VII REUNION NACIONAL DE SUELOS

SEVILLA 25 - 29 SEPTIEMBRE 1978

GUIA DE LAS EXCURSIONES CIENTIFICAS

CENTRO DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA APLICADA DEL CUARTO. C. S. I. C.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE LA CIENCIA DEL SUELO

VII REUNION NACIONAL DE SUELOS

SEVILLA 25 - 29 SEPTIEMBRE 1978

GUIA DE LAS EXCURSIONES CIENTIFICAS

I MARISMAS

II DOÑANA

III MAZAGON

- CENTRO DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA APLICADA DEL CUARTO (C.S.I.C.)

- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE LA CIENCIA DEL SUELO

La realización del presente estudio ha estado a cargo del siguiente equipo científico del C.E.B.A.C. :

María Ayerbe Sales
Clemente Baños Moreno
Luis Clemente Salas
Manuel Chaves Sánchez
José Martín Aranda
Félix Moreno Lucas
José Luis Mudarra Gómez
Juan Luis de Olmedo Pujol
Diego de la Rosa Acosta

Con la colaboración de :

Francisco Martín Martínez, Carmen Mazuelos Vela, José Manuel Murillo Carpio, José Luis Pérez Rodríguez y Roque Romero Díaz, del C.E.B.A.C.; José Garrido Blasco y José Luis Pérez Abelaira, del I.R.Y.D.A.; Baltasar Cabezudo Artero y Benito Valdés Castrillón, del Dpto. de Botánica (Universidad de Sevilla); Enrique Figueroa Clemente y José Merino Ortega, del Dpto. de Ecología (Universidad de Sevilla).

INDICE

Pág.

1. INTRODUCCION 1

1.1 REFERENCIAS HISTORICAS DE LA REGION 4

1.2 GEOMORFOLOGIA Y GEOLOGIA. 8

1.2.1 Marisma del Guadalquivir 8

1.2.2 Doñana 12

1.2.3 Torre Higuera - Mazagón 14

1.3 CLIMA 17

1.4 VEGETACION 21

1.4.1 Marismas 21

1.4.2 Arenas litorales 24

2. CARACTERIZACION DE LOS SUELOS. 29

2.1 EXCURSION I (MARISMAS). 32

2.1.1 Descripción general de los suelos del itinerario. 32

2.1.2 Estudio de perfiles 35

Pág.

Perfil I (Torres Marismas) 35
Perfil II (Cotemsa) 44
Perfil III (I.R.Y.D.A.) 53
Perfil IV (Señuela) 58
Perfil V (Val de Ojos) 65

2.2 EXCURSION II (DOÑANA) 76

2.2.1 Descripción general de los suelos del itinerario . 76

2.2.2 Estudio de perfiles 79

Perfil VI (Control) 79
Perfil VII (Monte Negro) 87
Perfil VIII (Corral Largo) 95
Perfil IXa (Cerrado Alcornoques) 103
Perfil IXb (Cerrado Alcornoques) 108
Perfil X (Marisma Doñana) 115

2.3 EXCURSION III (MAZAGON) 120

2.3.1 Descripción general de los suelos del itinerario . 120

2.3.2 Estudio de perfiles 122

Perfil XI (Torre del Loro) 122
Perfil XII (Vigía) 130
Perfil XIII (Turbera Las Madres) 137

3. EVALUACION DE LOS SUELOS . . . 141

Utilizaciones agrícolas 142

Utilizaciones de ingeniería 143

Comentarios generales 147

4. BIBLIOGRAFIA 155

1. INTRODUCCION

El objeto de la Reunión es presentar a discusión suelos típicos de la parte más meridional de la comarca del Bajo Guadalquivir y zonas costeras onubenses; centrándose específicamente en los suelos arcillosos del relleno del antiguo estuario, en su mayor parte afectados por una gran salinidad, y en los suelos arenosos comprendidos entre la costa y los ríos Guadalquivir y Tinto.

Los pedones a estudiar van a estar representados por perfiles que corresponden a los suelos más característicos de estas dos amplias zonas, habiéndose prescindido de otros, también muy típicos en la región, pero que son más conocidos, o que pueden encontrarse más representados en el resto del país, tales como suelos aluviales, suelos fersialíticos, suelos calcimorfos, algunos suelos vérticos, suelos pardos, etc. y que son, no obstante, muy frecuentes en el Valle Bético.

El estudio realizado no es lo suficientemente completo. En determinados casos, no ha sido posible llegar a conclusiones claras en la clasificación de suelos. No obstante se presentan en esta Reunión por su especial interés, con la idea de que con la participación de todos pueda llegarse, si no a es

tablecer unos criterios definitivos, sí a fijar qué determinaciones serían necesarias realizar o modificar, para llegar a un mejor conocimiento de la génesis y clasificación de dichos suelos.

En las excursiones van a recorrerse dos ambientes muy distintos. En la margen izquierda del Guadalquivir destacan amplias zonas de suelos en recuperación y desarrollo para usos agrícolas, y en su margen derecha se encuentra un medio natural de gran interés ecológico y cuya conservación es igualmente necesaria para el desarrollo integral del hombre.

1.1 REFERENCIAS HISTORICAS DE LA REGION.

La zona se sitúa en la Baja Andalucía, al final del curso del Guadalquivir, enmarcada dentro del territorio que corresponde a la colmatación de los estuarios del Río y de los ríos Tinto y Odiel, perteneciendo a las provincias de Sevilla y Huelva.

Es el final del gran Valle Bético, situado en la única región de España que posee una cuenca fluvial abierta ampliamente a la influencia oceánica, drenada por el gran río andaluz. El Guadalquivir es el único río que vierte sus aguas al Atlántico dentro de territorio español y que posee un puerto fluvial más interior: Sevilla.

El Guadalquivir es el gran protagonista de la historia andaluza. Fue la vía de penetración de los primeros pueblos que colonizaron nuestro país. En este rincón, pues, de la península Ibérica, que por lo apartado del resto del país ha merecido definirse como otro Finisterre (Vilá, 1972), apareció uno de los más antiguos centros de civilización: el pueblo tartésico, que fue, sin duda, el primer núcleo civilizado de todo el occidente europeo, pueblo que se cree llegó a estos lugares, procedente de la desaparecida Atlántida, mil quinientos años a. de J.C. (Mena, 1975).

Hacia la misma época debieron venir los íberos y algo más tarde los celtas, pueblos arios procedentes del Norte. Los celtas ejercieron una gran influencia en la comarca sevillana y onubense, en la que dejaron muchos nombres geográficos, como los de raíz "ari" o "as" (Aroche, Arunci (Morón), Astigi (Ecija), Astapa (Estepa), etc..).

La navegabilidad del Río (Río Tartessos según Avieno en su "Ora Marítima) (Gavala, 1959), permitió la llegada de los fenícios que trajeron su comercio y su cultura. Tras ellos llegaron los cartagineses que introdujeron importantes mejoras, principalmente en orden a la navegación por el Guadalquivir.

En la época romana vuelve el Río (Río Betis) a ser el gran causante del florecimiento de toda esta zona de la "Béti-

ca" especialmente de Gadir (Cádiz), Híspalis (Sevilla), Corduba (Córdoba) etc. siendo navegable en unos 200 kilómetros.

Pero aunque con los fenicios y griegos, venidos como colonos, se introdujeron la vid y el olivo, y aunque los tartesos practicaron ya el regadío, el cambio fundamental en la valoración agraria y la ocupación del suelo se realizó durante el dominio romano, cuando se estableció la "Pax Romana" y el rudo celtíbero se adaptó a los modos de vida de la Roma imperial. Los romanos introdujeron nuevas técnicas, tales como el arado y mejoraron el regadío; diversificaron la agricultura mediterránea, basada en la trilogía trigo, olivo y vid, añadiendo nuevas plantas como el centeno, la avena y el mijo; leguminosas como el garbanzo y gran número de árboles frutales. Se organizó ya una verdadera explotación agrícola, que incluso abastecía a Roma (Vilá, 1972).

Las invasiones bárbaras poco aportaron. No obstante los vándalos llegados a la Bética se asentaron en ella y de ellos se derivó su nombre actual (Vandalen haus o casas de vándalos, vandalaus, andalaus y andalus). Todo lo romano fue objeto de una completa depredación, hasta que se hacen sedentarios en estas tierras, perfilándose una vida agraria de huertas y cortijos; el bárbaro cambia la espada por el arada (Mena, 1975).

Con la dominación árabe se abre posteriormente otra nueva etapa para la región andaluza, siendo Sevilla, por algún tiempo, la capital intelectual de la Edad Media europea.

Los árabes cambian el nombre de Hispalis, que pronunciado Hispilia pasa por Ixbilia y Sivilia a Sevilla.

Los árabes no solo cambiaron por completo la técnica agrícola, con los regadíos mediante norias y canalización, sino que cambiaron la producción. Trajeron semillas de Oriente y las aclimataron al suelo andaluz. A ellos se deben las granadas de Bagdad, la cidra del Yemen, el melocotón de Egipto, el albaricoque de Damasco (todavía se les llama damascos en Sevilla), etc. Por primera vez se cosecha algodón en Sevilla,

única comarca donde pudo aclimatarse. La palmera dió nueva fisonomía a jardines y campos; introdujeron la naranja ácida, el limonero, el algarrobo, las moreras, la caña de azúcar, etc. Son numerosos los vocablos, muchos de exclusivo uso anda luz en nuestros días (alacena, alforja, acequia, azada, azud, alhucema, etc.) heredados de ellos.

La España cristiana tuvo, sin embargo, una pobre agricultura de subsistencia, limitada por la permanente inseguridad de los territorios ocupados, arrasados con frecuencia por las luchas fronterizadas.

Unificados los territorios del país bajo los Reyes Católicos se creó la Santa Hermandad para instaurar el orden en los territorios conquistados. La tranquilidad renació en el campo pero la agricultura no prosperó de manera importante debido a los exorbitantes privilegios de la Mesta, asociación de ganaderos que practicaban la transhumancia.

Con el descubrimiento de América nuevas plantas vinieron a enriquecer la agricultura española, destacando la patata y el maíz.

La expulsión de los moriscos en tiempos de Felipe III se hizo sentir principalmente en Andalucía, donde numerosos huertos, privados de la experiencia de los campesinos musulmanes, quedaron en un lamentable estado de abandono.

Hasta Carlos III no comenzaron las grandes reformas agrícolas, que en Andalucía tuvo su reflejo en la colonización con emigrantes, en su mayoría alemanes, creándose nuevos pueblos como La Carolina, La Carlota, La Luisiana, Santa Elena,..

La guerra de la Independencia, las tres guerras carlistas y las convulsiones políticas durante el siglo XIX impiden que siga el desarrollo de la agricultura andaluza iniciado en el siglo anterior.

La abolición por las Cortes de Cádiz de los privilegios de La Mesta fue un paso decisivo.

Durante la dictadura de Primo de Rivera se crearon Las Confederaciones Hidrográficas.

A partir de 1939 el Estado interviene de una manera cada vez más directa en el campo andaluz. Se crea el Instituto Nacional de Colonización. Se realizan importantes obras hidráulicas en la Cuenca del Guadalquivir y se proyectan y amplian nuevas zonas de regadíos.

Sin embargo la situación actual del campo andaluz, presenta, pese a lo realizado, una deficiente estructuración, principalmente en lo que afecta a la propiedad, existiendo un proletariado rural que por su bajo nivel de vida se ha visto obligado a emigrar en gran escala, durante los últimos años.

1.2 GEOMORFOLOGIA Y GEOLOGIA.

1.2.1 Marisma del Guadalquivir.-

La Marisma constituye una inmensa llanuera de 2.000 Km^2, plana y muy uniforme, que se extiende entre las colinas béticas del Sur, los dos cordones litorales (Coto Doñana y Algaida), las extensiones arenosas de la zona de Almonte al Norte y las formaciones de areniscas terciarias del Aljarafe y de los Alcores al Norte y Nordeste.

En este amplio territorio existía antiguamente un gran golfo o estuario. Más tarde una enorme lengua de arena, formada al influjo de los vientos y corrientes del Oeste, lo fue cerrando, convirtiéndolo en un gran lago de agua salada (lago Ligustinus de los romanos).

Los aluviones aportados por el río Guadalquivir colmataron la superficie lacustre dando lugar a la aparición de una región anfíbia, donde se distinguen sectores pantanosos y masas de aluviones completamente emergidas, con muy escasa diferencia de altitudes.

Dentro de este vasto territorio se pueden diferenciar dos subregiones geomorfológicas : la marisma de cursos divagantes o del Este y la marisma de lucios o del Oeste.

La marisma del Este está limitada aproximadamente hacia su parte occidental por una línea imaginaria que uniría la desembocadura del Guadiamar con la población de Lebrija. Esta subregión es la más alta, estando constituida, en parte, por sedimentos limosos de escasa pendiente, formados por las crecidas divagantes de los principales afluentes que normalmente, al igual que en la arteria principal, daban lugar a la aparición de numerosos brazos inestables. De esta manera se formaron dos islas, la Mayor y la Menor.

Es esta zona de la Marisma en donde se abordó en primer lugar, un amplio plan de recuperación de sus tierras para la agricultura.

La marisma del Oeste es la subregión más baja, en la cual la cobertura de limos es más fina, apareciendo los sedimentos de arcillas azules flandrienses solamente a algunas decenas de centímetros de la superficie. Es aquí en donde el paisaje característico de marisma ha permanecido durante más tiempo, lo cual es una consecuencia de las pequeñísimas diferencias de cotas, con lo que la altura de la marea en sus niveles máximos es igual al de las márgenes, lo que impide periódicamente el descenso de la capa freática y dificulta el drenaje. Según la altura alcanzada por una inundación normal se pueden distinguir dos tipos de paisajes dentro de esta zona: las "vetas" y los "caños".

- Las áreas que dominan sobre la inmersión invernal, que se conocen con el nombre de "vetas" y que son aportes fluviales recientes, forman bandas más elevadas sinuosas y muy débilmente marcadas en la topografía (su desnivel respecto al nivel general es, por término medio, de solo unas decenas de centímetros). Los cauces actualmente utilizados por las corrientes fluviales, los caños, los dos brazos y, por supuesto, el Río mismo, están bordeados por estas "vetas", aunque no de una manera contínua, ya que en muchos tramos han sido destruidas por la acción de las variaciones del curso de ciertos brazos. Las "vetas" que actualmente bordean los brazos son estáticas y no crecen, mientras que las del curso principal está netamente diferenciadas, especialmente las de la margen derecha, entre el Coto Doñana y el Puntal, que han separado totalmente al Río de la Marisma Gallega. Estas elevaciones se llaman también "paciles" o "bancos".

- Los lugares más bajos se cubren por las aguas invernales, constituyendo los llamados "caños", o afluentes secundarios, que no son remontados por la marea, como ocurría en épocas históricas, pero que se inundan por las crecidas locales. Los más importantes son los de Guadiamar y Arroyo de la Madre, que conservan el agua incluso durante algunos veranos.

Los puntos en depresión que existen entre dos caños se llaman "lucios". Son, en esencia, depresiones pantanosas, más o menos permanentes, con aguas estancadas que pueden, a veces, persistir durante parte del verano. Su forma y su aspecto, sin embargo, varían según las estaciones y los años, dependiendo del movimiento vertical de la capa freática. El basculamiento estacional de la capa freática condiciona la distribución de la vegetación, como se verá más adelante.

En su estado natural, las marismas del Guadalquivir desempeñaban un doble papel hidrológico: por una parte constituían la zona de propagación normal de las mareas que subían por los brazos y caños, sobre todo en la marisma del Oeste, en donde esta acción provocaba su total inundación. Por otra parte constituían el desagüe natural de las crecidas del Guadalquivir, cuyas aguas al repartirse en la amplia zona, no podían provocar peligrosos aumentos de nivel en las áreas marginales. Esto no se produce actualmente en la marisma del Este, debido a las obras de cortas, encauzamientos y muros de defensa construidos que han eliminado los dos tipos de inundaciones naturales mencionadas, permitiendo el uso racional de las aguas dulces en la ingente tarea de recuperación de estos terrenos.

Sin embargo, en la mayor parte de la marisma del Oeste, en donde existen aún amplias zonas en estado prácticamente natural, todavía tiene lugar el ciclo hidrológico pluvial anual de la marisma. El mes característico es Diciembre, durante el cual permanece inundada toda la llanura. Como se indicá en el capítulo de vegetación, desde los primeros días del año aparecen los paciles y vetas con almajos. Finalizada la estación de lluvias invernales, se perfilan en el paisaje los lucios, con un cinturón de castañuela durante el mes de Marzo. En Abril sólo permanecen inundados los caños y lucios que se pueblan de balluncos. Entre Mayo y Junio el exceso de agua que alimentaba los caños se ha consumido ya casi totalmente por evapotranspiración. En Julio el agua residual de los lucios aumenta en salinidad, dejando finalmente, en la mayoría de los casos, una costra salina superficial. En pleno verano la marisma queda totalmente seca y toda la fauna y flora acuática

desaparece por falta de humedad y exceso de sales. La superficie del terreno aparece completamente lisa y uniformemente agrietada poligonalmente, con una tupida pero fina capa de blancos líquenes. Las primeras lluvias de Septiembre son totalmente absorbidas por el suelo, pero las de Octubre, más copiosas, producen una ascensión del agua en los lucios a los que acuden las primeras aves migratorias a invernar. Este ciclo corresponde a un año medio de lluvias. (Vannéy, 1970).

Según los trabajos del IGME (Leyva et al., 1976), los materiales que constituyen la marisma son sedimentos típicos de llanura de inundación, cuyos distintos tramos se han reconocido por medio de sondeos. El sedimento más antiguo se estima que tiene una potencia comprendida entre 7 y 25 metros. En general, está constituido por argilolitas limosas, fangolitas, limolitas calcáreas, limos arenosos, etc., es decir, toda una amplia gama de sedimentos terrígenos muy finos (limos y arcillas) en proporción variable. Presentan sedimentos laminar y/o varvada, con coloración diversa, de azul oscuro a verde amarillento, con cambios bruscos de coloración. Localmente se han encontrado lumaquelas interestratificadas y lechos de turba arcillosa.

Estos materiales corresponden, evidentemente, a cauces y márgenes antiguos de la red fluvial del Guadalquivir. La morfología que presentan es típica de zonas de cauce de río próxima a su desembocadura con amplios meandros y extensas llanuras de inundación.

Sobre este tramo se localiza otro, en parte discordante, cuya potencial normalmente es reducida (20 cm - 5 m) y cuya litología es similar a la del tramo infrayacente en su parte baja. Son argiolitas y/o limolitas arcillosas con paso a fangolitas con laminación paralela y sedimentación varvada. Su color es igualmente variable, aunque predomina el azul o gris azulado, hasta hacerse pardo hacia su techo por edafización. Ocupa este tramo la mayor parte de la marisma y salvo en la margen izquierda y zonas defendidas, está sometido a inundaciones periódicas.

Por último, los sedimentos actuales se han depositado en las zonas más bajas, con cotas comprendidas entre 0 y 2 m. Quedan, pues, como zonas deprimidas, fundamentalmente en la marisma del Este, en donde hay un estancamiento de las aguas de inundación o de la escorrentía de la lluvia. Por la evaporación, estas aguas se cargan muy fuertemente con sales, lo que configura la litología de estos sedimentos. Se trata de argilolitas y/o fangolitas con láminas de sal en serie rítmica o varvada. Cuando se observan en los períodos de sequía intensa, presentan una superficie poligonal y grietas de retracción.

Por otra parte, los nuevos diques de contención del Guadalquivir obligan a introducir un término aluvial que se puede considerar de origen antrópico. Las acumulaciones de sedimentos fluviales que, de otra manera pasarían a ser sedimentos de marisma en las inundaciones, por la acción de frenado del muro, se acumulan, dando una potencia variable. La litología consiste en una mezcla de limos, óxidos, arena y gravilla fina sin estratificación aparente.

1.2.2 Doñana.-

El área de Doñana puede dividirse en dos grandes zonas, en función de los materiales predominantes que constituyen el sustrato: arcillas y limos (marismas) y arenas (dunas fijas y móviles).

Las arenas que forman el estrato superior de la primera zona proceden de los materiales subyacentes que en época diluvial rellenaron el estuario del Guadalquivir. Posteriormente han sido erosionados por el mar y depositados por el viento sobre la antigua formación diluvial después de haber perdido gran parte de las fracciones finas. Todo el material es pues de origen eólico reciente, presentando los rasgos geomorfológicos típicos.

En esta zona pueden distinguirse dos sistemas distintos que corresponden en realidad a dos estadíos temporales. Un sistema antiguo más estable formado por restos de cordones dunares actualmente fijados por la vegetación y un sistema formado por dunas actualmente activas.

Sistema de arenas estabilizadas.

En todo el sistema de arenas estabilizadas se reconoce la morfología dunar que se presenta como un "pattern" recurrente de ondulaciones correspondientes a restos de antiguas dunas, hoy en parte arrasadas y colonizadas por la vegetación. La orientación de las series dunares es variable y corresponde a épocas con distinta dirección de los vientos dominantes (Pou, 1976).

Desde el punto de vista edáfico es interesante destacar la alta permeabilidad del sustrato y la presencia de una formación impermeable de caracter aliótica que determina la existencia de una capa freática. La ondulación del terreno, aunque suave, determina profundidades desiguales de dicha capa freática. Esto, unido a la alta permeabilidad anteriormente comentada, hace que en las lomas de las antiguas dunas se den condiciones de gran aridez frente a las zonas bajas, donde la capa freática aflora formando lagunas temporales o casi permanentes.

Todo el sistema ha basculado, presentando un buzamiento hacia el Suroeste, por lo que, en términos generales, la capa freática se encuentra más próxima a la superficie hacia el Sur de esta formación y más profunda hacia el Norte de la misma.

El contacto entre las arenas estabilizadas y la marisma (zona arcillosa similar a la recorrida en la primera excursión) no es gradual sino resultado de procesos tectónicos a pequeña escala que determinan una transición brusca de dichas arenas eólicas a los elementos finos que constituyen el

lecho aluvial marismeño. No obstante es posible reconocer una franja de anchura variable (aproximadamente de 1 Km como máximo) formada por antiguas dunas y arrasadas que determinan una pendiente suave hacia la marisma.

Sistema de dunas móviles.

Ocupa una franja costera con una longitud aproximada de 30 Km y una anchura variable de 2 Km de término medio. Sus extremos se sitúan cerca de la desembocadura del Guadalquivir y a unos 5 Km de Torre de la Higuera.

El sistema está formado por trenes de dunas continuos y paralelos a la costa que en número de cuatro avanzan hacia el interior. En cada tren puede distinguirse una pendiente suave hacia el mar y otra más abrupta hacia el interior (Allier et al., 1974). Entre los distintos trenes aparecen valles interdunares (corrales) de fondo relativamente plano que contrastan fuertemente. En ellos, la proximidad de la capa freática y la mayor estabilidad permiten la colonización por la vegetación, marcando diferencias edáficas acusadas.

1.2.3 Torre Higuera - Mazagón.

La zona costera comprendida entre Torre Higuera y Mazagón se halla sobre una plataforma suavemente inclinada hacia el Atlántico y hacia la desembocadura del Guadalquivir. Desde el punto de vista geológico dicha plataforma está formada por un basamento mio-plioceno cubierto por depósitos y terrazas cuaternarias.

Los materiales pliocenos (con algo de Mioceno en la base) están compuestos por dos formaciones de facies diferenciadas: en la base las margas del Plasenciense y encima las arenas finas con zonas de acumulación fosilíferas de facies nerítica-cestiense (Rivas et al., 1961).

Estas arenas finas, de sedimentación marina nerítica, muy carbonatadas en los lugares de acumulación fosilíferas, se encuentran cubiertas por arenas silíceas que aumentan su calibre gradualmente hacia arriba, terminando la serie con arenas gruesas e incluso gravas cementadas por costras ferruginosas. Estas arenas y gravas pueden atribuirse al Villafranquiense ya que están por encima del Plioceno Superior y dominan a su vez las terrazas fluviomarinas del Cuaternario. La plataforma Plio-Villafranquiense está deformada por abombamientos intracuaternarios de gran radio, presentando un descenso gradual hacia el mar.

En la serie estratigráfica puede apreciarse un frente de descalcificación más o menos profundo. Las arenas y gravas superiores han sufrido una erosión química muy intensa. Los cantos de cuarzo (dominantes) se presentan muy corroidos (aspecto cariado) y frágiles por pérdida de materia. Presentan muy poca arcilla y el cemento, cuando existe, es ferruginoso.

Durante el Cuaternacio se han originado terrazas fluviales a lo largo de ríos y arroyos, terrazas marinas y dunas en el litoral y diferentes estratos alternantes fluvio-marinos en las zonas de marismas.

Corresponde al Cuaternario reciente u Holoceno las playas actuales con dunas vivas, continuación de las comentadas en el itinerario de la segunda excursión. Estos cordones litorales de dunas se extienden desde Ayamonte (Huelva) hasta Conil (Cádiz) cruzando la desembocadura del Guadalquivir, modificándola al mismo tiempo. Su altura máxima es de 100 m que corresponde a la zona de Asperillo.

El avance de este sistema de dunas ha cerrado la salida al mar de arroyos excavados en las arenas plio-pleistocenas, transformándose en lagunas donde se acumulan restos vegetales que dan origen a turba. Ejemplo de estas turberas es la laguna de las Madres, que ha sido datada en 5.536 años los 5 o 6 metros superficiales (Menéndez Amor y Florschultz, 1964). Es

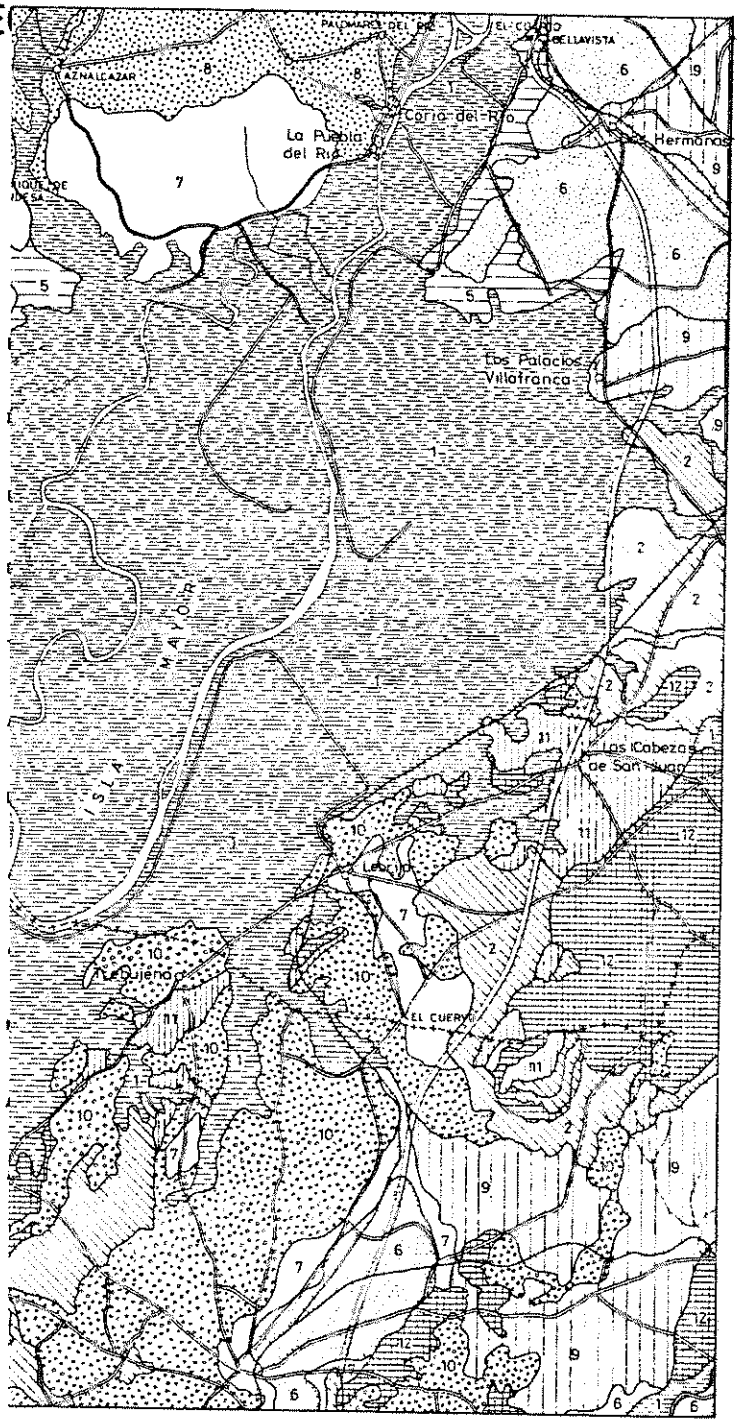
te tipo de turberas, aunque de superficie muy inferior, se repite a lo largo de casi toda la costa onubense.

Más al interior aparece un sistema antiguo de dunas fijadas por la vegetación y actualmente arrasadas. De todas formas en puntos aislados conserva cierta morfología dunar.

Finalmente, la línea de costa está afectada de forma muy acusada por grandes aterramientos, socavones, cortes, barras y acantilados de difícil acceso debido a la acción del mar y vientos sobre materiales de naturaleza muy deleznables.

ESQUEMA GE

ESCALA 1: 400.000



LEYENDA

- HOLOCENO: 1, 2
- PLEISTOCENO: 3, 4, 5
- VILLAFRANQUIENSE: 6
- PLIOCENO: 7
- MIOCENO: 8, 9
- OLIGOCENO: 10, 11
- TRIAS: 12

1.3 CLIMA.

Las condiciones ambientales de las zonas en que se encuentran situados los perfiles corresponden a las del clima mediterráneo, con inviernos frescos y lluviosos y veranos cálidos y secos.

El área total en estudio puede considerarse representada por las cuatro estaciones: Almonte-Abalario, Las Cabezas, Lebrija y Los Palacios, de las que se dispone de series de observaciones meteorológicas, no muy largas, pero sí suficientes para establecer lo fundamental de su climatología, que se contrasta y complementa con los datos procedentes de otras estaciones, algo más alejadas, que rodean dicha área.

La tabla 1 presenta un resumen de los distintos valores mensuales y anuales de los parámetros de mayor interés de las cuatro estaciones de referencia. Destacan como características climáticas, comunes a todas ellas, la acusada falta de agua en verano (como consecuencia de la ausencia de lluvias) y las marcadas amplitudes térmicas entre verano e invierno, siendo la temperatura media, en este último, siempre superior a 10°C. En cuanto a los balances de agua respectivos, la fig. 1 muestra los correspondientes a cada uno de los puntos.

La concentración de las precipitaciones en determinados períodos del año hace que la humedad en el perfil del suelo presente condiciones muy diversas -desde total saturación a total sequedad- según la profundidad y la fecha de la observación. Al no existir determinaciones continuadas in situ, la situación de la humedad en la sección de control (Soil Taxonomy, 1975) sólo puede establecerse por estimación. En los suelos en que se cumplen las condiciones requeridas para el cálculo, el régimen de humedad sería siempre el xérico, si se parte de las normales de los parámetros, ya que en todos los casos, la sección de control está más de 45 días saturada en los meses de invierno y más de 45 días seca en los meses de verano, aparte de presentar una amplitud térmica estacional, a 50 cm de profundidad, superior a 5°C.

Ahora bien, si se acepta como válido el modelo de cálculo de Newhall (1974), las condiciones necesarias no se cumplen en la mayoría de los perfiles, bien por no poseer suficiente permeabilidad (suelos de marismas y vérticos), o porque su profundidad útil y capacidad de retención de agua se alejan de las del modelo citado (suelos arenosos). En ambos casos, además, hay que considerar el efecto de la capa freática.

En los suelos que, de forma natural o por obra artificial, lleguen a reunir las condiciones de drenaje y capacidad de retención adecuados, podría considerarse que la sección de control empezaría a humectarse a mediados de Octubre, para llegar a saturación a mediados de Diciembre, excepto en la zona de Los Palacios, en donde existiría un retraso de un mes aproximadamente; el proceso de desecación estaría ultimado en el mes de Julio.

La humedad del perfil, según el modelo de Thornthwaite (1948) (diferente en cuantía y en la forma como se ve afectada por el proceso de desecación), iniciaría su reposición en la primera decena de Noviembre, llegaría a completarse a finales de Enero, comenzaría a desecarse hacia primeros de Mayo y quedaría agotada a mediados de Junio, con un ligero retraso, en la fase de humectación, en Los Palacios (v. fig. 1).

Basados en los datos de las cuatro estaciones mencionadas, así como en los de Sevilla-San Pablo, Sevilla-Tablada, Cádiz y Huelva y en los recogidos en otros estudios (González y col., 1962, 1963; F.A.O., 1970), podría añadirse a lo expuesto hasta aquí que toda la zona en la que se sitúan los perfiles de suelos está comprendida en el margen de precipitaciones de 500 a 600 mm anuales, con variabilidad del orden de 3,3 entre el año más lluvioso y el más seco (de 300 a más de 1.000 mm), alcanzándose, a veces, más de 350 mm en un mes, en el período húmedo.

En cuanto a condiciones térmicas, el mes de mayor oscilación es Octubre ($> 9^{\circ}C$) y el de menor, Agosto ($< 5^{\circ}C$).

El número de horas de sol al año se estima en unas 2.800 en el interior y algo más de 3.000 en la zona costera.

Finalmente, en la zona de Almonte-Marismas, la escorrentía total sería del orden de los 200 mm, con 40 mm de escorrentía superficial (deducida de los hidrogramas de ríos y arroyos) y 160 mm de infiltración.

TABLA 1 Datos climatológicos

Estación	Mes:	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Almonte-Abalario	Tª máx.	15,5	16,2	18,3	21,0	23,1	28,2	31,8	31,9	29,2	24,5	19,4	15,9	22,9
	Tª mín.	4,3	5,1	7,3	9,1	11,8	13,9	15,5	15,5	13,5	11,8	7,2	4,1	9,9
	Tª media	9,9	10,6	12,8	15,1	17,4	21,1	23,6	23,7	21,4	18,1	13,3	10,0	16,4
	Precip.	99,1	78,9	78,3	54,4	27,6	15,7	1,4	1,6	17,6	62,1	84,2	97,3	618,2
	E.P.	22,0	24,1	40,6	57,3	81,4	113,6	138,4	130,5	97,6	67,9	35,3	21,6	830,3
	Exc. agua	77,1	54,8	37,7	-	-	-	-	-	-	-	-	24,6	194,2
	Falta "	-	-	-	-	-	54,6	137,0	128,9	80,0	5,8	-	-	406,3
Las Cabezas	Tª máx.	15,5	17,0	19,5	22,2	26,2	30,4	34,4	34,5	31,0	26,1	20,1	15,9	24,4
	Tª mín.	4,6	5,3	7,4	9,6	11,6	15,3	17,2	17,0	15,2	11,3	7,7	4,4	10,6
	Tª media	10,1	11,2	13,5	15,9	18,9	22,9	25,8	25,8	23,1	18,7	13,9	10,2	17,5
	Precip.	83,8	58,4	72,5	49,2	37,3	15,7	1,5	5,5	21,8	64,5	68,2	83,6	562,0
	E.P.	19,7	23,3	40,2	58,0	89,1	127,7	160,2	149,9	108,8	68,2	34,6	19,4	899,1
	Exc. agua	61,9	35,1	32,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	129,3
	Falta "	-	-	-	-	-	72,6	158,7	144,4	87,0	3,7	-	-	466,4
Lebrija	Tª máx.	15,3	16,7	18,4	21,3	25,2	28,7	33,1	32,8	30,3	25,8	19,7	14,8	23,5
	Tª mín.	4,6	5,3	6,7	8,7	11,0	13,7	16,5	16,3	12,8	12,3	8,6	4,0	10,0
	Tª media	10,0	11,0	12,6	15,0	18,1	21,2	24,8	24,6	21,6	19,1	14,2	9,4	16,8
	Precip.	126,9	70,7	75,4	64,7	42,4	21,9	0,0	5,6	16,2	59,9	62,5	84,1	630,3
	E.P.	21,2	24,4	38,0	55,0	85,2	113,2	149,9	138,3	98,1	73,1	38,1	18,3	852,8
	Exc. agua	95,9	46,3	37,4	9,7	-	-	-	-	-	-	-	-	189,3
	Falta "	-	-	-	-	-	34,1	149,9	132,7	81,9	13,2	-	-	411,8
Los Palacios	Tª máx.	15,1	16,6	18,2	20,6	24,4	28,9	33,8	33,6	30,2	25,3	20,2	15,3	23,5
	Tª mín.	5,5	5,6	6,3	8,6	10,7	14,0	16,7	16,5	14,2	11,5	8,3	4,2	10,2
	Tª media	10,3	11,1	12,3	14,6	17,5	21,5	25,3	25,1	22,2	18,0	14,3	9,8	16,8
	Precip.	66,9	39,3	69,5	53,4	38,1	15,9	0,0	2,1	14,3	53,3	49,6	71,7	474,1
	E.P.	22,3	24,9	36,4	52,5	80,4	115,9	155,3	143,3	102,9	65,9	38,6	19,8	858,2
	Exc. agua	7,5	14,4	33,1	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	55,9
	Falta "	-	-	-	-	-	42,3	155,3	141,2	88,6	12,6	-	-	440,0

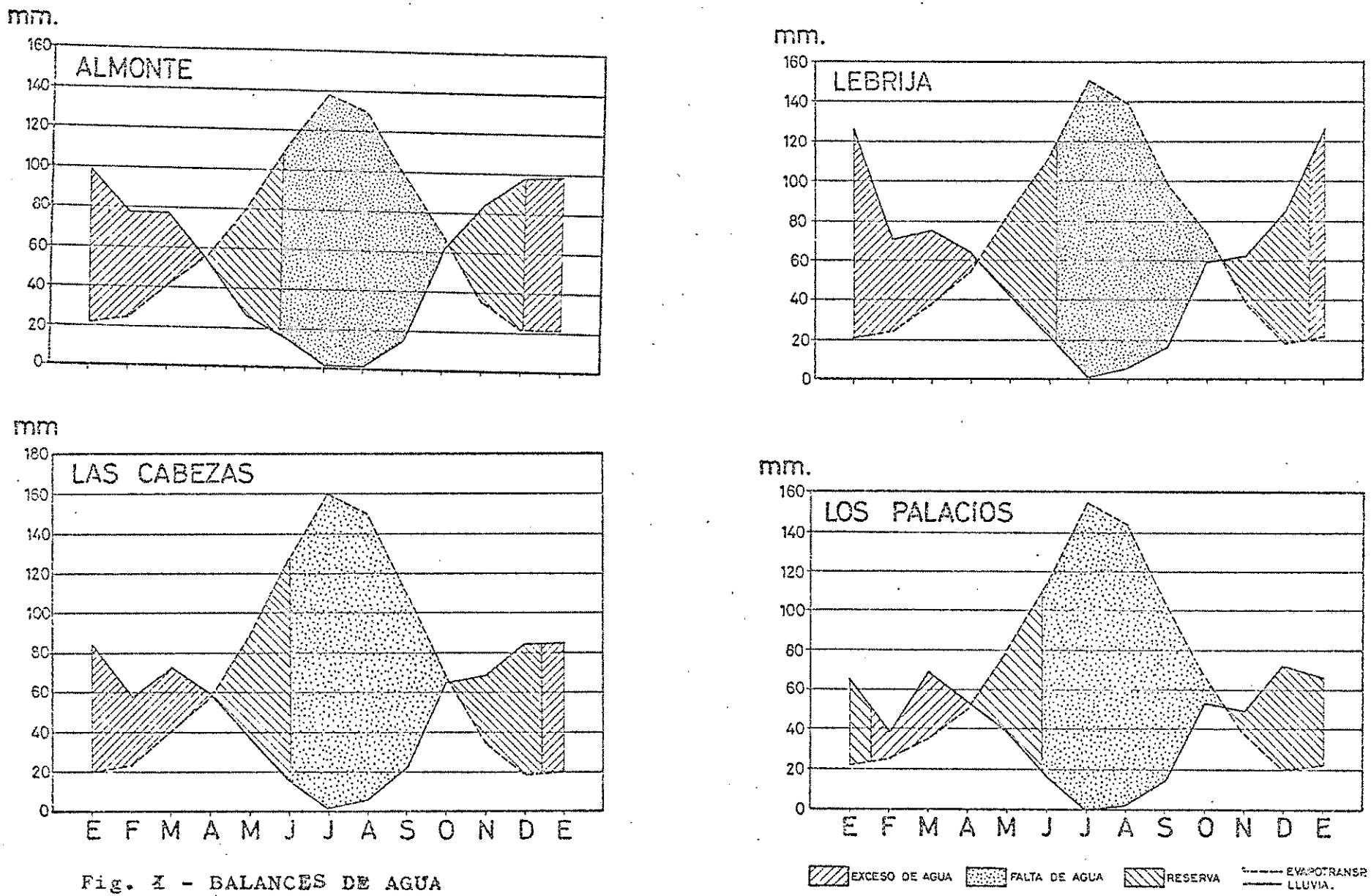


Fig. 1 - BALANCES DE AGUA

1.4 VEGETACION

1.4.1 Marismas.-

A pesar de la uniformidad del relieve de las marismas del Guadalquivir, cuyas cotas sobre el nivel del mar oscilan entre 1'40 m. en lugares próximos al río y 2'50 m. en la periferia (1 m. de desnivel en 30 Km., Grande, 1967), los pequeños cambios de su microrrelieve son de importancia vital para la vegetación.

Especialmente en las zonas vírgenes de las marismas (principalmente en las de la margen derecha) la existencia de pequeños accidentes morfológicos son los que determinan, junto con el ciclo anual de inundaciones, la aparición de elementos vegetales bien definidos.

En los caños o afluentes secundarios dominan las especies del género Scirpus. Entre los caños se encuentran las zonas bajas o "lucios" que constituyen el elemento hidrológico original de este área salina. En estas depresiones la zonación de la vegetación es muy característica, apareciendo, en primer lugar, especies halófitas acumuladoras de sales (Quenopodiáceas como Salsola soda, Suaeda vera, Suaeda splendens, Arthrocnemum perenne, y A. glaucum fundamentalmente) junto con gramíneas resistentes a las sales, especies que basan su tolerancia a la salinidad en mecanismos de exclusión iónica (Aeluropus littoralis, Hordeum maritimum, Crypsis aculeata, etc.). Todas estas especies pertenecen al orden Thero-Salicornietalia, dentro de la clase SALICORNIFICEA.

A continuación se establece un cinturón de especies pertenecientes a la clase PHRAGUITETEA (Scirpus, Eleocharis, Cyperus...) donde el agua se mantiene durante más tiempo (hasta Mayo o Junio), apareciendo por fin una mancha central de vegetación a base de géneros como Ranunculus, Potamogeton, Chara ... que ocupan la última zona que se deseca en las marismas.

Las zonas de los lucios pobladas por Arthrocnemun (almajo salado) poseen una salinidad muy elevada. Tratándose

de terrenos vírgenes la conductividad eléctrica del extracto de saturación en el perfil de suelo puede ser próxima a 50 mmhos/cm, e incluso superior, durante todo el año, siendo siempre superior a 40 el porcentaje de sodio cambiable.

El nivel freático de estas zonas es muy alto, apareciendo generalmente dentro del primer metro de profundidad. Uno de los objetivos primordiales de las operaciones de saneamiento que se han efectuado en las marismas del Guadalquivir ha sido precisamente bajar el nivel freático y reducir la salinidad superficial, lo cual altera totalmente el elemento hidrológico natural de la región (Grande 1967, 1976).

Las vetas (o bancos) apenas sobresalen de la llanura pero poseen la suficiente elevación para no ser cubiertas por una inundación normal. En las vetas o paciles la vegetación está constituida por diversas leguminosas, compuestas y gramíneas, algunas de gran valor nutritivo para el ganado, junto con halófitas acumuladoras de sales, de las que destaca Suaeda vera (almajo dulce) como elemento característico de su paisaje.

La salinidad superficial de las vetas se reduce considerablemente durante los períodos de lluvia, registrándose valores inferiores a 10 mmhos/cm en el extracto de saturación de los primeros centímetros. Ello hace posible la germinación de muchas semillas que en condiciones de mayor presión osmótica, lucios por ejemplo, no podrían hacerlo. Esta es una de las razones que explican la mayor riqueza vegetal de las vetas, ya que superados los primeros centímetros el nivel salino de estas zonas es también muy elevado.

La importancia de los primeros centímetros para la vegetación de un área salina puede observarse directamente en el campo. Basta considerar el caso extremo de algunas halófitas que originan, directa o indirectamente (eólicamente), condiciones favorables para la implantación de especies ausentes en las inmediaciones. En los matojos de las especies del género Arthrocnemum es frecuente observar especies vegetales poco o nada frecuentes en los alrededores.

Debido al potencial desarrollo ganadero previsto para amplias zonas de las marismas, es interesante efectuar algunas consideraciones acerca de la composición de su vegetación espontánea. Puede afirmarse, en general, que está bien provista de nitrógeno, registrándose valores realmente altos en algunas especies, con preferencia en algunas halófitas acumuladoras de sales que alcanzan niveles próximos a los de leguminosas (4 % y más en hojas y tallos asimiladores de Suaeda vera, Arthrocnemum perenne y A. glaucum.

Por el contrario, los valores de fósforo son bajos frecuentemente, lo cual es lógico teniendo en cuenta que los suelos de las marismas son pobres en este elemento. En zonas no tratadas, el nivel de fósforo asimilable es significativamente inferior a 20 mg/100 g, valor atribuido a los suelos moderadamente provistos en fósforo (Burriel y Hernando, 1947).

Como era de esperar, el contenido de sodio es muy elevado en la generalidad de los casos, a pesar de lo cual los contenidos de potasio no se reducen a niveles deficitarios. Las gramíneas y leguminosas presentan usualmente mayores contenidos de potasio que de sodio, a pesar de que en la solución del suelo la relación Na/K puede ser 100 e incluso mayor. En hojas y tallos asimiladores de halófitas acumuladoras de sales el nivel de sodio supera frecuentemente el valor de 15 %, mientras que el de potasio suele oscilar alrededor del 1 %.

Un rasgo distintivo de la vegetación de las marismas es su significativo nivel de magnesio, circunstancia lógica teniendo en cuenta su elevada concentración en la solución del suelo. Los órganos asimiladores de halófitas acumuladoras de sales presentan los mayores niveles.

Por último, es interesante reseñar que los contenidos de boro de la vegetación no resultan excesivos en la mayoría de los casos, a pesar de su significativa presencia en el suelo, donde son frecuentes contenidos próximos a 5 ppm. (Chaves y Murillo, 1976; Murillo et al., 1978).

1.4.2 Arenas litorales (Doñana y Mazagón).-

Para un conocimiento más racional de la vegetación de esta zona es necesario considerar la división del territorio teniendo en cuenta las diferencias ecológicas que constituyen factores determinantes de los distintos tipos de vegetación instalados sobre ellas (Allier et al., 1974).

En un sentido amplio se diferencian dos Sistemas: Sistema de arenas estabilizadas y Sistemas de arenas móviles en los cuales la vegetación existente depende fundamentalmente de la movilidad del substrato. Dentro del sistema de arenas estabilizadas se pueden separar otras dos zonas claramente delimitadas por la disponibilidad de agua, como son, los arenales secos y los arenales húmedos.

Por último hay que considerar las zonas de marismas (de cuya vegetación ya se ha tratado) y las zonas perimarismeñas en las que la salinidad y humedad condicionan la existencia de especies totalmente diferentes a las de los arenales (Allier y Bresset, 1975).

Corológicamente se puede incluir Doñana en la región Mediterránea pero manteniendo unas características climatológicas y edafológicas que determinan un tipo especial de área llamada ONUBO-GADITANO-ALGARBIENSE, muy rica en especies (Galiano y Cabezudo, 1976), que ocupa la banda litoral de Andalucía Occidental (Rivas - Martínez, 1973).

La vegetación potencial de Doñana estaría incluida dentro de la clase QUERCETA ILICIS y más concretamente en la alianza OLEO-CERATONION que agrupa a las asociaciones de clima mediterráneo térmico de la Península Ibérica (Cabezudo, 1974).

Dependiendo de la naturaleza del sustrato se determina una asociación climática arbórea dentro de la alianza anterior, caracterizada por un sustrato pobre en bases; esta asociación se denomina OLEO QUERCETUM SUBERIS que en estado óptimo formaría un bosque húmedo cuyos elementos principales serían Quercus suber (alcornoques), Arbutus unedo (madroño), Olea

europea var. Oleaster (acebuche) y Pyrus bourgeana (piruetano). Este bosque potencial se encuentra totalmente degradado en la Reserva de Doñana, existiendo solo unas manchas en las zonas más húmedas del borde de las marismas. Por degradación del bosque potencial, toman un gran incremento las especies arbustivas del sotobosque, formándose un matorral subserial típico y de naturaleza espinosa comprendido dentro de la asociación ASPARAGETO - RHAMNETUM OLEOIDES en sentido amplio, ya que existen múltiples variantes que dependen de una serie de factores diversos.

En la Reserva este espinar está caracterizado por la presencia de Asparragus stipularis, Pistacia lentiscus, Myrtus comunis, Phyllirea angustifolia, etc.

En Doñana y dentro del OLEO-CERATONION SUBERIS es posible separar una asociación instalada sobre dunas fijadas y en contacto directo con el Ammophiletum; esta asociación recibe el nombre de RHAMNO JUNIPERETUM MACROCARPAE y ocupa una pequeña banda litoral formada por dunas antiguas totalmente fijadas. Por la presencia de restos arbóreos es posible pensar que esta asociación ocupaba una zona más extensa, reducida hoy día por la actividad del sistema dunar; la especie representativa de esta asociación es Juniperus oxycedrus subsp. macrocarpa.

Como etapa degradada de la vegetación climax aparece un matorral muy característico que con pocas variaciones se extiende desde el límite dunar hasta el borde de la Marisma; la composición florística de este matorral (Galiano y Cabezudo, 1976), depende de una serie de factores tales como la profundidad de la capa freática, la estabilidad del sustrato arenoso y el tipo de cobertura arbórea (Ramírez, 1973); básicamente, el matorral estaría formado por brezos, jaras y diversas especies de genisteas y labiadas, variando la proporción de los mismos al variar los distintos factores que determinan condiciones particulares sobre cada zona específica de Doñana. Este matorral pertenece a la clase CISTOLAVANDULETEA que se asienta exclusivamente sobre terrenos silíceos, típicamente mediterráneos, aunque debido a una cierta influencia oceánica, aparecen retazos

de un matorral con una marcada analogía con los de tipo atlántico. La clase anterior ha sido dividida en dos ordenes: LAVANDULETALIA STOECHIDIS y ULICINO CISTETALIA; el matorral del primero es de tipo sabulícola y por su composición florística puede incluirse dentro de la alianza CISTION LADANIFERI cuya asociación típica es la HALIMIO-CISTUM BOURGEANI, caracterizada por la presencia de Halimium halimifolium, Ulex parviflorus, Lavandula stoechas, etc.; este jaral no es uniforme en su composición florística, ya que las variaciones en profundidad de la capa freática le afectan considerablemente.

El jaral típico de la asociación se encuentra en las zonas más elevadas y por consiguiente de freática más profunda. En las zonas deprimidas de los arenales secos y en toda la zona arenosa húmeda, el jaral típico es sustituido por un jaral-brezal caracterizado por la presencia de Calluna vulgaris y Erica scoparia.

Si la humedad del sustrato sigue aumentando, como ocurre en ciertas zonas que rodean a depresiones cubiertas de agua durante parte del año, aparece un tipo de brezal húmedo que tiene mucho en común con los brezales atlánticos y cuyas especies más características son Erica ciliaris y Ulex minor.

Las comunidades de plantas herbáceas sobre suelos ácidos, pertenecen a la clase HELIANTHEMETEA y ocupan, como comunidades pioneras, zonas arenosas parcialmente estabilizadas y zonas aclaradas del matorral.

Esta clase la podemos dividir en una serie de órdenes dependiendo entre otras cosas de las condiciones del lugar de instalación; el primero de ellos se puede considerar como pionero y está formado por asociaciones que se instalan sobre arenales semifijados, con escasa cobertura y mezcladas con especies de la Ammophiletea, formando el orden MALCOMIETALIA.

En segundo lugar existe un orden formado por asociaciones más evolucionadas que viven sobre un sustrato más o menos estabilizado, que presentan un índice de cobertura superior

al orden anterior y mayor riqueza florística; son comunidades terofíticas típicas de la alianza OLEO-CERATONION en su variante termófila, viviendo preferentemente en las zonas descubiertas del matorral subserial de dicha alianza (HELIANTEMIETALIA).

En tercer lugar existe el orden AGROSTIDETALIA que forma las comunidades más evolucionadas de la clase, con un índice de cobertura y una clara dominancia en gramíneas; ocupan zonas arenosas con un grado de humedad muy elevado y constituyen los pastizales más desarrollados de la Reserva. Como especies características de la clase HELIANTEMETEA pueden citarse: Tuberaria gutata, Malcomia lacera, Erodium bipinnatum, Tolpis barbata, Trifolium cherleri, Agrostis stolonifera, etc.

La vegetación instalada sobre todo el sistema de dunas móviles está incluida en la clase AMMOPHILETEA. Dentro de esta clase, la vegetación psammófila de la Reserva se puede incluir en el orden AMMOPHILETALIA ARUNDINACEAE, que a su vez y dependiendo de la situación en el sistema de dunas se divide en dos alianzas AMMOPHILIOM ARUNDINACEAE y CRUCIANELION MARITIMAE; la separación sobre el terreno de ambas alianzas es, en la zona de la Reserva, particularmente complicada ya que la irregular morfología del sistema de dunas hace que el solapamiento de ambas sea muy acusado (Garcia Novo et al., 1975). La primera alianza ocupa la zona de playa, dunas embrionarias y zonas del acantilado, mientras que la segunda lo hace sobre el resto del sistema dunar y zonas deprimidas con cierto grado de humedad.

La alianza AMMOPHILION ARUNDINACEAE puede ser dividida en dos asociaciones dependiendo de su localización. Ocupando la zona de playas carentes de dunas se encuentra la asociación AGROPYRETUM MEDITERRANEUM e instalada sobre las dunas embrionarias litorales y zona del acantilado, aparece la segunda asociación llamada LOTO-AMMOPHILETUM ARUNDINACEAE.

De las tres asociaciones de la alianza CRUCIANELLION MARITIMAE, la más próxima al litoral es la CRUCINELLETUM MARITIMAE. Ocupando dunas interiores, se encuentra la asociación

ARTEMISIO - AMERIETUM PUNGENTIS, y la tercera asociación, denominada ERIANTHO HOLOSCHENETUM AUSTRALIS, ocupa las depresiones más o menos húmedas que se encuentran dentro del sistema dunar.

Como especies características de esta clase pueden citarse : Ammophila arenaria, Lotus creticus, Medicago marítima, Crucianella maritima, Eryngium maritimum, Euphorbia paralias, etc.

Por último, y en el sistema de dunas, es posible encontrar representación de la clase CAKILETEA MARITIMA, como producto de la incidencia humana que de modo paulatino va cambiando las condiciones naturales de la zona. Dicha representación viene dada por la presencia de Cakile maritima y Salsola kali entre otras especies.

2. CARACTERIZACION DE LOS SUELOS

En este capítulo se lleva a cabo una caracterización de los suelos estudiados, a través de la descripción de campo, determinaciones analíticas y clasificación taxonómica de los mismos.

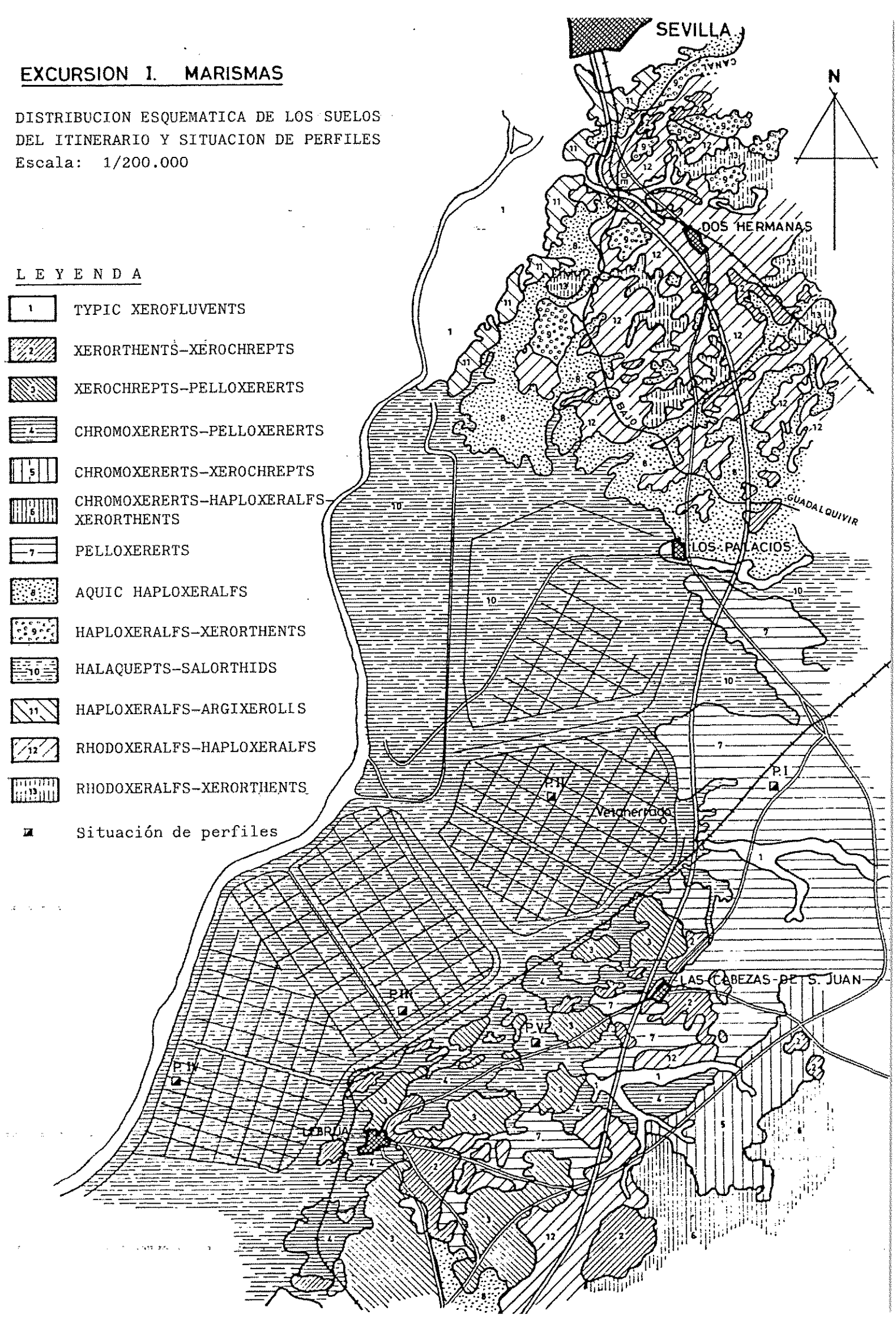
La metodología utilizada ha sido la siguiente: Descripción morfológica del perfil: de acuerdo con los criterios desarrollados por FAO (1966). Determinaciones químicas generales: reacción del suelo (pH), carbono y materia orgánica (método de Walkey-Black), nitrógeno (método Kjeldahl), carbonatos, elementos asimilables, e hierro, siguiendo procedimientos similares a los descritos por el Soil Conservation Service (USDA, 1972). Determinaciones físicas y fisicoquímicas: análisis granulométrico, conductividad hidráulica en muestras naturales saturadas de agua, porosidad, densidad aparente, retención de agua y capacidad de cambio total, de acuerdo con los procedimientos descritos por el Soil Conservation Service (USDA, 1972). Determinaciones en el extracto de pasta saturada: reacción del suelo (pH), conductividad eléctrica, aniones y cationes solubles, y relación de absorción de sodio (SAR), según metodología establecida por el U.S. Salinity Laboratory (1973).

Determinaciones mineralógicas: preparación e interpretación laminar para mineralogía de arenas (Pérez Mateos, 1965); mineralogía de arcillas (Brown, 1961). Determinaciones micromorfológicas: preparación e interpretación laminar (Olmedo, 1970; Brewer, 1964; Jongerius, 1970).

La clasificación taxonómica de los suelos se ha realizado siguiendo el sistema definido por el Soil Survey Staff (1975). Al mismo tiempo se establece una correlación con los grupos de la clave de suelos de F A O (1974), así como con las categorías del sistema de la clasificación francesa de suelos (C P C S, 1967).

EXCURSION 1. MARISMAS

DISTRIBUCION ESQUEMATICA DE LOS SUELOS DEL ITINERARIO Y SITUACION DE PERFILES
Escala: 1/200.000



L E Y E N D A

1 TYPIC XEROFLUVENTS

2 XERORTHENTS-XEROCHREPTS

3 XEROCHREPTS-PELLOXERERTS

4 CHROMOXERERTS-PELLOXERERTS

5 CHROMOXERERTS-XEROCHREPTS

6 CHROMOXERERTS-HAPLOXERALFS-XERORTHENTS

7 PELLOXERERTS

8 AQUIC HAPLOXERALFS

9 HAPLOXERALFS-XERORTHENTS

10 HALAQUEPTS-SALORTHIDS

11 HAPLOXERALFS-ARGIXEROLLS

12 RHODOXERALFS-HAPLOXERALFS

13 RHODOXERALFS-XERORTHENTS

Situación de perfiles

2.1 EXCURSION I (MARISMAS)

2.1.1 Descripción general de los suelos del itinerario.-

Se sale de Sevilla atravesando el río Guadaira con su estrecha vega que enlaza con la del Guadalquivir hacia la derecha (Xero Fluvents). Inmediatamente se circula hasta Bellavista por la terraza de suelos pardo-rojizos con acumulación caliza pulverulenta y nodular en profundidad y con un horizonte de acumulación de sesquióxidos que en la mayoría de los casos es ya argílico (Calcic Haploxeralfs).

Hacia Dos Hermanas continúan estos suelos que conectan directamente, a la altura de dicho pueblo, con suelos rojos desarrollados sobre calcarenitas del Alcor, saheliense (Typic Rhodoxeralfs). Estos suelos, que se extienden entre Dos Hermanas y Carmona, dan paso, justo en el desvío de la autopista de Cádiz, a suelos rojos, pero con costra caliza, que corresponden a una formación de terraza (Calcic Rhodoxeralfs).

En todo el trayecto hasta Los Palacios se alternan con pequeñas zonas elevadas de suelos erosionados calcimorfos (Calcixerollic Xerochrepts) o con depresiones hidromórficas, como la que se cruza en las proximidades del emplazamiento de la antena de Radio Nacional de España (Aquic Haploxeralfs).

La zona es típica de olivar, aunque en las áreas últimamente comentadas puede observarse la sustitución por otros cultivos.

A la altura del cauce del Canal del Bajo Guadalquivir, antes de Los Palacios, aparecen suelos arenosos dedicados a viñedos y cultivos hortícolas. Estas arenas, en principio, descansan sobre materiales calcáreos, para dar más adelante suelos hidromorfos con pseudogley en profundidad (Xeropsamments y Aquic Haploxeralfs).

A partir de Los Palacios el cambio es drástico. El relieve de muy suaves ondulaciones, que se venía observando, pasa a ser completamente llano, principalmente hacia la derecha

del sentido de marcha, perdiéndose casi en el horizonte, con predominio de suelos vérticos (Pelloxererts, en su mayoría sobre margas) que bordean las amplias extensiones de las marismas en recuperación, de la margen izquierda (Secciones I, II y III).

El perfil I es representativo de los vertisoles de este área. Se trata de un típico Pelloxerert sobre margas, similares a las que afloran en las inmediaciones de Las Cabezas de San Juan. Sin embargo, los vertisoles de la finca "El Torbiscal" se encuentran sobre sedimentos calizos de terraza. Aunque estamos en la zona de contacto de ambas familias de vertisoles, falta un trabajo detallado de prospección para separarlas, ya que por su aspecto externo el suelo no presenta diferencias morfológicas apreciables directamente, ni por fotointerpretación se encuentran criterios de separación.

Igualmente, los suelos que conectan con estos vertisoles y que se incluyen en el amplio concepto de suelos salinos de la Marisma, ofrecen un marcado carácter vértico en las áreas ya puestas en cultivos de regadío.

Esto puede observarse en la ruta hacia el perfil II (finca Quevedo de la empresa COTEMSA). Dicho perfil se encuentra ya en zona francamente salina, correspondiendo a terrenos cultivados de arroz durante 19 años consecutivos (Sección II). De este perfil se pasa a la zona de la Sección III, en donde se puede apreciar la labor que realiza el Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA), en la recuperación de estos terrenos. Se visita primeramente el perfil III que corresponde a un suelo recuperado, en parte, y que viene cultivándose durante años de cereales (trigo principalmente).

El perfil IV, situado cerca del curso del río Guadalquivir, corresponde a un terreno no cultivado y sólo sometido a drenaje abierto durante varios años. Las características de este perfil parecen corresponder a las de un Typic Halaquept

En el recorrido de tarde se vuelve por Lebrija hacia Cabezas de San Juan. A la altura del pueblo de Lebrija, y a

la salida del mismo se observan suelos calcimorfos sobre areniscas calizas pliocenas (Rendollic Xerorthents) con olivar y viña, para pasar a suelos de suaves ondulaciones y cultivos en secano de cereales, girasol y remolacha principalmente (Vertic Xerochrepts y Chromoxererts) desarrollados sobre margas.

El perfil V, situado en la zona de Val de Ojos, corresponde a un vertisol con alto contenido en sales.

Finalmente, a la altura de Las Cabezas de San Juan, situado sobre calizas margosas (Calcixerollic Xerochrepts) se regresa a Sevilla por la autopista de Cádiz.

2.1.2 Estudio de perfiles.-

PERFIL I (Torres Marismas) Fecha: 16-II-78

Clasificación : Typic Pelloxerert

Ubicación : Término de Utrera (Sevilla); finca "Torres Marismas"; a 150 m en desvío a Trajano desde carretera Los Palacios - Las Cabezas de San Juan.

Altitud : 10 metros

Forma del terreno: - Posición fisiográfica: Llanura de relieve subnormal.
- Forma del terreno circundante: Plano.
- Microtopografía: Surcos de labor.

Pendiente : Menor del 2 %, plano.

Vegetación y uso de la tierra: Gramíneas, malváceas, crucíferas, liliáceas. Cultivo de trigo; girasol el año anterior.

Material originario: Sedimentos de caliza margosa.

Drenaje : Imperfectamente drenado (Clase 2).

Condiciones de humedad del suelo: Moderadamente húmedo.

Profundidad de la capa freática: No se aprecia.

Pedregosidad o rocosidad : Sin piedras ni afloramientos rocosos.

Evidencia de erosión : No visible.

Presencia de sales: Aparentemente libre (Clase 0).

Influencia humana: Efectos del laboreo y abonado.

BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL.

El perfil es profundo y texturalmente uniforme. En corte reciente no muestra un claro desarrollo de estructura, apareciendo masivo, especialmente bajo la capa arable. La estructura típica de vertisol aparece al cabo de cierto tiempo expuesto al aire. Los agregados presentan un típico lustre de superficies de deslizamientos así como fractura concoidea. La reacción es moderadamente caliza, aumentando visiblemente en el horizonte BC. Ligeras eflorescencias salinas en estado seco.

DESCRIPCION DEL PERFIL.

Ap_1 0-20 cm. Gris oscuro (10 YR 4/1), gris muy oscuro (10 YR 3/1) en húmedo; arcilloso; estructura poliédrica subangular media, fuertemente desarrollada en superficie y en seco, con tendencia a migajosa en húmedo, agregados terrosos de superficies mates, con fractura concoidea; plástico y adherente en mojado y algo firme en húmedo, duro en seco; algunos poros muy finos discontínuos; escasas raíces finas y muy finas; escasa actividad biológica; abundantes concreciones calizas muy pequeñas; límite gradual.

Ap_2 20-40 cm. Gris oscuro (10 YR 4/1) en húmedo; arcilloso; estructura migajosa media y fina, poco desarrollada, poco estable, tendiendo a masiva, agregados de superficies algo lustrosas, con fractura de tendencia concoidea; plástico y adherente en mojado, duro en seco, firme en húmedo; algunos poros muy finos y finos, cavidades más gruesas aisladas; algunas raíces finas; escasa actividad biológica; frecuentes concreciones calizas muy pequeñas; límite gradual.

B_{11} 40-60 cm. Gris oscuro (10 YR 4/1) en húmedo; arcilloso; estructura masiva, con tendencia a formar agregados poliédricos pequeños y medianos de caras lustrosas, con zonas más terrosas y menos estructuradas; plástico y adherente en mojado, firme en húmedo, muy duro en seco; algo compacto, con algunos poros finos; algunas raíces finas; actividad biológica escasa y discontínua; pocas concreciones calizas muy pequeñas; límite gradual a difuso.

B_{12} 60-80 cm. Gris oscuro (10 YR 4/1) en húmedo; arcilloso; estructura poliédrica poco desarrollada; con caras de agregados algo lustrosas, aspecto masivo en cortes recientes; plástico y adherente en mojado, firme en húmedo, muy duro en seco; muy escasas raíces; sin actividad biológica apreciable; concreciones calizas muy pequeñas y muy escasas; límite gradual/neto.

B_2 80-120 cm. Gris oscuro a muy oscuro (10 YR 4/1 3/1) en húmedo; arcilloso; estructura de gruesos bloques poliédricos, con caras de agregados nítidamente lustrosas (slikensides), masivo en corte reciente; plástico y adherente en mojado, muy firme en húmedo, muy duro en seco; poros finos muy escasos; sin raíces; sin actividad biológica apreciable; concreciones calizas muy pequeñas aisladas; límite gradual.

B C 120- cm. Pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2), con vetas difusas gris oscuras (10 YR 4/1) y pardas (10 YR 5/3) en húmedo; arcilloso; masivo (sin agregados es

tructurales visibles en cortes recientes); plástico y adherente en mojado, firme en húmedo; compacto; reacción caliza más intensa que en los horizontes anteriores.

COMENTARIO.

Los suelos representados por este perfil ocupan áreas de relieve llano o suavemente deprimidos, formando polipedones extensos.

Son suelos oscuros, arcillosos y profundos que constituyen los típicos "bujeos" o "tierras negras andaluzas" que, en esta zona, forman transición entre otros suelos de terraza y los de las marismas.

Generalmente están dedicados a cultivos de cereales, girasol y algodón, principalmente en régimen de regadío en muchos casos.

Entre sus características morfológicas y analíticas destacan: la textura arcillosa; un profundo agrietamiento que perdura por más de 60 días consecutivos en el verano; agregados ligeramente inclinados; chromas inferiores a 1'5, tanto en seco como en húmedo, a más de 1 m de profundidad; la presencia de caras de agregados que muestran superficies de deslizamiento (slikensides); el progresivo descenso en el contenido en materia orgánica con la profundidad (tabla 2); la baja proporción de sales solubles, entre las que dominan los sulfatos, en los primeros 80 cm (tabla 3); la alta capacidad de cambio catiónico (tabla 4) y alta saturación de bases con predominio de calcio y magnesio; y el contenido dominante en arcilla expandible de tipo 2:1 (montmorillonita) (tabla 5).

En cuanto a su micromorfología (tabla 23) y micromineralogía (tabla 6) la S-matrix hialina y la porfirosquélica distribución relacionada corresponden a un vertisol. Se observan cutanes en todo el perfil aunque no existen diferencias apreciables en el contenido de arcilla de los distintos horizontes; sin embargo, el contenido de turmalina disminuye hasta un mí-

nimo en el horizonte B_{12}. Los contenidos de circón son variables, no siguiendo un orden determinado, lo que puede asociarse a sucesivas sedimentaciones, especialmente marcadas en el paso del B_{11} al B_{12}, como confirma el contenido de granate y de opacos.

La moscovita aumenta, en general, con la profundidad, mostrando así el correspondiente incremento de la meteorización. La porosidad es media; disminuyendo con la profundidad; la permeabilidad es apreciable, en superficie, disminuyendo fuertemente a continuación, para en profundidad aumentar sensiblemente en el horizonte B_2, lo que confirma la discontinuidad marcada por la mineralogía de arenas.

En el contenido de carbonatos se observan igualmente diferencias entre los horizontes B_{11} y B_{12}, existiendo neocutanes calizos en superficie y en el horizonte B_2, lo que está de acuerdo con lo expuesto en el párrafo anterior.

El perfil se ha clasificado como Vertisol, de régimen Xérico de humedad, o Typic Pelloxerert. Según la clave F A O puede clasificarse como Vertisol Pélico. En la clasificación francesa como un Vertisol con estructura angulosa y drenaje externo reducido.

TABLA 2 Determinaciones químicas generales

Horiz.	Prof. (cm)	pH		C	N	C/N	$CO_3^=$	Asimilables (mg/100 g)				Hierro (%)		
		H_2O	ClK	(%)	(%)		(%)	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Total	Libre*	Libre**
Ap_1	0-20	7,6	6,4	0,98	0,10	9,8	8,6	32	32	744	102	5,18	0,38	1,48
Ap_2	20-40	7,6	6,3	0,60	0,08	7,5	9,7	4	13	792	88	5,35	0,41	1,48
B_{11}	40-60	7,4	6,4	0,57	0,07	8,1	7,8	7	5	756	117	5,40	0,05	1,48
B_{12}	60-80	7,4	6,4	0,70	-	-	9,1	7	6	744	131	5,40	0,44	1,48
B_2	80-120	7,9	6,5	0,55	-	-	9,4	5	5	720	114	5,40	0,44	1,48
BC	120-	7,8	6,6	0,51	0,04	12,7	17,9	8	7	624	102	5,00	0,38	1,28

* Deb.

** Endredy.

TABLA 3 Determinaciones en el extracto de pasta saturada

Horiz.	Prof. (cm)	pH	C.E. x 10^3	Aniones (meq/l)					Cationes (meq/l)					SAR
				$CO_3^=$	CO_3H^-	Cl^-	$SO_4^=$	Total	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	Total	
Ap_1	0-20	7,8	1,22	0,00	5,25	4,99	5,00	15,24	10,00	-	4,40	0,32	-	
Ap_2	20-40	7,4	0,95	0,00	3,28	4,99	7,10	15,37	6,00	8,00	3,20	0,16	17,36	1,21
B_{11}	40-60	7,3	1,24	0,00	3,28	6,98	7,20	17,46	9,00	-	4,00	0,08	-	
B_{12}	60-80	7,4	1,31	0,00	2,62	5,98	7,30	15,90	8,00	1,56	7,20	0,08	16,84	3,29
B_2	80-120	8,0	1,68	0,00	5,25	9,97	-	-	-	-	14,40	0,08	-	
BC	120-													

TABLA 4 Determinaciones físicas y capacidad de cambio catiónico

Horiz.	Prof. (cm)	d.a. (g/cm^3)	Por. (%)	c.h. (cm/h)	Ret. agua (% peso)			Análisis granul. (% <2 mm)				c.c.c. (meq/100g)
					1/10 bar	1/3 bar	15 bar	2-0,2	0,2-0,05	0,05-0,002	<0,002	
Ap_1	0-20	1,24	53,21	3,2	41,41	39,13	34,37	2,2	7,5	31,0	59,0	44,40
Ap_2	20-40	1,24	53,21	<0,1	39,52	35,67	30,20	2,0	8,7	29,8	59,0	40,70
B_{11}	40-60	1,26	52,45	0,6	36,06	32,61	27,71	2,0	8,1	30,5	58,5	39,80
B_{12}	60-80	1,30	50,94	0,6	35,36	32,39	28,21	3,0	7,8	30,7	59,0	36,90
B_2	80-120	1,30	50,94	10,1	35,15	32,45	28,49	3,2	10,0	27,5	59,0	41,60
BC	120-	-	-	-	-	-	-	2,9	6,8	25,0	65,0	35,30

TABLA 5 Estimación semicuantitativa de minerales de la fracción arcilla y determinaciones de K_2O, Na_2O y Fe

Horiz.	Prof. (cm)	Montmorillonita (%)	Ilita (%)	Caolinita (%)	Clorita (%)	Fe (%)	K_2O (%)	Na_2O (%)
Ap_1	0-20	49	32	11	7	2,43	2,08	0,8
Ap_2	20-40	44	33	14	8	2,82	-	-
B_{11}	40-60	47	32	12	9	2,46	-	-
B_{12}	60-80	48	32	11	9	2,70	-	-
B_2	80-120	51	31	11	7	3,00	-	-
BC	120-	55	26	12	7	3,00	1,96	2,8

TABLA 6 Frecuencia relativa de minerales en la fracción arena (0,2 - 0,02 mm)

Horizontes	Ap_1	Ap_2	B_{11}	B_{12}	B_2	BC
Profundidad (cm)	0-20	20-40	40-60	60-80	80-120	120-
			%			
Minerales d < 2,87	99,72	99,75	99,83	99,75	99,79	99,84
Minerales d > 2,87	0,28	0,25	0,17	0,25	0,21	0,16
			Minerales d > 2,87			
Actinolita	-	-	0,5	-	-	1,-
Anatasa	-	0,8	0,5	0,6	-	-
Andalucita	6,9	5,7	6,-	9,-	7,1	9,6
Anhidrita	-	-	-	0,3	-	-
Apatito	0,4	-	-	0,6	-	0,5
Augita	0,4	0,4	0,5	-	0,5	-
Biotita	1,3	2,7	1,-	0,3	0,5	-
Broquita	0,4	1,9	1,-	1,5	1,-	-
Circón	6,5	9,5	9,5	9,4	8,1	10,7
Clinozoisita	0,4	-	0,5	-	1,-	-
Clorita	0,9	-	1,-	-	0,5	-
Diópsido	1,3	0,8	2,5	1,3	2,-	1,1
Distena	-	-	-	-	-	2,7
Dumortierita	-	0,4	-	-	0,5	-
Enstatita	-	-	0,5	-	-	-
Espinela	-	-	-	0,3	-	-
Estaurolita	1,3	0,8	0,5	-	0,5	-
Glaucofana	0,9	-	-	-	-	-
Granate	3,9	3,4	3,-	6,8	6,1	2,7
Hiperstena	0,4	-	-	0,3	2,6	1,1
Hornblenda	1,3	0,8	-	1,6	1,5	-
Moscovita	0,4	0,4	1,-	1,9	1,-	4,8
Monacita	-	-	-	-	-	0,5
Olivino	-	0,8	1,-	0,6	0,5	1,1
Rutilo	-	0,4	-	0,6	-	0,5
Silimanita	0,9	-	1,-	1,3	0,5	-
Titanita	2,6	1,5	1,-	1,-	1,5	-
Topacio	-	-	1,-	0,3	1,-	-
Tremolita	0,4	-	-	-	-	0,5
Turmalina	2,6	2,3	2,-	1,6	3,6	4,8
Opacos	66,8	67,6	67,5	61,4	56,6	58,3

PERFIL II (C O T E M S A) Fecha: 18-XI-77

Clasificación : Halaquept

Ubicación : Término de Las Cabezas de San Juan (Sevilla); finca "Quevedo" COTEMSA.

Altitud : Menos de 10 metros.

Forma del terreno : - Posición fisiográfica: Llanura aluvial (marisma)
- Forma del terreno circundante: Plano.
- Microtopografía: Liso, con agrietamiento poligonal.

Pendiente : Menor del 1 %, llano.

Vegetación y uso de la tierra : Cultivado de arroz ininterrumpidamente durante 19 años.

Material originario : Sedimentos arcillosos de relleno de estuario.

Drenaje : Escasamente drenado (Clase 1).

Condiciones de humedad del suelo: Muy húmedo desde la superficie.

Profundidad de la capa freática: 1,5 metros.

Pedregosidad o rocosidad : Sin piedras ni afloramientos rocosos.

Evidencia de erosión : No visible.

Presencia de sales: Moderadamente afectado por sales en los 20 primeros centímetros, (Clase 1), fuertemente afectado, pasada esta profundidad (Clase 3).

Influencia humana: Propias de la dedicación a arrozales. Horizontes de fangueo (enterramiento de rastrojos de arroz).

BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL.

Perfil de tipo A B C arcilloso, muy húmedo, plástico y adherente, en el que destaca una capa arable de color muy oscuro, negro azulado (horizonte de "fangueo") con abundantes restos de raíces y rastrojos muy entramados, que mejoran ligeramente la estructura. En los horizontes que siguen, el hidromorfismo es evidente así como la presencia de micelios o recristalizaciones de yeso, formando un entramado reticular recto.

DESCRIPCION DEL PERFIL.

Ap_1 0-5 cm. Pardo gris oscuro (2,5 Y 4,5/2) en húmedo, con finas vetas difusas de color pardo amarillento (10 YR 5/4) que coinciden con finos canalículos radiculares, pequeñas manchas o concreciones ferruginosas negras; arcilloso; estructura migajosa mediana, débilmente desarrollada; plástico y adherente en húmedo; frecuentes poros finos y medianos dendríticos, discontínuos; abundantes raíces finas y muy finas así como restos medianamente descompuestos de rastrojos de arroz; escasa actividad biológica; calcáreo; límite brusco y discontínuo.

Ap_2 5-20 cm. Gris muy oscuro (7,5 YR 3,5/0) en húmedo; arcilloso; estructura masiva, sin agregados visibles; muy plástico y adherente; algunos poros muy finos; abundantes restos de rastrojos de arroz y raíces descompuestas muy entramados; escasa actividad biológica; calcáreo; límite brusco y algo ondulado.

B g 20-30 cm. Pardo a pardo oscuro (10 YR 4/3) en húmedo, con vetas finas aisladas grises (5 Y 5/1) y manchas muy difusas pardo amarillentas (10 YR 5/4) abundantes, con algunas manchas o concreciones negras muy pequeñas; arcilloso; estructura masiva; muy plástico y adherente, muy firme en húmedo; muy compacto; sin actividad biológica apreciable; algunas raíces muy finas aisladas; calcáreo; límite gradual.

$C_1 g$ 30-55 cm. Color abigarrado difuso, de matriz parda a pardo oscura (10 YR 4/3) en húmedo, con vetas finas y medianas alargadas grises (2,5 Y 5/0) y manchas difusas pardas a pardo oscuras (7,5 YR 4/4) paralelas a las vetas grises; arcilloso; estructura poliédrica subangular ligeramente desarrollada, tendiendo a masiva, con agregados de caras algo lustrosas; muy plástico y adherente, muy firme en húmedo; frecuentes concreciones pequeñas; compacto; sin actividad biológica ni raíces; calcáreo; límite gradual.

$C_2 g$ 55-100 cm. Color abigarrado muy difuso, de matriz parda (7,5 YR 5/4) en húmedo, con manchas o concreciones ferruginosas muy oscuras de tamaño mediano, con frecuentes micelios o túbulos cristalinos de yeso ligeramente duros y frágiles, rellenando huecos radiculares de 2 a 3 mm de diámetro; arcilloso; masivo; muy plástico y adherente; calcáreo; límite difuso.

C_3g 100 - cm. Color abigarrado, pardo (10 YR 5/3) y pardo fuerte (7,5 YR 5/6) en húmedo, con finas vetas grises que siguen los canalículos radiculares, bordeadas de manchas pardo fuertes (7,5 YR 5/6) en húmedo. Iguales características generales que el horizonte anterior, con micelios, en este caso, formando una red más poligonal entrecruzada; frecuentes nódulos ferruginosos oscuros.

COMENTARIO .

Se trata de un suelo de marisma que por su prolongado uso en cultivo de arroz ha perdido parte de su contenido en sales solubles de la capa arable (20 cm) (tabla 8).

El intenso color negro azulado que aparece inmediatamente debajo de la superficie, procede de la descomposición del rastrojo de arroz enterrado en medio muy húmedo (horizonte de "fangueo").

La conductividad eléctrica, superior a 4 mmhos/cm, y alto valor del S.A.R. (tabla 8), así como su pH inferior a 8, (tabla 7), sitúan a este suelo dentro de un típico suelo salino (U.S.S.L., 1973).

El claro aumento del contenido en arcilla que se aprecia inmediatamente bajo la capa arable, entre 20 y 30 cm (tabla 9), parece indicar la posible existencia de un horizonte iluvial. Este horizonte presenta una compactación apreciable debido al laboreo mecánico a que desde hace tiempo están sometidos estos terrenos. También se aprecia en él un importante aumento del contenido de sulfatos (tabla 8).

En cuanto a sus características micromorfológicas y mineralógicas, la distribución relacionada porfirósquélica, junto al aspecto hialino de la masa, indican un carácter vértico que se apoya con el dominio en la fracción arcilla de ilita (tabla 10) con alta saturación en sodio.

En el horizonte situado entre 20 y 30 cm se observan cutanes de iluviación y de deslizamiento, una contextura plásmica causépica, así como una disminución en el contenido de circón (tabla 11).

El aumento con la profundidad del contenido en moscovita y del de hierro libre indica un aumento de la meteorización, favorecido por el régimen de humedad existente (ácuico).

Este suelo se clasifica dentro del Gran Grupo de Halaquepts, subgrupo Vertic Halaquepts, de la Soil Taxonomy. En el sistema FAO, respondería a las características de un Solonchak gleico. Según otros autores (Kyuma, 1966) estos suelos cultivados de arroz podrían integrarse dentro de un gran grupo denominado Aquorizems, aunque reconocen que esta expresión no puede encajar en el sistema actual americano. En la clasificación francesa correspondería a un suelo salino.

TABLA 7 Determinaciones químicas generales

Horiz.	Prof. (cm)	pH		C	N	C/N	$CO_3^=$	Asimilables (mg/100 g)				Hierro (%)		
		H_2O	ClK	(%)	(%)		(%)	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Total	Libre*	Libre**
Ap_1	0-5	7,8	7,2	1,90	0,21	9,0	12,1	9	50	408	175	6,34	1,32	1,76
Ap_2	5-20	7,8	7,1	1,82	0,19	9,6	12,0	9	50	324	126	6,05	1,26	1,70
Bg	20-30	7,9	7,2	0,76	0,10	7,6	8,9	22	47	211	173	6,34	1,37	1,98
C_1g	30-55	8,0	7,3	0,72	0,06	12,0	7,7	32	53	430	160	6,34	1,57	2,20
C_2g	55-100	7,9	7,2	0,51	0,05	10,2	6,9	28	56	576	265	6,34	1,90	2,30
C_3g	100-	7,7	7,2	0,47	0,05	9,4	2,1	21	56	744	277	6,34	2,14	2,84

* Deb.

** Endredy.

TABLA 8 Determinaciones en el extracto de pasta saturada

Horiz.	Prof. (cm)	pH	C.E. x 10^3	Aniones (meq/l)					Cationes (meq/l)					SAR
				$CO_3^=$	CO_3H^-	Cl^-	$SO_4^=$	Total	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	Total	
Ap_1	0-5	7,0	6,91	0,00	3,94	34,90	61,50	100,34	32,00	42,00	34,00	2,00	110,00	5,59
Ap_2	5-20	7,4	6,91	0,00	3,94	24,93	54,70	83,57	38,00	26,00	28,40	2,08	94,48	5,02
Bg	20-30	7,0	28,16	0,00	3,94	304,14	125,50	433,58	60,00	100,00	310,00	4,24	474,24	34,68
C_1g	30-55	7,3	12,88	0,00	3,28	-	-	-	22,00	28,00	120,00	1,60	171,60	-
C_2g	55-100	7,1	23,76	0,00	3,93	294,17	70,20	368,30	50,00	84,00	270,00	2,56	406,56	32,97
C_3g	100-	7,4	34,56	0,00	3,28	476,16	81,45	560,89	64,00	133,00	420,00	3,96	620,96	42,34

TABLA 9 Determinaciones físicas y capacidad de cambio catiónico

Horiz.	Prof. (cm)	d.a. (g/cm^3)	Por. (%)	c.h. (cm/h)	Ret. agua (% peso)			Análisis granul. (% <2 mm)				c.c.c. meq/100g
					1/10 bar	1/3 bar	15 bar	2-0,2	0,2-0,05	0,05-0,002	<0,002	
Ap_1	0-5	0,96	63,77	0,2	60,13	54,99	48,08	1,0	1,5	32,0	63,0	20,00
Ap_2	5-20	0,99	62,83	0,1	58,97	53,64	44,49	0,5	1,0	27,5	68,0	20,00
Bg	20-30	1,27	52,08	0,2	40,62	39,91	34,48	0,2	1,0	28,1	70,9	-
C_1g	30-55	1,34	49,43	<0,1	39,33	38,18	32,18	0,3	1,0	39,5	59,0	22,61
C_2g	55,100	1,23	53,78	<0,1	51,23	49,30	41,15	0,3	0,7	38,5	60,0	27,14
C_3g	100-	1,10	58,49	0,2	51,88	50,40	42,26	0,3	1,5	33,0	65,0	25,33

TABLA 10 Estimación semicuantitativa de minerales de la fracción arcilla y determinaciones de K_2O, Na_2O y Fe

Horiz.	Prof. (cm)	Montmorillonita (%)	Ilita (%)	Caolinita (%)	Clorita (%)	Fe (%)	K_2O (%)	Na_2O (%)
Ap_1	0-5	6	75	13	5	1,92	3,80	2,0
Ap_2	5-20	7	73	13	7	2,04	-	-
Bg	20-30	8	75	12	5	2,91	-	-
C_1g	30-55	9	74	13	5	2,97	-	-
C_2g	55-100	20	60	15	5	-	-	-
C_3g	100-	23	60	12	5	-	-	-

TABLA 11 Frecuencia relativa de minerales en la fracción arena (0,2 - 0,02 mm)

Horizontes	Ap_1	Ap_2	Bg	C_1g	C_2g	C_3g
Profundidad (cm)	0-5	5-20	20-30	30-55	55-100	100-
			%			
Minerales d < 2,87	99,93	99,94	99,93	99,96	99,94	99,92
Minerales d > 2,87	0,07	0,06	0,07	0,04	0,06	0,08
			Minerales d > 2,87			
Anatasa	-	-	-	-	-	1,2
Andalucita	7,-	6,2	5,9	3,7	14,4	7,7
Apatito	1,5	3,1	4,2	4,2	6,8	3,6
Augita	-	-	-	0,5	0,7	-
Broquita	1,-	-	0,4	-	0,7	-
Circón	8,5	6,2	5,5	8,4	6,8	8,9
Clinozoisita	-	-	0,4	-	1,4	0,6
Clorita	-	0,6	0,4	-	-	1,2
Diópsido	3,-	2,4	4,2	5,3	2,7	6,5
Distena	2,-	6,2	2,6	3,2	1,4	4,2
Dumortierita	-	-	0,4	-	-	0,6
Enstatita	-	-	0,4	-	-	-
Espinela	-	0,6	2,6	-	1,9	1,8
Espodumena	0,5	-	-	-	-	-
Estaurolita	-	0,6	0,4	-	0,7	0,6
Granate	4,-	1,2	5,1	2,1	3,9	2,4
Hiperstena	1,-	0,6	1,3	-	-	0,6
Hornblenda	3,5	3,1	1,7	2,1	0,7	0,6
Moscovita	2,-	1,2	5,1	5,8	13,6	5,3
Olivino	3,5	-	1,3	0,5	-	0,6
Rutilo	-	0,6	0,4	1,1	1,4	1,2
Silimanita	0,5	1,2	1,7	3,2	0,7	1,2
Titanita	4,5	4,9	3,8	3,2	5,8	4,8
Topacio	3,5	0,6	2,5	2,6	3,9	3,6
Turmalina	2,-	1,8	3,8	2,1	1,9	1,8
Opacos	54,2	58,4	46,2	62,-	29,9	46,1

PERFIL III (IRYDA) Fecha: 21-VII-78

Clasificación : Vertic Halaquept

Ubicación : Término de Lebrija (Sevilla); Subsector B de la Sección III de marismas: frente a torre de observación.

Altitud : 5 metros

Forma del terreno: - Posición fisiográfica: Llanura aluvial.
- Forma del terreno circundante: Plano.
- Microtopografía:

Pendiente : Menor del 2 %.

Vegetación y uso de la tierra : Terreno cultivado de cereal. Rastrojo de trigo.

Material originario : Sedimentos arcillosos de relleno de estuario.

Drenaje : Escasamente drenado en estado natural (Clase1).

Condiciones de humedad del perfil: Seco en superficie; progresivamente húmedo con la profundidad.

Profundidad de la capa freática: 1,7 metros.

Pedregosidad o rocosidad : Sin piedras ni afloramientos rocosos.

Evidencia de erosión : No visible.

Salinidad : Ligeras eflorescencias en superficie en estado seco.

Influencia humana: Efectos del laboreo.

BREVE DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL.

Se trata de un suelo de marisma que ha sido sometido a un proceso de drenaje durante varios años y posteriormente puesto en cultivo. El perfil muestra una estructura más desarrollada en la capa arable y un moderado descenso en el contenido de sales solubles. En los horizontes más profundos se detectan importantes micelios o recristalizaciones salinas (yeso) y señales de hidromorfismo por encima del nivel freático. A poco más de dos metros de profundidad aparece la arcilla gris oscura flandriense. Existe un aparente carácter vértico.

DESCRIPCION DEL PERFIL.

Ap 0-20 cm. Pardo grisáceo (10 YR 5,5/2) en seco, pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en húmedo; arcilloso; estructura en gruesos bloques prismático columnares, fuertemente desarrollada en los diez primeros centímetros, con subestructura poliédrica subangular gruesa, de fractura subconcoidea, de superficies finamente rugosas y mates; plástico y adherente en mojado, firme a friable en húmedo, muy duro en seco, abundantes poros finos, poros medianos comunes y algunos poros gruesos; raíces muy finas abundantes; actividad biológica muy escasa; muy calcáreo; frecuentes concreciones pequeñas de yeso; límite suavemente ondulado y gradual.

Bg 20-40 cm. Color abigarrado difuso, con moteado fino, de matriz parda (10 YR 5/3) en húmedo; arcilloso; estructura masiva que rompe en bloques prismático-columnares algo más pequeños que en el horizonte anterior; plástico y adherente en mojado, firme a friable en húmedo, duro en seco; abundantes poros finos y galerias con algunas deyecciones; frecuentes a abundantes raíces muy finas y finas; buena actividad biológica discontínua; muy calcáreo; concentración de concreciones y micelios de yeso en banda comprendida entre 25 y 35 centímetros; límite difuso.

C_1g 40-80 cm. Color abigarrado más definido, de matriz parda (10 YR 5/3) en húmedo, con vetas grises (5 Y 5,5/1) y vetas pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en húmedo; arcilloso; estructura masiva que rompe en bloques prismático-columnares o prismático-subangulares; plástico y adherente en mojado, muy firme en húmedo; abundantes poros finos, menos galerias que en el horizonte anterior, de 2 a 4 mm de diámetro; actividad biológica moderada y discontínua; frecuentes micelios de yeso que se concentran en la base del horizonte, formando una banda más difusa que antes; concreciones y manchas ferruginosas más frecuentes, más gruesas y definidas con la profundidad, vetas grises a lo largo de canalículos y galerías; muy calcáreo; límite gradual.

C_2g 80-220 cm. Color abigarrado, con manchas más gruesas y definidas que en el horizonte anterior, grises (5 Y 6/1), pardas a pardo oscuras (7,5 YR 4/4) y pardas (7,5 YR 5/4); arcilloso; estructura masiva, con tendencia a poliédrica mediana; muy plástico y adherente en mojado; muy firme en húmedo; poros y canalículas muy finos y finos tubulares entrecruzados, frecuentes concreciones ferruginosas no contínuas; calcáreo; límite gradual.

IIC_1 220-350 cm. Gris oscuro (10 YR 4/1) en húmedo; arcilloso a arcillo-limoso; estructura masiva; muy plástico y adherente en mojado, muy firme en húmedo; compacto; calcáreo; límite difuso.

IIC_2 350 - cm. Iguales características anteriores, con la presencia de abundantes trozos de finas conchas.

COMENTARIO . (1)

Este perfil representa a un suelo recuperado para uso agrícola en el que se observa, en primer lugar, una estructura más desarrollada del horizonte B que en el perfil anterior.

Existe un importante descenso en el contenido de sales solubles dentro de los primeros 20 centímetros y un S A R inferior a 13 (tabla 13).

Sin embargo la C.E. es ligeramente superior a 4 mmhos/cm y el E S P algo superior a 15 % (tabla 12). En profundidad los contenidos en sales solubles especialmente cloruros y sulfatos, aumentan considerablemente (tabla 13).

Como la mayoría de los suelos estudiados en la marisma, se observa un apreciable aumento del contenido de arcilla por debajo de los primeros 20 cm. El pH es superior a 8 (tabla 12).

De acuerdo con estas características el suelo puede considerarse también como un Halaquept (en la FAO Solonchak gleico). El suelo puede tender a un suelo salino-alcalino.

---

(1) Este perfil ha sido estudiado conjuntamente por el C.E.D.A.C. y el I.R.Y.D.A.

Los datos analíticos corresponden a muestras tomadas en un sondeo realizado en el mismo lugar del perfil y se han obtenido en los laboratorios del I.R.Y.D.A.

TABLA 12 Determinaciones químicas y físicas generales

Prof. (cm)	pH		M.O.	$CO_3^=$	Cambio catiónico (meq/100 g)				E.S.P.	Análisis granul. (% < 2 mm)		
	ClK	H_2O	%	(%)	Na^+	K^+	$Ca^{++}+ Mg^{++}$	C.C.C.		0,125-0,05	0,05-0,002	<0,002
0-25	7,1	8,4	1,41	10,4	4,3	1,1	22,3	27,7	15,4	1,0	28,4	70,6
25-50	7,3	8,6	0,87	8,0	9,5	1,2	20,7	31,5	30,2	2,2	22,2	75,6
50-100	7,5	8,7	0,62	20,7	10,4	1,0	17,5	29,0	35,9	1,1	33,3	65,6
100-150	7,5	8,6	0,62	28,8	7,1	1,0	12,2	20,3	34,8	0,4	39,0	60,6
100-200	7,5	8,6	0,80	25,9	10,8	1,0	8,2	20,1	53,8	0,4	41,5	58,1

TABLA 13 Determinaciones en el extracto de pasta saturada

Horiz.	Prof. (cm)	pH	C.E. x 10^3	Aniones (meq/l)					Cationes (meq/l)					SAR
				$CO_3^=$	CO_3H^-	Cl^-	$SO_4^=$	Total	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	Total	
	0-25	-	4,85	-	4,4	13,0	40,5	57,9	23,0	3,5	26,2	0,6	53,2	7,2
	25-50	-	18,28	-	1,7	139,0	81,3	222,0	41,0	25,0	154,2	1,1	221,0	26,8
	50-100	-	28,25	-	0,8	252,0	91,1	343,9	49,0	48,0	250,0	1,4	348,4	35,8
	100-150	-	39,34	-	0,8	408,0	96,3	505,1	58,0	75,0	366,0	2,0	501,0	44,8
	150-200	-	47,08	-	0,8	506,0	89,8	596,6	55,0	95,0	431,0	2,6	583,0	49,8

PERFIL IV (Señuela) Fecha: 25-III-77

Clasificación : Typic Halaquept

Ubicación : Término de Lebrija (Sevilla); finca "La Señuela"; Sección III de Marismas.

Altitud : 2 metros

Forma del terreno: - Posición fisiográfica: Llanura aluvial.
- Forma del terreno circundante: Plano.
- Microtopografía: Huellas de pisadas del ganado.

Pendiente : Menor del 1 %.

Vegetación y uso de la tierra : Arthrocnemum perenne, Salsola soda, compuestas, (prado natural halófilo con frecuentes gramíneas).

Material originario: Sedimentos arcillosos de relleno de estuario.

Drenaje : Escasamente drenado en estado natural (Clase 1).

Condiciones de humedad del suelo : Moderadamente seco en superficie, humedad creciente con la profundidad.

Profundidad de la capa freática: 1,8 metros.

Pedregosidad o rocosidad : Sin piedras ni afloramientos rocosos.

Erosión : No apreciable.

Salinidad : Eflorescencias salinas en superficie.

Influencia humana:

BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL.

Suelo arcilloso profundo de perfil moderadamente evolucionado, que muestra un horizonte B con una estructura más desarrollada, y ligera acumulación de arcilla, presentando además un marcado hidromorfismo que aumenta con la profundidad, así como el contenido en sales.

DESCRIPCION DEL PERFIL.

A_1 0-10 cm. Pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en húmedo, gris claro (10 YR 7/2) en seco; arcilloso; estructura en bloques subangulares de medianos a gruesos, de moderada a bien desarrollada, con ligera tendencia a prismática; muy plástico y adhesivo en mojado, firme en húmedo, muy duro en seco; frecuentes poros finos contínuos (imped); calcáreo; abundantes raíces muy finas y finas, algunas discontínuas; buena actividad biológica; eflorescencias salinas sobre la superficie de los agregados secos; límite neto y plano.

$B_{11}g$ 10-37 cm. Pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en húmedo; arcilloso; estructura masiva, con tendencia a poliédrica-prismática ligeramente desarrollada; muy plástico y adherente en mojado, firme en húmedo; frecuentes poros finos y muy finos (imped) y poros tubulares simples; pocas raíces finas y muy finas; actividad biológica moderada, discontínua, con algunas galerias de lombrices; moteado pardo rojizo difuso que aumenta en frecuencia y nitidez hacia la base del horizonte; abundantes micelios salinos en forma radicular, algo endurecidos; calcáreo; límite gradual y plano.

$B_{12}g$ 37-56 cm. Color abigarrado difuso, gris oscuro (5 Y 4/1) dominante con manchas pardo oscuras (7,5 YR 4/4); arcilloso; estructura masiva; con tendencia a poliédrico-prismática ligeramente desarrollada; muy plástico y adherente en mojado, firme en húmedo; abundantes poros finos y muy finos; calcáreo; raíces muy escasas; escasa actividad biológica; abundantes micelios salinos tubulares anastomosados; límite gradual y plano.

C g 56-110 cm. Color abigarrado, pardo oscuro (7,5 YR 4/4) en húmedo y pardo grisáceo (5 Y 4/1) en húmedo; arcilloso; estructura de gruesos bloques poliédricos; plástico y adherente en mojado, firme en húmedo; frecuentes poros finos y gruesos; calcáreo; muy escasas raíces; escasa actividad biológica; abundantes micelios salinos blancos y moteado gris.

COMENTARIO .

Suelo situado en zona no cultivada, sometida a la acción de drenajes abiertos durante varios años.

Su proximidad al río podría sugerir la idea de un suelo aluvial poco evolucionado. Sin embargo, en el perfil se puede apreciar un determinado grado de evolución que permite diferenciar, bajo un horizonte A, algo removido por el piso del ganado, un horizonte hidromórfico B estructural que se subdivide en $B_{11}g$ y $B_{12}g$.

El suelo muestra un creciente contenido en sales desde la superficie, en donde ya es elevado, aunque no se ha identificado un horizonte sálico. La C.E. es bastante alta y el S A R se mantiene siempre superior a 13 (tabla 15).

No hay movimiento de carbonatos prácticamente (tabla 14) y el contenido en materia orgánica desciende progresivamente con la profundidad.

Se aprecia un ligero aumento del contenido de arcilla en los horizontes B, que coincide con el aumento en la capacidad de cambio catiónico.

En el estudio micromorfológico y mineralógico realizado (tablas 23 y 17) se detectan masas intercaladas de material sedimentario en la matrix general del suelo del horizonte Cg, observándose en superficie una fuerte agregabilidad con quasicutanes calizos, y aumento de la cantidad de minerales pesados estables (circón, turmalina, moscovita) con la profundidad (tabla 17), lo que marca un determinado grado de evolución del suelo.

Aunque se detectan cutanes que indicarían cierta movilización de arcilla, ésta no es muy acusada, por lo que los horizontes en que esto ocurre deben considerarse cámbicos. Se aprecia también la presencia de yeso cristalizado a partir de 20 cm de profundidad formando cámaras, canalículos y túbulos cristalinos, cuyo tamaño aumenta con la profundidad.

El suelo se clasifica como un Typic Halaquept (Soil Taxonomy), Solonchak Gleico (F A O).

TABLA 14 Determinaciones químicas generales

Horiz.	Prof. (cm)	pH		C	N	C/N	$CO_3^=$	Asimilables (mg/100 g)				Hierro (%)		
		H_2O	ClK	(%)	(%)		(%)	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Total	Libre*	Libre**
A_1	0-10	7,9	-	1,76	0,17	10,3	24,0	5	53	264	108	5,18	-	3,84
$B_{11}g$	10-37	7,8	-	0,95	0,08	11,9	22,5	10	53	684	130	5,00	-	3,84
$B_{12}g$	37-56	7,2	-	0,46	0,07	6,6	24,8	-	-	-	-	5,18	-	3,86
Cg	56-110	7,2	-	0,46	0,05	9,2	26,0	-	-	-	-	4,38	-	3,64

* Deb.

** Endredy.

TABLA 15 Determinaciones en el extracto de pasta saturada

Horiz.	Prof. (cm)	pH	C.E. x 10^3	Aniones (meq/l)					Cationes (meq/l)					SAR
				$CO_3^=$	CO_3H^-	Cl^-	$SO_4^=$	Total	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	Total	
A_1	0-10	7,29	15,20	0,0	5,25	149,58	31,20	186,03	32,00	50,00	130,00	2,40	214,40	20,31
$B_{11}g$	10-37	7,00	27,15	0,0	3,93	281,21	93,60	378,74	60,00	54,00	280,00	3,28	397,28	37,09
$B_{12}g$	37-56	6,80	36,21	0,0	4,59	435,77	78,00	518,36	66,00	104,00	400,00	3,84	573,84	43,38
Cg	56-110	7,40	50,69	0,0	3,93	582,36	87,30	673,59	50,00	140,00	540,00	7,20	737,20	55,38

TABLA 16 Determinaciones físicas y capacidad de cambio catiónico

Horiz.	Prof. (cm)	d.a. (g/cm^3)	Por. (%)	c.h. (cm/h)	Ret. agua (% peso)			Análisis granul. (% <2 mm)				c.c.c. meq/100g
					1/10 bar	1/3 bar	15 bar	2-0,2	0,2-0,05	0,05-0,002	<0,002	
A_1	0-10	1,43	46,04	0,2	32,82	30,63	26,49	0,2	1,0	37,5	61,0	18,99
$B_{11}g$	10-37	1,44	45,66	0,1	35,30	33,37	29,73	0,2	1,1	32,3	66,5	19,59
$B_{12}g$	37-56	1,41	46,79	<0,1	38,71	36,31	30,81	0,5	1,2	28,0	68,5	20,80
Cg	56-110	1,40	47,29	0,2	38,15	36,48	31,72	0,5	1,7	46,8	50,0	16,57

TABLA 17 Frecuencia relativa de minerales de la fracción arena (0,2 - 0,02 mm)

Horizontes	A_1	$B_{11}g$	$B_{12}g$	Cg
Profundidad (cm)	0-10	10-37	37-58	58-
		%		
Minerales d < 2,87	99,98	99,97	99,96	99,97
Minerales d > 2,87	0,02	0,03	0,04	0,03
		Minerales d > 2,87		
Anatasa	0,6	-	-	-
Andalucita	15,-	14,-	18,8	4,6
Apatito	0,6	1,2	3,7	3,8
Augita	-	0,6	-	0,4
Broquita	0,6	-	-	-
Circón	4,2	4,7	6,9	8,8
Clinozoisita	-	0,6	-	-
Clorita	0,6	-	0,6	-
Diópsido	0,6	4,7	2,5	2,1
Distena	6,-	6,5	5,6	5,5
Dumortierita	-	-	1,2	-
Epidota	-	0,6	-	-
Espinela	1,2	-	-	-
Fluorita	-	1,8	1,2	0,8
Glaucofana	-	-	1,2	-
Granate	4,8	6,5	4,3	4,2
Hiperstena	1,2	0,6	-	-
Hornblenda	3,6	4,1	-	2,1
Monacita	1,8	-	-	-
Moscovita	5,4	6,5	9,4	4,2
Olivino	-	-	1,2	-
Rutilo	-	1,2	-	0,4
Silimanita	0,6	1,2	1,2	0,4
Titanita	5,4	2,4	3,2	4,6
Topacio	1,2	0,6	2,5	1,7
Tremolita	3,-	-	1,2	1,7
Turmalina	1,2	1,2	1,2	3,8
Opacos	40,1	40,6	33,8	50,5

PERFIL V (Val de Ojo) Fecha: 2-XI-77

Clasificación : Fluventic Entic Chromoxerert

Ubicación : Término de Lebrija (Sevilla); laguna "Val de Ojo"; a la altura del Km 21 de la carretera Las Cabezas de San Juan - Lebrija.

Altitud : 8 metros.

Forma del terreno: - Posición fisiográfica: Llanura aluvial.
- Forma del terreno circundante: Plano.
- Microtopografía: Ligero gilgai.

Pendiente : Menor del 2 %.

Vegetación y uso de la tierra : Prado natural halófilo.

Material originario : Sedimentos aluviales margosos-salinos.

Drenaje : Imperfectamente drenado (Clase 2).

Condiciones de humedad del suelo: Húmedo ligeramente en los primeros 10 cm, volviendo a estar húmedo a partir de 80 cm.

Profundidad de la capa freática: No apreciada.

Pedregosidad o rocosidad : Sin piedras ni afloramientos rocosos.

Evidencia de erosión : No visible.

Presencia de sales: Apreciable eflorescencias salinas en suelo seco, en superficie y a 20 cm de profundidad en forma intermitente. Pseudomicelios cristalizados y algo duros a mayor profundidad.

Influencia humana : Suelo en estado natural.

BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL.

Perfil con acusado caracter vértico, desarrollado sobre sedimentos arcillosos del Arroyo Salado, probablemente afectado por coluvionamientos margosos.

En estado seco presenta un profundo agrietamiento vertical. Posee un elevado contenido en sales solubles que aumenta fuertemente pasados los primeros 20 centímetros.

DESCRIPCION DEL PERFIL.

A_{11} 0-10 cm. Pardo oscuro (7,5 YR 5/2) en húmedo, pardo (7,5 YR 5/2) en seco, gris rosáceo (7,5 YR 5/2) raspado; arcilloso; estructura granular mediana a gruesa, fuertemente desarrollada en superficie y moderadamente en la base del horizonte; plástico y adherente en mojado, friable en húmedo, muy duro en seco; pocos poros discontínuos muy finos, cavidades radiculares verticales de hasta 0,5 cm de diámetro; abundantes raíces muy finas; moderada actividad biológica; calcáreo; límite neto y plano.

A_{12} 10-20 cm. Pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4/2) en húmedo; arcilloso; estructura poliédrica subangular mediana a fina, moderadamente desarrollada; plástico y adherente en mojado, de friable a firme en húmedo, duro en seco; pocos poros muy finos verticales discontínuos; frecuentes raíces finas; moderada actividad biológica; calcáreo; límite gradual y plano. Se aprecia ya la formación de grietas espaciadas unos 20 cm.

B 20-34 cm. Pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4/3) en húmedo, pardo (7,5 YR 5/3) en seco; arcilloso; estructura de gruesos bloques poliédrico-prismáticos de caras rugosas, con eflorescencias salinas en algunas caras de agregados; plástico y adherente en mojado, muy firme en húmedo, muy duro en seco; tendencia a fractura concoidea de los agregados; abundantes poros muy finos verticales tubulares; frecuentes raíces muy finas; escasa actividad biológica; calcáreo, con algunos nódulos calizos pequeños y otros medianos muy aislados; límite gradual. Continuan las grietas de retracción.

B C 34-50 cm. Igual color y textura que el horizonte anterior; estructura de gruesos bloques poliédricos, fuertemente desarrollada, con tendencia a prismática; fractura algo concoidea con superficies algo lustrosas; plástico y adherente en mojado, muy firme en húmedo, muy duro en seco; frecuentes poros finos verticales; calcáreo, con abundantes concreciones calcosalinas; límite gradual. Grietas de retracción apreciables.

C_1 50-80 cm. Pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4/3), con manchas difusas grises (7,5 YR 5/1) y pequeñas manchas pardo fuertes más difusas aún (7,5 YR 4/4) en húmedo; arcilloso; estructura masiva; muy plástico y adherente en mojado, muy firme en húmedo; compacto; frecuentes concreciones o micelios calcosalinos; límite gradual.

C_2 80-105 cm. Iguales características generales, con tendencia a estructura poliédrica, con caras de agregados más lustrosas; mayor plasticidad; persisten los micelios o concreciones calcosalinas; límite difuso.

C_3 105-145 cm. Pardo (7,5 YR 4/2) en húmedo, con frecuentes concreciones blancas muy pequeñas calcosalinas uniformemente repartidad en la masa del horizonte; arcilloso; estructura masiva que tiende a poliédrica de caras lustrosas; plástico y adherente en mojado, firme en húmedo; compacto; calcáreo; límite neto y plano.

C_4 145-200 cm. Pardo (7,5 YR 4,5/2) en húmedo; con concreciones calcosalinas menos frecuentes; arcilloso; estructura masiva; muy plástico y adherente en mojado; firme o muy firme en húmedo; compacto; calcáreo.

COMENTARIO .

Tres factores fundamentales destacan en este suelo:

- Su situación en llano aluvial del Arroyo Salado, que está también sometido a coluvionamientos de margas próximas del Eoceno y Trias.

- Su alto contenido en sales solubles, a partir de los 20 centímetros, con una C.E. siempre superior a 4 mmhos/cm y contenidos crecientes, tanto en cloruros como en sulfatos, con la profundidad, apareciendo yeso cristalizado, con valores de S A R superiores a 25.

- Su carácter vértico, puesto de manifiesto por la presencia de un profundo agrietamiento y una alta proporción de arcilla ilítica saturada en sodio (tabla 21), con coloración que correspondería a un Entic Chromoxerert.

Del estudio micromorfológico (tabla 23) se desprende que la S-matrix hialina, así como la porfirosquélica distribución relacionada de este perfil, indican un marcado carácter vértico, aunque el contenido de sales es superior al que normalmen

te suelen tener estos suelos.

Se han detectado cutanes (de iluviación ?) precisamente en los horizontes más ricos en arcilla.

Mineralógicamente se aprecia una disminución de turmalina en los horizontes más arcillosos citados, aumentando el contenido de hierro libre.

La distribución de los minerales circón y rutilo muestra alternancias indicadoras de sedimentaciones diferentes. Salvo en el horizonte B, en que disminuye, la moscovita es más abundante con la profundidad (tabla 22).

El contenido en carbonatos, ligeramente superior en los primeros horizontes, se mantiene prácticamente constante en el resto del perfil (tabla 18).

Por lo expuesto hasta quí, se puede concluir que se trata de un suelo de aporte aluvial con fuerte carácter vértico y alta salinidad.

Para su clasificación en la Soil Taxonomy habrá que considerar cuál de los tres factores anteriormente citados es el dominante. De acuerdo con el alto contenido de sales y con la aparición, en ciertas épocas del año, de un horizonte de acumulación salina podría tratarse de un Salorthid. Si se atiende a su origen aluvial, a las alternancias texturales y mineralógicas de sus diferentes horizontes y a la variación del contenido de la materia orgánica con la profundidad, puede estimarse que se trataría de un Xerofluvent. Finalmente, considerando el fuerte y profundo agrietamiento que experimenta el suelo al secarse, su estructura con caras de agregados que muestran superficies de deslizamientos, así como la coloración, podría admitirse la presencia de un Chromoxerert.

TABLA 18 Determinaciones químicas generales

Horiz.	Prof. (cm)	pH		C	N	C/N	$CO_3^=$	Asimilables (mg/100 g)				Hierro (%)		
		H_2O	ClK	(%)	(%)		(%)	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Total	Libre*	Libre**
A_{11}	0-10	7,9	7,0	2,58	0,23	11,2	15,8	11	26	432	73	5,26	1,13	1,87
A_{12}	10-20	7,8	7,0	1,40	0,14	10,0	14,0	14	20	381	81	6,05	2,14	2,12
B	20-34	7,6	7,2	1,15	0,10	11,5	13,3	11	20	366	95	6,05	2,14	2,23
BC	34-50	7,7	7,2	1,10	0,08	13,7	11,2	10	18	996	21	6,41	1,79	2,09
C_1	50-80	7,7	7,3	0,98	0,08	12,2	11,7	14	21	531	122	6,93	1,91	2,16
C_2	80-105	7,6	7,3	1,00	0,06	16,6	11,7	15	25	744	109	6,19	1,84	1,73
C_3	105-145	7,8	7,2	0,90	0,06	15,0	10,5	24	29	792	219	6,12	1,50	1,87
C_4	145-200	7,8	7,2	0,82	-	-	15,1	16	40	580	113	5,90	1,50	1,73

* Deb.

** Endredy.

TABLA 19 Determinaciones en el extracto de pasta saturada

Horiz.	Prof. (cm)	pH	C.E. x 10^3	Aniones (meq/l)					Cationes (meq/l)					SAR
				$CO_3^=$	CO_3H^-	Cl^-	$SO_4^=$	Total	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	Total	
A_{11}	0-10	8,2	13,57	0,00	8,53	9,97	4,00	22,50	0,00	12,00	7,00	0,40	19,60	2,94
A_{12}	10-20	7,4	-	0,00	4,59	49,86	4,00	58,45	14,00	6,00	26,40	0,40	46,80	8,35
B	20-34	6,9	20,25	0,00	3,94	259,27	28,25	291,46	55,00	43,00	180,00	0,68	278,68	25,71
BC	34-50	7,0	24,53	0,00	3,94	254,28	80,00	338,22	60,00	26,00	260,00	0,64	346,64	39,63
C_1	50-80	6,9	34,64	0,00	4,59	406,36	85,15	496,10	50,00	68,00	395,00	0,92	513,92	51,43
C_2	80-105	6,8	42,24	0,00	3,94	533,50	80,00	617,44	56,00	70,00	500,00	1,28	627,28	62,97
C_3	105-145	6,8	50,69	0,00	3,28	678,09	90,00	771,37	66,00	106,00	590,00	1,68	763,68	63,65
C_4	145-200													

TABLA 20 Determinaciones físicas y capacidad de cambio catiónico

Horiz.	Prof. (cm)	d.a. (g/cm^3)	Por. (%)	c.h. (cm/h)	Ret. agua (% peso)			Análisis granul. (% <2 mm)				c.c.c. meq/100g
					1/10 bar	1/3 bar	15 bar	2-0,2	0,2-0,05	0,05-0,002	<0,002	
A_{11}	0-10	1,39	47,55	0,1	35,94	34,89	29,37	0,5	0,5	39,0	58,0	25,45
A_{12}	10-20	1,32	50,19	0,2	30,32	29,89	25,48	0,3	2,0	26,0	72,0	22,65
B	20-34	1,40	47,17	<0,1	31,46	29,80	25,86	0,2	1,3	22,0	75,8	22,62
BC	34-50	1,33	49,81	0,1	36,22	33,82	28,52	0,2	2,3	30,0	68,0	24,42
C_1	50-80	1,35	49,06	0,4	38,69	36,24	29,38	0,2	0,7	25,0	74,0	24,43
C_2	80-105	1,37	48,30	0,5	41,18	38,90	32,94	0,2	1,3	30,0	68,0	28,10
C_3	105-145	1,32	50,19	<0,1	45,83	43,62	37,38	0,1	1,2	20,2	71,3	29,95
C_4	145-200	-	-	-	-	-	-	0,5	1,5	21,5	77,0	27,15

TABLA 21 Estimación semicuantitativa de minerales de la fracción arcilla y determinaciones de K_2O, Na_2O y Fe

Horiz.	Prof. (cm)	Montmorillonita (%)	Ilita (%)	Caolinita (%)	Clorita (%)	Fe (%)	K_2O (%)	Na_2O (%)
A_{11}	0-10	11	70	15	5	2,25	4,04	1,4
A_{12}	10-20	5	83	10	5	2,22	-	-
B	20-34	8	81	11	5	2,13	-	-
BC	34-50	5	78	12	5	2,13	-	-
C_1	50-80	5	77	10	5	2,04	-	-
C_2	80-105	6	75	13	5	2,73	-	-
C_3	105-145	9	73	12	6	2,34	4,00	1,6

TABLA 22 Frecuencia relativa de minerales de la fracción arena (0,2 - 0,02 mm)

Horizontes	A_{11}	B	BC	C_1	C_3
Profundidad (cm)	0-10	20-34	34-50	50-80	105-145
			%		
Minerales d < 2,87	99,99	99,98	99,98	99,97	99,93
Minerales d > 2,87	0,01	0,02	0,02	0,03	0,07
			Minerales d > 2,87		
Anatasa	1,1	-	-	0,5	0,6
Andalucita	5,8	4,9	6,-	5,6	4,4
Apatito	5,3	2,5	3,3	3,6	5,-
Broquita	-	0,6	0,6	0,5	-
Circón	10,1	10,5	13,7	7,6	10,7
Clinozoisita	-	-	0,6	-	-
Clorita	1,1	1,9	0,6	0,5	1,3
Diópsido	3,2	1,9	5,5	3,6	2,5
Distena	3,2	6,2	5,5	3,-	5,-
Dumortierita	1,1	0,6	-	1,-	0,6
Epidota	-	-	-	-	0,6
Espinela	-	0,6	0,6	1,-	2,5
Estaurolita	0,5	0,6	1,1	-	-
Glaucofana	-	-	-	0,5	-
Granate	2,6	2,5	1,1	4,6	2,5
Hiperstena	-	-	0,6	-	-
Hornblenda	-	4,3	0,6	1,-	4,4
Indicolita	-	-	0,6	-	-
Monacita	-	0,6	-	-	-
Moscovita	1,6	1,2	2,2	3,6	5,-
Olivino	-	-	-	0,5	1,3
Rutilo	0,5	1,2	1,1	-	0,6
Serpentina	-	-	-	0,5	-
Silimanita	0,5	0,6	0,6	1,5	0,6
Titanita	3,7	4,3	4,4	5,6	5,-
Topacio	1,1	1,2	1,1	1,-	1,9
Tremolita	-	-	-	0,5	0,6
Turmalina	6,9	1,9	4,4	2,-	4,4
Opacos	51,8	51,8	45,3	52,2	39,6

TABLA 23 Micromorfología

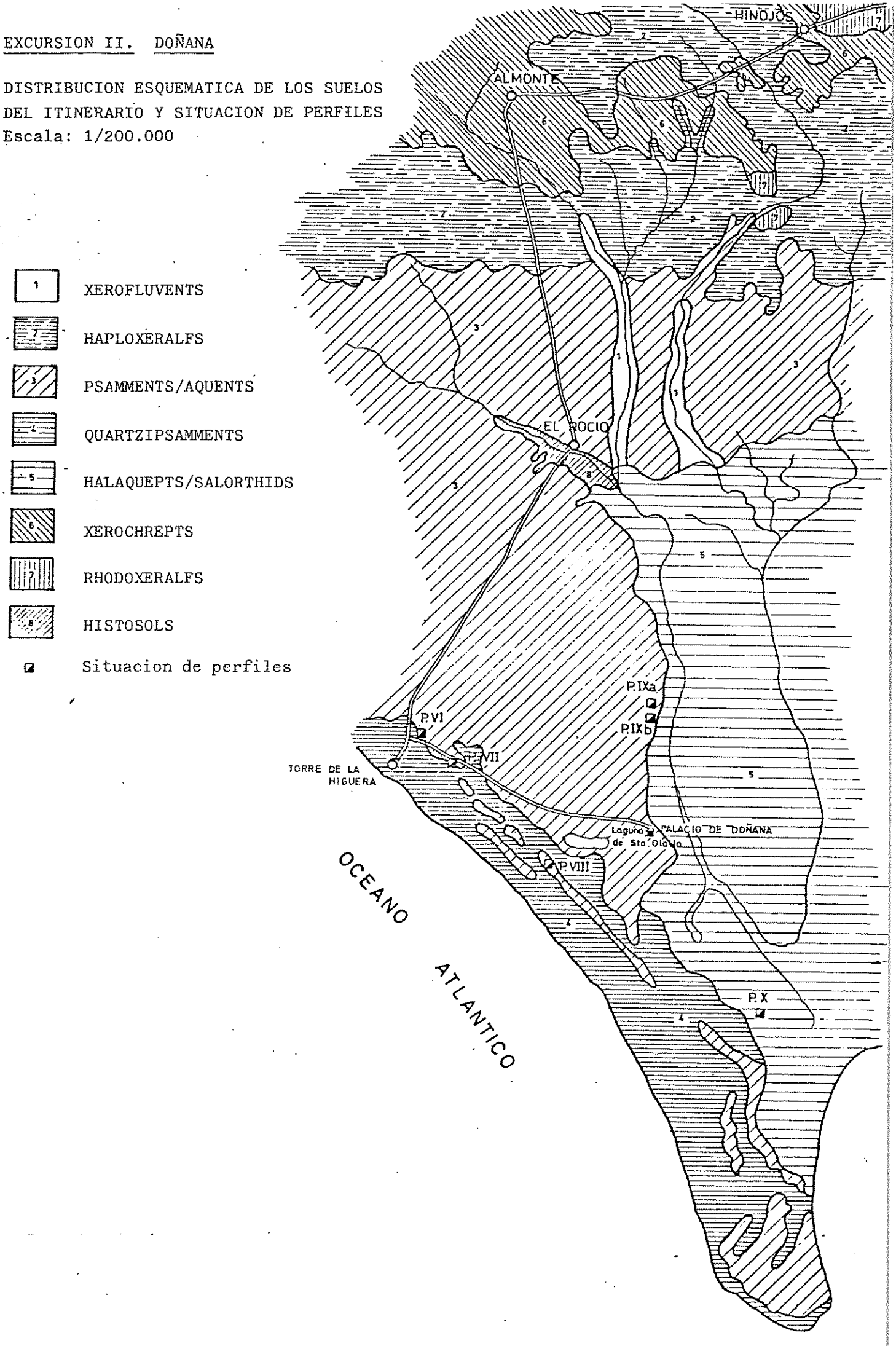
Perfil	I						II				IV				V			
Profundidad (cm)	2-18	17-33	37-53	55-71	81-97	109-175	24-40	42-58	86-102	104-120	3-18	23-38	46-61	78-93	2-18	21-37	42-58	67-83
Concepto :																		
Plasmic fabric																		
Crystic												x	x	x				
Silasepic	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Insepic		x	x		x								x		x		x	x
Causepic	x	x	x	x	x	x	x	x		x						x	x	x
Mosepic	x						x	x	x									
Vosepic	x	x	x	x	x	x	x	x								x	x	x
Skelsepic	x	x	x	x	x	x			x									
Masepic							x	x	x	x						x	x	x
Lattisepic		x			x				x	x								
Distribución relacionada plasma-granos esqueleto																		
Porfirosquélica	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Huecos																		
Clasificación morfológica de los huecos																		
Poros	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vesículas	x						x				x	x	x	x	x	x	x	
Cámaras	x		x	x	x			x			x	x			x	x	x	x
Canales							x				x	x			x			
Planos de unión		x	x	x		x			x	x	x	x	x	x	x		x	x
Planos oblícuos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Planos quebrados						x					x			x				
Lisura de las paredes de los huecos																		
Ortohuecos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Metahuecos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x	x	x
Rasgos edáfológicos																		
Cutanes																		
Granulares embebidos	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x						
Hueco	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x		x	x	x
Agregado								x										
Canales																x		
Planos		x	x	x	x	x	x			x			x	x		x	x	x
Simple	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
Compuesto													x	x				
Iluviación	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x			x	x	x
Difusión											x							
Fuerza	x	x	x	x	x	x	x		x									
Meteorización									x	x				x				

TABLA 23 Micromorfología (Continuación)

Perfil	I						II				IV				V			
Profundidad (cm)	2-13	17-33	37-53	55-71	81-97	109-175	24-40	42-58	86-102	104-120	3-18	23-38	46-61	78-93	2-13	21-37	42-58	67-83
Concepto :																		
Rasgos subcutánicos																		
Neocutanes	x				x							x	x	x				
Quasicutanes			x							x	x	x	x	x				x
Transcutanes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pedotúbulos																		
Granotúbulo	x							x	x	x			x		x			x
Agrotúbulo	x	x					x					x						
Striotúbulo							x	x								x	x	
Isotúbulo																x		
Glébulas																		
Nódulo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Haloglebular					x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x
Papula							x	x	x		x	x			x	x	x	x
Crystallaria																		
Tubo cristalino												x	x	x			x	
Cámara cristalina								x	x	x		x	x	x			x	x
Cristales intercalados								x	x	x		x	x	x			x	x

EXCURSION II. DOÑANA

DISTRIBUCION ESQUEMATICA DE LOS SUELOS DEL ITINERARIO Y SITUACION DE PERFILES
Escala: 1/200.000



2.2 EXCURSION II (DOÑANA)

2.2.1 Descripción general de los suelos del itinerario.-

Se parte de Sevilla atravesando el Guadalquivir para, dejando los terrenos aluviales de su vega, subir a la comarca del Aljarafe, penillanura formada por finas areniscas calizas miocenas, situada entre el Río y su afluente el Guadiamar.

Los suelos, en los que predomina el olivar de verdeo (manzanillo), son suelos rojos fersialíticos, (Typic Rhodoxeralfs), en su mayoría, salvo en las partes más elevadas en que, principalmente, por efectos de la erosión aflora la arenisca caliza o los horizontes B_3 de los suelos rojos, constituyendo suelos más calcáreos, calcimorfos de erosión (Calcixerollic Xerochrepts). En muchas depresiones y en la mayoría de zonas de cauces de arroyos importantes se encuentran suelos hidromorfos.

Pasado el cauce del Guadiamar, después del pueblo de Aznalcázar, se sube hacia Pilas y desde este pueblo hasta Hinojos se repiten los suelos rojos con algunas zonas arenosas, con hidromorfismo.

Inmediatamente después de Hinojos, desaparece el olivar para entrar en un denso pinar. Los suelos cambian, de los rojos sobre calizas de las zonas llanas y los calcimorfos de las pendientes, a suelos arenosos con horizontes de pseudogley subyacente que dan perfiles con un fuerte contraste textural (Aquic Haploxeralfs - Soil Taxonomy) (Planosoles - FAO).

En todo el trayecto hasta el próximo pueblo, Almonte, domina el pinar, aunque se interrumpe varias veces por aparecer zonas de suelos calizos en los que de nuevo domina el olivar. Hay algunas pequeñas zonas de eucaliptal y viñas en terrenos de transición entre suelos arenosos y suelos rojos.

El pueblo de Almonte se halla sobre materiales calizos, con un relieve de suaves ondulaciones que corresponden a calizas margosas y areniscas miopliocenas, dando suelos calcimorfos, con poca diferenciación de horizontes (perfiles Ap C) a

causa de su utilización, que se clasifican como Rendollic Xerorthents, y Rendollic Xerochrepts cuando están algo más evolucionados, hasta Calcixerollic Xerochrepts cuando muestran una acumulación caliza en el subsuelo. Principalmente se dedican a viña y olivar.

A algo más de 4 kilómetros en dirección al poblado de El Rocio se entra en la gran zona arenosa de la región. El relieve es prácticamente llano y el paisaje se completa con la presencia de extensas zonas repobladas de pinar y eucaliptos, hasta poco antes del Rocio en cuyas inmediaciones estas especies arbóreas dan paso a terrenos desforestados correspondientes a la zona regable Almonte-Marismas. Los suelos son en general arenosos profundos, aunque en determinados casos el espesor de arena es menor. Bajo esta arena aparecen horizontes hidromorfos.

A la salida del Rocio se observan unos terrenos semipantanosos que conectan con la zona más occidental de la Marisma, y que corresponden a la confluencia del arroyo de La Rocina y Madre de las Marismas. En esto punto los suelos son turbosos; aún no existe la vegetación típica de marisma y sí la correspondiente a zonas húmedas habitualmente encharcadas. "Se trata de arcillas oscuras, con niveles arenosos procedentes de arenas que, a su vez, provienen de arrastres de las arenas basales, en las que se encaja esta formación. Como todas las turberas de esta zona, su origen se debe a la pérdida de drenaje de algunos arroyos, debido al avance dunar. Su potencia es pequeña y la turba de mala calidad" (Leyva et al., 1976)

Se continúa la ruta hasta la entrada a la zona de Doñana por una recta de unos 15 kilómetros que discurre por terrenos arenosos. El paisaje es prácticamente llano y corresponde a un manto arenoso eólico procedente de formaciones dunares totalmente degradadas (Leyva et al., 1976).

Los suelos, en general, no muestran perfiles con horizontes diferenciados (Regosoles - FAO, C.P.C.S.) (Psamments - Soil Taxonomy); hasta el Km 25 no se aprecia la primera formación dunar.

El paisaje presenta importantes masas de eucaliptales, que se hacen marginales, dando paso a un matorral de monte bajo con algunas zonas experimentalmente en cultivo y con repoblaciones de pinar hacia el final.

Por último se entra en la zona de Doñana, cuyos suelos más característicos se van a examinar en los perfiles presentados.

2.2.2 Estudio de perfiles.-

PERFIL VI (Control) Fecha: 17-II-78

Clasificación : Quartzipsamment

Ubicación : Término de Almonte (Huelva); Coto Doñana; a 1,5 kilómetros del control de entrada por el camino al Palacio.

Altitud : 30 metros

Forma del terreno: - Posición fisiográfica: Duna fija (parte superior de la duna).
- Forma del terreno circundante: Suavemente ondulado.
- Microtopografía: Llana.

Pendiente : Menor del 2 %.

Vegetación y uso de la tierra : Rosmarinus oficinalis, Juniperus phoenicea, Thymus mestichina (monte blanco xeroffítico). Repoblación de pinos.

Material originario: Arenas de dunas.

Drenaje : Excesivamente drenado (Clase 6).

Condiciones de humedad del suelo: Moderadamente húmedo.

Profundidad de la capa freática: Superior a 3 metros.

Pedregosidad o rocosidad : Sin piedras ni afloramientos rocosos.

Evidencia de erosión : Eólica muy ligera.

Presencia de sales: Libre de sales (Clase 0).

Influencia humana : No apreciable.

BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL.

Perfil en el que apenas se observan horizontes diferenciados, estando constituido por arenas de dunas finas de color pardo amarillento que evidencia un nivel freático profundo.

DESCRIPCION DEL PERFIL.

A 0-20 cm. Pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo; arenoso; estructura de grano simple a migajosa muy fina en húmedo; no plástico en mojado, muy friable en húmedo, suelto en seco; poros finos exped, contínuos; abundantes raíces finas y medianas; escasa actividad biológica; reacción ácida; límite gradual y plano.

A C 20-50 cm. Pardo amarillento (10 YR 5/6) en húmedo; estructura de grano simple; no plástico en mojado; muy friable a suelto en húmedo, muy suelto en seco; poros finos exped, contínuos; frecuentes raíces finas y medianas; actividad biológica no apreciable; reacción ácida; límite gradual y plano.

C 50 - cm. Amarillo pardusco (10 YR 6/8) en húmedo; arenoso; estructura de grano simple; muy suelto y con escasas raíces al comienzo del horizonte. Iguales características anteriores.

COMENTARIO .

Se trata de un suelo cuyo perfil no presenta horizontes claramente diferenciados, identificándose un epipedón ócrico, como único horizonte de diagnóstico, sobre el material original, al cual pasa en forma transicional, por lo que esta parte del perfil se considera como horizonte A C.

Del estudio micromorfológico realizado, y en relación con la microestructura y porosidad, se observa una consecuente correspondencia con la macromorfología de los tres horizontes, distinguiéndose campos de disposición laminar. Se destaca asimismo la inestabilidad de la microestructura, ya que está constituida por granos libres, viniendo determinada la microporosidad por los espacios intergranulares, sin apreciarse otro tipo de huecos. Estos espacios van aumentando su compacidad con la profundidad por el peso de los horizontes superiores y relleno de los huecos por fracciones de menor calibre.

En íntima conexión con lo expuesto, prácticamente no existe plasma, en coincidencia con los datos generales, estando constituida la S-matrix, fundamentalmente, por granos minerales redondeados de cuarzo, acompañados de otras especies minerales identificadas en el estudio micromineralógico. El tamaño real de estos granos oscila entre el de la arena media y fina.

Prácticamente la gran mayoría de estos granos se encuentran rodeados de una cutícula ferruginosa, presentando, por ello, una distribución relacionada específicamente dermática y básicamente granular (Eswaran y Baños, 1976).

La materia orgánica identificable está representada por escasos restos vegetales semi-transformados, fundamentalmente en el horizonte superior.

En cuanto a microrasgos o separaciones edáficas, únicamente se observan las ya indicadas películas ferruginosas alrededor de los granos libres, sin cohesión entre ellos (Ayerbe, 1978).

En el estudio mineralógico se aprecia que las fracciones ligeras ($d < 2.87$), de calibre menor de 0.5 mm están constituidas, en todos los horizontes, por porcentajes superiores al 95 % de cuarzo y cantidades mínimas de feldespatos.

Respecto a las fracciones densas fueron identificadas sobre 15-18 especies minerales, destacando un alto porcentaje de opacos naturales, que predominan sobre los de alteración; principalmente ilmenita, que va acompañada por pequeñas cantidades de magnetita, leucoxeno y hematites. En los minerales pesados transparentes, se ha identificado como predominante, la asociación andalucita-turmalina-anfiboles (fundamentalmente hornblenda) y circón (tabla 27).

Ha de hacerse notar el incremento apreciable de andalucita y turmalina en el horizonte C.

De acuerdo con la Soil Taxonomy , de tomarse como criterio definitorio y diferenciativo el contenido mínimo de

95 % de cuarzo y otros minerales resistentes para su inclusión como Quartzipsamments , en el caso de cumplir, por supuesto otras características exigidas por el taxón (Regosol, F A O - C P C S).

TABLA 24 Determinaciones químicas generales

Horiz.	Prof. (cm)	pH		C (%)	N (%)	C/N	$CO_3^=$ (%)	Asimilables (mg/100 g)				Hierro (%)		
		H_2O	ClK					P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Total	Libre*	Libre**
A	0-20	5,9	5,4	0,66	0,02	33	0,00	4	7	48	7	1,43	0,21	0,56
AC	20-50	6,3	5,9	0,42	-	-	0,00	3	7	41	6	2,47	0,42	0,73
C	50-	6,8	5,7	0,28	-	-	0,00	2	6	26	6	1,32	0,34	0,56

* Deb.

** Endredy.

TABLA 25 Determinaciones de Capacidad de cambio catiónico

Horiz.	Prof. (cm)	Cationes cambiables (meq/100 g)					C.C.C. (meq/100 g)	Sat. en bases %
		Na^{+}	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	Suma		
A	0-20	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00	9,04	22,12
AC	20-50	0,20	0,00	0,80	0,00	1,00	1,80	55,55
C	50-	0,25	0,00	0,40	0,00	0,65	0,90	72,22

TABLA 26. Determinaciones físicas

Horiz.	Prof. (cm)	d.a. (g/cm^3)	Por. (%)	c.h. (cm/h)	Ret. agua (% peso)			Análisis granul. (% <2 mm)			
					1/10 bar	1/3 bar	15 bar	2-0,2	0,2-0,05	0,05-0,002	<0,002
A	0-20	1,36	48,68	98,0	3,32	2,14	1,85	80,4	15,8	0,8	5,5
AC	20-50	1,46	44,91	37,4	2,53	1,82	1,43	68,8	27,7	0,7	5,5
C	50-	1,44	45,66	97,9	1,92	1,41	1,15	80,0	12,3	2,0	5,5

TABLA 27 Frecuencia relativa de minerales de la fracción arena (0,5 - 0,02 mm.)

Horizonte	A	AC	C
Profundidad (cm)	0-20	20-50	50-
		%	
Minerales d <2,87	95,8	95,6	96,8
Minerales d >2,87	3,2	4,4	3,2
		Minerales d <2,87	
Cuarzo	96	95	95
Feldespato	4	5	5
		Minerales d >2,87	
Andalucita	19,0	16,7	23,5
Augita	-	-	0,8
Circón	3,4	3,3	2,8
Distena	-	0,5	-
Epidota	1,3	3,9	1,6
Estaurolita	6,7	2,8	4,0
Granate	4,6	2,8	3,2
Hiperstena	2,7	2,2	2,0
Hornblenda	10,9	9,0	9,4
Micas y Cloritas	2,0	1,9	2,8
Rutilo	2,0	-	1,6
Silimanita	-	0,5	0,4
Titanita	-	2,8	-
Turmalina	11,5	10,7	17,6
Opacos	35,9	42,9	30,3

PERFIL VII (Monte Negro) Fecha: 17-II-78

Clasificación : Quartzipsamment

Ubicación : Término de Almonte (Huelva); Coto Doñana; a unos tres kilómetros del control de entrada por el camino al Palacios.

Altitud : 20 - 25 metros.

Forma del terreno: - Posición fisiográfica: Llano entre dunas fijas.
- Forma del terreno circundante: Ligeramente ondulado.
Microrrelieve: Plano.

Pendiente : Menor del 2 %.

Vegetación y uso de la tierra : Denso matorral de monte negro con fuerte cobertura de ericáceas, ulex, juncáceas, cistáceas, etc. Pinos.

Material originario : Arenas de dunas.

Drenaje : Imperfectamente drenado (Clase 2).

Condiciones de humedad del suelo: Muy húmedo.

Profundidad de la capa freática: 1,8 metros.

Pedregosidad o rocosidad : Sin piedras ni afloramientos rocosos.

Evidencia de erosión : No visible.

Presencia de sales: Libre de sales (Clase 0).

Influencia humana: No apreciable.

BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL.

Perfil arenoso profundo, con horizonte húmico, de humus poco evolucionado, con ligeras señales de hidromorfismo en profundidad.

DESCRIPCION DEL PERFIL.

A_1 0-15 cm. Negro (5 YR 2,5/1) en húmedo; arenoso; estructura migajosa fina y mediana, poco estable, granos de arena revestidos de materia húmica; no plástico en mojado, muy friable en húmedo, blando a suelto en seco; abundantes poros exped y cavidades poco estables; abundantes raíces finas y medianas; buena actividad biológica; reacción ácida; límite gradual -neto y plano.

A C 15-25 cm. Gris muy oscuro (5 YR 3/1) en húmedo; arenoso; estructura de granos simples; no plástico en mojado, muy friable en húmedo, blando a suelto en seco; abundantes poros finos exped; frecuentes raíces finas y medianas; moderada actividad biológica; reacción ácida; manchas pardo-rojizas a lo largo de las raíces; límite gradual.

C_1 25-50 cm. Pardo grisáceo (10 YR 5/2) en húmedo, con restantes características similares al horizonte anterior; escasas raíces finas; escasa actividad biológica; límite gradual.

C_2 50-200 cm. Gris claro (10 YR 7/2) en húmedo; arenoso; estructura de partículas o granos simples, con similares características anteriores; algunas manchas pardo-rojizas.

COMENTARIO .

El perfil corresponde, a un suelo desarrollado sobre arenas estabilizadas en zona intermedia entre el Monte blanco (matorral de jaguarzo fundamentalmente) y el Monte negro (matorral denso, dominando el brezo) cuya capa freática está situada por encima de los 2 metros de profundidad.

El suelo no presenta más que un horizonte húmico en superficie (humus poco evolucionado), que está más desarrollado en los primeros 15 centímetros.

Hasta 25 centímetros desciende bruscamente el contenido en C orgánico (horizonte A C). El conjunto, puede considerarse como un opipedón úmbrico ya que el porcentaje de satu-

ración en bases, junto con otras propiedades es inferior al 50 %. Bajo él el matorral arenoso suelto no presenta más diferencias que un ligero moteado en profundidad.

Micromorfológicamente se aprecia que el horizonte superior muestra una microestructura esponjosa, y una porosidad constituida por huecos de muy diversa morfología, fundamentalmente de cavidades cerradas e interconectadas entre sí, y algunos huecos abiertos.

La S-matrix está constituida, fundamentalmente, por granos minerales redondeados de cuarzo y otras especies en menor proporción, debiéndose la relativa cohesión de este horizonte a la presencia de materia orgánica, en gran parte semi-transformada, y restos vegetales aún poco descompuestos, no existiendo prácticamente plasma de naturaleza arcillosa.

El tipo de humus presente muestra características de moder mulliforme, sin descartar la existencia de mull.

Los únicos microrasgos o separaciones edáficas presentes son las películas ferruginosas que recubren los granos minerales, y ferranes a lo largo de los huecos de penetración de raíces.

La distribución relacionada del horizonte superficial es básicamente granular y específicamente dermática con campos intertéxticos, debido a interconexiones de la materia orgánica con los granos minerales. En el horizonte A C, las características son muy similares; diferenciándose una mayor proporción de granos minerales y una acusada disminución del contenido en materia orgánica. Los restantes horizontes subsuperficiales muestran una gran inestabilidad estructural al estar constituidos, fundamentalmente, por granos minerales independientes y presentar una porosidad de huecos intergranulares.

Las características mineralógicas (tabla 31) son bastantes similares a las del perfil anterior, como puede observarse en la tabla 27. Puede apreciarse, sin embargo, una ma-

yor acumulación de minerales opacos, y disminución en el porcentaje de anfíboles, no apareciendo silimanita en ningún horizonte.

Por todo ello el suelo hay que considerarlo como un Quartzipsammont. Puede con la F A O integrarse en un Ranker dístrico.

TABLA 28 Determinaciones químicas generales

Horiz.	Prof. (cm)	pH		C	N	C/N	$CO_3^=$	Asimilables (mg/100 g)				Hierro (%)		
		H_2O	ClK	(%)	(%)		(%)	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Total	Libre*	Libre**
A_1	0-15	5,0	4,2	2,66	0,13	20,5	0,00	1	11	72	22	1,22	0,54	0,52
AC	15-25	5,2	4,4	0,57	-	-	0,00	1	7	36	7	0,44	0,22	0,10
C_1	25-50	6,2	5,2	0,32	0,04	8,0	0,00	2	5	26	10	0,20	0,06	0,05
C_2	50-200	7,2	6,0	0,19	0,02	9,5	0,00	3	6	22	3	0,15	0,03	0,01

* Deb.

** Endredy.

TABLA 29 Determinaciones de Capacidad de cambio catiónico

Horiz.	Prof. (cm)	Cationes cambiables (meq / 100 g)					C.C.C. (meq/100g)	Sat. en bases (%)
		Na^{+}	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	Suma		
A_1	0-15	0,40	0,00	-	-	-	13,57	-
AC	15-25	0,20	0,00	0,60	0,00	0,80	1,80	44,44
C_1	25-50	0,40	0,00	0,40	0,00	0,80	1,40	57,14
C_2	50-200	0,30	0,00	0,80	0,00	1,10	1,80	61,11

TABLA 30 Determinaciones físicas

Horiz.	Prof. (cm)	d.a. (g/cm^3)	Por. (%)	c.h. (cm/h)	Ret. agua (% peso)			Análisis granul. (% <2 mm)			
					1/10 bar	1/3 bar	15 bar	2-0,2	0,2-0,05	0,05-0,002	<0,002
A_1	0-15	0,98	63,02	1,4	17,31	11,37	6,08	48,2	33,3	4,6	3,00
AC	15-25	1,40	47,17	35,8	3,44	2,33	1,29	71,3	24,7	0,0	5,50
C_1	25-50	1,48	44,15	33,1	1,96	1,11	0,70	83,0	12,8	0,0	5,50
C_2	50-200	1,51	43,02	47,3	1,89	1,23	1,54	82,5	14,0	2,5	3,00

TABLA 31 Frecuencia relativa de minerales de la fracción arena (0,5 - 0,02 mm)

Horizonte	A_1	AC	C_1	C_2
Profundidad (cm)	0-15	15-25	25-50	50-200
		%		
Minerales d <2,87	97,6	99,9	99,8	99,9
Minerales d >2,87	2,4	0,1	0,2	0,1
		Minerales d <2,87		
Cuarzo	96	97	95	98
Feldespato	4	3	5	2
		Minerales d >2,87		
Andalucita	17,7	20,0	11,7	31,3
Augita	-	-	-	-
Circón	4,0	0,4	2,8	4,6
Distena	0,8	0,4	0,9	-
Epidota	1,6	1,4	1,6	-
Estaurolita	0,8	0,9	1,1	1,1
Granate	2,9	0,4	1,8	4,6
Hiperstena	1,9	0,4	3,0	4,6
Hornblenda	3,8	1,9	4,2	3,4
Micas y cloritas	2,3	2,4	2,3	1,1
Rutilo	0,4	0,4	0,2	-
Silimanita	-	-	-	-
Titanita	0,4	0,4	0,7	-
Turmalina	8,7	1,4	6,3	23,2
Opacos	54,1	68,7	62,8	30,2

PERFIL VIII (Corral Largo) Fecha: 13-VI-78

Clasificación : Psammaquent

Ubicación : Término de Almonte (Huelva); Coto Doñana; por el camino del Palacio a Matalascañas, a la altura del "Corral Largo", frente a la duna de "Cerro Gordo".

Altitud : 10 - 15 metros.

Forma del terreno: - Posición fisiográfica: Corral.
- Forma del terreno circundante: Llano con frente de duna próximo por el Oeste.
- Microtopografía: Llano con ligeras depresiones.

Pendiente : Menor del 2 %.

Vegetación y uso de la tierra : Juncales distróficos y compuestas, más densos en las ligeras depresiones, buena cobertura herbácea y pinar.

Material originario : Arenas de dunas.

Drenaje : Escasamente drenado (Clase 1).

Condiciones de humedad del suelo: Muy húmedo desde la superficie.

Profundidad de la capa freática: 45 centímetros.

Pedregosidad o rocosidad : Sin piedras ni afloramientos rocosos.

Presencia de sales: Aparentemente libre de sales (Clase 0).

Influencia humana: No apreciable.

BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL.

Perfil fuertemente hidromorfo, cuyo nivel freático se encuentra a 45 centímetros en el momento de la toma. Horizonte húmico de poco espesor que aumenta algo en las zonas ligeramente deprimidas y bajo el cual aparece una fuerte concentración de manchas pardo rojizas. Fuerte entramado radicular muy fino, en parte alterado. Horizonte subyacente arenoso, de colores claros y frecuente moteado.

DESCRIPCION DEL PERFIL.

A_{11} 0-2 cm. Pardo rojizo oscuro (5 YR 2,5/2) en húmedo, con abundantes granos de arena de color claro y manchas difusas de óxidos hacia la base del horizonte; arenoso; estructura fibrosa de aspecto afieltrado; muy friable en húmedo, con tendencia a suelta en seco; buena porosidad; abundantes raíces muy finas y finas, algunos restos de raíces y hojas en descomposición; muy buena actividad biológica (cochinillas, miriápodos, larvas, etc., restos coprógenos); reacción ácida; límite brusco e interrumpido.

$A_{12}g$ 2-7 cm. Color abigarrado difuso, matriz pardo amarillento oscura (10 YR 4/4), con moteados pardos (7,5 YR 4/4) y pardo fuerte (7,5 YR 5/6) en húmedo, pequeñas manchas muy oscuras de materia húmica, similares a las del horizonte anterior, pardo muy pálido (10 YR 7/3) en seco; arenoso; estructura migajosa muy fina a migajosa particular y de grano simple; muy friable a suelto en húmedo, muy suelto en seco; poroso; frecuentes raíces muy finas y finas y algunas medianas, con restos de raíces, tallos y hojas; buena actividad biológica; reacción ácida; límite neto y plano.

C_1g 7-20 cm. Color abigarrado más difuso que el anterior horizonte, de matriz pardo pálido (10 YR 6/3), con moteado más fino y menos denso rojo amarillento (5 YR 4/6), localizado preferentemente en las zonas radiculares; arenoso; estructura de grano simple; suelto en húmedo y muy suelto en seco; poros finos contínuos exped; frecuentes raíces finas y medianas desigualmente repartidas y algunos restos de raíces; escasa actividad biológica; reacción ácida; límite neto y plano; muy húmedo.

C_2g 20-55 cm. Pardo pálido (10 YR 6/3) con veteado gris (10 YR 5/1) y gris muy oscuro (10 YR 5/1) (2,5 YR 3/0) en húmedo y muy suelto en seco; poros finos contínuos exped; escasas raíces (principalmente restos), muy escasa actividad biológica; ligero olor sáprico; mana agua.

COMENTARIO.

Se trata de un suelo que presenta un alto grado de hidromorfísmo, permaneciendo saturado en agua la mayor parte del año, por lo que se estima que tiene un régimen aquíco de humedad.

En el estudio micromorfológico se aprecia, en los horizontes A_{11} y $A_{12}g$, una microestructura de granos sueltos y también de agregados de origen orgánico, en otros campos. La microporosidad se caracteriza por numerosos y amplios huecos intergranulares, observándose también cavidades biogénicas de variado tamaño y forma, con paredes lisas.

Los granos minerales de la S-matrix son predominantemente de cuarzo, de tamaño de arena media y fina, subangulares, apreciándose también otras especies minerales, subredondeados; en menor proporción.

Prácticamente no existe plasma arcilloso y los agregados se conforman fundamentalmente por acción de la materia orgánica, que está constituida principalmente por restos vegetales y de animales semidescompuestos, y también en fase avanzada de transformación, dando humus típicamente moder-mulliforme.

Como microrrasgos o separaciones edáficas más característicos ha de indicarse la presencia de acumulaciones difusas ferruginosas y húmicas.

En el horizonte C_1g la microestructura se diferencia de la de los horizontes superiores en que es nétamente apedal, de granos libres sin que se observen agregados de ningún tipo, y la microporosidad es exclusivamente de huecos intergranulares de empaquetamiento.

En la S-matrix se aprecia gran incremento en la proporción de granos minerales, de la misma naturaleza y tamaño indicados, pero predominando las formas subredondeadas.

El estudio mineralógico de este perfil pone de manifiesto que aparecen las mismas especies minerales identificadas

en el perfil anterior, aunque se observa una cadencia más uniforme en los horizontes (tabla 35).

La persistencia de las mismas especies minerales y su frecuencia relativa en todos los perfiles permite incluir estos sedimentos en la provincia petrográfica definida por O. Riba y P. Mateos (1961) en zonas próximas.

Debido, además, a que la clase de tamaño de partículas en el perfil, hasta más de 1 metro de profundidad, es arenosa, a su intenso moteado, y a la no existencia de otros horizontes de diagnóstico, el suelo puede clasificarse como un Typic Psammaquent. Tanto en las claves F A O como en el sistema de la C P C S se clasifica como Regosol.

TABLA 32 Determinaciones químicas generales

Horiz.	Prof. (cm)	pH		C	N	C/N	$CO_3^=$	Asimilables (mg/100 g)				Hierro (%)		
		H_2O	ClK	(%)	(%)		(%)	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Total	Libre*	Libre**
A_{11}	0-2	5,8	5,1	2,33	0,17	14,12	0,00	0	10	84	15	1,58	-	0,74
$A_{12}g$	2-7	6,0	5,5	0,93	0,06	16,90	0,00	1	5	31	6	1,19	-	0,28
C_1g	7-20	6,0	4,5	0,22	0,03	8,80	0,00	1	4	22	6	0,97	-	0,11
C_2g	20-55	5,7	4,5	0,11	0,02	7,33	0,00	1	3	14	3	1,28	-	0,10

* Deb.

** Endredy.

TABLA 33 Determinaciones de Capacidad de cambio catiónico

Horiz.	Prof. (cm)	Cationes cambiables (meq/100 g)					(meq/100g)	Sat. en bases (%)
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Suma		
A_{11}	0-2	0,30	0,00	5,50	1,50	7,30	7,33	99,6
$A_{12}g$	2-7	0,00	0,00	2,30	0,90	3,20	3,20	100,0
C_1g	7-20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,0
C_2g	20-55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,0

TABLA 34 Determinaciones físicas

Horiz.	Prof. (cm)	d.a. (g/cm^3)	Por. (%)	c.h. (cm/h)	Ret. agua (% peso)			Análisis granul. (% <2 mm)			
					1/10 bar	1/3 bar	15 bar	2-0,2	0,2-0,05	0,05-0,002	<0,002
A_{11}	0-2	1,46	44,91	97,5	10,26	8,59	7,13	89,6	2,3	4,6	3,0
$A_{1.2}G$	2-7							91,7	4,7	1,8	3,0
C_1G	7-20	1,64	38,11	62,4	4,54	2,92	1,48	96,4	2,7	0,6	2,0
C_2G	20-55	1,61	39,25	54,6	3,58	2,69	1,54	95,8	3,3	0,4	2,0

TABLA 35 Frecuencia relativa de minerales de la fracción arena (0,5 - 0,02 mm)

Horizonte	A_{11}	$A_{12}g$	C_1g	C_2g
Profundidad (cm)	0-2	2-7	7-20	20-55
		%		
Minerales d < 2,87	96,8	97,3	98,9	98,6
Minerales d > 2,87	3,2	2,7	1,1	1,4
		Minerales d < 2,87		
Cuarzo	97	98	99	98
Feldespato	3	2	1	2
		Minerales d > 2,87		
Andalucita	17,2	16,4	13,3	12,2
Augita	-	-	-	-
Circón	5,2	5,7	4,5	3,8
Distena	-	-	-	0,2
Epidota	0,6	0,8	0,6	1,0
Estaurolita	1,3	1,4	1,0	2,2
Granate	1,3	1,4	1,6	1,5
Hiperstena	0,8	0,7	0,5	0,4
Hornblenda	2,9	2,1	1,0	2,2
Micas y Cloritas	0,3	0,3	0,5	0,4
Rutilo	0,8	0,7	0,3	0,2
Silimanita	-	-	-	-
Titanita	0,6	-	0,6	0,4
Turmalina	14,0	14,2	15,8	13,7
Opacos	54,0	56,2	60,0	61,0

PERFIL IX a (Cerrado Alcornoques) Fecha: 20-VI-78

Clasificación : Haploxerault ?

Ubicación : Término de Almonte (Huelva); Coto Doñana; por el camino de "La Pajarera" al Rocío, en el cerrado de los alcornoques de nueva plantación.

Altitud :

Forma del terreno: - Posición fisiográfica: Arenas estabilizadas.
- Forma del terreno circundante: Llano.
- Microtopografía: Plana con muy ligeras ondulaciones. Suelo hollado de madrigueras.

Pendiente : Suavemente inclinado hacia el Este (2 %-3 %).

Vegetación y uso de la tierra : Helechos, compuestas, halimium, gramíneas. Alcornoques recién plantados.

Material originario : Arenas.

Drenaje : Moderadamente bien drenado (Clase 3).

Condiciones de humedad del suelo: Seco hasta 60 centímetros, aumentando la humedad progresivamente a mayor profundidad.

Profundidad de la capa freática: 1,60 metros.

Pedregosidad o rocosidad : Sin piedras ni afloramientos rocosos.

Presencia de sales : Libre de sales (Clase 0).

Influencia humana: Terreno removido, en parte, por la apertura de hoyos para la plantación de alcornoques.

BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL.

Perfil arenoso con horizontes poco diferenciados hasta cerca de un metro de profundidad, en donde aparece una costra ferruginosa de tipo "litoplíntica", muy dura, continuando después el suelo arenoso uniformemente enriquecido en óxidos férricos y aumentando progresivamente la humedad.

DESCRIPCION DEL PERFIL.

A_{11} 0-10 cm. Pardo a pardo oscuro (10 YR 4/3) en húmedo, pardo (10 YR 5/3) en seco; arenoso grueso; estructura de grano simple; suelto; abundantes poros finos y gruesos exped; abundantes raíces finas, en los primeros centímetros, algunas raíces medianas y gruesas hacia la base del horizonte, frecuentes restos de tallos y raíces secos; escasa actividad biológica; reacción ácida; límite gradual y plano.

A_{12} 10-25 cm. Pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4/4) en húmedo, pardo (7,5 YR 5/4) en seco; arenoso, con menor proporción de arena gruesa; estructura de grano simple; suelto en seco, muy friable en húmedo; poros finos contínuos exped; sin raíces ni actividad biológica apreciables; reacción ácida; límite difuso.

A_{13} 25-60 cm. Igual color y textura que el horizonte anterior, igual estructura, ligeramente más húmedo; algunas raíces finas; manchas ferruginosas aisladas muy difusas; reacción ácida; límite gradual.

B_1 60-90 cm. Igual color y textura que el horizonte anterior; estructura de grano simple que tiende a formar pequeños agregados migajosos al existir mayor humedad, muy poco estables; suelto a muy friable en húmedo; poros finos contínuos exped; sin raíces ni actividad biológica apreciable; manchas de óxido reducción, más frecuentes, nítidas y gruesas con la profundidad (plintita); reacción ácida; límite brusco y discontínuo.

B_2ir 90-120 cm. Costra o coraza ferruginosa, litoplíntica, muy dura en general y frágil en algunos puntos, de superficie rugosa alveolar, con oquedades rellenas de arena y raíces, con fuerte y desigual liberación de óxidos férricos de color pardo rojizo oscuro (2,5 YR 2,5/4), siendo más ocuro hacia la periferia de los cortes más duros; límite brusco y discontínuo.

C_1 120-160 cm. Amarillo pardusco (10 YR 6/6) en húmedo; arenoso (granos de arena gruesa y mediana recubiertos de óxidos férricos) y pequeños puntos negros; vetas más claras difusas; estructura de grano simple, con formación de ligeros agregados migajosos en húmedo; no se aprecia actividad biológica ni raíces; reacción ácida; límite neto y plano.

C_2 160- cm. Color más uniforme, pardo amarillento (10 YR 5/8) en húmedo; arena gruesa y mediana; sin estructura en estado muy húmedo (mojado); mana agua. En estado ligeramente húmedo se aprecia una agregación moderadamente migajosa. Restantes características semejantes al horizonte anterior.

TABLA 36 Determinaciones químicas generales

Horiz.	Prof. (cm)	pH		C	N	C/N	$CO_3^=$	Asimilables (mg/100 g)				Hierro (%)		
		H_2O	ClK	(%)	(%)		(%)	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Total	Libre*	Libre**
A_{11}	0-10	5,2	4,3	0,89	0,06	14,83	0,00	1	9	24	7	0,72	-	0,17
A_{12}	10-25	4,1	3,4	0,22	0,03	8,14	0,00	1	4	17	3	0,90	-	0,27
A_{13}	25-60	4,2	3,6	0,30	0,02	15,00	0,00	1	4	22	1	0,84	-	0,25
B_1	60-90	4,5	3,6	0,24	0,03	8,00	0,00	0	4	22	6	0,76	-	0,23
B_2ir	90-120	4,7	4,0	0,89	0,04	24,05	0,00	1	4	29	4	4,43	-	3,23
C_1	120-160	4,8	4,4	0,11	0,01	9,16	0,00	1	4	24	4	0,97	-	0,21
C_2	160-	5,7	5,2	0,36	0,02	24,00	0,00	1	3	26	10	0,96	-	0,20
Costra Fe		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,20	-	11,64

TABLA 37 Determinaciones de Capacidad de cambio catiónico

Horiz.	Prof. (cm)	Cationes cambiables (meq/100 g)					C.C.C. (meq/100 g)	Sat. en bases (%)
		Na^{+}	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	Suma		
A_{11}	0-10	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	2,71	18,4
A_{12}	10-25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,0
A_{13}	25-60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,0
B_1	60-90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	0,0
B_2ir	90-120	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,71	0,0
C_1	120-160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,0
C_2	160-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,71	0,0

TABLA 38 Determinaciones físicas

Horiz.	Prof. (cm)	d.a. (g/cm^3)	Por. (%)	c.h. (cm/h)	Ret. agua (% peso)			Análisis granul. (% <2 mm)			
					1/10 bar	1/3 bar	15 bar	2-0,2	0,2-0,05	0,05-0,002	<0,002
A_{11}	0-10	1,34	49,43	85,1	3,83	2,57	2,18	84,9	10,8	2,5	3,0
A_{12}	10-25	1,42	46,42	99,9	2,44	1,60	1,03	86,5	6,7	3,6	3,0
A_{13}	25-60	1,46	44,91	95,9	1,68	0,99	0,78	90,0	0,9	6,8	3,0
B_1	60-90	1,45	45,28	107,9	1,92	1,04	0,88	88,6	8,6	0,1	4,5
B_2ir	90-120	1,31	50,57	115,6	4,56	1,83	1,24	81,5	11,3	0,0	7,5
C_1	120-160	1,52	42,64	97,7	1,04	0,71	0,35	91,2	7,0	0,0	3,0
C_2	160-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL IXb (Cerrado Alcornoques) Fecha: 20-VI-78

Clasificación : Haploxerult ?

Ubicación : Término de Almonte (Huelva); Coto Doñana; por el camino de "La Pajarera" al Rocio, en el cerrado de los alcornoques de nueva plantación; 30 metros al Este del perfil anterior.

Altitud :

Forma del terreno: - Posición fisiográfica: Arenas estabilizadas.
- Forma del terreno circundante: Ligeramente deprimido.
- Microtopografía: Frecuentes hoyos o madrigueras.

Pendiente : Suavemente inclinado hacia el Este (2%-3%).

Vegetación y uso de la tierra : Abundantes helechos, compuestas, halimium, gramíneas. Alcornoques recién plantados.

Material originario : Arenas.

Drenaje : Imperfectamente drenado (Clase 2).

Condiciones de humedad del suelo: Seco en superficie y progresivamente húmedo con la profundidad.

Profundidad de la capa freática: 1,40 metros.

Pedregosidad o rocosidad : Sin piedras ni afloramientos rocosos.

Presencia de sales : Libre de sales (Clase 0).

Influencia humana: Terreno removido en parte, por la apertura de hoyos para la plantación de alcornoques.

BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL.

Perfil de características similares al anterior, pero con un cambio más brusco entre los horizontes A y B "litoplíntico".

DESCRIPCION DEL PERFIL.

A_{11} 0-10 cm. Pardo oscuro (7,5 YR 3/2) en húmedo, pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4/2) en seco; arenoso; estructura migajosa media ligeramente desarrollada; muy friable en húmedo, suelto en seco; fuertemente enraizado, raíces finas y muy finas abundantes, restos leñosos secos frecuentes; moderada actividad biológica; reacción ácida; límite neto y plano.

A_{12} 10-25 cm. Pardo oscuro (7,5 YR 3/2) en húmedo, pardo (7,5 YR 5/2) en seco; arenoso; estructura migajosa ligeramente desarrollada en húmedo y de grano simple en seco; muy friable en húmedo a suelto en seco; frecuentes poros finos contínuos exped; frecuentes raíces muy finas, alguna raíz gruesa; escasa actividad biológica; reacción ácida; límite gradual.

A_{13} 25-55 cm. Pardo oscuro (7,5 YR 3/2) en húmedo, pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4/3) en seco; arenoso; estructura migajosa ligeramente más estable que en el horizonte anterior, con tendencia a grano simple en seco; algunas raíces finas; reacción ácida; límite neto.

A B 55-90 cm. Pardo oscuro (7,5 YR 3/2) en húmedo, pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4/4); arenoso; estructura migajosa en húmedo a grano simple en seco; muy friable a suelto; frecuentes trozos alargados verticalmente y rugosos de hardpan ferruginoso muy duros y frágiles, de color pardo rojizo (5 YR 4/4) en el interior y pardo rojizo oscuro (2,5 YR 2,5/4) en los bordes; reacción ácida; límite brusco y discontínuo.

B_2ir 90-102 cm. Coraza ferruginosa litoplíntica, muy dura, de superficie rugosa alveolar, con huecos rellenos por arena y raíces que se rompe con mucha dificultad, golpeada con martillo, que se extiende en forma discontínua pero dominando en el podón.

C_1 102-140 cm. Amarillo pálido (2,5 Y 7/4) en húmedo; pardo muy pálido (10 YR 7/3) en seco; arenoso; estructura de grano simple; muy friable a suelto; ligeros recubrimientos de óxidos férricos en los granos de arena, de manera no uniforme, dando la apariencia de vetas más claras en el horizonte; límite neto y plano.

C_2 140- cm. Pardo amarillento (10 YR 5/6) en húmedo, amarillo pardusco (10 YR 6/6) en seco; arenoso; estructura migajosa ligeramente desarrollada, formando en seco agregados algo estables, ligeramente duros pero muy frágiles, en donde los granos de arena están cementados por óxidos férricos en forma contínua. En estado seco se deshacen en arena suelta. Muy húmedo. Mana agua.

COMENTARIO.

Los perfiles IXa y IXb se caracterizan por presentar, bajo un importante depósito arenoso, una coraza muy endurecida, fuertemente cementada por óxidos de hierro, con oquedades de aspecto alveolar, rellenas con arena y pequeñas raíces. Este tipo de coraza ha sido identificada por Smith (1977) en suelos de Venezuela.

El perfil IXa presenta dicha coraza a una profundidad de 90 centímetros, en donde aparece en forma discontínua, existiendo sobre ella un horizonte no consolidado con abundante y grueso moteado de óxido-reducción, con aspecto de plintita.

En el IXb los trozos ferruginosos endurecidos aparecen ya entre 55 y 90 centímetros, pero la coraza ferruginosa se encuentra a la misma profundidad de 90 centímetros, siendo, en este caso, más contínua y mucho más dura. Este perfil se halla en situación algo más baja, hacia el contacto con la zona de marisma y presenta el nivel freático algo más elevado.

Bajo ambas corazas aparecen sendos horizontes arenosos sueltos de color amarillento claro, menos intenso en la zona de fluctuación de la capa freática del perfil IXb. Este color se debe a la ligera cementación ferruginosa de los granos de arena.

Se estima que estos horizontes se han podido formar por acumulación ferruginosa (quizás por lavado lateral), siendo entonces horizontes iluviales.

En el perfil IXa se ha determinado la capacidad de cambio catiónico, existiendo una total desaturación, salvo en el horizonte de superficie en el que se alcanza el valor de 18,5 %.

En el horizonte B_2ir se aprecia un ligero aumento de la capacidad de cambio catiónico.

Como resultado se puede estimar, en forma tentativa, que estos suelos podrían integrarse dentro del orden Ultisol (Haploxerults ?) con la posibilidad de introducir un subgrupo que hiciese referencia a la presencia de la coraza ferruginosa (litoplintic ?).

TABLA 39 Determinaciones químicas generales

Horiz.	Prof. (cm)	pH		C	N	C/N	$CO_3^=$	Asimilables (mg/100 g)				Hierro (%)		
		H_2O	ClK	(%)	(%)		(%)	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Total	Libre*	Libre**
A_{11}	0-10	5,0	4,2	1,57	0,11	14,95	0,00	1	13	48	13	-	-	-
A_{12}	10-25	5,1	4,1	0,62	0,04	16,75	0,00	0	13	26	6	-	-	-
A_{13}	25-55	4,8	3,7	0,55	0,03	18,33	0,00	1	9	24	4	-	-	-
AB	55-90	4,6	3,7	0,62	0,04	16,75	0,00	1	5	24	4	-	-	-
C_1	102-140	5,0	4,5	0,05	0,01	4,16	0,00	1	3	24	3	-	-	-
C_2	140-	4,9	4,2	0,11	0,02	6,47	0,00	1	2	21	1	-	-	-

TABLA 40 Determinaciones de Capacidad de cambio catiónico

Horiz.	Prof. (cm)	Cationes cambiables (meq/100 g)					C.C.C. (meq/100 g)	Sat. en bases (%)
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Suma		
A_{11}	0-10	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	3,60	27,7
A_{12}	10-25	0,00	0,00	0,30	0,00	0,30	1,80	16,6
A_{13}	25-55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,0
AB	55-90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	0,0
C_1	102-140	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,0
C_2	140-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	0,0

TABLA 41 Determinaciones físicas

Horiz.	Prof. (cm)	d.a. (g/cm^3)	Por. (%)	c.h. (cm/h)	Ret. agua (% peso)			Análisis granul. (% <2 mm)			
					1/10 bar	1/3 bar	15 bar	2-0,2	0,2-0,05	0,05-0,002	<0,002
A_{11}	0-10	1,12	57,74	37,7	9,67	6,62	6,09	76,5	15,5	3,5	3,0
A_{12}	10-25	1,36	48,68	53,9	5,29	2,37	2,05	83,3	11,1	0,7	5,5
A_{13}	25-55	1,36	48,68	29,0	4,92	3,23	2,21	77,4	16,2	1,2	4,5
AB	55-90	1,33	49,81	35,1	6,19	3,29	3,03	84,5	7,4	4,4	3,0
C_1	102-140	1,47	44,53	58,1	0,97	0,67	0,39	84,2	13,5	0,0	3,5
C_2	140-	1,50	43,40	82,4	1,19	0,54	0,37	93,4	5,5	0,3	2,0

PERFIL X (Marisma Doñana) Fecha: 21-IX-77

Clasificación : Salorthid.

Ubicación : Término de Almonte (Huelva); Coto Doñana; en la dehesa de Borghetto, camino de la Punta del Malandar en la marisma.

Altitud : 2 metros.

Forma del terreno: - Posición fisiográfica: Depresión abierta.
- Forma del terreno circundante: Llano.
- Microtopografía: Agrietamiento poligonal en superficie y abundantes hoyos de pisadas del ganado.

Pendiente : Menor del 1 %.

Vegetación y uso de la tierra : Totalmente desprovisto de vegetación, sólo una tupida capa muy fina de líquenes.

Material originario : Sedimentos arcillosos de relleno de estuario.

Drenaje : Muy escasamente drenado (Clase 0).

Condiciones de humedad del suelo: Seco en superficie, progresivamente húmedo con la profundidad.

Profundidad de la capa freática : 1 metro.

Pedregosidad o rocosidad : Sin piedras ni afloramientos rocosos.

Presencia de sales : Abundantes eflorescencias en superficie.

Influencia humana: No se aprecia.

BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL.

Perfil fuertemente salino y fuertemente hidromorfo, con caracteres propios de un horizonte sálico prácticamente en superficie que enmascara la tendencia hacia un epipedón mólico. A 1 metro aparece una arcilla gris oscura, con fuerte gleyzación y muy húmeda (nivel freático).

DESCRIPCION DEL PERFIL.

A_1sa 0-10 cm. Gris claro a gris (10 YR 6/1) en húmedo; blanco (10 YR 8/1) en seco; arcilloso; estructura poliédrica gruesa fuertemente desarrollada; plástico y adherente en mojado, muy firme en húmedo, duro en seco; casi compacto, con cavidades finas radiculares aisladas; sin actividad biológica apreciable; calcáreo; límite neto y plano. En superficie se aprecia una estructura laminar fina que corresponde al material de aporte reciente.

C_1g 10-20 cm. Color matriz pardo gris oscuro (10YR 4/2) en húmedo, con finas vetas grises (5 Y 5/1) difusas; arcilloso; estructura poliédrica a poliédrica subangular gruesa, moderadamente desarrollada; plástico en mojado, adherente, muy firme en húmedo, duro en seco; compacto; calcáreo; límite neto y plano; se aprecia una tendencia a estructura laminar.

C_2g 20-100 cm. Color matriz pardo (7,5 YR 5/4), con manchas ferruginosas pardo oscuras (7,5 YR 3/2) y finas vetas grises (5 Y 5/1) en húmedo; arcilloso; estructura masiva; compacto; plástico y adherente en mojado, muy firme en húmedo, duro a muy duro en seco; calcáreo; límite neto y plano.

IIC_g 100- cm. Gris muy oscuro (5 Y 3,5/1) en mojado; arcilloso; estructura masiva; muy plástico; muy compacto; calcáreo; muy húmedo (mana agua).

COMENTARIO.

El perfil se encuentra en una amplia zona deprimida de la marisma que se conserva en estado natural y que permanece inundada gran parte del año.

Se aprecia un importante enriquecimiento secundario en sales solubles cerca de la superficie, lo que determina la presencia de un horizonte sálico.

Como además existe un intenso moteado que indica una fuerte gleyzación, el suelo, al no encontrarse otros horizontes de diagnóstico, se puede incluir en un Salorthid dentro del subgrupo de Aquollic Salorthids. En la clave FAO correspondería a un Solonchak glético y en el sistema de la CPCS de 1967 a un suelo salino (Solonchak).

TABLA 42 Determinaciones químicas generales

Horiz.	Prof. (cm)	pH		C (%)	N (%)	C/N	$CO_3^=$ (%)	Asimilables (mg/100 g)				Hierro (%)		
		H_2O	ClK					P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Total	Libre*	Libre**
A_1sa	0-10	7,5	-	1,44	0,15	9,60	22,8	25	100	216	217	-	-	-
C_1C	10-20	8,0	-	1,10	0,09	12,22	22,7	30	77	192	175	-	-	-
C_2C	20-100	8,0	-	0,56	0,06	9,33	22,5	15	71	192	199	-	-	-

TABLA 43 Determinaciones en el extracto de pasta saturada

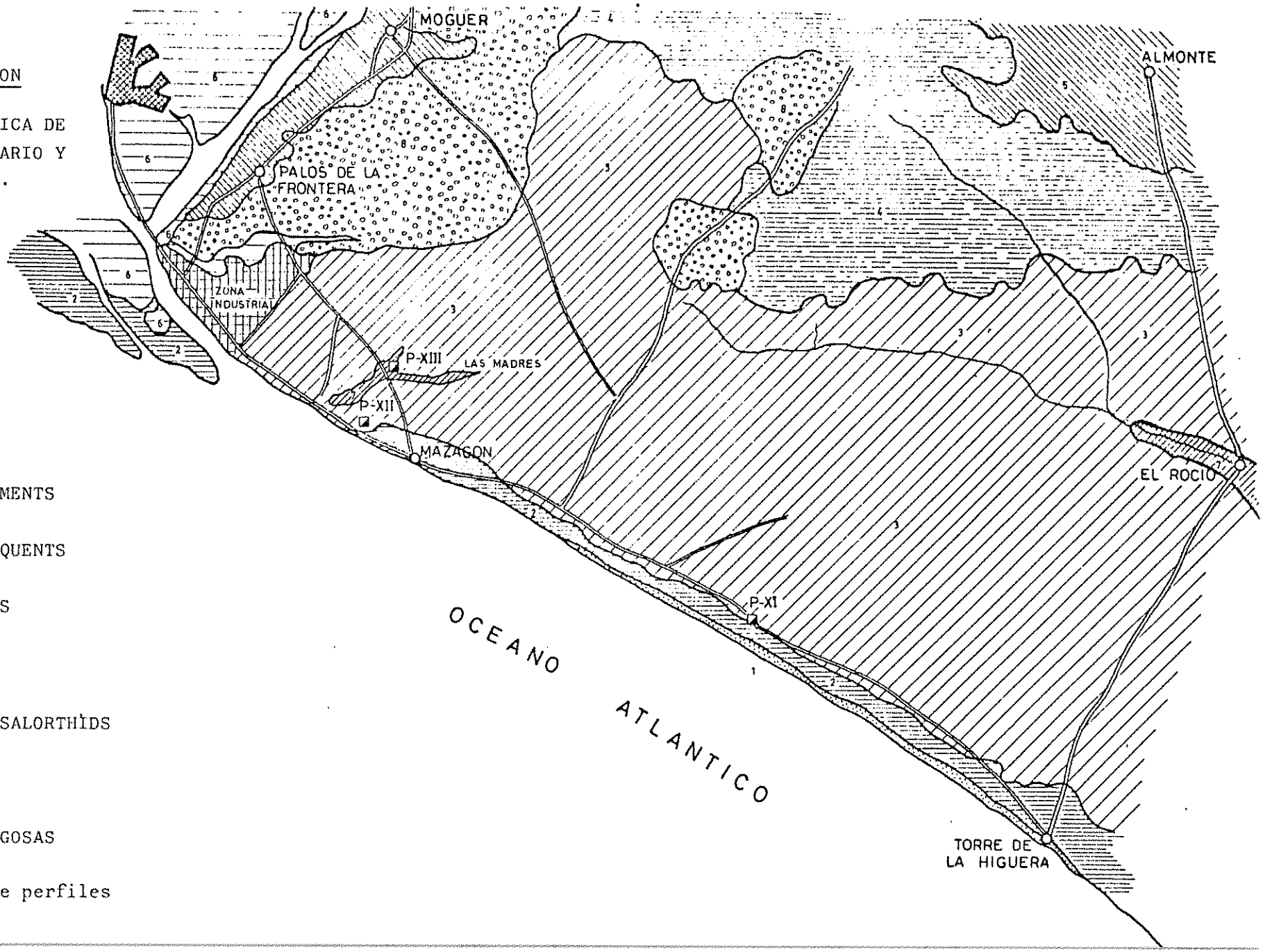
Horiz.	Prof. (cm)	pH	C.E. x 10^3	Aniones (meq/l)					Cationes (meq/l)					SAR
				$CO_3^=$	CO_3H^-	Cl^-	$SO_4^=$	Total	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	Total	
A_1sa	0-10	7,0	54,31	-	4,59	759,86	84,60	849,05	64,00	172,00	660,00	11,40	907,40	60,77
C_1g	10-20	7,1	30,41	-	3,28	392,89	56,50	452,67	28,00	92,00	390,00	5,84	515,84	50,32
C_2g	20-100	6,8	50,69	-	3,28	507,57	65,30	576,15	40,00	147,00	690,00	7,80	884,80	50,44

TABLA 44 Determinaciones físicas y capacidad de cambio catiónico

Horiz.	Prof. (cm)	d.a. (g/cm^3)	Por. (%)	c.h. (cm/h)	Ret. agua (% peso)			Análisis granul. (% <2 mm)				c.c.c. meq/100g
					1/10 bar	1/3 bar	15 bar	2-0,2	0,2-0,05	0,05-0,002	<0,002	
A_1sa	0-10	-	-	-	-	-	-	0,25	1,8	34,5	63;5	18,20
C_1g	10-20	-	-	-	-	-	-	0,10	2,0	27,0	71,0	16,50
C_2g	20-100	-	-	-	-	-	-	0,25	5,3	35,0	59,0	15,40

EXCURSION III. MAZAGON

DISTRIBUCION ESQUEMATICA DE LOS SUELOS DEL ITINERARIO Y SITUACION DE PERFILES.
Escala: 1/200.000



1 PLAYAS

2 QUARTZIPSAMMENTS

3 PSAMMENTS/AQUENTS

4 HAPLOXERALFS

5 XEROCHREPTS

6 HALAQUEPTS/SALORTHIDS

7 HISTOSOL

FASES PEDREGOSAS

14 Situacion de perfiles

2.3 EXCURSION III (MAZAGON)

2.3.1 Descripción general de los suelos del itinerario.-

El itinerario discurre por la nueva carretera que une Torre de la Higuera con Mazagón, sensiblemente paralelo al cordón de dunas litorales que caracterizan a gran parte de la costa onubense.

El total del recorrido es de sólo unos 40 Km, antes de regresar a Sevilla desde La Rábida. A la izquierda de la carretera se extienden, pues, las dunas costeras, con su típico relieve ondulado. A la derecha el llamado manto eólico de relieve prácticamente llano. El substratum de toda la zona está formado por arenas basales (Pliocuaternario) cuyo máximo espesor se ha localizado precisamente entre el sector de Mazagón y el médano de El Asperillo.

Los suelos sobre dunas no ofrecen perfiles con horizontes diferenciados, como corresponde a su origen y dinámica.

El perfil es pues material arenoso indiferenciado (horizonte C). En determinados casos se puede identificar un ligero epipedón ócrico, que caracteriza a un psamment, (Xeropsamment o Quartzipsamment según el porcentaje de cuarzo).

En las zonas llanas del manto eólico los suelos son igualmente arenosos profundos, aunque en muchas ocasiones el nivel freático más cercano a la superficie condiciona un desarrollo de vegetación importante (aparte de las repoblaciones de pinar) que, a su vez, ha permitido la aparición de horizontes húmicos bien desarrollados.

Toda la zona tiene tendencia a drenar hacia la costa, estando frenada la evacuación por el cordón litoral de dunas.

Esto hace que en los contactos con las dunas, se produzca una situación favorable al desarrollo de materiales turbosos.

Según los estudios del I G M E (Leyva, 1976) en el sector del médano del Asperillo la separación con los tramos dunares viene marcada por una capa de turba cuyo espesor varía entre 30 cm y 1'30 m. En este sector las capas de turba son la nota más característica, pudiendo localizarse hasta tres capas, una de ellas a nivel o constituida esencialmente por trozos de materia vegetal con matriz de arcilla arenoso-bituminosa de color pardo.

La situación del perfil XI se relaciona con estas características.

En la zona de Mazagón, y en situación próxima a las playas, se identifican suelos cuyo perfil muestra un fuerte contraste textural que indica la presencia de los materiales plio cuaternarios de las arenas basales, recubiertos de aportes arenosos.

El conjunto define a unos suelos de morfología contrastada, similar a la que presentan los Planosoles (FAO, 1973) destacando el aspecto ferralítico de la base del perfil, frente a los horizontes arenosos decolorados sobreyacentes (zona del perfil XII).

Finalmente, en la zona del arroyo de "Las Madres" existe un importante yacimiento de turba, ampliamente explotado y que ha sido estudiado por Menéndez Amor y Florschutz (1964).

Son evidentemente suelos orgánicos que pertenecen al orden de Histosols (perfil XIII). En los bordes, se pueden identificar perfiles con aspecto de Ranker de turba (Kubiena, 1952).

2.3.2 Estudio de perfiles.-

PERFIL XI (Torre del Loro) Fecha: 27-I-78

Clasificación : Haploxeralf ?, Quartzipsamment ?

Ubicación : Término de Almonte (Huelva); a 6 Km pasado el desvío a Torre del Loro por la carretera Mazagón-Torre la Higuera; entre "Era Colorada" y el "Asperillo".

Altitud : 35 - 40 metros.

Forma del terreno: -Posición fisiográfica: Pequeña depresión abierta.
-Forma del terreno circundante: Casi plano, con bursca elevación de frente dunar hacia el Sur-Oeste.

Pendiente : 2 - 3 %.

Vegetación y uso de la tierra : Pinar joven.

Material originario : Aportes arenosos (manto eólico).

Drenaje : Moderadamente bien drenado (Clase 3).

Condiciones de humedad del suelo: Ligeramente húmedo.

Profundidad de la capa freática: No se aprecia.

Pedregosidad o rocosidad : Sin piedras ni afloramientos rocosos.

Evidencia de erosión : No visible.

Presencia de sales: Aparentemente libre (Clase 0).

Influencia humana: Cárcavas artificiales.

BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL.

Perfil arenoso con horizonte húmico moderadamente a bien desarrollado, en el que se aprecia un determinado movimiento de materia orgánica a lo largo del perfil, con tres frentes de acumulación más definidos a 60, 80 y 130 centímetros, de muy poco espesor los dos primeros y de aproximadamente un cm de diámetro el tercero, que se sitúa en la línea de un cambio textural abrupto, dando paso a un horizonte ligeramente hidromorfo.

DESCRIPCION DEL PERFIL.

A_{11} 0-20 cm. Pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en húmedo, gris (10 YR 5/1) en seco; arenoso franco; (algunas vetas muy finas, a lo largo de las raíces, de color pardo amarillento (10 YR 5/4); estructura de grano simple hacia migajosa fina en húmedo; muy friable en húmedo, suelto en seco; abundantes poros muy finos exped; frecuentes raíces finas; escasa actividad biológica; reacción ácida; límite neto y plano.

A_{12} 20-40 cm. Gris muy oscuro (10 YR 3/1) en húmedo; arenoso; estructura de grano simple o migajosa muy fina en húmedo; muy friable a suelto en húmedo; muy suelto en seco; abundantes poros muy finos exped; abundantes raíces finas y medianas; escasa actividad biológica; reacción ácida; límite gradual.

A_{13} 40-60 cm. Gris (10 YR 5/1) en húmedo; con inclusiones irregulares de sección variable entre 1 y 2 cm, de color gris muy oscuro (10 YR 3/1) procedentes del horizonte anterior; arenoso; estructura de grano simple a migajosa muy fina; muy friable a suelto en húmedo, muy suelto en seco; abundantes poros muy finos exped; raíces muy finas y medianas irregularmente repartidas; escasa actividad biológica; reacción ácida; límite gradual-neto.

A_{21} 60-80 cm. Gris pardusco claro (10 YR 6/2) en húmedo; con moteado gris muy escaso y difuso; arenoso; estructura de grano simple; muy friable a suelto en húmedo, muy suelto en seco; abundantes poros muy finos exped; raíces medianas aisladas; sin actividad biológica apreciable; reacción ácida; límite neto y ligeramente ondulado a través de ligera banda oscura de materia orgánica.

A_{22} 80-130 cm. Gris claro (10 YR 7/1) en húmedo; arenoso; estructura de grano simple; muy friable a suelto en húmedo; muy suelto en seco; abundantes poros muy finos exped; sin raíces ni actividad biológica apreciable; reacción ácida; límite brusco y ligeramente ondulado a través de una fina banda oscura enriquecida en materia orgánica (horizonte Bh ?).

Bt 130-170 cm. Color matriz gris claro (5 Y 7/2) en húmedo; con moteado pardo a pardo oscuro (10 YR 4/3) y pequeñas manchas amarillentas; franco arenoso; estructura migajosa media ligeramente desarrollada, sin estructura en corte reciente; ligeramente plástico y adherente en mojado, muy friable en húmedo; reacción ácida; límite neto y plano.

C 170- cm. Amarillo pardusco (10 YR 6/8) en húmedo; franco arenoso; sin estructura; muy húmedo.

COMENTARIO .

Este suelo se caracteriza por estar desarrollado sobre un material arenoso decolorado que tiene las características de un material álbico y cuyo color claro contrasta con el amarillento de las dunas próximas.

Existen además unos horizontes húmicos bien desarrollados (A_{11} y A_{12}) que van pasando progresivamente (A_{13}) a otros con aspecto de horizontes eluviales (A_{21} y A_{22}).

Bajo estos horizontes aparece bruscamente otro de textura franco-arenosa (tabla 47) (Bt), a través de una ligera banda oscura de probable acumulación de materia orgánica, (Bh ?), que muy tenuemente también se aprecia más arriba.

Parece, pues, que existe una cierta movilidad de materia orgánica, aunque no se produce con la suficiente intensidad como para originar un horizonte spódico.

Este perfil presenta rasgos micromorfológicos muy parecidos a los del perfil VII, exceptuando dos características: De una parte la presencia de bandas oscuras intermedias que muestran un humus fundamentalmente de tipo mull impregnando la masa basal, lo que parece confirmar la apreciación del estudio macromorfológico del movimiento de sustancias húmicas a través del perfil, aunque se observan también restos de raíces semitransformadas que pueden proceder de la penetración de plantas dosde otros horizontes. De otra parte, la evidencia de un cierto hidromorfismo y el ligero aumento en el contenido de plasma.

El estudio mineralógico, que se refleja en la tabla 48, pone de manifiesto la existencia de una serie de sedimentaciones sucesivas, favorecidas por la circulación de aguas.

La saturación en bases es algo superior a 59 % en superficie, estando el resto del perfil totalmente desaturado, hasta el horizonte Bt en el que es del orden del 40 %.

De acuerdo con todo ello el suelo podría considerarse como un alfisol (Psammentic Haploxeralf ?, Ultic Haploxeralf?)

Si se considera sólo el material arenoso hasta 130 centímetros el suelo podría clasificarse como un Spodic Quartzipsamment.

TABLA 45 Determinaciones químicas generales

Horiz.	Prof. (cm)	pH		C	N	C/N	$CO_3^=$	Asimilables (mg/100 g)				Hierro (%)		
		H_2O	ClK	(%)	(%)		(%)	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Total	Libre*	Libre**
A_{11}	0-20	5,2	4,0	0,83	0,06	13,8	0,00	7	6	48	10	1,43	0,21	0,27
A_{12}	20-40	4,8	3,7	0,57	0,07	8,7	0,00	4	6	21	1	0,50	0,05	0,08
A_{13}	40-60	5,0	4,1	0,32	0,09	3,5	0,00	7	6	16	6	0,21	0,03	0,02
A_{21}	60-80	6,0	5,7	0,19	0,02	11,2	0,00	6	5	12	0	0,19	0,02	0,02
A_{22}	80-130	6,3	5,7	0,25	0,02	12,5	0,00	2	6	12	1	0,13	0,02	0,02
B_h	130-131	-	-	0,38	0,04	9,5	0,00	-	-	-	-	0,15	0,02	0,02
B_t	131-170	5,9	,0	0,34	0,03	13,6	0,00	10	8	34	37	0,47	0,04	0,04
C	170-	6,9	5,5	0,36	0,04	9,0	0,00	2	5	67	4	0,57	0,34	0,26

* Deb.

** Endredy.

TABLA 46 Determinaciones de Capacidad de cambio catiónico

Horiz.	Prof. (cm)	Cationes cambiables (meq/100 g)					C.C.C. (meq/100g)	Sat. en bases (%)
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Suma		
A_{11}	0-20	0,00	0,25	3,00	0,00	3,25	5,45	59,63
A_{12}	20-40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	0,00
A_{13}	40-60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	0,00
A_{21}	60-80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00
A_{22}	80-130	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	0,00
B_h	130-131	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,81	0,00
B_t	131-170	0,00	0,00	2,20	0,00	2,20	5,52	39,85
C	170-	0,00	0,00	3,30	2,20	-	5,70	96,50

TABLA 47 Determinaciones físicas

Horiz.	Prof. (cm)	d.a. (g/cm^3)	Por. (%)	c.h. (cm/h)	Ret. agua (% peso)			Análisis granul. (% <2 mm)			
					1/10 bar	1/3 bar	15 bar	2-0,2	0,2-0,05	0,05-0,002	<0,002
A_{11}	0-20	1,51	43,02	32,0	12,61	7,09	4,60	40,0	41,5	6,0	9,5
A_{12}	20-40	1,55	41,51	13,7	9,48	5,53	3,28	70,6	14,5	9,2	3,5
A_{13}	40-60	1,47	44,53	30,0	5,63	2,83	1,45	80,5	14,6	2,8	3,0
A_{21}	60-80	1,45	45,28	36,3	5,07	2,55	1,53	87,8	7,6	1,9	3,5
A_{22}	80-130	1,50	43,40	43,3	3,50	2,05	1,00	93,5	4,8	0,0	3,0
B_h	130-131	-	-	-	-	-	-	78,4	10,6	2,5	8,5
B_t	130-170	1,86	29,81	16,0	11,82	9,95	8,66	72,7	6,7	3,1	17,0
C	170-	-	-	-	-	-	-	87,4	3,0	3,5	7,0

TABLA 48 Frecuencia relativa de minerales de la fracción arena (0,5 - 0,02 mm).

Horizonte	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{21}	A_{22}	B_h	B_t	C
Profundidad (cm)	0-20	20-40	40-60	60-80	80-130	130-131	131-170	170-
				%				
Minerales d < 2,87	98,1	98,8	99,8	99,8	99,9	99,0	99,8	99,1
Minerales d > 2,87	1,9	1,2	0,2	0,2	0,1	1,0	0,2	0,9
				Minerales d < 2,87				
Cuarzo	95	96	96	98	94	97	93	95
Feldespato	5	4	4	2	6	3	7	5
				Minerales d > 2,87				
Andalucita	4,5	12,4	30,0	33,1	23,7	8,1	28,6	43,3
Augita	-	-	-	-	-	-	-	-
Circón	3,6	4,3	0,2	0,4	1,2	3,6	1,3	2,6
Distena	0,4	0,5	-	-	-	-	-	-
Epidota	0,9	0,5	-	-	-	-	-	-
Estaurolita	0,4	0,9	0,2	0,4	-	0,3	0,6	0,6
Granate	2,4	2,1	0,5	-	-	-	-	-
Hiperstena	1,5	2,7	1,4	0,8	-	0,9	0,6	2,0
Hornblenda	3,1	3,2	2,8	2,1	2,5	1,8	-	2,0
Micas y Cloritas	0,9	0,5	2,2	2,9	-	2,6	2,6	2,0
Rutilo	0,4	0,2	0,2	-	-	0,5	-	-
Silimanita	-	-	-	-	-	0,3	-	-
Titanita	0,9	0,9	0,5	-	-	0,5	-	-
Turmalina	3,8	8,1	21,4	23,3	5,0	5,4	24,6	21,3
Opacos	76,7	62,9	40,0	36,1	67,5	78,1	41,3	26,0

PERFIL XII (Vigía) Fecha: 16-II-78

Clasificación : Palexeralf ?

Ubicación : Término de Moguer (Huelva); por carretera costera frente a Punta del Vigía.

Altitud :

Forma del terreno: - Posición fisiográfica: Dunas sobre Plioceno.
- Forma del terreno circundante: Ligeramente ondulado.
- Microtopografía:

Pendiente : 3 - 5 %.

Vegetación y uso de la tierra : Pinar.

Material originario : Sedimentos arcilloarenosos.

Drenaje : Moderadamente bien drenado (Clase 3).

Condiciones de humedad del suelo: Húmedo.

Profundidad de la capa freática: No se aprecia.

Pedregosidad o rocosidad : Sin piedras ni afloramientos rocosos.

Evidencia de erosión : Ligera

Influencia humana: Corte de cantera.

BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL.

Perfil que muestra un fuerte contraste textural entre los horizontes más superficiales y los más profundos. Se estima que existe una discontinuidad litológica, apreciándose un aporte arenoso dunar sobre un sedimento hidromorfo endurecido (marmorizado) que puede ser del Villafranquiense.

DESCRIPCION DEL PERFIL.

A_1 0-10 cm. Pardo oscuro (7,5 YR 3/2) en húmedo; arenoso; estructura migajosa fina; muy friable en húmedo, suelto en seco; abundantes poros finos exped; abundantes raíces finas y medianas, frecuentes raíces gruesas; buena actividad biológica; reacción ácida; límite gradual e irregular.

A_2 10-70 cm. Amarillo pardusco (10 YR 6/6) en húmedo; arenoso; estructura de grano simple; muy friable a suelto en húmedo, muy suelto en seco; abundantes poros finos exped; abundantes raíces hasta 50 cm; moderada actividad biológica; reacción ácida; límite neto e irregular.

IIB_1g 70-100 cm. Pardo amarillento (10 YR 5/8) con manchas difusas de color rojo (2,5 YR 4/8) en húmedo; franco arcillo arenoso; estructura poliédrica subangular gruesa moderadamente desarrollada; ligeramente plástico y adherente en mojado, firme en húmedo, duro en seco; reacción ácida; límite gradual.

IIB_2g 100- cm. Color abigarrado con moteado igual al horizonte anterior, más grueso y nítido; arcillo arenoso; estructura poliédrica gruesa, moderadamente desarrollada; ligeramente plástico y adherente en mojado, firme en húmedo, muy duro en seco; reacción ácida.

COMENTARIO.

En este perfil destaca el fuerte contraste textural entre los horizontes arenosos A superiores y los subyacentes horizontes B (tabla 51) con grueso y contínuo moteado pardo amarillento y rojo de tipo plintita que parece marcar una discontinuidad litológica.

Los datos del estudio micromineralógico recogidos en la tabla 52 parecen indicar, asimismo, una distinta sedimentación de los horizontes superiores respecto del inmediato estrato inferior. Las especies minerales identificadas son prácticamente las mismas que la de los perfiles anteriormente estudiados aunque se altera el orden de frecuencia que viene dado por: turmalina - andalucita - circón - hornblenda; no dejando,

sin embargo, de pertenecer a la misma provincia petrográfica ya citada.

Micromorfológicamente los horizontes A están caracterizados por un humus de tipo moder mulliforme junto a la S-matrix arenosa, con empaquetamiento simple y compuesto de huecos, y una distribución relacionada granular más específicamente dermática e intertéxtica (Eswaran y Baños, 1976); el contenido en materia orgánica es mayor en el horizonte de superficie.

Los horizontes B presentan una S-matrix más rica en plasma, que origina una distribución relacionada porfiroplásmica, y donde el esqueleto está compuesto, fundamentalmente, de granos de cuarzo subredondeados y subangulares; la microporosidad está dominada por canales y cavidades, existiendo zonas amarillentas y claras en la masa general, asociadas a nódulos y concreciones de sesquióxidos, que definen una predominante hidromorfía en tales horizontes.

Considerado en su conjunto, el perfil puede clasificarse como un alfisol pudiendo tratarse de un Palexeralf o Plintoxeralf.

TABLA 49 Determinaciones químicas generales

Horiz.	Prof. (cm)	pH		C	N	C/N	$CO_3^=$	Asimilables (mg/100 g)				Hierro (%)		
		H_2O	ClK	(%)	(%)		(%)	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Total	Libre*	Libre**
A_1	0-10	5,6	4,5	2,60	0,15	17,3	0,00	2	11	144	50	1,14	0,23	0,26
A_2	10-70	6,8	6,6	0,32	0,01	32,0	0,00	2	7	53	4	0,50	0,23	0,23
IIB_1g	70-100	7,3	6,8	0,40	0,02	26,6	0,00	3	11	84	10	3,57	2,50	2,70
IIB_2g	100-	7,4	6,4	0,33	0,02	25,3	0,00	2	7	127	28	7,15	4,18	6,50
Manchas claras		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,97	-	0,26
" rojas		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,89	-	2,88

* Deb.

** Endredy

TABLA 50 Determinaciones de Capacidad de cambio catiónico

Horiz.	Prof. (cm)	Cationes cambiables (meq/100 g)					C.C.C. (meq/100g)	Sat en bases (%)	Sat. en Na (%)	SIR
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Suma				
A_1	0-10	0,20	0,00	6,00	8,00	14,20	15,40	92,20	1,41	0,01
A_2	10-70	0,60	0,00	2,00	0,00	2,60	2,80	92,85	23,08	0,25
IIB_1g	70-100	0,20	0,00	2,00	0,40	2,60	2,70	96,29	7,69	0,08
IIB_2g	100-	0,20	0,00	2,00	0,50	2,70	2,80	96,43	7,41	0,08

TABLA 51 Determinaciones físicas

Horiz.	Prof. (cm)	d.a. (g/cm^3)	Por. (%)	c.h. (cm/h)	Ret. agua (% peso)			Análisis granul. (% <2 mm)			
					1/10 bar	1/3 bar	15 bar	2-0,2	0,2-0,05	0,05-0,002	<0,002
A_1	0-10	0,60	77,36	35,9	55,53	52,53	37,97	86,0	1,3	6,7	6,0
A_2	10-70	1,54	41,89	30,4	5,05	4,21	1,32	80,5	1,5	10,3	5,6
IIB_{1g}	70-100	1,86	29,81	0,8	10,97	9,61	7,04	70,2	7,8	3,4	19,5
IIB_{2g}	100-	1,82	31,32	0,5	17,07	15,57	12,17	55,3	5,0	2,9	36,8

TABLA 52 Mineralogía de arenas (0,5 - 0,02 mm)

Horizonte	A_1	A_2	IIB_1g	IIB_2g
Profundidad (cm)	0-10	10-70	70-100	100-
		%		
Minerales d < 2,87	96,7	98,5	98,9	99,8
Minerales d > 2,87	3,3	1,5	1,1	0,2
		Minerales d < 2,87		
Cuarzo	94	97	95	96
Feldespato	6	3	4	4
		Minerales d > 2,87		
Andalucita	15,5	8,2	11,2	27,1
Augita	0,4	-	-	0,6
Circón	2,1	4,0	4,1	2
Distena	-	0,2	0,3	-
Epidota	0,3	0,1	0,1	-
Estaurolita	1,9	0,6	1,1	2,1
Granate	2,7	0,6	0,2	-
Hiperstena	2,6	0,6	0,7	-
Hornblenda	5,0	1,5	1,4	4,1
Micas y Cloritas	0,3	0,3	0,5	4,1
Rutilo	0,5	0,8	0,2	-
Silimanita	-	-	0,2	-
Titanita	0,3	0,4	0,2	-
Turmalina	24,4	10,3	13,3	41,6
Opacos	43,4	71,7	65,8	15,2

PERFIL XIII (Turbera - Las Madres) Fecha: 27-I-78

Clasificación : Histosol (Saprist)

Ubicación : Término de Moguer (Huelva); turbera "Las "Madres"; en Km 8 de la carretera de Palos de la Frontera a Mazagón.

Altitud : 15 - 20 metros.

Forma del terreno: - Posición fisiográfica: Depresión.
- Forma del terreno circundante: Algo más elevado, casi plano.
- Microtopografía:

Pendiente : 2 - 3 %.

Vegetación y uso de la tierra : Carice, Claudium mariscus, Dryopteris, Thelypteris, Erica; Filices, Hydrocotye, Hypericum helodes, Hypericum sp, Iris pseudoacorus, Lycopus europaeus, Phragmites, Pinus pinae, Potentilla y Tpha.- Explotación de turba.

Material originario : Carex.

Drenaje : Muy escasamente drenado (Clase 0).

Condiciones de humedad del suelo: Muy húmedo a partir de 90 centímetros.

Profundidad de la capa freática: 0,90 metros.

Pedregosidad o rocosidad : Sin piedras ni afloramientos rocosos.

Evidencia de erosión : No visible.

Presencia de sales: Aparentemente libre (Clase 0).

Influencia humana: Algún apelmazamiento de la superficie.

BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL.

Perfil de turba fibrosa que muestra una parte superior más aireada, con extraordinaria porosidad y de color pardo gris, y una parte inferior más oscura (negra) y más alterada, mucho más húmeda y con apreciable olor sáprico.

DESCRIPCION DEL PERFIL.

0-10 cm. Gris muy oscuro a negro (10 YR 3/1) (10 YR 2,5/1) en seco, con abundantes granos de arena de color blanco que dominan en superficie; franco arenoso (apreciación de campo); estructura esponjosa o fibrosa poco densa; consistencia algo blanda, material fácilmente desmenuzable; fuerte entramado radicular muy fino y restos leñosos pardo claros que aumentan en profundidad; extraordinaria porosidad, con abundantes cavidades o poros gruesos, buena aireación, algunos huecos más gruesos; frecuentes raíces finas discontínuas y alguna raíz gruesa; moderada actividad biológica; reacción ácida; límite neto y plano; seco.

10-60 cm. Pardo grisáceo muy oscuro a pardo oscuro (10 YR 3/2,5), con abundantes restos vegetales fibrosos poco alterados, planos y alargados de color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4), formando un entramado con raíces muy finas secas del mismo color y cementado todo por una masa húmica más oscura, no de forma contínua, de morfología no reconocible a la lupa; estructura fibrosa; consistencia de esponja; baja densidad; fuerte porosidad; fácil desmenuzamiento de todos sus elementos, dando menos arena fina y más restos vegetales que en el horizonte anterior (aspecto afieltrado); reacción ácida; límite brusco; ligeramente húmedo.

60-90 cm. Negro (5 YR 2,5/1) en húmedo; material mojado, de consistencia plástica que mancha de negro, con muy pocas raíces finas y frecuentes trozos alargados de tallos y raíces medianos y fibras o filamentos planos estrechos y alargados pardo amarillentos; sin actividad biológica apreciable; reacción ácida; límite gradual.

90- cm. Características similares al horizonte anterior, aumentando la humedad (mana agua); iguales tipos de restos vegetales pero menos abundantes. Olor fétido característico de material sáprico.

TABLA 53 Pérdida por calcinación, ácidos húmicos y fúlvicos, y C oxidable.

Horiz.	Prof. (cm)	Pérdida por calcinación (%)		A.H. (%)	A.F. (%)	C oxidable (%)
		M.M.	M.O.			
	0-10	33,65	66,35	12,15	2,00	21,0
	10-60	17,40	82,60	16,90	2,39	25,5
	60-90	33,05	66,95	8,85	1,76	12,8
	90-	55,05	44,95	9,90	2,10	16,8

M.M. : Materia mineral
M.O. : Materia orgánica
A.H. : Acidos húmicos
A.F. : Acidos fúlvicos

TABLA 54 Determinaciones físicas

Horiz.	Prof. (cm)	d.a. (g/cm^3)	Por. (%)	c.h. (cm/h)	Ret. agua (% peso)			Análisis granul. (% <2 mm)			
					1/10 bar	1/3 bar	15 bar	2-0,2	0,2-0,05	0,05-0,002	<0,002
	0-10	0,42	-	198,9	85,66	77,50	73,83	-	-	-	-
	10-60	0,24	-	-	102,54	94,37	91,13	-	-	-	-
	60-90	0,36	-	35,9	179,07	170,68	147,27	-	-	-	-
	90-		-	89,9				-	-	-	-

3. EVALUACION DE LOS SUELOS

En este capítulo se pronostica la aptitud relativa actual de los suelos estudiados para diversos tipos de utilizaciones agrícolas y de ingeniería; llevándose a cabo un análisis interpretativo de la información básica presentada en los capítulos precedentes.

Utilizaciones agrícolas

La evaluación de los suelos para usos agrícolas se hizo mediante aplicación de la metodología desarrollada por De la Rosa et al. (1977), que constituye una primera aproximación a un sistema cualitativo de evaluación para pronosticar la aptitud relativa de las formaciones edáficas para diversos cultivos. Esta medida de la aptitud relativa se puede relacionar con el estado de la fertilidad física natural que presentan los suelos. El sistema se ajusta al esquema general propuesto en el Expert Consultation Land Evaluation for Rural Purposes, Wageningen 1972, adaptado según los objetivos y las limitaciones de la información procedente de la zona representativa de referencia. Se basa en un análisis independiente de las variables del suelo, más fijas y perma

nentes, de acuerdo con el estado actual de las técnicas agronómicas, que tienen mayor incidencia en el desarrollo productivo de los cultivos considerados. Estas variables del suelo seleccionadas como criterios de diagnóstico son: profundidad útil, textura, drenaje, contenido en carbonatos, salinidad, carácter sódico y desarrollo del perfil. Haciendo uso de matrices de gradación establecidas para cada criterio seleccionado, se definen cinco clases de aptitud relativa para cada cultivo. Estas clases son: I-suelos con aptitud muy elevada, II-suelos con aptitud elevada, III-suelos con aptitud moderada, IV-suelos con aptitud baja, y V-suelos con aptitud muy baja. Las subclases establecidas dentro de cada clase se identifican con las letras correspondientes a los criterios de diagnóstico que causan las limitaciones dominantes en cada caso (tablas 55, 57 y 59).

Utilizaciones de ingeniería

La evaluación de los suelos para usos de ingeniería estima el comportamiento de las unidades edáficas como material estructural o de soporte para llevar a cabo determinadas obras de desarrollo. Entre los posibles usos de ingeniería de los suelos, bien para fines agrícolas o no-agrícolas, se seleccionaron los de mayor interés en las zonas estudiadas (tablas 56, 58 y 60).

Para desarrollar este proceso de evaluación fué necesario realizar algunas determinaciones de ingeniería, tales como índice COLE y de plasticidad, que son criterios de clasificación en las metodologías utilizadas. El coeficiente de extensibilidad lineal (COLE), que ofrece una medida cuantitativa de la capacidad de contracción y expansión del suelo, se calculó en base a la expresión:

$$COLE = \left[\frac{Dbd}{Dbm}\right]^{1/3} - 1$$

donde, Dbd = densidad aparente del suelo seco a 105º C, en muestra natural

Dbm = densidad aparente del suelo húmedo a la capacidad de campo, en muestra natural (USDA, 1971).

El índice de plasticidad, diferencia numérica entre límite líquido y límite plástico, que ofrece una medida del rango de humedad para el que el suelo presenta un comportamiento plástico, se calculó en base a expresiones numéricas establecidas por simulación matemática a partir del contenido en arcilla del suelo, materia orgánica y capacidad de cambio total. Otras determinaciones de ingeniería se estimaron en base a las características pedológicas mejor correlacionadas.

Las limitaciones del suelo para los diversos usos considerados se diferencian, según el Soil Conservation Service (USDA, 1971), en ligeras, moderadas y severas. Ligeras, cuando el suelo presenta condiciones favorables para el uso considerado, es decir, las limitaciones son de poca importancia y fácilmente superables. Moderadas, cuando algunas características del suelo son desfavorables pero pueden ser corregidas mediante técnicas especiales a un costo razonable. Severas, cuando las características del suelo son tan desfavorables y difíciles de corregir que serían necesarias obras especiales de elevado costo o no practicables. En las tablas 56, 58 y 60 se presenta el grado de las limitaciones para cada uso, seguido de la característica del suelo que determina la limitación dominante.

Riego.- El sistema de evaluación utilizado, en la estimación de la aptitud relativa de los suelos para introducir la técnica del riego, ha sido el del Bureau of Reclamation (USDI, 1953). Este sistema clasifica los suelos de acuerdo con las características que influencian el eficiente uso del agua, la productividad y las necesidades de obra y desarrollo. Además de ciertos factores socio-económicos, las características del suelo que se toman como criterios de diagnóstico son: suelo (textura, estructura, fertilidad, salinidad y carácter sódico), topografía (grado y complejidad de las pendientes) y drenaje (permeabilidad, profundidad de la capa freática, riesgos de inundación, etc.). Se definen seis clases de aptitud: 1, 2, 3 y 4 agrupan los suelos arables, con una aptitud para

riego en orden decreciente; 5 y 6 agrupan los suelos no arables, siendo la clase 5 potencialmente apta para riego después de la introducción de ciertas mejoras. Con las letras representativas de las limitaciones dominantes: s-suelo, t-topografía y d-drenaje, se establecen las subclases de aptitud dentro de cada clase. Las apreciaciones informativas, que considera el sistema para cada suelo evaluado, no han sido establecidas por falta de información socio-económica sobre los suelos estudiados.

Carreteras.- De acuerdo con las normas elaboradas por el Soil Conservation Service (USDA, 1971), se hace referencia a la aptitud que presentan los suelos para el trazado de carreteras capaz para el tránsito de automóviles o vehículos de similar peso, durante todo el año. El perfil de este tipo de carreteras presenta, de abajo a arriba, un firme del propio material suelo, una base de grava o material suelo estabilizado con caliza, y una superficie flexible, normalmente de asfalto. Las limitaciones que pueden presentar los suelos para este uso de ingeniería vienen determinadas, fundamentalmente, por las siguientes propiedades del suelo: capacidad de carga, potencial de contracción, pendiente, profundidad a la roca dura, pedregosidad y rocosidad.

Diques.- Estas obras de ingeniería se refieren a diques construidos para retención de aguas. El comportamiento que presentan los suelos para dicha utilización, de acuerdo con el sistema de evaluación elegido (USDA, 1971), depende de las siguientes características edáficas: resistencia del suelo al deslizamiento cuando soporta una carga, capacidad de compresión, permeabilidad del suelo compactado, suceptibilidad a la erosión interna y compactación.

Excavación.- Según las normas de evaluación del Soil Conservation Service (USDA, 1971), este tipo de utilización del suelo se define como excavación de una profundidad no superior a 1,8 m. La aptitud relativa que presentan los suelos para dicho uso de ingeniería está condicionada por las siguientes ca

racterísticas edáficas: consistencia, pendiente, pedregosidad, rocosidad y riesgo de inundación.

Sistemas de clasificación de suelos para usos de ingeniería.- Los dos métodos más frecuentemente utilizados para clasificar muestras de suelo para usos de ingeniería en general, son el sistema "Unified" (USDD, 1968) y el AASHO (1961) adoptado por el American Association of State Highway Officials.

En el sistema "Unified", los suelos se clasifican en base a la clase de distribución del tamaño de partículas, plasticidad, límite líquido y contenido en materia orgánica del suelo. En base a la aptitud general de los suelos para la mayoría de usos de ingeniería, se establecen ocho clases para los suelos de textura gruesa que se identifican como GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM y SC, y que son los de más elevada aptitud; seis clases para los suelos de textura fina, identificados como ML, CL, OL, MH, CH y OH, de inferior aptitud; y una clase para los suelos orgánicos, identificada como Pt.

El sistema AASHO se utiliza para estimar la aptitud general de los suelos para usos de ingeniería, en base a las propiedades edáficas que determinan el comportamiento del suelo para el trazado de autopistas. Se consideran siete grupos de aptitud, identificados como A-1 a A-7, de acuerdo con la clase de distribución del tamaño de partículas, límite líquido e índice de plasticidad. El grupo A-1 comprende los suelos de gravas con elevada capacidad de carga y muy elevada aptitud para firme de autopistas. En el otro extremo de la clasificación, el grupo A-7 considera los suelos arcillosos de baja capacidad de carga en húmedo y limitaciones más acusadas.

Comentarios generales

Excursión I.- Los suelos representados por los perfiles II, IV y V que presentan unas aptitudes relativas muy bajas para la mayoría de usos agrícolas (tabla 55), debido a sus elevados contenidos en sales solubles y sodio cambiable, pueden mejorar considerablemente mediante eliminación de dichas sales de la zona de desarrollo radicular.

La introducción del riego en los suelos representados por los perfiles II, IV y V debe estar condicionada por las posibilidades de lavado y control de las sales solubles. En este sentido, la baja permeabilidad de estos suelos puede ser la principal dificultad del proceso de recuperación. La conductividad hidraúlica de muestras naturales de suelo saturadas en agua no supera los 5 mm/h, en todos los horizontes analizados. Esta baja permeabilidad se ve compensada, en parte, por la formación de grietas que aparecen durante la estación seca, debido a la elevada capacidad de contracción (0,06 $\leqslant$ COLE $\leqslant$ 0,22) que presentan estos suelos (tabla 56). El alto contenido en arcillas con elevada saturación en sodio y la presencia de sales higroscópicas constituyen, fundamentalmente, el motivo de la citada capacidad de contracción, que una vez iniciado el proceso de lavado de sales disminuiría considerablemente, reduciéndose el número y desarrollo de grietas en verano, y, como consecuencia, descendiendo aún más la baja permeabilidad que ya presentan estos suelos.

El elevado potencial de contracción (0,09 $\leqslant$ COLE $\leqslant$ 0,22) que ofrecen los suelos representados por los perfiles II y V, como factor limitante para la construcción de carreteras (tabla 56), es debido, fundamentalmente, al comportamiento de las arcillas saturadas en sodio y de las sales higroscópicas. Por el contrario, la también elevada capacidad de contracción del perfil I (0,13 $\leqslant$ COLE $\leqslant$ 0,15) obedece al elevado contenido en arcillas de tipo montmorillonítico (tabla 56).

La dureza en seco como factor limitante de los suelos representados por los perfiles I, II, IV y V para excavación (tabla 56), está condicionada por el contenido en hume-

dad del suelo a lo largo del año. A finales de primavera y principios de verano, estos suelos presentan el grado de consistencia óptimo para llevar a cabo esta obra de ingeniería.

Excursión II.- Para pronosticar la capacidad de uso agrícola general de los suelos representados por los perfiles VI, VII y IXb, se tendrá en consideración la baja aptitud relativa que presentan estos suelos para la mayoría de los cultivos considerados (tabla 57), así como la elevada aptitud para introducir el riego como obra de desarrollo (tabla 58). Incluso sería necesario también, estimar la aptitud relativa de los suelos para llevar a cabo otras obras de desarrollo que se consideren precisas y para introducir las técnicas de manejo.

La falta de consistencia en seco de los suelos representados por los perfiles VI, VII, VIII y IXb, como principal factor limitante para excavación (tabla 58), puede cambiar favorablemente si se mantiene un contenido en humedad más elevado en dichos suelos.

Excursión III.- Para los suelos representados por el perfil XII, la acusada diferencia entre aptitudes relativas para cultivos anuales y perennes (tabla 59) es consecuencia, fundamentalmente, del cambio textural que presenta el perfil a partir de los 70 cm. El sistema de evaluación utilizado considera una sección de control de 25 a 50 cm para cultivos anuales, mientras que para cultivos perennes establece esta sección de control entre 25 y 100 cm. En la sección de control es donde se lleva a cabo la medida de las variables textura, contenido en carbonatos, salinidad y saturación en sodio de los suelos evaluados.

TABLA 55 Evaluación de los suelos para usos agrícolas (Excursión I)

Suelo	Aptitud relativa *											
	Trigo	Maiz	Melón	Patata	Soja	Algodón	Girasol	Remolacha	Alfalfa	Melocotón	Citricos	Olivos
Perfil I (Torres Marismas)	IIId	IItd	IItd	IItd	IIId	IItd	IItdc	IIId	IIId	IVtd	IVtd	IVtd
Perfil II (COTEMSA)	Vs	Vs	Vs	Vs	Vs	IVsa	Vs	IVdsa	IVdsa	Vds	Vds	Vds
Perfil IV (Señuela)	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa	Vdsa	Vdsa	Vdsa
Perfil V (Val de Ojo)	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa	Vsa

* Clases de aptitud:

I Muy elevada
II Elevada
III Moderada
IV Baja
V Muy baja

Limitaciones dominantes:

p - profundidad útil
t - textura
d - drenaje
c - carbonatos
s - salinidad
a - saturación en sodio
g - desarrollo del perfil

TABLA 56 Evaluación de los suelos para usos de ingeniería (Excursión I)

Suelo	Aptitud riego*	Limitaciones			Prof. muestra (cm)	Indice COLE	Clasificación**	
		Carreteras	Diques	Excavación			"Unified"	AASHO
Perfil I (Torres Marismas)	2d	Severas: elevado potencial de contracción	Moderadas: débil resistencia al deslizamiento	Moderadas: dureza en seco	0-20	0,15	CH	A-7
					60-80	0,13	CH	A-7
Perfil II (COTEMSA)	4sd	Severas: elevado potencial de contracción	Moderadas: débil resistencia al deslizamiento	Moderadas: dureza en seco	0-10	0,22	CH	A-7
					55-100	0,13	CH	A-7
Perfil IV (Señuela)	4sd	Moderadas: moderado a elevado potencial de contracción	Moderadas: débil resistencia al deslizamiento	Moderadas: dureza en seco	0-10	0,06	CH	A-7
					56-110	0,06	CL	A-6
Perfil V (Val de Ojo)	6sd	Severas: elevado potencial de contracción	Moderadas: débil resistencia al deslizamiento	Moderadas: dureza en seco	0-10	0,10	CH	A-7
					50-80	0,09	CH	A-7

* Sistema Bureau of Reclamation: 2d - suelos arables (aptitud elevada); 4sd - suelos arables (aptitud moderada); 6sd - suelos no arables (aptitud muy baja)

** Sistema "Unified": CH - clase de aptitud muy baja; CL - clase de aptitud baja.

Sistema AASHO: A-7 - grupo de aptitud muy baja; A-6 - grupo de aptitud baja.

TABLA 57 Evaluación de los suelos para usos agrícolas (Excursión II)

Suelo	Aptitud relativa *											
	Trigo	Maíz	Melón	Patata	Soja	Algodón	Girasol	Remolacha	Alfalfa	Melocotón	Cítricos	Olivos
Perfil VI (Control)	IVtd	IVtd	IVtd	IVtd	IVtd	IVtd	IVtd	IVtd	IVtd	IIItd	IIItd	IIIdc
Perfil VII (Montenegro)	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IIIt	IIIt	IIIc
Perfil VIII (Corral largo)	IVtd	IVt	IVt	IVt	IVtd	IVt	IVt	IVtd	IVtd	Vd	Vd	Vd
Perfil IXb (Alcornoques)	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IIIt	IIIt	IIIc

* Clases de aptitud:

I Muy elevada
II Elevada
III Moderada
IV Baja
V Muy baja

Limitaciones dominantes:

p - profundidad útil
t - textura
d - drenaje
c - carbonatos
s - salinidad
a - saturación en sodio
g - desarrollo del perfil

TABLA 58 Evaluación de los suelos para usos de ingeniería (Excursión II)

Suelo	Aptitud riego*	Limitaciones			Prof. muestra (cm)	Indice COLE	Clasificación**	
		Carreteras	Diques	Excavación			"Unified"	AASHO
Perfil VI (Control)	2s	Ligeras:	Severas: elevada permeabilidad	Severas: falta de consistencia en seco	0-20	-	SW-SM	A-3
					50-	-	SW-SM	A-3
Perfil VII (Montenegro)	2s	Moderadas: imperfectamente drenado	Severas: elevada permeabilidad	Severas: falta de consistencia en seco	0-15	-	SW-SM	A-3
					50-	-	SW-SM	A-3
Perfil VIII (Corral largo)	4d	Severas: muy escasamente drenado	Severas: elevada permeabilidad	Severas: elevada capa freática	0-20	-	SW-SM	A-3
					20-50	-	SW-SM	A-3
Perfil IXb (Alcornoques)	2s	Ligeras:	Severas: elevada permeabilidad	Severas: falta de consistencia en seco	0-25	-	SW-SM	A-3
					60-90	-	SW-SM	A-3

* Sistema Bureau of Reclamation: 2s - suelos arables (aptitud elevada; 4d - suelos arables (aptitud moderada).

** Sistema "Unified": SW-SM - Clases de aptitud elevada.

Sistema AASHO: A-3 - grupo de aptitud elevada.

TABLA 59 Evaluación de los suelos para usos agrícolas (Excursión III)

Suelo	Aptitud relativa*											
	Trigo	Maíz	Melón	Patata	Soja	Algodón	Girasol	Remolacha	Alfalfa	Melocotón	Cítricos	Olivos
Perfil XI (Torre Loro)	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IIIt	IIIt	IIIc
Perfil XII (Vigía)	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IVt	IIIt	IItdc	IItdc	IIIc

* Clases de aptitud:

I Muy elevada

II Elevada

III Moderada

IV Baja

V Muy baja

Limitaciones dominantes:

p - profundidad útil

t - textura

d - drenaje

c - carbonatos

s - salinidad

a - saturación en sodio

g - desarrollo del perfil

TABLA 60 Evaluación de los suelos para usos de ingeniería (Excursión III)

Suelo	Aptitud riego*	Limitaciones			Prof. muestra (cm)	Indice COLE	Clasificación**	
		Carreteras	Diques	Excavación			"Unified"	AASHO
Perfil XI (Torre Loro)	2s	Ligeras:	Severas: elevada permeabilidad	Severas: falta de consistencia en seco	0-20	-	SW-SM	A-3
					60-80	-	SW-SM	A-3
Perfil XII (Vigía)	2s	Ligeras:	Severas: elevada permeabilidad		0-10	-	SW-SM	A-3
					70-100			

* Sistema Bureau of Reclamation: 2s - suelos arables (aptitud elevada).

** Sistema "Unified": SW-SM - clases de aptitud elevada.

Sistema AASHO: A-3 - grupo de aptitud elevada.

4. BIBLIOGRAFIA

ALLIER, C.; GONZALEZ BERNALDEZ, F. y RAMIREZ DIAZ, L. (1974). Mapa ecológico de la Reserva Biológica de Doñana. División de Ciencias del C.S.I.C. Estación Biológica de Doñana. Sevilla.

ALLIER, C. y BRESSER, V. (1975). La vegetation des millieux sales de la Reserve Biologique de Doñana (Bas Guadalquivir, Espagne). Colloques phytosociologiques. IV. Les vases salées. Lille.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS, (1961). Standard specifications for highway materials and methods of sampling and testing. Ed. 5, 2 V.

BREWER, R. (1964). Fabric and Minerals Analysis of Soils. Wiley and Sons, Sidney, 470.

BROWN, G. (1961). The X-ray identification and crystal structures of clay minerals. Mineralogical Society. London

BURRIEL, F. y HERNANDO, V. (1950). Nuevo método para determinar el fósforo en los suelos. Anal. Edaf. y Agrob. 9, 611-621.

CABEZUDO, B. (1974). Vegetación y flora de la Reserva Biológica de Doñana. Tesis Doctoral. Dpto. de Botánica. Universidad de Sevilla.

C.P.C.S. (1967). Classification des sols. Ecole Nat. Sup. Agr. Grignon, 87 pp.

CHAVES SANCHEZ, M. y MURILLO CARPIO, J.M. (1976). Características del suelo y vegetación de un área salina limítrofe de la Marisma del Guadalquivir (Isla Menor). Anal. Edaf. Agrob. (en prensa).

DE LA ROSA, D.; CARDONA, F. y PANEQUE, G. (1977). Evaluación de suelos para diferentes usos agrícolas. An. Edaf. y Agrob. 36, 1100-1112.

DE MENA, J.M. (1975). Historia de Sevilla. Caja de Ahorros Provincial San Fernando, Sevilla.

ESWARAN, H. and BAÑOS, C. (1976). Related distribution patterns in soils and their significance. An.Edaf. y Agrob.

F.A.O. (1966). Guías para la descripción de perfiles de suelos. MI/70805. Roma.

F.A.O. (1970). Estudio Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir. ESPAÑA AGL: SF/SPA 9 Informe Técnico 2.

F.A.O. (1973). Soil Map of the World. The legend AGL: SM/73/2, VS/E5314 Roma.

GALIANO, E.F. y CABEZUDO, B. (1976). Plantas de la Reserva Biológica de Doñana (Huelva). Lagascalia 6: 117 - 176.

GARCIA NOVO, F.; RAMIREZ DIAZ, L. y TORRES MARTINEZ, A. (1975). El sistema de dunas de Doñana. Naturalia Hispanica nº 5. Ministerio de Agricultura: I.C.O.N.A. Madrid.

GAVALA y LABORDE, J. (1959). Memoria explicativa de la hoja geológica 1/50.000 nº 1.061, "Cádiz", I.G.M.E. Madrid.

GONZALEZ, F. et al. (1962). Estudio Agrobiológico de la Provincia de Sevilla. C.E.B.A.C. Publicaciones Diputación Provincial de Sevilla.

GONZALEZ, F. et al. (1963). Estudio Agrobiológico de la Provincia de Cádiz. C.E.B.A.C. Diputación Provincial de Cádiz.

GRANDE COVIAN, R. (1967). Las marismas del Guadalquivir y su rescate. Ministerio de Agricultura, vol. 5 nº 29.

GRANDE COVIAN, R. (1976). Experiencias en España con el drenaje subterráneo. Estudios sobre riego y avenamiento. El drenaje de Suelos Salinos. F.A.O. Roma.

JONGERIUS, A. (1971). Curso Internacional Edafología, Micromorfología. Wageningen (Holanda).

KUBIENA, W.L. (1952). Claves sistemáticas de suelos. C.S.I.C. Madrid.

KYUMA, K. y KAWAGUCHI, K. (1966). The classification of soils under rice cultivation (Paddy soils). Anal. Edaf. y Agrob. XXVI. 439-446.

LEYVA CABELLO, F. et al. (1975). Memoria explicativa de la hoja geológica 1 : 50.000 nº 1.033 "Palacio de Doñana". I.G.M.E. Madrid.

LEYVA CABELLO, F. et al. (1976). Memoria explicativa de la hoja geológica 1 : 50.000 nº 1018, "El Rocio" I.G.M.E. Madrid.

MENENDEZ AMOR, J. y FLORSCHUTZ, F. (1964). Resultados del análisis paleobotánico de una capa de turba en las cercanías de Huelva (Andalucía). Estudios Geológicos. Vol. XX. 183-186. Instituto Lucas Mallada, C.S.I.C. Madrid.

MURILLO CARPIO, J.M.; CHAVES SANCHEZ, M. y MAZUELOS VELA, C. (1978). Suelo y vegetación de dos zonas salinas de la Isla Mayor de la Marisma del Guadalquivir (Sevilla. España). Agrochimica (en prensa).

NEWITALL, F. (1974). Calculation of soil moisture regimes from climate record. Soil Cons. Serv. U.S.D.A. Washington, D.C.

OLMEDO PUJOL, J.L. (1970). Contenido, distribución y formas del hierro en suelos de Andalucía Occidental. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad de Sevilla.

ORIOL RIBA y PEREZ MATEOS, J. (1961). II Reunión Sedimentología. Madrid.

PEREZ MATEOS, J. (1965). Análisis mineralógico de arenas. C.S.I.C. Madrid.

POU (1976). Implicaciones paleoclimáticas de los sistemas dunares de Doñana. Reunión de climatología Agrícola. Universidad de Santiago de Compostela.

RAMIREZ DIAZ, L. (1973). Estudio ecológico cuantitativo del matorral de la Reserva Biológica de Doñana. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

RIVAS MARTINEZ, S. (1973). Avance sobre una síntesis corológica de la Península Ibérica, Baleares y Canarias. Anal. Inst. Bot. Cavanilles, 30 : 69-87.

SMITH, G.; BRITO, P. and LUQUE, O. (1977). The lithoplinthic horizon, a diagnostic horizon for Soil Taxonomy. Soil Sci. Soc. Am. J. 41 : 1212-1214.

SOIL SURVEY STAFF (1975). Soil Taxonomy : A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. U.S.D.A. Agric. Handb. 436, U.S. Govm. Printing Office, Washington D.C.

THORNTHWAITE, C.W. (1948). An aproach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev. 80-91.

TORRES MARTINEZ, A. (1975). Estudio ecológico cuantitativo de los sistemas de dunas y marisma de la Reserva Biológica de Doñana. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (1971). Guide for interpreting engineering uses of soils. Soil Cons. Serv., Washington D.C.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (1972). Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Samples. Soil Cons. Serv. U.S.D.A. Soil Serv. Rep. No. 1. Washington D.C.

U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE (1968). Unified Soil Classifications Systems for Roads, Airfields, Enbankments, and Foundations. MILSTD - 6198.

U.S. DEPARTMENT OF INTERIOR (1953). Irrigated land use. Land classification. Bur. of Reclam., Denver, Co.

U.S. SALINITY LABORATORY (1973). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Salin. Lab. Staff. U.S.D.A. Hand book No. 60. Washington D.C.

VANNEY, J.R. (1970). L'hydrologie du Bas Guadalquivir. Inst. de Geog. Apl. Pat. "Alonso de Herrera", C.S.I.C. Madrid.

VILA VALENTI, J. (1972). Geografía de España. Tomo I. Ediciones Danae. Barcelona.