

RELACIÓN SUELO/GEOMORFOLOGÍA EN EL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA

L. CLEMENTE, P. SILJESTRÖM
& A. RODRÍGUEZ-RAMÍREZ

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología (CSIC). Apto. 1052. 41080 Sevilla.

Resumen: Se expone la evolución geoedáfica del Sistema Eólico del Parque Nacional de Doñana dentro del marco cuaternario donde se ubica, haciendo especial referencia al Pleistoceno Superior, Holoceno y época reciente. Es a partir del final de la transgresión flandriense cuando se estabiliza el litoral y comienza a configurarse el actual modelado del área de estudio. En época reciente, los cambios de dicho modelado se reducen a pequeñas variaciones debidas a procesos locales de erosión y deposición tanto en la costa como en el interior. Actualmente, la geomorfología del Parque Nacional de Doñana puede sintetizarse en tres grandes Sistemas Morfogenéticos: Litoral, Estuarino y Eólico. En este trabajo se recoge la diferenciación geomorfológica del Sistema Eólico hasta nivel de Elementos Morfoedáficos, cuya denominación corresponde a las formas más simples del paisaje donde existe una íntima relación con los suelos que en ellas se desarrollan.

Palabras claves: Huelva, España, Doñana, Holoceno, Geomorfología, Dunas, Suelos.

Abstract: The geoedaphic evolution of Doñana National Park is described in the Quaternary frame of the surrounding area. The evolution along the Superior Pleistocene and Holocene is highlighted. Starting at the end of the Flandriense Transgression, the coast line got stabilized, beginning all the processes leading to the actual morphology, changing recently very little. Actually, the geomorphology of the Doñana National Park has been classified into three Morphogenetic Systems: Littoral, Estuarine and Aeolian. The present paper does the geomorphological classification of the Aeolian System to the level of Morphopedologic Elements, which are the most simple units differentiated in the landscape, tightly related with the soils developed on them.

Key words: Huelva, Spain, Doñana, Holocene, Geomorphology, Dunes, Soils.

1. Introducción

El Parque Nacional de Doñana está situado al SW de España, en la margen derecha de la desembocadura del Guadalquivir. Ocupa una extensión aproximada de 50.000 Has constituidas por dos materiales sedimentarios de textura muy diferentes: arenas, que configuran los sistemas Litoral y Eólico, y limos y arcillas que delimitan el sistema Estuarino (Marismas). Dichos sedimentos tienen un origen cuaternario y se encuentran recubriendo otros más antiguos de edad miopliocena. Para una mejor comprensión de la dinámica deposicional de los materiales es necesario hacer referencia al marco cuaternario en el que se integran. El límite Plio-Pleistoceno presenta una gran dificultad en su reconocimiento debido a una serie de discordancias erosivas a lo largo del litoral y sobre todo a la ausencia de fósiles. Las arenas basales o arenas rojas constituyen el primer depósito claramente cuaternario en el litoral de Huelva, donde la parte basal de las mismas

pertenecen al Plioceno Superior, tratándose de una formación heterócrona en la base e isócrona en el techo (Zazo, 1980). Desde un punto de vista sedimentológico, constituye un depósito litoral de aguas poco profundas. En el litoral de Huelva, el primer nivel morfológico cuaternario corresponde a un depósito fluvial con gravas que erosionan a las arenas rojas o basales. En el contacto de ambas formaciones aparecen frecuentemente alios férricos o costras, cuyo origen está favorecido por cambios texturales de los depósitos y por antiguos niveles freáticos, presentando una génesis semejante a los alios situados en el contacto de las arenas con la marisma (Clemente et al., 1981).

Dentro de este marco pliocuaternario se extiende el área de estudio, cuyo medio físico ha sido abordado en anteriores trabajos. El conocimiento adquirido sobre este territorio permite establecer en este artículo, la estrecha relación que existe entre la evolución edáfica y la geomorfología.

2. Evolución pre-holocena y holocena

Durante el Cuaternario se sucede una alternancia de episodios climáticos claramente diferenciados y reflejados en la formación de una serie de terrazas que, en el río Guadalquivir, se distinguen no sólo por su evolución edáfica (Clemente et al., 1979), sino también por la aparición de accidentes morfológicos (Clemente et al., 1977). Las alternancias climáticas mejor conocidas corresponden al Pleistoceno superior o Würmiense. Durante este periodo, el clima no debió ser muy riguroso en la Baja Andalucía, según lo demuestran los niveles tirsificados de la base del acantilado del Asperillo (Caratini & Viguier, 1973), donde aparecen restos polínicos de avellanos y pinos. Durante el máximo de la regresión würmiense (18.000 años B.P.), el nivel del mar habría bajado unos 110 m en el área de estudio, con lo que la costa se prolongaría unos 40 Km (Somoza et al., 1997). La evolución geomorfológica en los últimos 13 ó 14.000 años ha ido avanzando en base a un recalentamiento climático que se acentuó hace 12.000 años. Debido a la escasez de datos sólo puede suponerse que durante el periodo Atlántico (de 6.000 años de duración) había un clima más húmedo que el actual, por lo que una densa vegetación cubría el suelo (Horowitz, 1976). El bosque se fue degradando progresivamente hasta su desaparición en el período Subboreal como consecuencia de una evolución del clima hacia condiciones de mayor sequedad, con el consiguiente recrudescimiento de la actividad eólica. Dicha actividad ha sido estudiada por Pou (1977), poniendo de manifiesto una serie de frentes dunares cuyas orientaciones permiten discernir 5 cambios en la dirección de los vientos dominantes en los últimos 7.000 años. Estos datos confirman las apreciaciones climáticas anteriores, ya que los vientos provenientes del W o W-SW corresponden a un clima más húmedo que el actual, debido a la mayor influencia atlántica. A partir del máximo de glaciación comienza la transgresión Flandriense, que ha provocado, entre otros fenómenos, la formación del estuario del Guadalquivir y su posterior transformación en las actuales marismas. Dicha transgresión ha sido muy irregular, subiendo el mar en los primeros 8.000 años (desde 18.000 - 10.000 años B.P.) 60 m, y en los 4.000 años siguientes (desde 10.000 - 6.000 años B.P.), 40 m, quedando el nivel del mar a -10 m del correspondiente al comienzo de la regresión Preflandriense (Ménanteau, 1981). Finalmente, Strabon (63 años a.C.), en su descripción del litoral suratlántico español, recoge la existencia de una laguna (Lacus Ligustinus), donde desembocaba el río Guadalquivir. Dicha laguna es el resultado del cierre de una anterior bahía como consecuencia del avance de las arenas en forma de barras y "spits" que soportan los actuales frentes dunares (Clemente et al., 1985).

3. Evolución reciente

El trazado de la costa se encuentra fuertemente influenciado por las corrientes, presentando un medio de alta energía con un tránsito sedimentario importante. La corriente principal, con una deriva hacia el Este, transporta sedimentos arenosos provenientes del farallón costero de arenas würmienses poco consolidadas y, por tanto, muy erosionables. Al SE de Matalascañas, el farallón desaparece para dar paso a una costa baja, donde la continua acumulación de arena, unida a la constancia de la dirección del viento, da lugar a la formación de pequeños montículos, que nacen en las partes altas de la playa y van creciendo a medida que avanzan hacia el interior, donde forman el sistema de dunas móviles de Doñana. Los mejores testimonios de la dinámica geomorfológica del litoral incluido en el Parque Nacional de Doñana son las "Torres Vigía" o "Torres Almenara", construidas después de 1590 por orden de Felipe II para vigilancia de la costa (Mora-

Figuroa, 1978). En general, se observa un retroceso del litoral al NW de Matalascañas, donde las Torres han desaparecido o están caídas en la playa, estimado en 140 m (Menanteau, 1981). Por el contrario, muestra una progradación hacia el SE que se refleja en la situación, cada vez más alejada de la playa, de las Torres ubicadas entre Matalascañas y la desembocadura del Guadalquivir, lo que ha permitido calcular una progradación media costera de 163 m a partir de mediados del siglo XVIII. De todo esto se deduce que la corriente de deriva contribuye a dar al litoral, entre la ría de Huelva y la desembocadura del Guadalquivir, un trazado cóncavo que se acentúa actualmente por la acción antrópica (dragados, construcción de diques, etc.). La instalación de un potente cordón dunar en Doñana sería la consecuencia de la regularización de dicho proceso. Estas dunas aportan la sutura final a la obturación de la Marisma, fosilizando en su avance la mayor parte de las formas residuales de las fases anteriores.

4. Relaciones geomorfología/suelo: Sistema Eólico

Desde un punto de vista geomorfológico, el Parque Nacional de Doñana puede ser dividido en tres grandes dominios morfogenéticos: Marino, Marino-Continental y Continental, a los que corresponden, respectivamente, tres sistemas morfogenéticos definidos por un conjunto de acciones que provocan una configuración determinada: Litoral, Estuarino y Eólico. Por un lado, la juventud y precariedad del Sistema Litoral frenan la evolución de sus formas y el desarrollo de suelos. Por otro, la salinidad condiciona fuertemente la edafogénesis en el Sistema Estuarino. Por tanto, es en el Sistema Eólico donde se estudian las relaciones geomorfología/suelo ya que ambos factores presentan la mayor variabilidad. En efecto, en el Sistema Eólico se registra un amplio gradiente de evolución debido a la existencia de distintos cordones dunares de edades asimismo diferentes (Pou, 1977; Rodríguez, 1996). Esta circunstancia hace que las Unidades reconocidas (Arenas Estabilizadas, Arenas Móviles y Zonas de Contacto) (Siljeström, 1985) puedan ser divididas en subunidades y éstas, a su vez, en Elementos Morfoedáficos, íntimamente relacionados con los suelos que en ellos se desarrollan (Figura 1).

4.1. Arenas Estabilizadas

Las Arenas Estabilizadas se sitúan al NW del Parque y representan, aproximadamente, el 60 % del Sistema morfogenético Eólico. Se trata de un sistema antiguo de dunas de potencia variable, en el que pueden distinguirse varias fases sucesivas. Las dunas que conforman los frentes pueden ser transgresivas (Davies, 1980) o parabólicas (Chapman, 1976; McKee, 1979) y se encuentran alineadas, parcial o totalmente arrasadas, pero siempre con una ondulación suficiente como para reconocer una orientación N-S. El factor responsable de la mayoría de variación dentro de esta unidad es la profundidad de la capa freática, estrechamente relacionada con la topografía (Allier et al., 1974). En función de dicho factor se pueden separar dos grandes subunidades: Naves y Manto Arrasado. Por otro lado, al sur del Parque aparece un pequeño enclave de arenas estabilizadas, cuyo origen es la formación de barras y spits que favorecieron la colmatación de la zona de marismas. Son arenas de distinta composición mineralógica (ricas en CO_3Ca) y granulométrica que las situadas hacia el norte (fundamentalmente silíceas), y presentan una disposición en frentes curvados en forma de ganchos de morfología similar a la actual Punta del Malandar. Esta zona constituye la tercera subunidad geomorfológica dentro de las Arenas Estabilizadas, denominándose por su morfología y situación, Cordones de la Marismilla. Las Naves se corresponden con las zonas más altas y mejor conservadas de las Arenas Estabilizadas, incluyendo ligeras depresiones, vestigios de los valles interdunares del antiguo sistema. A excepción de estas pequeñas depresiones, la capa freática aparece a gran profundidad (más de 3 m.), lo cual, unido a un sustrato muy permeable, condiciona una vegetación muy característica que impide la movilidad de las arenas. Dependiendo de la profundidad de la capa freática, pueden diferenciarse una serie de suelos estrechamente relacionados con la topografía y la vegetación que permiten definir tres divisiones inferiores, denominadas Elementos Morfoedáficos: Alto (Typic Xeropsamment), Ladera (Aquic y Dystric Xeropsamments) y Bajo de Nave (Humaqueptic Psammaquent) (Clemente et al., 1984; Siljeström & Clemente, 1987). El Manto Arrasado está compuesto por 2 ó 3 generaciones dunares interiores de escaso relieve, desmanteladas por la deflación y erosionadas por el drenaje (Vannev & Menanteau, 1979). El conjunto se presenta como un glacis de erosión con la capa freática aflorando en

numerosos enclaves durante la época húmeda. La cercanía a la superficie del nivel freático, así como la conservación de la vegetación potencial en algunos enclaves y la presencia de las arenas pliocuaternarias en el perfil edáfico, permite una amplia variabilidad de formas y suelos. Esto se refleja en la diferenciación de un mayor número de Elementos Morfoedáficos: Alto (Typic Xeropsamment), Ladera (Aquic-Dystric Xeropsamment) y Bajo de Dunas (Typic Humaquept), Bosque Conservado (Histic Humaquept), Lagunas Temporales (Thapto Psammaquentic Ochraqalf) y Eucaliptar (Thapto Alfic Xeropsamment) (Siljeström et al., 1988). La tercera subunidad dentro de las Arenas Estabilizadas corresponde a los Cordones de la Marismilla. Estos se presentan como una serie de crestas paralelas de dirección NW-SE, que no superan los 10 m. de altura. Dichas crestas alternan con pequeñas depresiones que se encharcan en épocas lluviosas, al encontrarse prácticamente al mismo nivel de la pleamar (Ménanteau, 1981). La presencia de numerosos bivalvos en el fondo de las depresiones parece confirmar el origen marino de esta subunidad, que correspondería a alargamiento de barras arenosas litorales por unión de spits sucesivos (Vannay & Ménanteau, 1979; Clemente et al., 1985). La formación de esta tercera subunidad es más reciente, habiéndose datado en 2.000 años la línea de playa más antigua (Zazo et al., 1994; Rodríguez et al., 1995). En las zonas más deprimidas, el afloramiento de la capa freática aporta al sedimento arenoso una alta proporción de carbonatos como consecuencia de la disolución de los niveles conchíferos. El pH del suelo aumenta y su complejo de cambio se satura, condicionando la formación de suelos pertenecientes al orden Mollisol. El estudio de los suelos permite una vez más dividir esta subunidad geomorfológica en dos Elementos Morfoedáficos: Zona Alta (Typic Xeropsamments) y Zona Baja (Typic Haplaquoll y Aeric Calciaquoll) (Clemente et al., 1985).

4.2. Arenas Móviles

La segunda gran unidad geomorfológica comprende las Arenas Móviles. Estas ocupan una estrecha franja al SW del Parque, paralela al litoral y con una extensión aproximada de 25 Km. Comienzan a formarse a unos 5 Km de Torre La Higuera, coincidiendo con la desaparición de las dunas fijas, a las que recubren en parte, y terminan en la desembocadura del Guadalquivir con una dirección de avance hacia el NE. La desaparición de las dunas fijas, enterradas por la progresión de las arenas móviles, parece apoyar la hipótesis de un basculamiento de la costa hacia el Este producido, probablemente, por una subsidencia en el área de la desembocadura del Guadalquivir, que provocaría un efecto doble. Por un lado, las dunas situadas al oeste de Torre La Higuera se estabilizan, ya que no reciben nuevos aportes por no poder remontar las arenas el desnivel del acantilado. Por otro lado, hacia el este, el mar erosiona las dunas antiguas, siendo posteriormente cubiertas por nuevos frentes que forman el sistema de dunas móviles. Dicho sistema está constituido por 3 ó 4 frentes bien definidos de altura y velocidad variables, que se mueven sobre una base de arenas humedecidas por el nivel freático en dirección coincidente con la del viento dominante. Dentro de dicho sistema se han distinguido tres subunidades en función a su dinámica y/u origen: Frentes Móviles, Corrales y Gusanos. Los Frentes Móviles comprenden los trenes dunares que avanzan de SW a NE a una velocidad variable, que en algunos puntos puede alcanzar los 5 m/año (García Novo et al., 1975). Las dunas son muy variables en cuanto al tamaño y, en general, asimétricas, presentando una pendiente de deflación muy tendida (3° ó 4°) y otra de avance muy abrupta que varía en función de la altura, ya que al aumentar ésta, también lo hace el límite de estabilidad de las arenas, habiéndose medido pendientes de hasta 48° (Torres et al., 1977). La movilidad de las arenas no permite la diferenciación de los Frentes Móviles en Elementos Morfoedáficos. Los Corrales son valles interdunares de fondo horizontal y húmedo que corresponde a la capa freática del conjunto. Por su proximidad a la superficie, la arena adquiere una coherencia que permite el desplazamiento de las dunas sobre dicho fondo. Al pasar la duna, la arena barrida por el viento queda retenida por el agua ascendente por capilaridad, apareciendo detrás del tren una superficie casi horizontal, húmeda, que dará origen a un nuevo Corral y al establecimiento de la vegetación. El desarrollo edáfico en los Corrales, condicionado por la capa freática, permite la diferenciación de dos Elementos Morfoedáficos: Corrales Secos (Typic Xeropsamment) y Corrales Húmedos (Typic Psammaquent). La tercera Subunidad, Gusanos, corresponde a una serie de lomas arenosas muy alargadas y estrechas, paralelas entre sí, que aparecen fundamentalmente a barlovento de las lagunas permanentes, así como en el fondo de algunos corrales (García Novo, 1979). Aún cuando su origen es muy controvertido, parece que estas formaciones corresponden

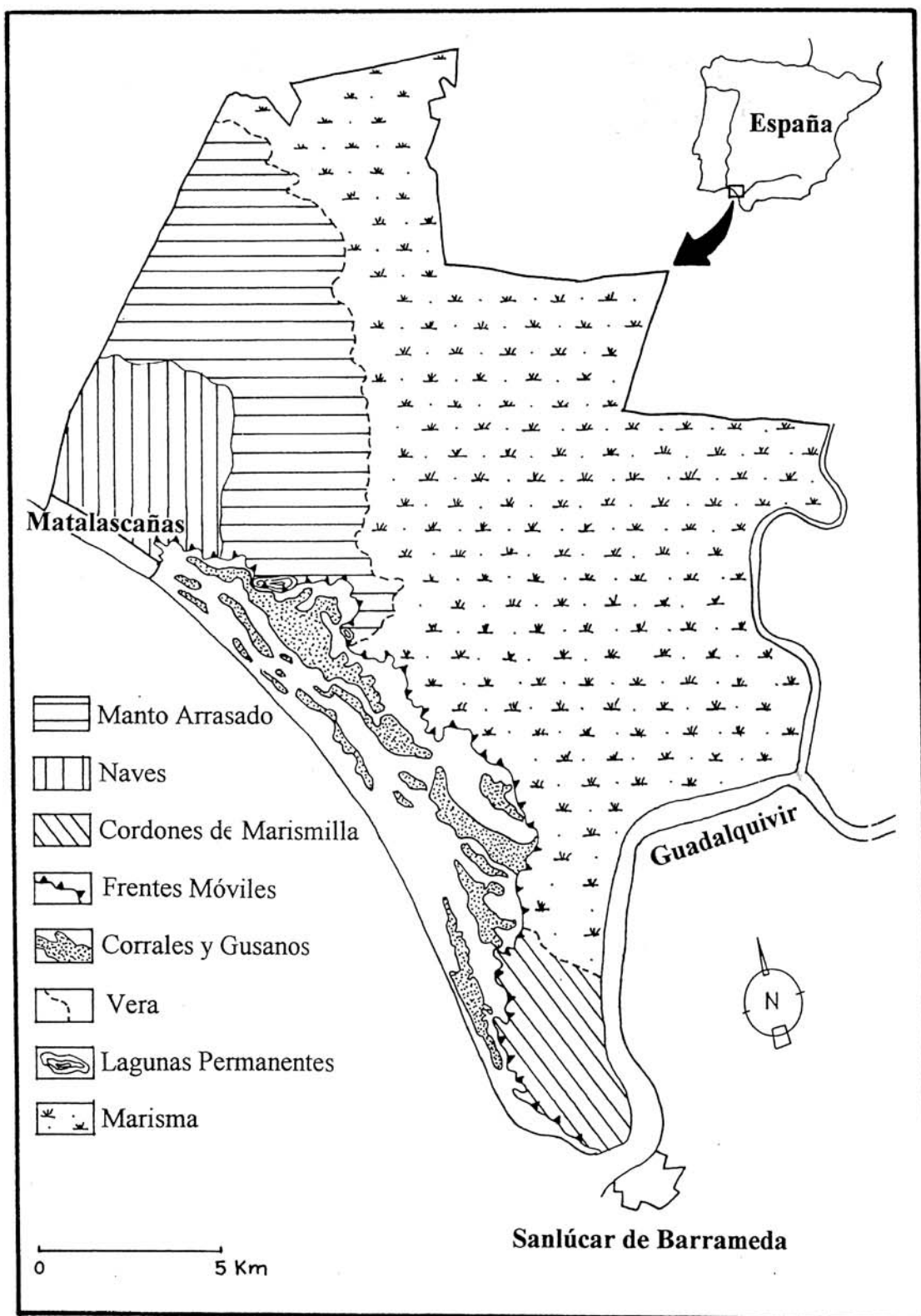


Fig. 1. Area de estudio.

a restos de colas dunares fijadas por el nivel freático y la vegetación. Estos dos factores condicionan la evolución edáfica, uniéndose un tercero en los enclaves más deprimidos. Este tercer factor está determinado por la proximidad de las lagunas permanentes, que produce una ligera elevación del pH en el suelo, adquiriendo éste cierto carácter móllico. Una vez más la evolución edáfica permite la subdivisión en Elementos Morfoedáficos: Gusano Alto (Aquic Xeropsamment) y Gusano Bajo (Mollic Psammaquent) (Clemente y Apcarian, 1983).

4.3. Zonas de Contacto

La gran variedad de factores que inciden en las Zonas de Contacto entre las unidades anteriormente expuestas y entre ellas y la Marisma, tales como salinidad, acumulación de hierro, carbonatos y materia orgánica, discontinuidades granulométricas, etc., clasifica dichas zonas en dos Subunidades: Vera y Lagunas Permanentes. La primera subunidad diferenciada, Vera, se sitúa en el límite entre las Arenas Estabilizadas y la Marisma, formando una orla que desaparece hacia el sur, cubierta por las arenas móviles en su avance sobre la Marisma. Se extiende de norte a sur con una anchura variable (de 200 a 1500 m), en cuyo espacio descende el nivel topográfico 2 ó 3 m. La Vera se encuentra cortada por una serie de caños que recogen el drenaje del área de las Arenas Estabilizadas. Esto implica una gran dinámica en la zona, observándose gran cantidad de interdigitaciones, fundamentalmente en sentido vertical, de los sedimentos limoarcillosos de la Marisma y los arenosos de la región colindante. La realización de diversos sondeos ponen de manifiesto este extremo y, según el predominio y la disposición de dichos sedimentos, se distinguen dos Elementos Morfoedáficos: Vera arenosa (Lithoplastic Xeropsamment) (Clemente et al., 1981) y Vera arcillosa (Thapto Psammaquentic Pelloxerert) (Siljeström & Clemente, 1987a). Existen enclaves donde se producen surgencias del nivel freático que provoca la saturación del complejo de cambio y el desarrollo de un denso pastizal que aporta gran cantidad de materia orgánica al suelo. Estas dos circunstancias favorecen la evolución edáfica hacia el Orden Mollisol y permite la inclusión del área en un nuevo Elemento Morfoedáfico denominado con el nombre local de Nocle (Aeric Calciaquoll) (Clemente et al., 1988). Finalmente, puede distinguirse un cuarto Elemento Morfoedáfico (-Arroyos), que asocia las zonas de desagüe del drenaje superficial de las arenas estabilizadas en la marisma. En estos enclaves existen condiciones de hidromorfía casi permanentes y un gran aporte de material vegetal, desarrollándose suelos turberizados que se clasifican como Hemic Hydric Medifibrists (Siljeström & Clemente, 1987a). La segunda Subunidad diferenciada en las Zonas de Contacto son las Lagunas Permanentes. Dispuestas en forma de rosario entre las arenas móviles y las estabilizadas, presentan una extensión variable, aguas someras con materia orgánica en suspensión y bordes higroturbosos (Allier et al., 1974). El agua de las lagunas permanentes o peridunares proviene fundamentalmente de la descarga de los acuíferos del sistema de dunas móviles por la base de los frentes de avance (García Novo et al., 1975), a la que se une el agua de lluvia procedente del drenaje del Manto Arrasado. A pesar de tener un mismo origen, el agua de las lagunas presenta diferencias en su composición química y salinidad (Toja & Furest, 1981; Vela, 1984), en el fitoplancton (Margalef, 1976) y en el zooplancton (Armengol, 1976). En función del tiempo de encharcamiento y, como consecuencia, de los suelos y vegetación que se desarrollan, se diferencian dos Elementos Morfoedáficos: Borde Higrofitico, donde el suelo más representativo corresponde al Mollic Psammaquent, y Fondo de Laguna, en el que las condiciones extremas de hidromorfía condicionan procesos fuertes de reducción que favorecen la evolución del suelo hacia el Typic Sulfaquent (Siljeström & Clemente, 1987 b).

5. Conclusiones

Una vez alcanzado el máximo de la transgresión Flandriense, comienza una fuerte dinámica litoral que ha conducido al actual modelado del Parque Nacional de Doñana. Los depósitos que constituyen su morfología definen dos zonas claramente diferenciadas: una arenosa (sistemas Litoral y Eólico) y otra limoarcillosa (sistema Estuarino). La mayor antigüedad y variedad de formas del Sistema Eólico han permitido la formación de una gran diversidad de suelos (correspondientes a seis Ordenes de la Soil Taxonomy) a pesar de la homogeneidad e inalterabilidad del material original (arenas silíceas). Siendo éste constante, así como el factor climático, es el marco geomorfológico el responsable de dicha diversidad edáfica. A través de una

fotointerpretación a escala 1/10.000, en el Sistema Eólico se establecen tres Unidades Geomorfológicas (Arenas Estabilizadas, Arenas Móviles y Zonas de Contacto) que, en base a criterios genéticos, de relieve y de conservación, han sido divididas en ocho Subunidades. Por tratarse de un área bien conservada, la evolución edáfica ha permitido el desarrollo de suelos en equilibrio con los factores ecológicos. Esta circunstancia ha posibilitado el estudio geomorfológico de detalle, diferenciándose unidades pequeñas denominadas por los autores Elementos Morfoedáficos. Estos se definen como las unidades más simples del paisaje donde existe una íntima relación suelo/geomorfología, pudiéndose afirmar que a iguales Elementos Morfoedáficos corresponden suelos similares. Esta relación suelo/geomorfología se refleja en el siguiente cuadro:

Unidad Geomorfológica	Subunidad Geomorfológica	Elemento Morfoedáfico	Suelo Característico
A. Arenas Estabilizadas	A.1 Naves	A.1.1 Alto de Nave	<i>Typic Xeropsamment</i>
		A.1.2 Ladera de Nave	<i>Aquic Xeropsamment</i>
		A.1.3 Bajo de Nave	<i>Humaqueptic Psammaquent</i>
	A.2 Manto Arrasado	A.2.1 Alto de Duna	<i>Dystric Xeropsamment</i>
		A.2.2 Ladera de Duna	<i>Aquic Dystric Xeropsamment</i>
		A.2.3 Bajo de Duna	<i>Typic Humaquept</i>
		A.2.4 Laguna Temporal	<i>Thapto Psammaquentic Ochraqualf</i>
		A.2.5 Bosque Conservado	<i>Histic Humaquept</i>
		A.2.6 Eucaliptar	<i>Thapto Alfic Xeropsamment</i>
	A.3 Cordones de Marismillas	A.3.1 Zona Alta	<i>Typic Xeropsamment</i>
A.3.2 Zona Baja		<i>Typic Haplaquoll</i>	
B. Arenas Móviles	B.1 Frentes Móviles	B.1.1 Dunas Móviles	
	B.2 Corrales	B.2.1 Corrales Húmedos	<i>Typic Psammaquent</i>
		B.2.2 Corrales Secos	<i>Typic Xeropsamment</i>
	B.3 Gusanos	B.3.1 Gusano Alto	<i>Aquic Xeropsamment</i>
		B.3.2 Gusano Bajo	<i>Mollic Psammaquent</i>
C. Zonas de Contacto	C.1 Vera	C.1.1 Vera Arcillosa	<i>Thapto Psammaquentic Pelloxerert</i>
		C.1.2 Vera Arenosa	<i>Lithoplinthic Xeropsamment</i>
		C.1.3 Nocle	<i>Aeric Calciaquoll</i>
		C.1.4 Arroyos	<i>Hemic Hydric Medifibrst</i>
	C.2 Lagunas Permanentes	C.2.1 Borde Higrofitico	<i>Mollic Psammaquent</i>
		C.2.2 Fondo de Laguna	<i>Typic Sulfaquent</i>

Referencias bibliográficas

- Allier, C.; González, B. F. & Ramírez, L. (1974): *Mapa ecológico de la Reserva Biológica de Doñana*. CSIC, Sevilla, 14 pp.
- Armengol, J. (1976): Crustáceos acuáticos del Coto de Doñana. *Oecol. Aquatica*, 2, 23 pp.
- Caratini, C. & Viguier, Cl. (1973): Etude palynologique et sédimentologique des sables halogines de la falaise littorale del Asperillo (province de Huelva). *Est. Geol.*, Inst. Lucas Rilallada, CSIC, 19: 325-328.
- Clemente, L.; Ménanteau, L. & Figueroa, M.E. (1977): Intento de cronología del segundo nivel de terraza del Guadalquivir en los alrededores de Sevilla en relación con los restos fósiles de Elephas encontrados en su borde. *Actas II Reunión Nac. Grup. Trab. Cuaternario*, Jaca, 49-56.
- Clemente, L.; López, C. & Pascual, J. (1979): Edafogénesis como metodología aproximada en el estudio del Cuaternario. *Actas IV Reunión Nac. Grup. Trab. Cuaternario*, Bañolas (Gerona), 51-71.
- Clemente, L.; Pascual, J. & Siljeström, P. (1981): Génesis y evolución de las costras ferruginosas de Doñana (Huelva). *Actas V Reunión Nac. Grup. Trab. Cuaternario*, Sevilla, 294-307.
- Clemente, L. & Aparicio, A. (1983): *Evolución geomorfológica y edafológica de las arenas móviles del Parque Nacional de Doñana (ESPAÑA)*. Memoria IRNAS, 100 pp. Sevilla.
- Clemente, L.; Figueredo, M. & Sandoval, R. (1984): *Génesis y cartografía de los suelos del área de 'Naves' de la Reserva Biológica de Doñana*. Memoria IRNAS, 75 pp. y mapa 1/20.000. Sevilla.
- Clemente, L.; Ménanteau, L. & Siljeström, P. (1985): La Punta de Malandar: características edáficas y morfogénesis. *Actas de la I Reunión del Cuaternario Ibérico*, Lisboa, 473-490.
- Clemente, L.; Siljeström, P. & García, L.V. (1988): Influencia del nivel freático en la evolución de suelos arenosos. *Actas y Simp. Int. De Hidrología de Zonas Húmedas en regiones áridas y semiáridas*, Sevilla, 49-53.
- Chapman, V.J. (1976): *Coastal Vegetation*. Pergamon, Oxford, London.
- Davies, J.L. (1980): *Geomorphological variation in coastal development*. Ed. Longman, London, 211 pp.
- García Novo, F.; Ramírez, L. & Torres, A. (1975). El Sistema de Dunas de Doñana. *Naturalia Hispánica*, 5, 56 pp.
- García Novo, F. (1979): The ecology of vegetation of the dunes in Doñana National Park. *First European Ecological Symposium and 19th of the British Ecological Society*, 34, 571 pp.
- García Novo, F. (1981): *Descripción ecológica del Parque Nacional de Doñana*. Memoria Dept. de Ecología, Univ. de Sevilla, 52 pp.
- Gavala, J. (1936): *Memoria explicativa de la hoja n.º 1.017 ("El Asperillo") del mapa geológico de España*, a escala 1/50.000. Madrid, IGME, 48 pp.
- Horowitz, A. (1976): Palynology of peats representing different Holocene groundwater tables at the coastal plain of Huelva. *Rapport*: 11 pp.
- McKee, E. D. (1979): A study of global sand seas. *Geological Survey Professional Paper* 1052, 429 pp.
- Margalef, R. (1976): Algas de agua dulce de Doñana. *Oecol. Aquatica*, 2, 79 pp.
- Ménanteau, L. (1981): *Les Marismas du Guadalquivir. Exemple de transformation d'un paysage alluvial au cours du Quaternaire récent*. Tesis Doctoral, Univ. de París-Sorbona, 252 pp.
- Mora-Figueroa, L. de. (1978): *Torres almenara de la costa de Huelva*. Tesina de Licenciatura, Univ. de Granada, 340 pp.
- Pou, A. (1977): Implicaciones paleoclimáticas de los sistemas dunares de Doñana. *V Reunión Climatológica Agrícola*, Santiago de Compostela, Min. Agric.: 10 pp.
- Rodríguez-Ramírez, A.; Rodríguez, J.; Belluomini, G.; Cáceres, L.; Clemente, L. & De Andrés, J.R., (1995): Recent coastal evolution of the Doñana National Park. *2nd An. Meeting of IGCP Project 367*. Antofagasta (Chile).
- Rodríguez-Ramírez, A. (1996): *Geomorfología continental y submarina del golfo de Cádiz (Guadiana - Guadalquivir) durante el Cuaternario reciente*. Tesis Doctoral, Dpto. Geología, Univ. Huelva.
- Siljeström, P. (1985): *Geomorfología y Edafogénesis de las Arenas del Parque Nacional de Doñana*. Tesis Doctoral, Univ. de Sevilla, 515 pp.
- Siljeström, P. & Clemente, L. (1987a): Caracterización de una toposecuencia en las Naves (dunas estabilizadas) del Parque Nacional de Doñana. *An. Edaf. y Agrobiol.*, 7-8: 853-861.

- Siljeström, P. & Clemente, L.** (1987b): Evolución edáfica en la Vera Arcillosa del Parque Nacional de Doñana. *An. Edaf. y Agrobiología*, 9-10: 1077-1087.
- Siljeström, P. & Clemente, L.** (1987c): Evolución de los suelos de las Lagunas Permanentes del Parque Nacional de Doñana. *An. Edaf. y Agrobiología*, 9-10: 1077-1087.
- Siljeström, P.; Clemente, L.; Viñas, A & Gil, A.** (1988): Evolución edáfica sobre las arenas basales del Llano de Huelva. *Actas II Congreso Nac. De la Ciencia del Suelo*, 366-371.
- Somoza, L. ; Hernández-Molina, F.J.; De Andrés, J.R. & Rey, J.,** (1997). Continental shelf architecture and sea level cycles: Late Quaternary high resolution stratigraphy of the Gulf of Cadiz (Spain). *Geo-Marine Letters*, 17 (en prensa).
- Strabon** (65 a.C.) (1966): *Geographie*, T. II (libro 3). París, Soc. edit. "Les Belles lettres", Coll. Univ. de France: 242 pp. (29, 32-351 45 y 95).
- Terán, M. de,** (1967): *Geografía de España y Portugal*. IV-III, 75 pp. Montaner y Simón, S.A., Barcelona.
- Toja, J. & Furest, A.** (1981): *Limnología de las aguas continentales de Doñana*. Memoria, Dept. Ecología, Univ. de Sevilla, 35 pp.
- Torres, A.; Allier, C.; Ramírez, T. & García Novo, F.** (1977): *Sistemas de dunas. Prospección e inventario de Ecosistemas*. Monografía 18, ICONA, 195-224.
- Vanney, J.R. & Ménanteau, L.** (1979): Types de reliefs littoraux et dunaires en Basse Andalousie. *Melanges de la Casa de Velázquez*. 15: 5-52.
- Vela, A.** (1984): *Estudio preliminar de la hidrogeología e hidrogeoquímica del sistema de dunas móviles y flecha litoral del Parque Nacional de Doñana*. Tesina de Licenciatura, Univ. Complutense de Madrid, 221 pp.
- Zazo, C.** (1980): *El Cuaternario marino-continental y el límite plio-pleistoceno en el litoral de Cádiz*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid, 423 pp.
- Zazo, C.; Goy, J.L.; Somoza, L. & Dabrio, C.** (1994): Holocene Sequence of Sea-Level Fluctuations in Relation to Climatic Trends, in the Atlantic-Mediterranean Li Coast. *Journal of Coastal Research*, 10,4:933:945.