

## Descripción de los principales tipos de suelo de la Reserva Biológica de Doñana.

J. MUDARRA(1), J. MERINO(2), L. CLEMENTE(1) y E. FIGUEROA(2)

- (1) Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto. Apartado 1052 SEVILLA (España)
- (2) Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Avda. Reina Mercedes. SEVILLA (España).

### RESUMEN

En el Parque Nacional de Doñana pueden considerarse dos grandes complejos ambientales: el complejo de arenas y el de marismas.

Dentro del primero pueden distinguirse distintos tipos de suelos que vienen definidos por la movilidad del sustrato, la profundidad de la capa freática y la fase de sucesión. En efecto, la evolución edáfica de los materiales en este complejo ambiental va desde el regosuelo sobre arenas (dunas móviles) hasta el ranker arenoso con hidromorfia (capa freática oscilando entre 0 y 1 metro).

El complejo de marismas está constituido por suelos desarrollados sobre sedimentos aluviales finos, pudiéndose distinguir diferentes unidades edáficas en función de la microtopografía y del grado de salinidad. Así, en las zonas más deprimidas ("lucios") aparecen suelos sódicos (Sistemática francesa) del tipo Solontchak calizo y Solontchak calizo gléyico, mientras que en las zonas más elevadas ("paciles" y "vetas") los suelos representativos son salino-alcalino.

### INTRODUCCION.

El territorio que abarca el Parque Nacional de Doñana ocupa una extensión aproximada de unos 750 km<sup>2</sup> tres grandes complejos ambientales: arenas móviles, arenas estabilizadas y marismas (Allier *et al.*, 1974).

Dentro de estos tres complejos naturales existen diferentes suelos o unidades edáficas que presentan una mayor o menor variabilidad según la distinta intensidad con que se ha manifestado la acción combinada de los diferentes factores que les han dado origen.

Los suelos que se desarrollan en dichos complejos constituyen un sistema de evolución bajo la acción de una serie de factores como son, clima o microclima y organismos vivos, actuando sobre los materiales originales a través del tiempo, condicionados por el relieve.

La zona ha sido estudiada desde distintos puntos de vista (Vanney 1971, Igme 1975, García Novo et al., 1975, 1976, 1977; González Bernáldez 1974, 1977; Merino et al., 1976).

Sin embargo no existen todavía estudios detallados de los suelos del Parque Nacional. Los estudios edafológicos hasta ahora realizados son de carácter muy general o puntuales (Paneque et al., 1966) (Mudarra, 1974), (Cebac, 1978).

El conocimiento integrado del Parque Nacional a fin de determinar las bases para su conservación y manejo hace necesario el estudio detallado de los suelos como parte integrante del ecosistema.

Esta comunicación es un avance del trabajo que actualmente se realiza en el Parque Nacional de Doñana.

#### DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE SUELOS.

La distinta composición del sustrato permite establecer diferencias entre los complejos ambientales mencionados. En la marisma la fracción más importante son limos y arcillas lo que le confiere carácter impermeable y determina condiciones de encharcamiento durante una gran parte del año en oposición a los complejos de arenas estabilizadas y de dunas móviles cuyos sustratos son en general muy permeables.

A su vez la movilidad del sustrato es un carácter discriminante de estos últimos complejos.

A continuación se describen los principales tipos de suelo utilizando como base el aspecto geomorfológico del paisaje. Esta forma de proceder dá a la descripción un carácter integrador debido a la fuerte correspondencia que existe en este caso entre posición topográfica, grado de humedad, tipo de vegetación y tipo de suelo.

La información referente a la vegetación se ha extraído de García Novo et al. (1976). En la terminología se han seguido a los mismos autores.

##### a) Sistema de arenas estabilizadas.

En el sistema de arenas estabilizadas se reconoce aún la morfología dunar que se presenta como un "Pattern" recurrente de ondulaciones correspondientes a res

tos de antiguas dunas hoy en parte arrasadas y colonizadas por la vegetación.

Desde el punto de vista edáfico es interesante destacar la alta permeabilidad del sustrato y la presencia de una formación impermeable de carácter aliótico que determina la presencia de una capa freática colgada. Todo este sistema ha basculado presentando un buzamiento hacia el Suroeste (IGME 1975), razón por la cual, en términos generales, la capa freática se encuentra más próxima a la superficie hacia el SE de esta formación y más profunda hacia el NW.

Superpuesta a esta tendencia general de variación está el efecto de la ondulación del terreno que aunque suave determina profundidades desiguales a dicha capa freática. Esta circunstancia unida a la alta permeabilidad del sustrato arenoso hace que en las lomas de las antiguas dunas se den condiciones de gran aridez mientras que en las zonas deprimidas la humedad es alta llegando en muchos puntos a aflorar la capa freática formando lagunas temporales que en algunos casos llegan a ser permanentes.

Los suelos de esta unidad pueden inscribirse pues en un gradiente de humedad que corresponde con la posición topográfica.

Efectivamente las zonas elevadas donde la profundidad de la capa freática es mayor de 4 m. presentan un matorral xerofítico abierto (monte blanco), muy distinto del que ocupa las zonas deprimidas, destacando las especies Cistus libanotis, Lavándula stoechas spp. pedunculata, Halimium commutatum y Thymus mastichina.

En las zonas más elevadas del sistema y por lo tanto las más áridas (naves) este matorral aparece acompañando a Juniperus phoenicea spp lycia que forma allí pequeños bosquetes abiertos (sabinares).

En estas condiciones se desarrolle un suelo que presenta un drenaje excesivo y una gran permeabilidad.

El perfil de estos suelos no muestra horizontes claramente diferenciados, identificándose, en superficie, un epipedón ócrico, de color pardo amarillento oscuro, en húmedo y más claro en seco, muy friable a suelto, con frecuentes raíces finas, desigualmente distribuidas y con muy escasa actividad biológica. El resto del perfil pasa en forma gradual al material arenoso suelto de color amarillo pardusco (horizonte C).

Estas arenas están formadas por granos de cuarzo redondeados acompañados de otros minerales, cuyo tamaño oscila entre la arena media y fina. Prácticamente la mayoría de estos granos se encuentran rodeados de una cutícula ferruginosa con distribución dermática y básicamente granular (Eswaran y Baños 1976), sin cohesión entre ellos.

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, predominantemente por cuarzo (95%), con cantidades mínimas de feldespatos.

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

El suelo presenta una mayor acidez en superficie, con valores de pH inferiores a 6 muy escaso contenido en materia orgánica que está muy poco evolucionada, con saturación en bases más bajas en superficie que en el resto del perfil.

Se puede considerar como un intergrado entre los grupos de Quartzipsamments y Xeropsamments (Soil Taxonomy, 1975 o Dystric Regosol (Fao, 1968).

En las zonas deprimidas donde la profundidad de la capa freática oscila alrededor de 1 m. de verano a invierno se desarrolla una vegetación más cerrada y de mayor altura de tipo higrofitico con evidente influencia oceánica (Monte negro higrofitico) en el que destacan Erica ciliaris, Ulex minor, Erica scoparia y Erianthus ravennae entre otras.

El suelo que desarrolla en estas zonas presenta un perfil de tipo AC, con horizontes húmicos bien desarrollados hasta una profundidad de 45 cm., de textura franco arenosa a arenosa en su base, antes de pasar al horizonte C, constituido por una arena de color grisáceo claro, que aparece a 65 cm. Existe una transición gradual entre ambos horizontes (horizonte AC) de color pardo oscuro a pardo. El contenido en materia orgánica es algo superior al 5% en los primeros 35 cm., descendiendo hasta menos de 0.3% en el horizonte transicional y hasta menos del 0.15% en el horizonte C. El tipo de humus muestra ciertas características de un moder forestal oligotrófico, en transición hacia un moder arenoso, con un bajo grado de saturación en bases, siendo la relación C/N demasiado baja, por lo que se acerca mejor a un mull forestal.

El color gris claro casi blanco del horizonte C se debe a la pureza en sílice del perfil, motivada por el intenso lavado de la arena consecuencia del carácter hidromórfico imperante en las zonas deprimidas.

La acidez del suelo es acusada, con valores pH ligeramente superiores a 5.

El suelo presenta un alto grado de humedad que aumenta en profundidad, encontrándose al nivel freático, en el momento del estudio del perfil (17-X-78) a unos 90 cm. de la superficie del suelo.

Por el color oscuro de los horizontes A, por su estructura migajosa, consistencia muy friable a suelta y por su bajo grado de saturación en bases, estos horizontes constituyen un típico epipedón úmbrico, por lo que al no existir un horizonte B cámbico puede clasificarse como un Entic Xerumbrept (Soil Taxonomy) o como Cambisol húmico (FAO).

En las zonas más conservadas que aún presentan retazos del bosque original como sucede en Encinillas Altas a distancia de la capa freática semejante a la que corresponde al monte negro higrofitico se desarrolla un suelo con fuerte desarrollo de horizontes húmicos que, si bien no alcanzan un espesor mayor que en otros suelos similares de la zona, si son más ricos en materia orgánica, con una mayor

dotación, pues de humus. A pesar de ello el contenido en carbono orgánico es todavía demasiado bajo para que estos horizontes húmicos puedan ser considerados como orgánicos. El humus, como en casos anteriores, corresponde a un moder forestal hidromorfo que tiende a mull forestal.

El perfil presenta, en los primeros 8 centímetros de un horizonte O, de humus bruto (restos vegetales alterados medianamente) y humas más evolucionado, de color rojo muy oscuro, de textura limosa, estructura esponjosa de aspecto mullido, con agregados migajosos muy entramadas entre sí. Le sigue, hasta 25 cm., un horizonte A<sub>11</sub>, de color negro de textura francoarcilloarenosa, estructura migajosa fina con abundantes raíces finas, que continua con igual color hasta 40 cm., pero con textura más arenosa. A partir de esta profundidad el suelo va aclarándose, hasta que a un metro aparece el horizonte C arenoso muy suelto y muy húmedo de color pardo muy pálido a gris claro.

Este suelo presentan una fuerte acidez, con valores de pH próximos a 5 siendo incluso de 3.7 entre los 25 y 40 cm. de profundidad.

El suelo se clasifica como un Humaqueptic Xerumbrep (Soil Taxonomy) o Cambisol húmico (FAO).

El paso de los suelos de zonas elevadas a los de zonas deprimidas es relativamente gradual dependiendo de la pendiente. Este paso determina un cambio gradual de la vegetación en la que disminuyen su abundancia e incluso faltan las especies características de las situaciones extremas que son substituidas por especies de características intermedias entre las que destacan Calluna vulgaris y Halimifolium halimifolium y en menor grado Stauracanthus genistoides, Erica scoparia es también muy abundante.

En estas condiciones se desarrolle un suelo que presenta un perfil de tipo AC, con señales de hidromorfismo que a partir de 80 cm.

En los primeros 10 cm. se diferencia un horizonte A, ligeramente húmico, de color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo y algo más claro en seco, con estructura migajosa muy fina y suelto. A través de uno de transición AC, de color gris claro, pasa al horizonte C, constituido por una arena blanca, que a los 40 cm. el color se hace abigarrado con manchas grises y pardo amarillentas que se hacen más nítidas con la profundidad, apareciendo una estructura migajosa más coherente, debida a la aglomeración de arena por los sesquióxidos presentes.

La aparición de estas manchas denota un marcado hidromorfismo producido por una oscilación del nivel freático que crea unas condiciones alternantes de oxidación y reducción características de un horizonte de pseudogley en este caso de escaso desarrollo.

Por lo tanto se trata de un suelo arenoso, con un epipedón ócrico y un moderado hidromorfismo profundidad con nivel freático medido a 1.45 m. en el momento del estudio del perfil (17-X-78), pudiéndose clasificar como un Aquic Quartzipsamment

(Soil taxonomy) o Regosol (FAO).

Aunque como se ha dicho el cambio es gradual, el suelo descrito puede considerarse como el típico de la serie que corresponde a la zona intermedia del gradiente.

El extremo más húmedo de este gradiente lo constituyen las zonas perilagunares que permanecen encharcadas durante una gran parte del año.

La gran duración del período de encharcamiento impide el desarrollo de especies de matorral lo que unido a la fuerte influencia faunística propicia el establecimiento de un pastizal con Agrostis stolonifera, Mentha pulegium y Juncus buffonius entre otras especies. En estas condiciones aparece un suelo con horizonte húmico bien desarrollado, cuyo perfil, de tipo Ac, muestra una serie de subhorizontes A que van pasando al horizonte C de una manera gradual, el cual aparece, en forma apreciable a 60 cm. de profundidad y en forma nítida a los 90 cm. En los primeros 10 cm. se diferencia un subhorizonte A<sub>11</sub> de color pardo rojizo oscuro, de estructura migajosa muy fina y fuertemente enraizado, con moderado a alto contenido en materia orgánica (8.1%) con buena porosidad. Le sigue hasta 20 cm. un A<sub>12</sub> de color negro, de estructura migajosa media, más compacto y más coherente, con porosidad más fina y menos enraizado. Continúa hasta 30 cm., como un A<sub>13</sub> de color pardo oscuro, más arenoso, con estructura menos desarrollada más fina y suelta, pasando gradualmente, a través de dos subhorizontes (AC y CA), de colores progresivamente más claros al horizonte C pardo muy pálido, sin estructura y muy suelto, con un alto grado de humedad.

El color gris claro a blanco que se observa en el horizonte C de este suelo y así como el observado en Encinillas altas se debe a las causas ya comentadas.

El conjunto de horizontes A constituye un epipedón úmbrico, ya que el contenido en materia orgánica, que desciende progresivamente con la profundidad, es todavía bastante escaso para que estos horizontes pudieran considerarse como orgánicos.

El suelo, pues, es similar al del correspondiente al monte negro higrofitico aunque en los primeros 10 cm. presenta un horizonte de humus, aparentemente menos evolucionado, que se corresponde con la existencia de una densa cobertura de gramíneas.

El suelo se clasifica como Entic Xerumbrept (Soil Taxonomy) o Cambisol húmico (FAO).

En términos generales, la proximidad al centro de la laguna se traduce en una disminución del espesor del horizonte húmico que llega a ser mínima en su interior.

Este suelo tiene características intermedias entre los desarrollados en zonas de monte negro higrofitico y los bosques conservado (Encinillas Altas). Las diferencias con el suelo que se desarrolla en las primeras se deben, además de a la mayor longitud del período de encharcamiento, a mayor influencia de herbívoros así como a la mayor productividad y a la naturaleza del material vegetal más fácilmente descom-

ponible.

b) Sistema de dunas móviles.-

Este sistema ocupa una franja de unos 30 km. de longitud con una anchura variable de unos 2 km. por término medio. Según Allier y Cols (1974) el sistema está formado por trenes continuos paralelos a la costa que en número de 4 avanzan hacia el interior. Entre trenes sucesivos aparecen valles interdunares (corrales) de fondo relativamente plano. Trenes y corrales contrastan por la gran dinamicidad de los primeros que sólo permite la instalación de vegetación típicamente psammófila con Ammóphila arenaria, Rumex tingitanus, Cyperus shoenoides y Echium gaditannum como especies características.

El suelo desarrollado en estas condiciones se puede clasificar como un Quartzipsamment no mostrando un perfil diferenciado en horizontes (horizonte C).

El fondo del corral no es plano, presentando ondulaciones paralelas al frente de avance (contradunas). Esta alternancia de zonas elevadas y zonas deprimidas aunque de escasa importancia topográfica en los casos extremos el desnivel no suele pasar de un metro, determina la alternancia de zonas más húmedas (depresiones entre contradunas) ocupadas por una vegetación distrófica en la que domina Holoschoenus vulgaris y zonas más secas (contradunas) con Pinus pinea.

Estas situaciones determinan una secuencia de suelos que pasan de arena suelta en las cimas de las contradunas a un suelo hidromorfo en las depresiones.

Este suelo que permanece saturado en agua durante la mayor parte del año presenta un drenaje escaso, con un nivel freático que en la fecha de estudio (13-VI-78) se encontraba a 45 cm. de profundidad.

Los horizontes húmicos afectados de un fuerte hidromorfismo, alcanzan un espesor de solo 7 cm., presentando un color pardo rojizo oscuro en superficie, con intenso moteado de sesquióxidos en profundidad, que continua en los horizontes Cg subyacentes.

El suelo presenta una franca acidez, con valores de pH próximos a 6, relación C/N algo elevada en los horizontes húmicos (humus poco evolucionado) que poseen una escasa, pero apreciable proporción de hierro libre y alta saturación en bases.

En profundidad el color grisáceo del suelo y su ligero olor sáprico, caracterizan unas condiciones de reducción que, no obstante, no llegan a caracterizar un horizonte de gley definido y estable.

Dadas, pues, las condiciones de humedad, que determinan un régimen acuico, la no diferenciación de otros horizontes de diagnóstico y la naturaleza arenosa del suelo se considera dentro del subgrupo de Tipic Psammaquents.

Es interesante señalar que un estudio edáfico detallado puede contribuir a explicar la génesis de las contradunas que según García Novo y Cols (1975) son fragmentos desgajados del tren dunar que dejaría éste en su avance sobre la superficie ideal del corral. Los sondeos realizados sobre contradunas confirman la presencia bajo una capa de arena blanca de espesor variable de restos de horizontes minerales que podrían corresponder con los horizontes del suelo que se desarrolla en las zonas deprimidas del corral. No obstante este extremo necesita ulterior comprobación.

### c) Sistema de marisma.

El paso de las arenas estabilizadas a la marisma no es gradual sino que el resultado de procesos a pequeña escala que determinan una transición brusca de los sustratos arenosos a la zona arcillo-limosa que forma el lecho marismoso. No obstante es posible reconocer una franja de anchura variable (1 km. como máximo) conocida localmente por "vera" formada por antiguas dunas arrasadas con una pendiente suave que buza hacia la marisma; en esta pendiente, la proximidad a la marisma se traduce en un aumento gradual en la proporción de elementos finos y materia orgánica que se corresponden con un aumento en el contenido de humedad del suelo. A esta tendencia general está asociada la variación de la vegetación que pasa de un pastizal acidófilo xerofítico con Tuberaria guttata, Trofolium campestre, Plantago coronopus etc. y facies de Pteridium squilinum a un pastizal propio de zonas más húmedas y elevadas con Cynodon dactylon, Fanicum rerens, Chaetopogon fasciculatus entre otras.

El suelo que se describe a continuación aparece localizado de forma discontinua en las zonas elevadas de la vera.

Está constituido por un importante depósito arenoso que cubre a una coraza ferruginosa, fuertemente cementada y dura, de superficie alveolar, con oquedades más o menos tubulares de tendencia vertical, rellenas por material arenoso y penetradas de raíces que corresponde a un horizonte llamado "litoplántico" (Smith et al., 1977). Bajo este "pan" de hierro, fuertemente cementado con sílice aparece un sedimento arenoso, cuyos granos presentan un uniforme recubrimiento ferruginoso que aumenta en profundidad, hasta adquirir una coloración intensamente amarillenta y que tiene una so y presenta reacción caliza. El bajo contenido en sales no permite considerar a este suelo como salino, dominando, por el contrario el carácter vértico.

El contenido en materia orgánica es bajo a moderado en superficie, decreciendo progresivamente con la profundidad. La relación C/N es normal (alrededor de 10),

aunque ligeramente alta en los horizontes de superficie.

El contenido en carbonato cálcico es menor en los dos primeros horizontes (hasta 45 cm.) que en el resto del perfil, por lo que parece existir un determinado grado de eluviación de este compuesto. Se aprecian además, frecuentes nódulos blancos de yeso dentro de los primeros 25 cm.. Particularmente interesante es la presencia de importantes cantidades de magnesio asimilable, lo cual, unido a la presencia del ión calcio, favorece la formación de arcilla del tipo 2:1 y el consiguiente desarrollo del carácter vértico.

De acuerdo con todo ello y con los altos matices del color, además del evidente hidromorfismo que se manifiesta por el moteado existente, el suelo se puede clasificar como un Aquic Entic Chromoxerert en fase salina (Soil taxonomy), Vertisol crómico-gleyco (FAO).

En las zonas de aguas más someras alejadas de los cursos de agua o en el interior de las depresiones (lucios) donde la sal se concentra a lo largo de los primeros meses de verano el suelo tiene características distintas.

Así el suelo desarrollado en el lucio del Membrillo presenta en la fecha del estudio del perfil (21-XI-77) una superficie totalmente seca, con un agrietamiento poligonal alta humedad, apareciendo el nivel freático a 1.6 m. en la fecha de apertura del perfil (20-VI-78).

El origen de este horizonte endurecido puede estar relacionado con el lavado lateral de óxidos de hierro que se aportan de toda la zona hacia el borde de las marismas.

El depósito arenoso sobre la coraza apenas muestra horizontes diferenciados. Presenta una fuerte acidez, con valores de pH inferiores a 5 y muy bajo contenido en materia orgánica.

El suelo se clasifica provisionalmente dentro de un subgrupo denominado como Litoplintic Aquic Xerosamments.

Ya en la marisma es posible distinguir a pesar de su horizontalidad pequeñas diferencias de relieve (escala de cm.) de enorme interés edáfico ya que estas diferencias controlan la duración de la inundación tipo de vegetación y suelo. La salinidad está también controlada en parte por el microrrelieve y en parte por la proximidad de los cursos de agua dulce.

Los aportes de agua dulce de los caños (sistema de drenaje de los complejos arenosos) determinan en las zonas próximas situaciones de baja salinidad relacionadas con la presencia de especies como Ramunculus baudotti y Scirpus maritimus.

En estas zonas se desarrolla un suelo arcilloso con drenaje deficiente y con una baja proporción de sales solubles, por lo que presenta una conductividad eléctrica inferior a 4 mmhos/cm.. El perfil muestra un profundo agrietamiento en estado seco, que le confiere una estructura prismático columnar gruesa, fuertemente de-

sarrollada, salvo en los primeros cinco centímetros en que es poliédrica media. Todo el perfil es fuertemente arcillo característico y abundantes hoyos de pisadas de ganado vacuno. Está totalmente desprovisto de vegetación, existiendo solamente una tupida y delgada cobertura de algas secas. El material original está constituido por sedimentos arcillosos salinos correspondientes al relleno del estuario del Guadalquivir. El drenaje es prácticamente nulo, apareciendo el nivel freático a 1 m. de profundidad. Existen abundantes eflorencias salinas en superficie.

Se trata de un suelo fuertemente salino e hidromorfo, con un marcado enriquecimiento en sales solubles en el horizonte de superficie, el cual muestra un color gris claro y una estructura poliédrica fuertemente desarrollado, algo laminar en su superficie. A partir de 20 cm. la estructura es masiva, el color es pardo, con manchas ferruginosas pardo oscuras y vetas grises, para hacerse gris muy oscuro a partir de un metro de profundidad.

El suelo es francamente alcalino, con pH de 7.5 en superficie y de 8 en profundidad, dando reacción caliza en todo el perfil. Tanto la conductividad eléctrica como la razón de absorción de sodio son muy elevadas. El contenido en materia orgánica es muy escaso.

Debido a estas características de salinidad, a la neta acumulación de sales solubles en superficie y a la fuerte gleyzación del suelo se ha clasificado dentro del subgrupo de Aquollic Salorthids (Soil taxonomy) o Solontchak gleyco (FAO).

#### CONCLUSIONES.

Los suelos caracterizados en el Parque Nacional de Doñana pueden agruparse según los tres grandes complejos ambientales ya mencionados en la introducción. A su vez, dentro de cada uno de estos complejos ambientales los suelos típicos se pueden ordenar según su relación con los factores ambientales predominantes que a su vez corresponden con la vegetación.

Así en el sistema de dunas móviles se pasa de un Quartzipsamment en la arena móvil de la duna a los Tipic Psammaquents de las zonas deprimidas de los corrales.

En la fracción estudiada de la marisma se pasa de los Aquic Entic Chromoxererts en las zonas que están bajo la influencia del agua dulce a los Aquollic Salorthids de las zonas francamente salinas.

En el sistema de arenas estabilizadas la existencia de un pattern repetitivo de ondulaciones y la gran permeabilidad del sustrato determinan la distancia del nivel freático a la superficie, de forma que existe una fuerte correspondencia entre humedad edáfica, posición topográfica y tipo de vegetación. El proceso de edafización en estas condiciones determina a su vez la diferenciación de suelos de distin-

ta naturaleza que se pueden ordenar en un gradiente de humedad y que son predecibles en función de su situación topográfica.

Esta ordenación según el gradiente de humedad puede ser como sigue: Typic Quartzipsamments en las zonas más elevadas, Aquic Quartzipsamments en las zonas intermedias y Huaqueptic Xerumbrept en las zonas perilagunares.

Sin embargo la correspondencia entre el tipo de suelo y la profundidad de la capa freática es difícil de establecer en algunos casos. Esta falta de correspondencia podría explicarse en función del grado de conservación y de la acción de procesos de carácter geológico (García Novo, 1977).

Efectivamente el estado actual de los suelos de Doñana es reflejo del grado de conservación del ecosistema. La quema natural o provocada y el uso agrícola del suelo (rozas, replantaciones) han afectado de forma local y en distintos grados a los horizontes superficiales como la evidencia por ejemplo la existencia de horizontes húmicos testigo en zonas que han sufrido incendios en épocas recientes.

De esta forma podría explicarse la diferencia entre el perfil correspondiente al monte negro y el de Encinillas Altas. Estos dos perfiles son idénticos tanto por su posición topográfica como por sus horizontes a excepción del horizonte O que solo está presente en el perfil de Encinillas Altas. La ausencia de este horizonte en el perfil de Monte negro puede explicarse como resultado de la degradación del suelo original actualmente relegado a los retazos del bosque original (Encinillas altas).

En los casos extremos se ha llegado a la pérdida total de los horizontes húmicos con lo que al final del proceso de degradación de un Entic Xerumbrept solo está presente el horizonte C formado por las arenas blancas ya mencionadas.

En este sentido llama la atención la presencia de arenas de color blanco en cotas más elevadas de las que presentan los Entic Xerumbrepts y que aparecen en la foto área como cercos blanquecinos que rodean a las manchas de brezal. Esta aparente paradoja podría explicarse en función de un aumento en la profundidad media de la capa freática que podría explicarse por ejemplo como consecuencia del basculamiento ya comentado o del descenso del nivel de base del Guadalquivir.

De esta forma suelos con horizontes húmicos potentes con un horizonte C de arenas blancas típicos de zonas deprimidas desarrollados en épocas anteriores, se encontrarían actualmente más elevados sobre la capa freática que antes, ocupando una posición superior a la que ocupan los Entic Xerumbrepts de desarrollo más reciente.

La degradación posterior de estos suelos (que tendría características irreversibles por estar en esta situación alejada del equilibrio) dejaría al descubierto el horizonte C de arenas blancas las cuales estarían en cotas superiores a los horizontes superiores de los Entic Xerumbrepts actuales, apareciendo estas como cercos blanquecinos.

El comportamiento anómalo de la laguna del Brezo en relación con el de otras lagunas apoya esta hipótesis (Martín Vicente, comunicación personal). Efectivamente esta laguna se caracteriza por estar gran parte del año seca y presentar aguas muy someras en la época de crecida; comportamiento que puede explicarse si se supone que la laguna y zonas adyacentes han sufrido una elevación de cota.

En este contexto podría explicarse la ocurrencia de suelos, como el que se describe a continuación.

El suelo comentado está situado en la zona de sabinares a menos de 1 km de la laguna del Brezo.

Presenta un perfil AC con un horizonte húmico de color negro en los primeros 15 cm.; sigue un horizonte de transición AC de color gris muy oscuro que a partir de los 25 cm. va pasando a gris claro con blanco (horizonte C) que continua por debajo de los 2.5 m. de profundidad. La profundidad de la capa freática en invierno es aproximadamente de 1 m.

Estas características morfológicas junto con los datos analíticos entre los que destacan la acusada acidez, superficial y el bajo grado de saturación en bases permiten deducir la existencia de un epipedón úmbrico con un grado de desarrollo mínimo.

Por todo ello este suelo puede clasificarse como un Quartzipsammenta Ferrum-brept (Soil Taxonomy) o Ranker (FAO):

Como puede comprobarse este suelo presenta características típicas de hidromorfismo en superficie propio de las zonas deprimidas (ver por ejemplo los perfiles correspondientes al suelo de Encinillas altas o al de monte negro higrofitico) pero aparece localizado en un enclave donde la profundidad de la capa freática en invierno es por lo menos de 1 m.

Para explicarlo podría suponerse que este suelo ha sufrido una elevación sobre la capa freática por lo que las características que actualmente posee son derivadas en parte de su situación primitiva en la cual la capa freática en invierno estaría muy cerca de la superficie o incluso llegaría a estar por encima de ella como sugiere la presencia de un horizonte oscuro de escaso desarrollo más resto del horizonte antiguo erosionado sobre el que se han superpuesto los efectos del proceso de edafización actual y de un horizonte C de arenas blancas muy próximo a la superficie (15-25 cm.).

#### 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.

- ESWARAN, H. y BAÑOS, C. (1976): Related distribution patterns in soils and their significance. An. Edaf. y Agrob.
- F.A.O. (1968): Guía para la descripción de perfiles de suelos. MI/70805. Roma.
- GARCIA NOVO, F.; RAMIREZ DIAZ, L. y TORRES MARTINEZ, A. (1975): El sistema de dunas de Doñana. Naturalia Hispánica. nº 5. Publicaciones del Ministerio de Agricultura. Madrid.
- GARCIA NOVO, F.: (1977): The effects of fire on the vegetation of Doñana National Park. Symposium on the Environmental Consequences of Fire and Fuel Management in Mediterranean Ecosystems. Forest Service. USDA. General Technical Report WO-3 California.
- GONZALEZ BERNALDEZ, F. GARCIA NOVO, F. y RAMIREZ DIAZ, L. (1974): Analyse factorielle de la vegetation des dunes de la Reserva biologique de Doñana. (Espagne) I. Analyse numerique des donnees floristiques. Isr. J. Bot., 24: 106-117.
- GARCIA NOVO, F. y otros (1977): Doñana. Prospección e inventario de ecosistemas. ICCNA. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- GONZALEZ BERNALDEZ, F. RAMIREZ DIAZ, L., TORRES MARTINEZ, A. y DIAZ PINEDA, F. (1977): Estructuras biológicas de Doñana. (Huelva) II Estudio de un gradiente de salinidad. Anales de Edafología y Agrobiología. XXXVI (9-10) 1005-1017.
- I.B.H.E. (1975): Mapa Geológico de España, E 1:50.000. Palacio de Doñana (hoja 1033). Madrid.
- MEPINC, S. GARCIA NOVO, F. y SANCHEZ DIAZ, M. (1976): Annual fluctuation of water potential in the xerophytic shrub of the Doñana Biological Reserve (Spain). Oecol. Plant. 11: 1-11.
- MUDARRA, J.L. (1974): Estudio de los suelos de la Cuenca del Guadalquivir. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- CEBAC (1978): Guía de las excursiones científicas de la VII Reunión Nacional de suelos. Sevilla.
- PANEQUE, G., BELLINFANTE, H. y ALOESO, A. (1969): Micromorphological of the sandy soils in Southern Spain. Third International Working-Meeting on Soil Micromorphology. Wroclaw.
- SMITH, G.; ERITO, P. y 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. Washington D.C.
- VANNEY, J. R. (1970): L'hydrologie du Bas Guadalquivir. Inst. de Geog Apl. Pat. "Alonso de Guerra" C.S.I.C. Madrid.