal onubense (MENEDEZ-AMOR y FLORSCHUTZ, 1973; MELIBRES, 1974; MENANTEAU, 1984; ZAZO, 1980; ZAZO y otros, 1981; MENANTEAU y VANNEY, 1985; RODRIGUEZ VIDAL, 1987). En forma sintética diremos que la conformación de El Abalarío participa de la conjunción de dos medios: evoluciones de la línea de costa y de las marismas del Guadalquivir.

Los aportes eólicos posteriores a la génesis de los depósitos de playas progredientes de El Asperillo, coetaneos con el descenso relativo de unos dos metros del nivel del mar y de la formación de islas barreras y *lagoons*, dan lugar durante el período Atlántico al modelado de dunas parabólicas en asociación con cubetas deflactadas características de El Abalarío. Su evolución lateral condujo a la obturación de algunos drenajes superficiales.

El cierre progresivo de la bahía onubense hasta la Punta de Malandar favoreció el relleno del estuario del Guadalquivir induciendo con ello la aparición de dos fenómenos en la transición estuario-continental: formación de La Vera de Doñana, aspecto que queda fuera del ámbito de estudio; y la obturación total de drenajes organizados. Tenemos detectados diversas modalidades de este segundo aspecto a lo largo de la margen derecha del antiguo estuario. En relación con la génesis de lagunas en El Abalarío, estaría el modelo propio de la unidad de la Línea de La Mediana, a partir de la fragmentación de su eje de escorrentía.

NATURALEZA DE LOS FACTORES	NATURALES			ANTROPICOS	
FACTORES	CLIMA (AGUA)	PROCESOS EDAFOGENETICOS	Y PROCESOS ALTEROGENETICOS	ACTIVIDAD FORESTAL	ACTIVIDAD GANADERA
INCIDENCIA	Fuerte contraste pluviométrico interanual	<ul style="list-style-type: none"> • Ambientes ácidos. • Dificil evolución materia orgánica. • Gleyzación. • Podsolización. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de Alios. • Encharcamientos superficiales. • Capa freática colgada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desecación superficial y subsuperficial. • Acidificación. • Desorganización de Formaciones superficiales • Desmontes. • Altr. pedogénesis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pisoteo. • Impacto sobre renuevos.
RESPUESTA DE LA VEGETACION	Renovación continuada de los ciclos de sucesión por zonas.			Dificultad de desarrollo	
RESULTANTE ECOLOGICA	Mantenimiento del Matorral en su facies primaria de sustitucion				

Fig. 10

Desde la perspectiva de la situación actual, la presencia de un acuífero libre y un importante drenaje hipodérmico (ambos asociados a las toposecuencias detalladas de las distintas unidades naturales reconocidas en El Abalarío), hemos de decir que son estos los elementos principales que soportan la morfogénesis de los Complejos Húmedos de ese tramo litoral onubense. En nuestros días, esta dinámica natural se ve afectada por las siguientes alteraciones:

– Alteración del sistema hídrico que desorganiza la piezometría del acuífero e impide el funcionamiento adecuado del sistema hipodérmico.

– Degradación de los elementos geomorfológicos y las formaciones superficiales que vertebran los procesos morfoedafológicos e hidrológicos. Esta circunstancia, bajo situaciones de persistente impacto, puede llegar a descomponer los niveles de base e incluso sus elementos asociados (niveles gleys, niveles pseudo-gleys, taludes rezumantes, sistemas de cañadas), sin olvidar que con ello se ataca directamente la transmisividad de las distintas formaciones.

– Desmantelamiento, desbroce o tala de la vegetación de las hidroseries que acentúa la xricidad del geosistema y recortan, a la larga, los balances pedogenéticos.

5. BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, M., AMAT, J.A. Y MONTES, C. (1985) "Aspectos ecológicos de las zonas palustres de España". Rev. Información Ambiental , nº 8.
- ALLIER C. et BRESSET, V. (1975). "Etude phytosociologique de la marisma et de sa bordure (Reserve Biologique de Doñana – Espagne). Carte phytosociologique. Doñana. Prospección e inventario de ecosistemas. I.C.O.N.A. Monografías. 18. Ministerio de Agricultura.
- ARMIJO, R. y otros (1977) "Les resultants de l'analyse structurale et de la néotectonique des littoraux". Bull Soc. Géol. Fr. (7), 19, 3: 591-605.
- BONIFAS, M (1959). *Contribution á l'étude géochimique de l'altération lateritique*. Mém. Serv. Carte. Géol. Als. Lorr., 17: 159 pp.
- CLEMENTE, L., SILJESTRÖM, P.; MERINO, J.; FIGUEROA, M.E.; PASCUAL, J. (1983). "Diferenciación geomorfológica de las arenas estabilizadas de la reserva biológica de Doñana, en base a la evolución edáfica". *IV Reunión G.E.T.C. Cuadernos de Labo. Xeol de Laxe* 5: 243–254.
- COSTA, M.; CASTROVIEJO, S.; RIVAS MARTINEZ, S. VALDES, E. (1977). "Sobre la vegetación de pterófitos efímeros de las dunas fósiles del Coto de Doñana". *Coll Phitos. VI. Lille*, pp. 101–108.
- DIAZ DEL OLMO, F. y otros (1981, a). "Guía Excursión: Litoral de Huelva" Actas de la V Reunión Nacional del G.E.T.C.. Sevilla.
- DIAZ DEL OLMO, F. y otros (1981, b). "Guía Excursión: Litoral de Huelva" Actas de la V Reunión Nacional del G.E.T.C., pp. 344-361.

- DIAZ DEL OLMO, F (1983). "Las Terrazas fluviales del Guadiamar y sus implicaciones geomorfológicas con las formaciones detríticas del piedemonte de Sierra Morena". Actas VIII Colg. Geog. Pamplona, 1982: 209-215.
- DIAZ DEL OLMO, F (1985). "Zona Húmeda: apuntes para la discusión de un concepto eco-biológico". Oxyura 2 (1): 95-96.
- DIAZ DEL OLMO, F (1987). "El Relieve de Andalucía". Geografía de Andalucía, ed. Tartesos. pp. 11-98.
- DIAZ, PARRA y BENOT (1983) "Distribución de los foraminíferos planctónicos del Plioceno de la plataforma del SW de España". Rev. Ital. Paleont. 88 (2): 271-294.
- DUCHAFOUR, PH. (1984). *Edafología*. 1. Edafogénesis y clasificación. Ed. Masson. Barcelona. 493 pp.
- GARCIA NOVO, F.; RAMIREZ DIAZ, L. y TORRES MARTINEZ, A. (1976). *El sistema de dunas de Doñana*. Monografías del I.C.O.N.A., nº 5 Ministerio de Agricultura.
- GONZALO Y TARIN, J. (1886). *Memorias de la comisión del Mapa geológico de España. Descripción Física, geológica y minera de la provincia de Huelva*. TOMO I. Primera parte: Descripción física. Madrid. Imprenta y Fundición de Manuel Tello. Madrid, 1886.
- GUILCHER, A. (1981) "Les etangs littoraux: Azonalité D'ensemble et modalites zonales. Une introduction". *Bull. Soc. Langu. de Géogr.* T. 15, fasc. 1-2, Montpellier.
- ICONA, (1975). *Doñana. Prospección e inventario de ecosistemas*. Ministerio de Agricultura. Monog. 18.
- I.G.M.E. (1936). Mapas Geológicos. El Asperillo, hoja 1017. Prov. de Huelva (7ª Región), Nº 69.
- I.G.M.E. (1983, a) Síntesis hidrogeológica de la Cuenca del Gualdaquivir, Col. Infors. Minist. Indust. y Energ. Madrid, 126 pp.
- I.G.M.E. (1983, a) Hidrogeología del Parque Nacional de Doñana y su entorno, Infors. Minist. Indust. y Energ. Madrid, 120 pp.
- JURADO, V.; DIAZ DEL OLMO, F. y GARCIA, L. (1984). Una introducción a la Ecología y Geomorfología del litoral onubense. *I.C.E.* Sevilla, 46 pp.
- LEPRUN, J.C. (1979). *Les cuirasses ferrufinenses des pays cristallins de l'afrique occidentale seche. Genése. Transformations. Dégradations*. Mém. Sci. Géol. nº 58: 224 pp.
- LEYVA, F. y otros (1976) "Memoria Hoja Geológica (e.1/50.000) El Abalarío". Serie Magna, nº 1.017 I.G.M.E., Madrid, 35 pp.
- LÓPEZ, L. y MARTÍN, M. (1983) "Las aguas subterráneas del Parque Nacional de Doñana. Hidrogeología del Sistema acuífero nº 27 Almonte Marismas" III Simposio de Hidrogeología pp. 293-301.

- MAIGNIEN, R. (1958). Lécuirassement des sols en Guinée. *Mén Serv. Carte. Geol. Als. Lorr.*, 16: 239 pp.
- MELIBRES, F. (1974). Recherches sur la dynamique sédimentaire du Golfe de Cádiz (Espagne). Th. 3^o Cycle. Univ. Paris VI, 325 pp.
- MANANTEAU, L. (1982). Les Marismas du Guadalquivir. Exemple de transformation d'un paysage alluvial au course du Cuaternaire Récent. 2 v. Th. 3^o Cycle, Université Paris-Sorbone.
- MANANTEAU, L. (1984). "Evolución histórica y consecuencias morfológicas de la intervención humana en las Zonas Húmedas, el caso de las marismas del Guadalquivir. Las Zonas Húmedas en Andalucía: 43/76 M.O.P.U., Madrid.
- MENENDEZ AMOR, J. y FLORSCHUTZ, F. (1973). "Resultados del análisis paleobotánico de una capa de turba en las cercanías de Huelva (Andalucía). Estudios Geológicos, XX, n^o 3 y 4. Madrid.
- MICHEL, P. (1973). *Les bassins de feluves Senegal et Gambié. Etudé Geomorphologique*. Mém. ORSTON. 63 (3T) 752 pp.
- MILLOT, G. (1964). *Geologie des argiles*. Ed. Masson et cie. París. 449 pp.
- MUDARRA, J.; MERINO, J.; CLMENTE, L.; FIGUEROA, E. (1980). "Descripción de los principales tipos de suelo de la reserva biológica de doñana". *I Reunión Iberoamericana Evol. Vert.* La Rábida pp 833–845.
- NAHON, D. (1976). *Cuirasses ferrugineuses et encorutements calcaires au Senegal occidental et en Mauritanie. Systemes évolutifs: géochimie, structures, relais et coexistencie*. Mém Sci. Géol., 44–232 pp.
- OJEDA, J. Y DIAZ DEL OLMO, F. (1987). "El Condado Litoral onubense: a la búsqueda de un modelo de desarrollo interno" en R.E.A., n^o 8: 165/185.
- OLMEDO (1981). "Origen de las costras ferruginosas del llano de Huelva". *Actas V Reunión del G.E.T.C.*: 102–112, Sevilla.
- PENDON, J.G.; RODRIGUEZ VIDAL, J. (1986). "Caracteres Sedimentológicos y geomorfológicos del Alto Nivel Aluvial Cuaternario en el Litoral de Huelva". *Actas XI Congresos Nacional de Sedimentología*. Barcelona, 11 pp.
- PERCONING, E. (1964). "La tectónica del Mioceno de la Cuenca del Guadalquivir (España Meridional). Inst. Lucas mallada, C.S.I.C. Madrid.
- PEREZ MATEOS, J. y otros (1982). "Mineralogía de los arenales costeros españoles. Tramo Málaga-Ayamonte. Bol. Geol. y Min.. 93 (1): 1-18. Madrid.
- PITA LOPEZ, M. F. (1987) "El riesgo potencial de sequía en Andalucía" en R.E.A. 9: 11-40. Sevilla.
- RAMIREZ DIAZ, L; GARCIA NOVO, F.; MERINO ORTEGA, J.; GONZALEZ BERNALDEZ, F. (1975). "Sistemas de dunas y arenas estabilizadas de la Reserva Biológica de Doñana". *Doñana, Prospección e inventario de ecosistemas*. I.C.O.N.A. Monografías 18. Ministerio de Agricultura.

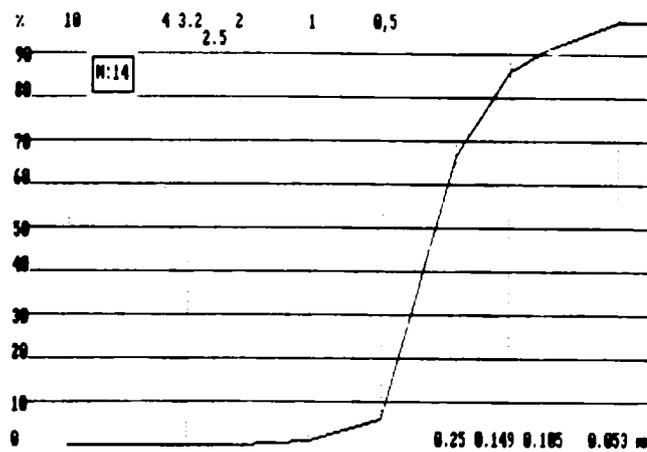
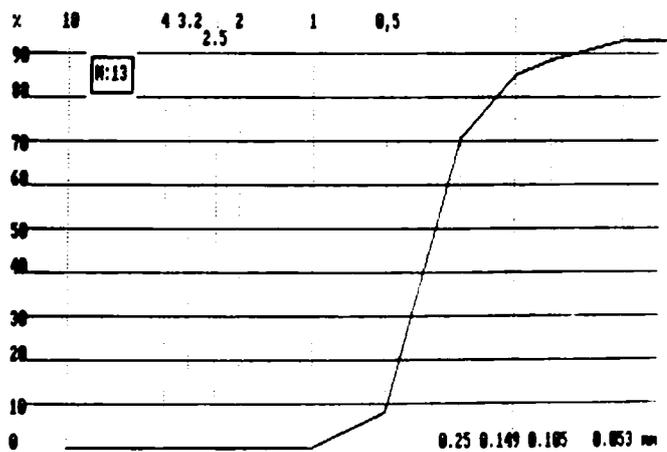
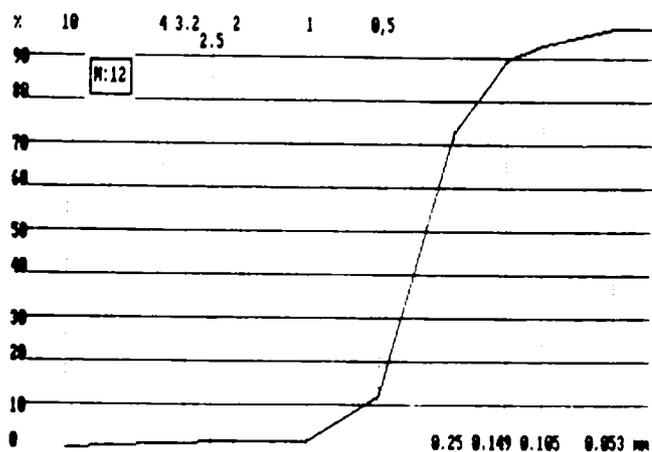
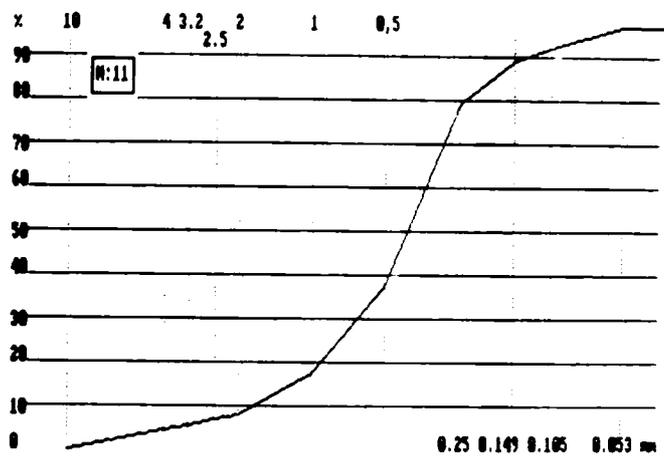
- RIVAS MARTINEZ, S.; COSTA, M.; CASTROVIEJO, S. VALDES, E. 1980). Vegetación de Doñana (Huelva, España). Rev. LAZAROA 2, pp. 5-189, Madrid.
- RODRIGUEZ VIDAL, J. y otros. (1985). "Aportaciones paleoambientales al tránsito plio-pleistoceno en el litoral de Huelva". *Actas I Reunión Cuaternario Ibérico*. Vol. I, 447-460.
- RODRIGUEZ VIDAL, J. (1987,a). "Recent geomorphological evolution in the Ayamonte-Mazagón sector of South Atlantic Coast (Huelva, Spain) Trab. sobre Neógeno y Cuaternario, 10, 259-264.
- RODRIGUEZ VIDAL, J. (1987,b). "Modelado de evolución geomorfológica de la flecha litoral de Punta Umbría (Huelva)". *Actas VII Reunión Nacional AEQUA*. pp. 245-248. Santander.
- SIERRO, F.J. (1985) "Estudio de las formaciones planctónicas, bioestratigrafía y cronoestratigrafía del Mio-Plioceno del borde occidental de la Cuenca del Guadalquivir (SO de España)" *Studio Geol. Salmanticensia*, 21: 7-85.
- SILJESTRÖM, P.; CLEMENTE, L. y FIGUEROA, M.E. (1987). "Localización de zonas de surgencias del nivel freático a través del estudio edáfico". *Actas VIII Reunión AEQUA*. Santander.
- VANNEY, J.R.; MENANTEAU, L. (1979). "Types de relief litoraux et dunaries en Basse Andalousie. (De la ría de Huelva a l'embouchure du Guadalquivir". *Melanges de la casa de Velázquez*.
- VANNEY, J.R.; MENANTEAU, L. (1985). Mapa fisiográfico del litroal Atlántico de Andalucía. 1/50.000. M.F. 02: Punta Umbría-Matalascañas. *Consj. Pol. Terr.-A.M.A. - Casa de Velázquez*.
- VATAN, A. (1967). *Manuel de Sedimentogie*. Ed. TECHNIP. París, 397 pp.
- VIGUIER, C. (1974) *Le Neogene en l'Andalousie Nordoccidentale (Espagne)*. The-se de Doctorat d'Etat. Sciences Naturelles. Univ. de Vordeaux I.
- VIGUIER, C. y THIBAUT, C. (1973). "Nouveaux elements de datation des Formatios de Piémont de la Sierra Morena á l'ouest de Sevilla". *Est. Geol.* 29: 351-356.
- VIRGOS, A. y otros (1983). "Estudio del funcionamiento hidrogeológico del Acuífero Almonte-Marismas (Sistema nº 27) mediante un modelado digital bidimensional", III Simposio de Hidrogeología, pp. 343-464.
- ZAZO, C. (1980): EL cuaternario marino-continental y el limite plio-pleistoceno en el litoral de Cádiz. Tesis Doctoral. IneD. Madrid.
- ZAZO, C. y otros (1981, a). "Ensayo de síntesis sobre el Tirreniense peninsular español". *Ests. Geols.* 37: 257-262.
- ZAZO, C. y otros (1981, b). "Torre del Loro". Guía Excursiones. V Reunión Nacional G.E.T.C., pp. 357-361. Sevilla.

6. ANEXO GRANULOMETRÍA

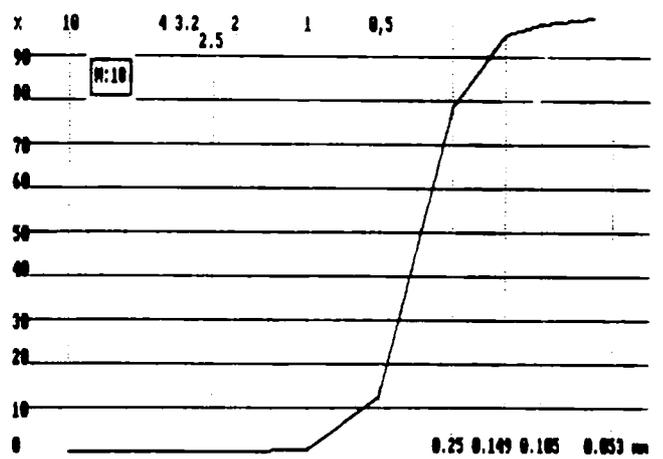
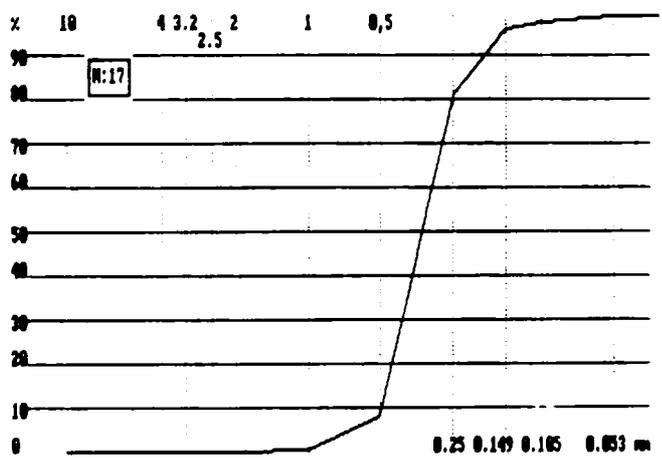
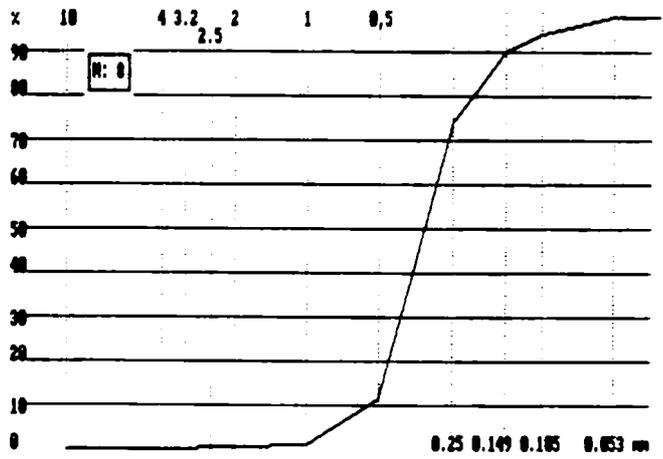
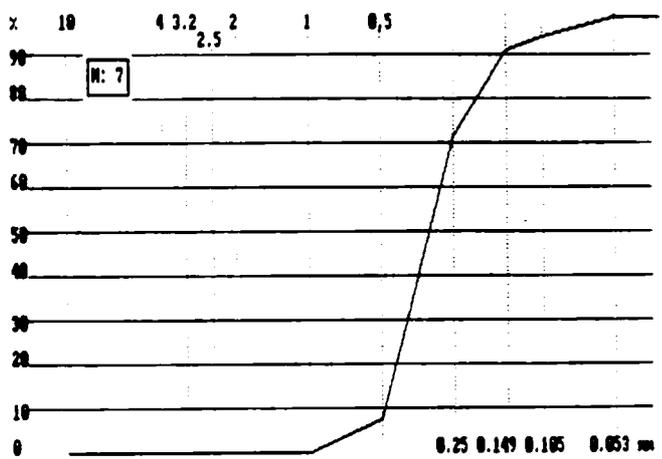


ÍNDICES GRANULOMÉTRICOS

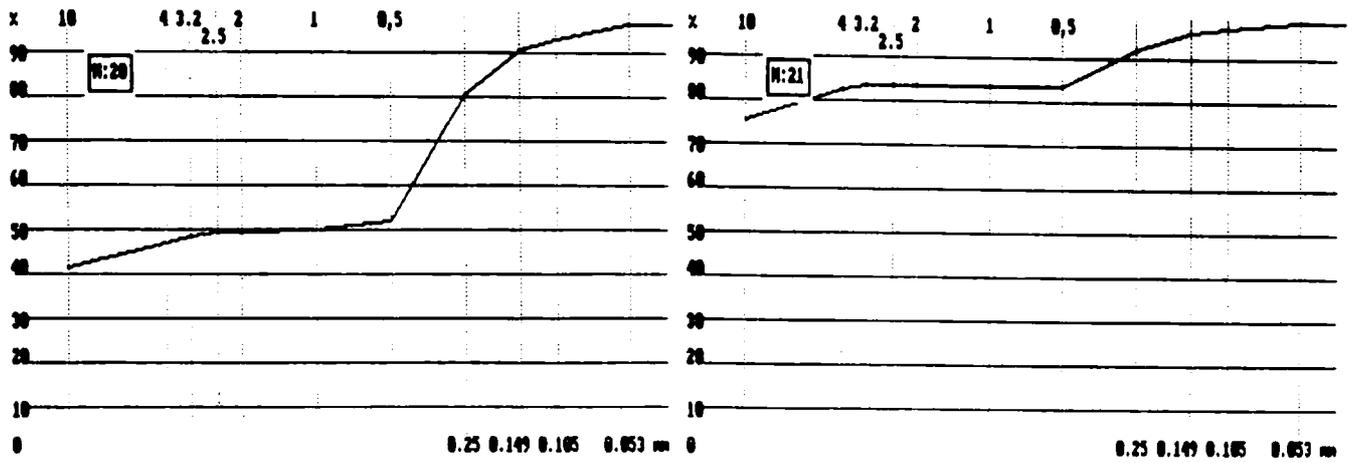
MUES -TRAS	TAMICES Ø (mm)												INDICES		
	10	4	3,2	2,5	2	1	0,5	0,25	0,149	0,105	0,053	<0,053	Sk. TRASK	K. KURTO SIS	So.
1 >	0.000	2.850	0.000	0.000	1.260	0.950	7.420	61.810	13.860	4.300	5.990	1.510	0.907	0.190	1.355
2 >	0.000	0.150	0.007	0.009	0.009	0.210	13.500	55.080	17.210	5.570	5.380	2.870	0.854	0.224	1.447
3 >	0.000	10.390	0.370	0.600	0.540	4.690	11.450	44.080	12.040	4.360	6.080	5.200	1.014	0.049	1.674
4 >	0.000	0.660	0.000	0.000	0.000	0.200	7.960	45.700	19.050	7.100	11.580	7.370	0.764	0.315	1.714
5 >	0.000	1.060	0.000	0.000	0.050	0.530	3.940	40.920	25.790	20.400	7.270	0.810	0.980	0.327	1.631
6 >	0.000	0.030	0.000	0.050	0.050	1.400	9.550	42.180	18.390	7.220	10.430	10.520	0.740	0.285	1.802
7 >	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.120	7.280	64.140	19.380	3.010	4.330	1.730	0.897	0.297	1.364
8 >	0.000	0.210	0.020	0.370	0.030	0.290	10.780	62.080	16.000	4.420	3.720	2.080	0.905	0.236	1.357
9 >	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.320	17.400	51.860	14.470	5.250	6.160	4.530	0.832	0.203	1.480
10 >	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.580	13.350	60.540	16.540	3.420	2.900	2.490	0.910	0.211	1.357
11 >	0.000	4.580	0.860	1.480	0.950	9.550	19.990	41.770	9.630	3.310	4.920	3.960	1.236	0.163	1.717
12 >	0.000	0.770	0.310	0.210	0.010	0.410	10.310	60.620	16.720	3.500	3.990	3.150	0.893	0.231	1.376
13 >	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.140	8.060	62.210	14.670	3.540	4.630	2.750	0.857	0.265	1.407
14 >	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.800	5.370	60.180	19.520	5.100	6.380	3.360	0.856	0.292	1.434
15 >	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.190	5.790	66.220	19.460	4.460	3.040	0.830	0.905	0.295	1.349
16 >	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.250	12.700	76.210	9.430	0.620	0.430	0.340	0.953	0.219	1.246
17 >	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.370	7.580	72.810	15.040	1.910	1.410	0.850	0.942	0.281	1.279
18 >	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.750	11.800	66.200	16.130	2.460	1.950	0.700	0.931	0.220	1.310
19 >	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.140	16.800	59.050	16.630	3.100	2.450	0.820	0.916	0.187	1.349
20 >	41.320	5.570	1.620	1.080	0.150	0.230	2.060	28.290	10.060	2.450	3.850	3.290	1.823	1.269	4.513
21 >	75.490	7.120	0.700	0.220	0.090	0.090	0.300	8.250	4.250	0.990	1.350	1.100	0.750	-3.291	0.577



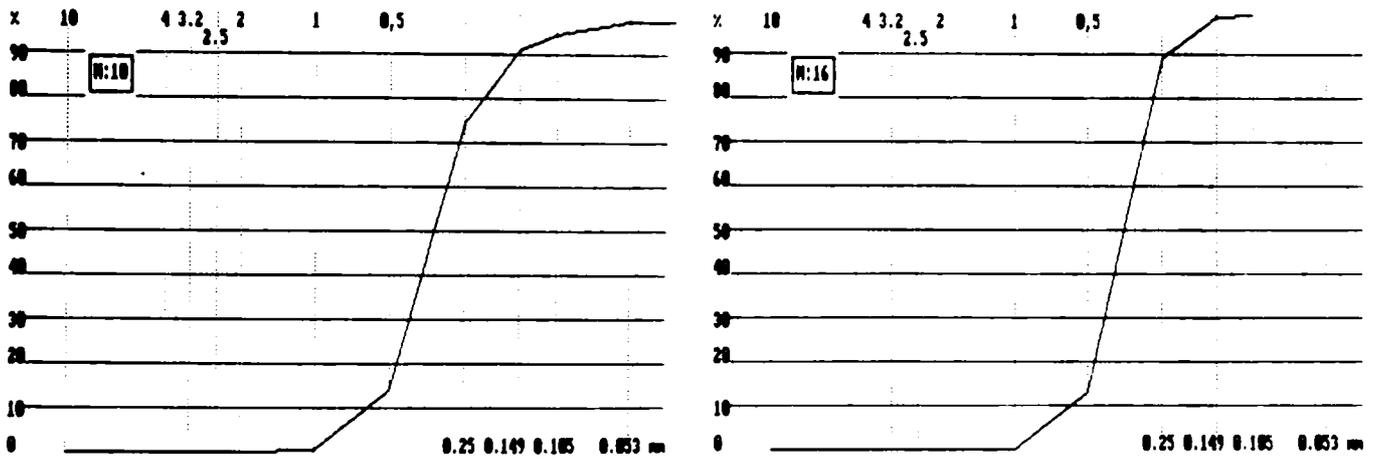
GRANULOMETRIA: Curva Semilogarítmica Acumulativa: BAJO MANTO EÓLICO



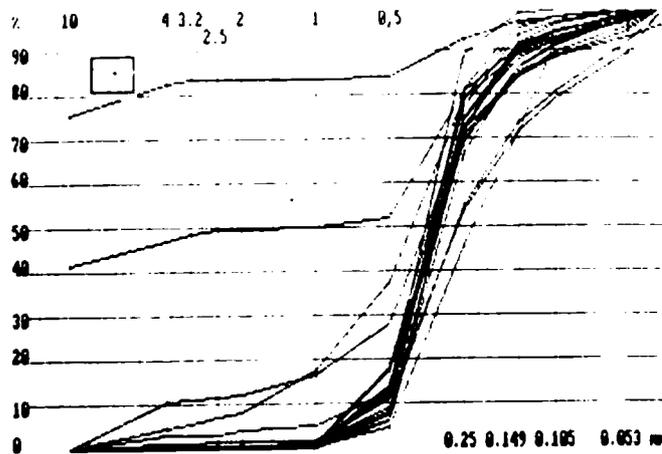
GRANULOMETRIA: Curva Semilogarítmica Acumulativa: ALTO MANTO EÓLICO



GRANULOMETRIA: Curva Semilogarítmica Acumulativa: LÍNEA DE LA MEDIANA ↓



GRANULOMETRIA: Curva Semilogarítmica Acumulativa: PINO GALÉ ↑



GRANULOMETRIA: Curvas Semilogarítmicas Acumulativas: TOTAL DE MUESTRAS