

6. El mapa ecológico de Doñana

6. El mapa ecologico de Doñana

6.1. Marco metodológico

Bajo el marco conceptual y metodológico de la aproximación ecosistémica, en la figura 6.1. se presenta un organigrama general del procedimiento que se ha seguido para alcanzar la clasificación jerárquica y cartografía de los ecosistemas de parte del Gran Ecosistema Litoral de Doñana (Parque Nacional), entendidas como una las etapas básicas en el desarrollo del proceso de planificación integrada y gestión multidimensional de los recursos que representa (Figs. S.1. y S.2.). El organigrama traduce la naturaleza sistémica, deductiva y transdisciplinar de la que se dota la aproximación ecosistémica, teniendo en cuenta en todo momento las tres extensiones o significados del término ecosistema que hemos resaltado en el apartado 3.4.1.

El procedimiento seguido se muestra como un proceso iterativo en el que todos los planteamientos son evaluados de forma recurrente a partir de los resultados que se obtienen en cada fase de la investigación. La estrategia empleada para el levantamiento y archivo de información espacial georreferenciada se articula acorde con la estructura y procedimientos informáticos de bancos de datos multirrelacionados e información cartográfica digitalizada básica y temática del *Sistema de información ambiental de Andalucía (Sinamba)*, de tal forma que la documentación generada, una vez procesada, es asumida de inmediato por su estructura informática.

En cuanto al método general, la investigación parte de un medio natural concreto, el correspondiente al Gran Ecosistema Litoral de Doñana, definido por sus fronteras naturales (apartado 6.3.1.; Fig. 6.4.) que engloban a los límites administrativos del espacio natural protegido objeto del estudio; el Parque Nacional de Doñana. No obstante, existe una pequeña porción de éste que escapa a la consideración de dominio litoral que, como se indica en la denominación utilizada, caracteriza el marco espacial de referencia. Se trata de un pequeño sector al norte de la demarcación del Parque Nacional (2,85 % de su superficie), conocido como Coto del Rey, el cual, si atendemos a su génesis y evolución, quedaría enmarcado en un ámbito netamente continental.

Después de definir conceptualmente el Gran Ecosistema Litoral de Doñana mediante un modelo de organización jerárquica y funcionamiento, que no se explica en esta monografía, se procede a una jerarquización espacial y temporal de sus componentes para definir de una forma operativa sus ecosistemas a través de la clasificación jerárquica. En la figura 6.2. se presenta esta jerarquización en tres escalas espacio-temporales del Gran Ecosistema Litoral de Doñana que determina la clasificación jerárquica y la cartografía de sus ecosistemas. Se muestran también aquí las relaciones que se establecen entre la jerarquía de relaciones de dependencia de los componentes estructurales y funcionales de los ecosistemas, y la jerarquía de escala en la que se se visualizan y manifiestan espacio-temporalmente.

Desde el punto de vista terminológico, y de cara a la clasificación de ecosistemas, se han seguido un esquema y una nomenclatura similar a la propuestas por Klijn (1991, 1994) aunque se ha reducido el número de niveles y se han considerado otras características de clasificación al objeto de, por un lado, adaptarla por un lado, a otras clasificaciones y cartografías ya existentes, a escala nacional de ecosistemas de lagos y humedales españoles (Montes, 1995), y por otro, de adecuarla a la heterogeneidad ecológica propia del territorio estudiado.

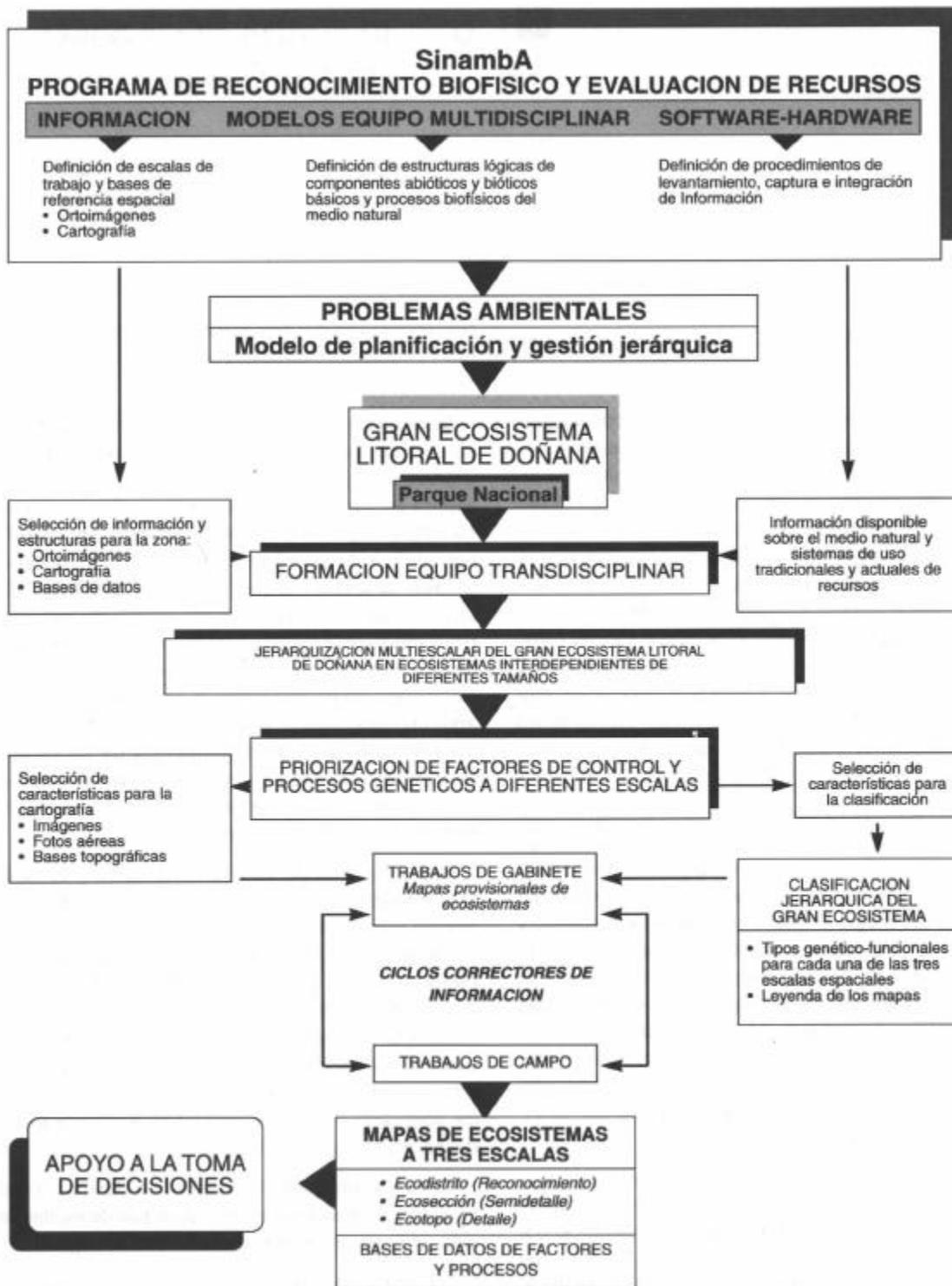


Figura 6.1. Organigrama general del procedimiento seguido en la clasificación jerárquica y la cartografía a distintas escalas espaciales de los sistemas ecológicos de parte del Gran Ecosistema Litoral de Doñana (Parque Nacional) en el marco de referencia del Sistema de información ambiental de Andalucía (Sinamba).

Con estas premisas, los niveles de clasificación de ecosistemas seleccionados en la jerarquía de escalas han sido: el Ecodistrito, la Ecorección y el Ecotopo.

El Ecodistrito refiere ecosistemas de orden superior dentro de la jerarquía general de escalas en los que predomina la componente abiótica (geosistemas). Para las dimensiones del área de estudio aparece como el representante del mayor nivel de los tres considerados. Espacialmente responde a un orden de magnitud igual o superior a cientos de Km² y temporalmente a unas escalas de formación y permanencia ajustada entre las decenas y centenas de miles de años. La integridad ecológica de los ecosistemas a escala de ecodistrito se identificaría, pues, con los componentes básicos que articulan los grandes geosistemas, y aunque no sean, por regla general, abarcables de manera visual, sí son nítidamente reconocibles en sus límites: en Doñana, la *Marisma* sería el ejemplo del geosistema a escala de ecodistrito más emblemático.

A esta escala espacio-temporal de ecodistrito, la diferenciación de ecosistemas es posible atendiendo a los procesos geológicos-geomorfológicos y morfoedáficos que conducen, por una parte a la génesis de grandes cuerpos litológicos, y por otra a la caracterización de un modelo evolutivo concreto dentro de la interpretación del balance morfogénesis/edafogénesis. Dicho de otro modo y en razón al caso que nos ocupa, las principales características empleadas en la discriminación de geosistemas de Doñana a nivel de ecodistrito han sido dos: la diversidad litológica de los substratos y su génesis particular, y la identificación de unas condiciones homogéneas resultantes del balance entre los procesos de erosión-sedimentación (sistema morfogenético) y los procesos biogeoquímicos y de meteorización química (sistema edafogénico), el cual denota, en última instancia, un episodio concreto de la evolución del medio.

El tipo litológico condiciona de algún modo la fisico-química de cualquier sector de la superficie terrestre, gobernando en parte, y entre otros aspectos menores, tanto los comportamientos hidrológicos como la disponibilidad y la especie de los productos disueltos que intervienen en el conjunto de procesos biogeoquímicos superficiales y subsuperficiales. La textura, la porosidad, la permeabilidad, etc., de los materiales del substrato constituyen factores de primer orden en la caracterización de los distintos hidrosistemas terrestres así como en sus efectos geomorfológicos derivados. De hecho influyen substancialmente en la organización de los diferentes mecanismos de desalajo de las aguas de lluvia discriminando así ámbitos arreicos, endorreicos o exorreicos; modulan, al menos parcialmente, la respuesta tanto espacial como temporal de las aguas desbordadas durante los eventos de inundación; y son los máximos responsables en la configuración, estructura y funcionamiento de los sistemas acuíferos. De igual modo, la composición química de las distintas litofacies, dependiendo en cada caso de las condiciones ambientales generales, será la responsable última del tipo concreto de minerales y otros productos que, por disolución y lavado, entrarán a formar parte de los diferentes circuitos biogeoquímicos, y, en consecuencia, condicionarán el desarrollo de la cubierta vegetal y otros aspectos del paisaje a ella asociados.

Por su parte, la identificación de ecosistemas a nivel de ecodistrito también se vincula a la resultante de la confluencia de los procesos morfogenéticos y edafogénicos que actúan sobre un espacio. Este balance refleja de modo singular el *statu quo* ecodinámico del medio natural, permitiendo de una parte la distinción de niveles diversos dentro del gradiente estabilidad/inestabilidad, y al mismo tiempo la identificación de situaciones de predominio de unas condiciones sobre otras, de su sucesión en el tiempo, e incluso apuntar las causas del cambio en las tendencias, etc.

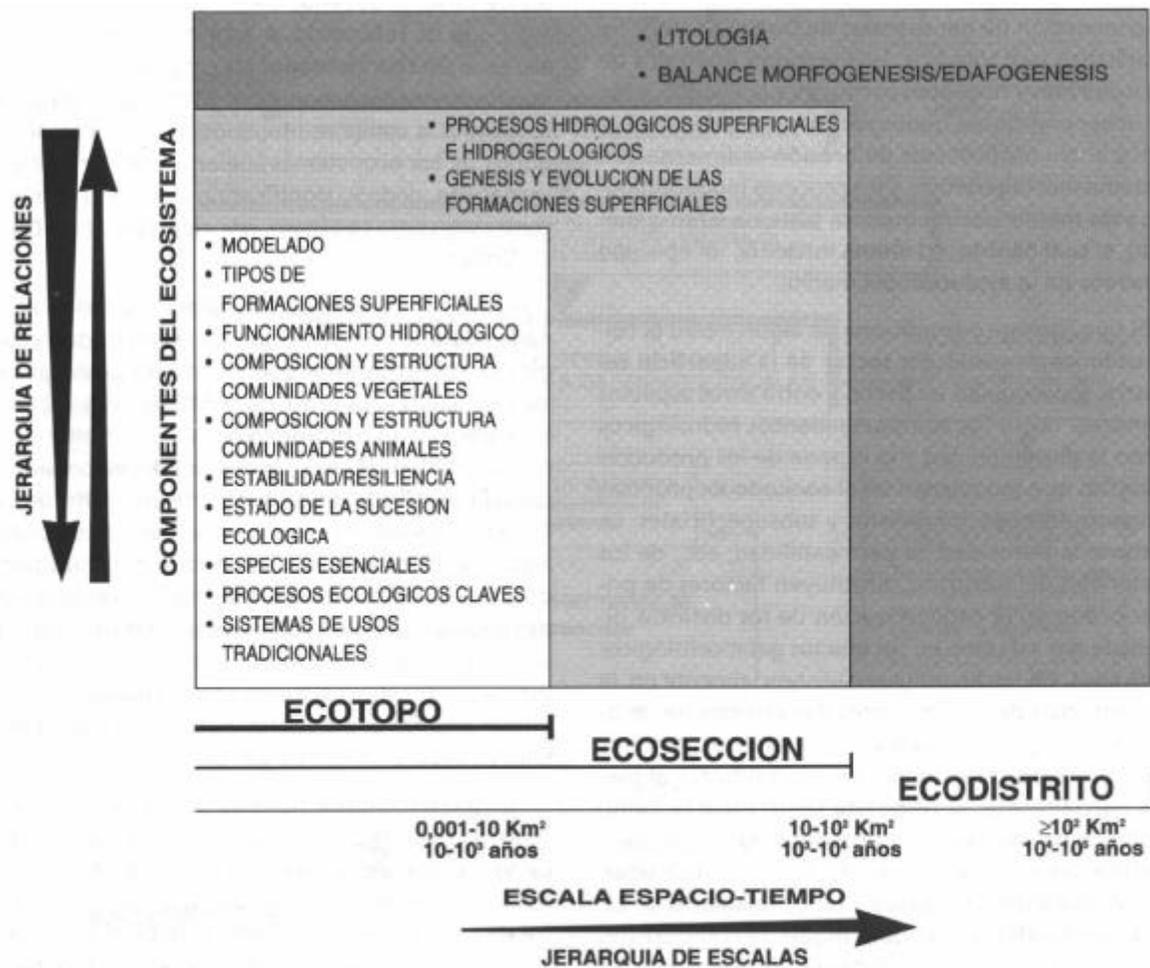


Figura 6.2. Jerarquización espacial y temporal del Gran Ecosistema Litoral de Doñana en ecosistemas interdependientes de diferentes tamaños y rangos de tiempos de formación; Ecosistemas a escala de Ecodistricto, Ecosección y Ecotopo. El ecosistema se entiende como un sistema de interacciones biofísicas organizado según una jerarquía de relaciones de dependencia entre los componentes estructurales (Factores de control) y funcionales (Procesos genéticos) y una jerarquía de escalas en las que se expresan espacialmente y operan temporalmente. Para cada una de las tres escalas espacio-temporales consideradas, se indican las características seleccionadas (factores de control y procesos genéticos) para determinar la integridad ecológica de los tipos genético-funcionales de los sistemas ecológicos que conforman cada nivel de la clasificación jerárquica del Gran Ecosistema.

La Ecosección es un nivel escalar de ecosistemas de orden medio, ubicado entre los de ecodistrito y ecotopo. Espacialmente desarrolla órdenes de magnitud entre las decenas y las centenas de Km², siendo de miles a decenas de miles de años la escala temporal de referencia. A este nivel, en consecuencia, estarían representados los ecosistemas en los que los elementos bióticos juegan ya un papel importante junto a la componente abiótica. A esta escala, algunos de los ecosistemas suelen ya recibir nombres vernáculos, dada su significación visual y su llamativo contraste, como es el caso, por ejemplo, de las *Dunas* de Doñana.

A nivel de ecosección, las características seleccionadas para la discriminación de la integridad ecológica de sus ecosistemas son de dos tipos: por un lado las vinculadas a los procesos hidrológicos, ya sean estos superficiales o hidrogeológicos, y por otro las derivadas del tipo (génesis y evolución) de las formaciones superficiales, incluyendo dentro de éstas últimas tanto depósitos como suelos y, en su caso, alteraciones. Sobre las características del medio inducidas por la diversidad de formaciones superficiales recae la componente genético-evolutiva de los distintos tipos de ecosistemas identificados: tanto heredadas como actuales, del funcionamiento de los ecosistemas. La combinación de unas y otras características permite delimitar entidades espaciales y otorgar a cada una de ellas su propia identidad genético-funcional.

La asociación entre tipos de depósitos dunares diferenciados por su modelado paleodunar, por una parte, y el tipo de escorrentía predominante, por otra, ha permitido, en el caso de Doñana, la distinción entre diversas ecosecciones dentro de un espacio hasta ahora considerado como homogéneo, el cual ha venido denominándose como *arenas estabilizadas*, *manto arrasado*, etc. A escala de ecosección, los ejemplos más significativos del Gran Ecosistema Litoral de Doñana podrían ser, para el ecodistrito *Eólico del Litoral de El Abalarío-Doñana*, el *Manto Eólico de Dunas Activas*, y para el ecodistrito *Marisma del Guadalquivir*, la *Marisma Interna Antigua*.

El Ecotopo es el nivel elemental del análisis corológico del paisaje (Troll, 1950; Leser, 1991), y tiene como principal objetivo el reconocer su entidad funcional más pequeña, es decir, una unidad espacial homogénea para un conjunto de atributos. Desde el punto de vista de la Ecología del Paisaje, el ecotopo se ha venido haciendo equivalente a lo que históricamente se ha llamado el *ecosistema*, o sea, un área reducida y homogénea desde el punto de vista de un conjunto de componentes perceptibles (p.e.: prado, turbera, charca, cultivo, etc). Puede entenderse como una traducción culta de cómo los usuarios locales del paisaje (agricultores, leñadores, carboneros, ganaderos, cazadores....) lo perciben, interpretan, tipifican y le asignan nombres vernáculos característicos que, en muchos casos, se ven luego reflejados en la toponimia de los mapas. Para el caso de Doñana, encontramos ecosistemas a nivel de ecotopo, e incluso elementos menores del paisaje, identificados con voces populares propias de la zona como *monte blanco*, *monte negro*, *almajar*, *mancha*, *algaida*, *navazo*, *corral*, *nave*, *vera*, *retuerta*, *veta*, *pacil*, *lucio*, *ojo*, etc.

Desde la clasificación jerárquica, a dicha escala espacio-temporal de definición de ecosistemas, los procesos edafogenéticos concretos (o sea, los que identifican horizontes diagnóstico) tienen una gran importancia por su relación con la estructura de la vegetación. A la escala de ecotopo se hace referencia a los sistemas ecológicos relevantes más pequeños del paisaje de un Gran Ecosistema. Desde un punto de vista operativo, constituye la unidad funcional más reducida, pero de tamaño suficiente como para concretarse en un polígono de un mapa a escala de detalle (1:25.000 a 1:5.000). Atiende, por tanto, a requerimientos cartográficos además de los ecológicos. Sería un ecosistema cuyo tamaño y homogeneidad determinarían la escala espacial más pequeña, por lo que recibe la terminación "topo" (*lugar*) (Klijn, 1994).

Para el caso de la presente cartografía del Parque Nacional de Doñana, las características empleadas para la definición de la integridad ecológica de las clases o tipos genético-funcionales de ecosistemas, a la escala de ecotopo han sido, por una parte, el modelo en detalle y el tipo de formaciones superficiales, y, por otra, el funcionamiento hidrológico, considerado en este caso tanto el superficial como el subsuperficial y el hidrogeológico. Se trata de tres componentes íntimamente ligados a esta escala de detalle, siendo complicado a veces discernir qué grado de responsabilidad corresponde a cada uno en lo que es la resultante final y los efectos visuales que nos permiten la identificación de los diferentes ecosistemas a dicha escala. No obstante podemos decir que, en lo que se refiere al caso del micromodelado, éste se revela como un factor de crucial importancia en la zona, máxime cuando nos encontramos, como es el caso en Doñana, sobre unos terrenos ondulados (dunas y paleodunas) o prácticamente planos (marismas). Aparte de su indudable responsabilidad en el desarrollo de la mayor parte de los procesos subsuperficiales, incluidos los edáficos, del reparto y características de las mesoformas en Doñana dependen desde el drenaje de las aguas superficiales (bien procedan de aportes de lluvias o de desbordamientos fluviales; o bien se desalojen por infiltración o bien por esorrentía hasta los colectores principales), hasta el acceso a la humedad freática de las comunidades vegetales. Por su parte, el tipo de formaciones superficiales condiciona e igualmente se ve condicionado por el funcionamiento hidrológico, interviniendo asimismo en la definición de los mecanismos de infiltración, drenaje y retención estacional de agua, e, indirectamente, en la distribución de comunidades vegetales adaptadas al mayor o menor grado de humedad del terreno.

El utilizar como descriptor básico de la componente biológica de los ecotopos los tipos dominantes de comunidades vegetales se debe, lógicamente, a que la vegetación constituye el compartimento más fácilmente perceptible para muchos de los tipos de ecosistemas definidos, además de su gran capacidad para integrar información ecológica. En general, los tipos de vegetación considerados se corresponden con algunas de las asociaciones descritas florística y fitosociológicamente en el estudio de la vegetación de Doñana realizado por Rivas-Martínez *et al.* (1980). Por último, y como ya se comentó anteriormente (apartado 3.1.), para un gran número de ecosistemas de tipo mediterráneo como lo que se encuentran en el área de Doñana, el mantenimiento de su funcionalidad, definida en términos de integridad ecológica, depende de las perturbaciones humanas que durante miles de años han modulado su estructura y desarrollo, habiéndose establecido históricamente una especie de proceso de coevolución entre las fuerzas naturales y culturales. De esta forma los ecosistemas seminaturales y culturales del mundo mediterráneo son el resultado de la diversidad de especies, la heterogeneidad ecológica y, especialmente, de la diversidad cultural expresada en las perturbaciones que generan los usos tradicionales de sus recursos. Desde esta perspectiva, la conservación o restauración de muchos de los ecotopos del Gran Ecosistema Litoral de Doñana pasa, no sólo por la protección de los procesos y especies esenciales, sino también por la recuperación de las perturbaciones originadas por los sistemas de usos tradicionales del territorio.

Para ecosistemas de dimensiones espaciales muy reducidas como puedan ser manantiales, descargas hídricas puntuales de la marismas (*ojos*), montículos dunares aislados, zacayones, rezumaderos, etc., se les asigna el término ecoelemento (Klijn, 1991;1994). Estos ecosistemas sólo podrían haber sido cartografiados como polígonos en mapas a escalas muy detalladas. Por este motivo, los ecosistemas de este tamaño considerados para el área de Doñana se han incluido en el mapa de ecotopos identificándolos como símbolos. Aparte de ello, también empleamos, en este trabajo el término ecoelemento para cuando hemos querido referirnos a partes individualizables dentro de un determinado ecotopo, como por ejemplo, el área inundable de un corral húmedo, una mancha de alcornoques dentro un brezal higrófilo, un árbol de gran singularidad, etc.

El proceso de organización e integración jerárquica de la información sobre el medio natural del Parque Nacional de Doñana y sus resultados en términos visuales se esquematiza en la Figura 6.3. Los distintos esquemas incluidos en dicha figura equivalen a las diferentes perspectivas o paisajes que percibiría un observador que se acerca progresivamente desde el espacio hasta Doñana. Conforme se produce este acercamiento los detalles sobre sus diferentes ecosistemas van emergiendo según las escalas y sus límites en el mapa se hacen más sinuosos. Desde este punto de vista, todas las escalas de observación son importantes. Y es que, para dar respuesta a un determinado problema planteado, necesitamos de un análisis a escalas grandes para dimensionarlo espacial y temporalmente, así como a escalas pequeñas para determinar así qué tipo de mecanismos y en qué medida inciden sobre el nivel directamente afectado (apartado 3.4.2. Fig. 3.7.).

En cuanto a la terminología utilizada en este trabajo para la denominación de las distintas clases que componen la clasificación jerárquica de ecosistemas, se ha seguido el criterio de identificar cada ecosistema con el elemento o elementos más destacados o significativos de la identidad de los mismos, teniendo siempre como referente su componente genético-funcional, las características empleadas en la clasificación a cada nivel escalar y el carácter proximal o distal de factores y procesos que intervienen y condicionan la identidad de los ecosistemas a dicho nivel.

A escala de ecotopo, la denominación es doble en la mayor parte de los casos, habiéndose construido mencionando tanto los atributos bióticos como los rasgos abióticos más determinantes de cada paisaje. La selección de ambos elementos se realizan bien directamente mediante análisis de la escena percibida en campo, bien a partir de su identificación indirecta a través del estudio de fotogramas aéreos o imágenes satélites, o bien de manera combinada. En cada denominación, las características abióticas o bióticas son mencionadas en primer o segundo término según el peso de cada una en la conformación del paisaje de un determinado ecotopo. Así, por ejemplo, si en un determinado ecotopo domina la componente abiótica podemos mencionarlo como *Area deflactada de duna parabólica con Pinar (Pinus pinea)/Sabinar (Juniperus phoenicea subsp. turbinata) y enebros*; pero sí el predominio corresponde a la componente biótica, entonces podemos hablar de *Pinar (Pinus pinea)/Sabinar (Juniperus phoenicea subsp. turbinata) en duna parabólica*. En todos los casos, como acabamos de expresar en los dos ejemplos seleccionados, cuando se hace referencia a una comunidad biológica se indica el nombre de la especie o especies dominantes paisajísticamente. Para de la componente abiótica, los elementos del medio físico más utilizados en la doble denominación de los ecotopos son aquellos que se refieren a atributos morfosedimentarios y morfodinámico, concordando así con las características seleccionadas para la clasificación de los mismos.

Para el caso de la denominación de los ecotopos acuáticos sobre las ecosecciones de *Mantos Eólicos* y *Playas Antiguas* que, para el caso de Doñana, se corresponden con ecosistemas de humedales del tipo formaciones palustres (Bravo & Montes, 1993), se ha empleado las dos componentes básicas que definen su hidrología y que, en último término, determinan gran parte de su integridad ecológica. Por un parte el régimen hidrológico, que hace referencia a la génesis y los modos de llenado y vaciado de las formaciones palustres, y, por otro, el hidroperíodo o patrón anual e interanual de inundación de las mismas. Las clases de cada componente que se han empleado son las establecidas en Montes *et al.* (1995).

Por último, en la denominación de los ecosistemas a escala de ecotopo, también se añaden, si es que lo tienen y entre paréntesis, los nombres vernáculos. Se trata de voces que, asignadas por los lugareños a

través de los años, revelan una percepción y un reconocimiento de aquéllos como entidades fisonómicas discretas y diferenciables en el conjunto del territorio.

El inventario y análisis etimológico de la rica y diversa terminología popular y toponimia de un territorio es, amén de un tema de investigación muy importante por su alto interés lingüístico-cultural, un valiosísimo instrumento para la reconstrucción paleopaisajística y de comprensión de la conformación y funcionamiento de los sistemas tradicionales de uso y gestión de la naturaleza (González Bernáldez, 1992b). Este aspecto es revelador en un espacio geográfico tan antropizado como la Comarca de Doñana, constituyendo una vía irrenunciable en la reconstrucción de paisajes sometidos a un elevado grado de transformación. Existen estudios muy interesantes sobre el léxico popular y toponimia de Doñana (Valverde, 1960; Furest, 1989; Castroviejo, 1993; Castrillo, 1995) que deberían ser mucho más aprovechados, tanto por su utilidad en el conocimiento de los sistemas tradicionales de explotación de los recursos naturales de sus ecosistemas, como por su alcance en la valoración de los efectos de la actividad antrópica en la modulación de sus paisajes. En este contexto, los estudios sobre terminología popular del medio natural ofrecen un excelente marco analítico común para las ciencias de la naturaleza y las ciencias sociales.

6.2. Levantamiento cartográfico

Una vez caracterizado operativamente el medio natural a través de la clasificación jerárquica que permite la definición y denominación de los ecosistemas desde el punto de vista genético-funcional, se pasa a la proyección espacial o cartográfica de los mismos.

Como se ha indicado anteriormente arriba, el primer paso ha consistido en la selección de las características que posteriormente se emplearon en la elaboración de la cartografía de ecosistemas. Se escogieron aquellas que son fácilmente perceptibles a una determinada escala o nivel jerárquico y que tienen una gran capacidad y sencillez para identificar el tamaño, forma y límites de espacios geográficos ecológicamente homogéneos; siempre teniendo en cuenta que aunque, tanto a nivel de ecodistrito como al de ecosección y ecotopo, las condiciones macroclimáticas no introducen ningún tipo de determinación en los patrones de discriminación, no ocurre lo mismo con los efectos derivados de los comportamientos interanuales, que sí repercuten en la consideración espacial de este último nivel escalar.

Para la identificación y delimitación de ecosistemas a escala de ecodistrito se ha empleado como características cartográficas el modelado y la red hidrográfica, ya que estos elementos son el fiel reflejo de la caracterización litológica y del balance entre los procesos de erosión-sedimentación y de edafización. Ello nos ha permitido discriminar, en primer lugar, un conjunto de ecodistritos litorales frente al área norte del Parque que queda vinculada al dominio continental. Entre los primeros, los ecodistritos litorales, o bien dominan las arenas eólicas de topografía ondulada donde los complejos palustres alternan con sistemas exorreicos escasamente organizados (ecodistrito eólico), o bien las arenas de playa de modelado plano y carácter plenamente arreico en su condición actual y endorreico en su consideración heredada o de playa antigua (ecodistrito costero); o bien, por último las planicies arcillosas inundables en periodos de aguas altas (ecodistrito marisma). Por contra, en el ecodistrito continental predomina un tipo de modelado evolucionado principalmente por el encajamiento de la red fluvial y el rebajamiento o el desarrollo de antiguos perfiles edáficos de los sectores de interfluvio.

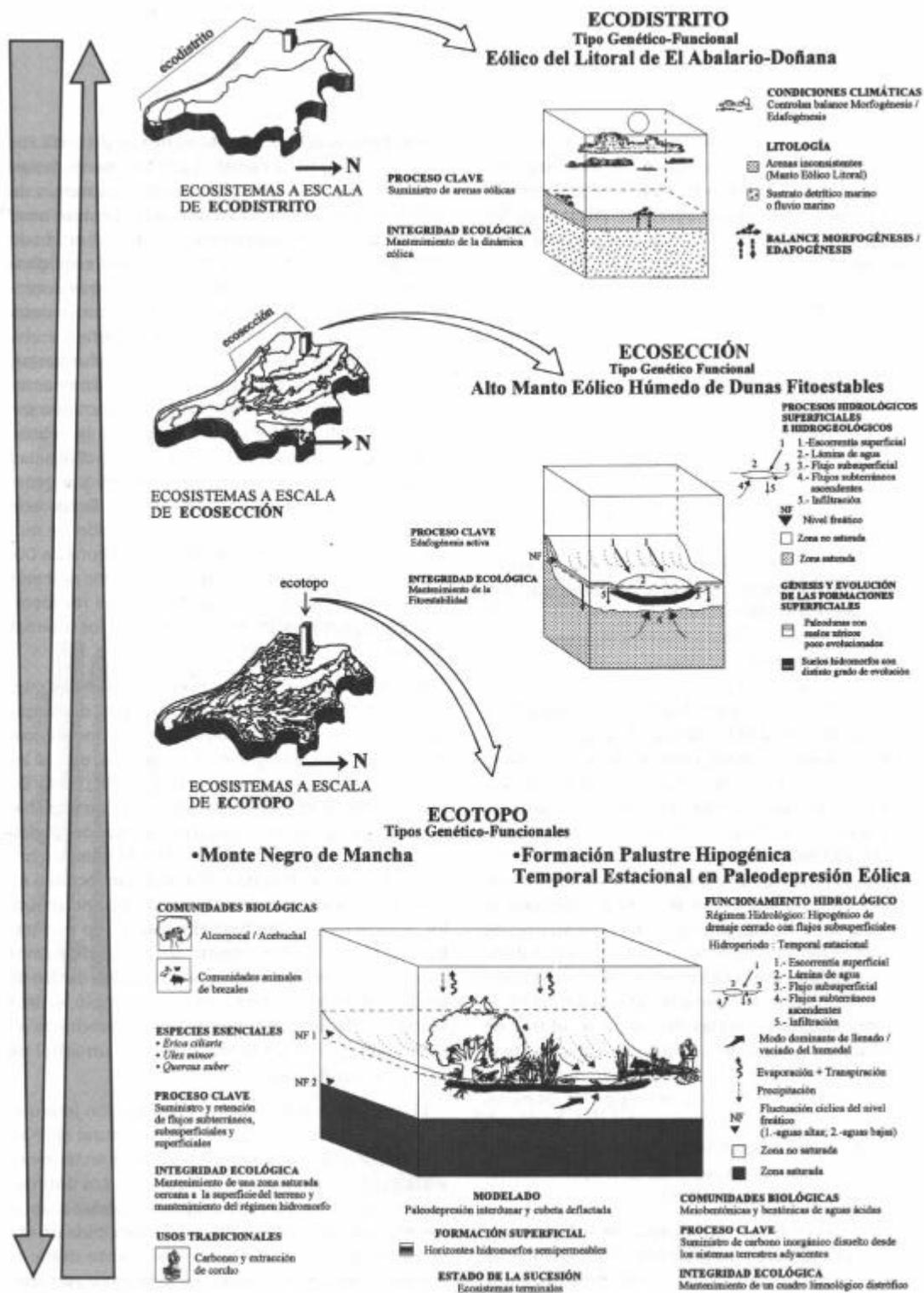


Figura 6.3. Gradiente de captura de información sobre el medio natural del Parque Nacional de Doñana en función de la escala de observación y análisis de sus ecosistemas. Los ecosistemas que se han definido a una escala de detalle (ecotopos) forman, a su vez, parte de otros ecosistemas de mayor tamaño. Para cada nivel de observación y clasificación se indican las características estructurales y funcionales más apropiadas para determinar el proceso biótico o biofísico clave que define la funcionalidad o integridad ecológica de los distintos tipos genético-funcionales de los ecosistemas que lo integran. Las flechas indican la jerarquía de relaciones de dependencia entre los diferentes niveles.

A escala de ecotopo, y dada la importancia que tiene el meso y micromodelado y los comportamientos hidrológicos en la génesis y desarrollo de los procesos ecológicos esenciales que determinan la integridad de estos ecosistemas menores en los dos ecodistritos litorales de Doñana (ecodistrito eólico y ecodistrito marisma), éstos han sido los rasgos que se han considerado como características cartográfica básicas. El examen en detalle de las variaciones del relieve y la hidrografía se ha realizado a partir de la fotointerpretación de pares estereoscópicos de fotos aéreas de distintas fechas y escalas, junto con la información suministrada por el mapa fotogramétrico a escala 1:5.000 del Parque Nacional (Dirección General de Medio Ambiente. MOPU, 1988).

A la vez que se reconocían los cambios de meso y microrelieve también se observaba su correspondencia con las redes de drenaje superficial, así como con las coberturas y tipos de la vegetación actual. Con este procedimiento se han podido reconocer y delimitar los tipos ecológicos de ecosistemas terrestres y acuáticos definidos previamente en la clasificación jerárquica. En general, los patrones geomorfológicos e hidrológicos y su correspondencia con la vegetación actual o potencial han resultado claves en la cartografía de ecosistemas no solo a escala de ecotopo sino también en el resto de los niveles considerados.

No obstante, la determinación de los límites de los ecosistemas definidos e identificados sigue constituyendo uno de los problemas fundamentales en la cartografía ecológica (Bailey, 1996). Para nuestro caso, los límites de los distintos tipos de ecosistema reconocidos coinciden normalmente con alguna característica geomorfológica perceptible ya derive ésta de la interpretación del balance morfogénesis-edaogénesis, ya lo haga de manera más palpable de la identificación de las distintas formaciones superficiales. Aún así, esto no siempre puede plasmarse cartográficamente de una forma absolutamente exacta, siendo necesario determinar las diferentes fronteras entre ecosistemas mediante la constatación en campo de la fotointerpretación o el examen de imágenes satélites realizada en gabinete. En cualquier caso y ante la laxitud de algunos de estos límites siempre se ha optado por aquéllos que posean un mayor significado ecológico.

De todas formas hay que tener en cuenta que los sistemas ecológicos del Gran Ecosistema Litoral de Doñana presentan ciertas peculiaridades que, a veces, dificultan en extremo la tarea de definir sus límites. Al tratarse de ecosistemas típicamente mediterráneos y como resultado de las fluctuaciones anuales e interanuales que caracterizan dicho clima, tales ecosistemas presentan una enorme heterogeneidad. Como pone de manifiesto el modelo de organización jerárquica de ecosistemas (Fig. 3.8.), este dinamismo temporal es especialmente intenso, a escalas de detalle como la de ecotopo. El resultado es que los patrones espaciales de distribución de las características cartográficas no se expresan en forma de superficies con límites discretos sino más bien como una trama compleja de tipos de manchas con un elevado grado de interpenetración entre ellas.

Ahora bien, al emplear el tipo y la cobertura de la vegetación actual y el meso y micromodelado como características básicas en la cartografía de ecotopos se generan ciertas restricciones, ya que estos atributos varían no sólo en espacios reducidos sino también en cortos periodos de tiempo. La distribución y cobertura de la vegetación son altamente reactivas a las fluctuaciones ambientales interanuales y el modelado de detalle puede variar también máxime tratándose de substratos lábiles o fácilmente moldeables como las arcillas del ecodistrito marisma o las arenas eólicas del ecodistrito eólico. De tal forma que los

límites y las dimensiones de los ecotopos cartografiados pueden variar significativamente, especialmente en el ecodistrito eólico litoral y de marisma, según los ciclos interanuales húmedos y secos.

Por otra parte, también los ecotopos asociados a las márgenes fluviales y a la línea de costa presentan un elevado dinamismo; aunque en este caso se debe a su directa vinculación con agentes geomorfológicos altamente fluctuantes como son el propio río, con un cauce divagando en un contexto de lecho blando, o la misma dinámica marina, afectando a una costa baja arenosa con gran influencia de la deriva litoral.

Así pues el mapa de ecosistemas, a escala de ecotopos, que se ha elaborado se convierte en una "foto fija" de su distribución y dimensiones, exclusivamente para la horquilla de tiempo definida por las fechas de realización de la fotografía aérea e imágenes de satélite que han servido de fuente para la interpretación. Por este motivo, la cartografía de ecotopos no es un mapa ecológico cerrado sino que constituye más bien un punto de referencia cuya actualización debe permitir el seguimiento y análisis de la heterogeneidad ecológica interanual y las tendencias sucesionales, a distintas escalas, de los ecosistemas que comprende el Parque Nacional de Doñana. La exigencia, pues, de una caracterización y cuantificación georreferenciada del dinamismo de los ecosistemas, lejos de ser un inconveniente, constituye uno de los principales mecanismos para evaluar, de forma integrada, la validez de programas de gestión en curso, tanto a escala regional como comarcal o municipal, así como una base para la asignación de usos y gestión ecosistémica de los recursos naturales que representan. Dentro de esta problemática, las nuevas tecnologías como la teledetección espacial integrada en un SIG, tal y como es aplicada en el SinambA, se muestran como una herramienta de gran utilidad para controlar el dinamismo espacio-temporal de los ecosistemas cartografiados a diferentes escalas.

El equipo transdisciplinar que ha llevado a cabo la clasificación jerárquica y cartografía ecológica del Parque Nacional de Doñana ha estado constituido por especialistas de diferentes campos de la Geografía Física y la Ecología, pero también ha estado presente la experiencia de campo y los conocimientos de otros especialistas en Hidrología y Botánica con los que los autores de este estudio han formado parte de otro equipo transdisciplinar, más amplio, que ha realizado un trabajo similar en el Gran Ecosistema Litoral de Doñana pero fuera de los límites del Parque Nacional.

Las clases o tipos genético-funcionales de la clasificaciones de ecosistemas, a las tres escalas espaciales establecidas, se interpretaron provisionalmente y de una forma conjunta por los distintos especialistas del equipo transdisciplinar sobre una serie de fotografías aéreas e imágenes de satélites y siguiendo los criterios anteriormente comentados. El trasvase de la información inferida a partir de las fotografías aéreas a la base cartográfica adoptada, se resolvió con el auxilio de una imagen de satélite SPOT corregida geoméricamente respecto de ésta, evitándose los problemas de deformación de la fotografía aérea y la falta de elementos de referencia en el área de estudio. La imagen de satélite ofrece además información complementaria acerca de aspectos tales como vitalidad o actividad fotosintética de la vegetación o grado de humedad y encharcamiento del terreno, etc. No extraña pues, que estas técnicas de teledetección hayan sido ya empleadas con cierto éxito en el Parque Nacional para caracterizar espacios geográficos con diferentes fines (Cota *et al.*, 1977; Tenajas & Llamas, 1986; Siljeström *et al.*, 1989 a,b; Cuevas & Gonzalez Alonso, 1992, 1995; Cuevas *et al.*, 1993, 1994).

Simultáneamente se realizaron prospecciones extensivas de campo, donde se concretaron soluciones a las dudas surgidas de la fotointerpretación, se calibraron las características observables en las distintas imágenes interpretadas y se evaluó, en general, la fiabilidad de la interpretación realizada. De esta forma se alternaron tareas de fotointerpretación conjunta en gabinete con recorridos de campo hasta obtener una interpretación cartográfica a distintas escalas, la cual siempre se mantuvo abierta a toda aquella información que pudiera servir para depurar la definición e incrementar las garantías de delimitación de los ecosistemas. Este proceso cíclico de fotointerpretación y controles de campo se realizaron durante varios ciclos hidrológicos (desde septiembre de 1989 hasta la primavera de 1996) y en todas las estaciones del año al objeto de recoger la variabilidad paisajística anual e interanual de los ecosistemas definidos. Evidentemente no es en absoluto imprescindible emplear un periodo de tiempo de observación tan amplio para construir mapas ecológicos, quizá con uno o dos ciclos anuales fuese suficiente, pero conforme más ciclos anuales se abarcan, mayores son las garantías de una interpretación acertada en un ámbito tan fluctuante como es el mundo mediterráneo.

Para el reconocimiento y delimitación de ecosistemas a diferentes escalas se fotointerpretaron transdisciplinariamente diferentes tipos de imágenes del Gran Ecosistema Litoral de Doñana. Para la cartografía de ecosistemas a escala de ecodistritos se fotointerpretó una imagen del satélite LANDSAT-5 (sensor T.M.) de fecha 9/7/90 a escala 1:100.000 editada por la Consejería de Medio Ambiente en 1991. Para cartografiar los ecosistemas a escalas de ecosección y ecotopos se emplearon dos imágenes del satélite SPOT; una pancromática de 10 metros de resolución y fecha 19/2/88 y otra multispectral ajustada a 20 metros de resolución y de fecha 9/7/90. Ambas se interpretaron de forma conjunta y complementaria.

Aunque por su capacidad para reconocer patrones espaciales de texturas, estructuras y tamaños de entidades perceptibles la fotografía aérea posee un alto potencial de explotación, la información obtenida mediante su análisis fue contrastada con la proporcionada por las imágenes de satélite SPOT anteriormente citadas, corregidas geoméricamente respecto del MTA 1: 10.000 y representadas a escala 1:25.000. Además de para completar el análisis realizado con las fotos aéreas sobre las texturas y estructura de los paisajes de los ecosistemas de Doñana, las imágenes de satélite también han servido para realizar las correcciones geométricas de las distorsiones de escala que poseen los fotogramas aéreos.

Aún así, la capacidad de obtener detalles que ofrece la visión estereoscópica de los fotogramas aéreos es mucho mayor que el simple análisis visual de la imagen satélite. En nuestro caso se emplearon varias series de pares estereoscópicos, en blanco y negro, de los vuelos de noviembre de 1981, a escala 1:30.000 (AEROFOTO S.A.) para las zonas de marisma y de agosto de 1982 a escala 1:20.000 (CEFTA) para el resto del territorio. Esta información básica se completó con ampliaciones posteriores de los fotogramas a escala 1:10.000. Los resultados obtenidos del análisis de los pares se transfirieron a la base cartográfica con el auxilio y apoyo de la imagen satélite, siendo especialmente útil la información que ésta ofrecía para adaptar los límites y morfología de las diferentes unidades, eliminando las posibles deformaciones existentes. Para muchas de estas unidades, la transferencia es un proceso sencillo, ya que existe una correspondencia clara e inmediata entre manchas sobre una y otra base. Sin embargo, determinados ecotopos, por el patrón de tamaños, texturas y formas que muestran en la fotografía aérea, son difícilmente reconocibles sobre la imagen satélite. En estos casos se recurrió a buscar otros elementos de referencia sobre la cartografía de base tales como casas, cortafuegos u otros polígonos cercanos con mayor definición. Las unidades reconocidas se delineaban en una hoja de poliéster indeformable situada sobre la

imagen de satélite y base cartográfica, obteniéndose así un mapa de polígonos conteniendo puntos de coordenadas conocidas con referencia a la cartografía de base.

El resultado final de todo el proceso de trabajo son tres mapas de unidades ecológicamente homogéneas (ecosistemas) distinguibles a tres escalas espaciales y temporales distintas. Los mapas de Ecodistritos y Ecosecciones se han editado esquemáticamente a escalas 1:450.000 y 1:400.000 aproximadamente; y por otra parte, a más detalle, el mapa de Ecotopos, se ha editado a escala 1: 40.000. Estos tres nivel de captura de información se presentan en la misma hoja que se adjunta con esta memoria.

A cada tipo de ecosistema, definido en la clasificación jerárquica a escala de ecotopo, se le ha asignado un color para su identificación visual. En este sentido, los diferentes colores expresan los distintos tipos de manifestaciones fenosistémicas de los ecosistemás básicos del Parque Nacional de Doñana. De esta forma, una exploración general del mapa por sus colores nos da una idea de la estructura ecológica del territorio, en términos de la abundancia, tamaño, forma, distribución y predominio relativo de los tipos distintos de manchas.

Por la estructura jerárquica que preside la construcción de la leyenda de ecotopos, un mismo tipo de ecosistema puede aparecer en más de una ecosección. Aunque este tipo de organización incrementa el número total de elementos de la leyenda, pudiendo, acaso, añadir complejidad a su lectura, se ha mantenido el esquema en aras de preservar al máximo el carácter genético de cada ecosistema (ecotopo) cartografiado. Este hecho pone de manifiesto que los factores que controlan su distribución e integridad ecológica actúan preferentemente a un nivel o escala inferior a la de ecosección. No obstante, para ayudar a la identificación y asignación rápida de cada polígono con su ecotopo y de éste con la ecosección donde se incluye, se le ha asignado un código de orden que permite identificarlo, de manera inequívoca en la leyenda del mapa de ecotopos. Este identificador se ha suprimido en los ecotopos de fácil identificación y en los que por su pequeño tamaño y gran número hubiera significado complicar la claridad del mapa publicado.

Una vez finalizado el proceso de elaboración del mapa de ecotopos se procedió a completarlo con diferentes capas de información complementaria manteniendo también para ella el carácter de datos georreferenciados. La base de referencia sobre la que se volcó y ajustó toda esta información es la establecida dentro del Programa de Reconocimiento Biofísico de Espacios Naturales de Andalucía de la Consejería de Medio Ambiente: el Mapa Topográfico Andaluz a escala 1/10.000 que actúa como soporte digital.

Los ecoelementos (ojos, rezumaderos, zacayones, etc.) y signos convencionales como pozos, casas, estaciones meterológicas, sondeos, etc.), se localizaron y situaron en campo sobre la base cartográfica 1:5.000 del mapa fotogramétrico, para posteriormente ser introducidos en el SinambA a través de sus coordenadas UTM. Para determinados elementos de localización más difícil se empleó un posicionador global de campo del tipo GPS (Global Positioning System). La información georreferenciada de otros elementos proceden de entidades como la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y la Compañía General de Sondeos que nos proporcionaron el inventario y coordenadas de localización de la red de piezómetros para el control y seguimiento de las aguas subterráneas del acuífero. También el Parque Nacional puso a nuestra disposición su inventario y ubicación de pozos y zacayones, y la Reserva Biológica de Doñana el de estaciones meterológicas. Algunos otros datos se obtuvieron de publicaciones existentes o de la propia información de campo de los autores.

Ya que la inclusión de todos los registros de elementos convencionales recogidos, durante el desarrollo del trabajo, podía suponer una saturación de la información impresa, en determinadas partes del mapa, y por tanto afectar a la lectura de los límites y códigos de los polígonos o ecosistemas, se hizo una selección incluyéndose parte de ellos en el mapa de ecotopos y el resto se muestran en el Apéndice 1 en un mapa esquemático, obtenido mediante explotación de la información ya residente en el Sinamba.

Otra de las capas de información que se han incorporado al mapa de ecotopos es la que incluye aquella información geomorfológica necesaria para interpretar los aspectos genético-evolutivos y de funcionamiento y delimitación de ecosistemas que no forma parte de la definición de los mismos. Se trata bien de elementos mayores del modelado como frentes dunares, escarpes de incisión, cordones litorales, etc. que superan la propia escala media de ecotopos; o bien de ámbitos afectados por procesos actuales vinculados tanto a la evolución del sistema fluvial (conos aluviales, erosión-acumulación de margen de cauce, etc.), como al desarrollo de la línea de costa (erosión-acumulación de playas, etc.).

La altimetría se obtuvo a partir del plano fotogramétrico del Parque Nacional, escala 1:5.000, extrayendo las curvas de nivel de 1, 10, 20, 30 y 40 metros y generando, a partir de los datos puntuales altimétricos existentes, las curvas de 0,75, 0,55 y 0,35 m. Esta manera, quizá poco ortodoxa, de plasmar la altimetría tiene su razón de ser en la incapacidad de las curvas convencionales, con equidistancia de un metro a escala 1:50.000, de mostrar la meso y microtopografía de la marisma, que aparece, a excepción de algunas vetas, como un espacio sin relieve por debajo de un metro de altura. En definitiva, se ha adoptado la resolución de las curvas de nivel no a la escala global del mapa, como se hace habitualmente, sino a las necesidades del relieve que se está representando. El modelado dunar, donde se registran las mayores cotas, se representan con una equidistancia de diez metros, común para este tipo de escalas; pero en la marisma la equidistancia se ajusta a veinte centímetros, al objeto de reflejar la microvariación altitudinal existente entre las depresiones y las zonas más elevadas. De este modo puede extraerse información acerca de aspectos tales como el movimiento del agua, volúmenes de almacenamiento, etc. de gran importancia en la gestión de estos medios.

El método empleado no está exento, sin embargo, de inconvenientes relacionados con la precisión de las curvas dibujadas para reflejar la altimetría real del terreno. Al error propio de la información de partida, el plano fotogramétrico del Parque Nacional a escala 1:5.000, hay que añadir el que introduce la extrapolación de las curvas a partir de la nube de puntos con valor altitudinal. Se ha cotejado el trazado final de las curvas con las áreas inundadas durante un ciclo hidrológico obtenidas a partir de imágenes satélite, apreciándose una elevada correspondencia que nos garantiza un nivel de error aceptable.

Las estructuras lineales, tales como la red de drenaje y caminos, vallas, cortafuegos y muros, se elaboraron en capas independientes a partir del análisis de la fotografía aérea, la imagen satélite y los recorridos y la información levantada sobre el terreno. Para la red de drenaje se diferenciaron cuatro tipos de elementos por su origen artificial o natural, su situación a la marisma o en las arenas y por su régimen de caudales. Los cortafuegos se localizaron y presentaron de forma exhaustiva, dada su fácil localización en la imagen satélite. No en el caso de los caminos, mucho más abundantes y de difícil localización en muchas ocasiones por las peculiaridades del terreno que atraviesan. La red viaria representada es una selección realizada sobre la base del mapa 1:5.000, en colaboración con responsables de la gestión del Parque Nacional y de la Reserva Biológica de Doñana. Muchos de los caminos existentes tiene una importancia

menor en relación a las áreas que comunican, siendo el resultado de las múltiples actividades que aquí se desarrollan y no tienen justificación en la escala final escogida. También existen caminos que, aun siendo de utilidad, están pendientes de ordenación y serán seguramente cerrados por generar impactos de diversa índole. Todos ellos han sido seleccionados y, aunque no aparecen en la edición final, sí se conservan en las bases de datos informáticas que contiene el SinambA. Por otra parte, las peculiaridades del terreno hacen que muchos caminos coincidan con cortafuegos, habiéndose optado en la representación final por éstos últimos para no duplicar elementos. En la marisma, los muros hechos para la gestión del agua han sido representados también en su totalidad dada la importancia que tienen en aspectos básicos del funcionamiento del Parque. Algunos de ellos coinciden con caminos transitables por vehículos, por lo que se ha buscado una simbología que refleje esta posibilidad.

Un último elemento lineal del Parque, importante para la gestión por limitar bastante el movimiento sobre el territorio, son las vallas que separan las fincas que históricamente componían el Parque Nacional. Por motivos gráficos y en aras de optimizar la carga de información reproducida, se han representado únicamente las vallas interiores y no las que sirven de límite externo al Parque. Tampoco se han consignado las vallas que definen recintos menores, tales como pequeños cercados de protección, ya que supondrían una carga excesiva de información a representar, y habida cuenta de la limitada utilidad para la gestión de cada recinto.

Toda esta información, extraída e interpretada de diversas fuentes (imágenes, fotografía aérea, trabajos de campo, GPS, mapas topográficos a diferentes escalas) se verificó, ajustó y corrigió geoméricamente respecto de la base cartográfica elegida.

Finalmente, la toponimia incluida en el mapa se ha obtenido a partir de la consulta de diversas fuentes bibliográficas (Castroviejo, 1993; Castrillo, 1995) y su contraste mediante entrevistas con agentes forestales y guardería de la RBD, personal del área de conservación del Parque Nacional, investigadores de la Estación Biológica y habitantes de las poblaciones de Almonte y El Rocio, además de los topónimos recogidos en cartografías anteriores. Volcar todos los topónimos recogidos sobre el mapa escala 1:40.000 supondría hipotecar su utilidad a un aspecto muy concreto del territorio, fuera de los objetivos de este tipo de cartografía. Por ello se ha optado por seleccionar aquellos topónimos que tienen mayor valor para la orientación y localización espacial y también a los de la cartografía para la gestión del territorio. En general, se han consignado los nombres de los caminos principales y cortafuegos, edificios, centros de interpretación, los controles de acceso al Parque así como los ecotopos más singulares, como es el caso de las lagunas y lucios, además de parajes y lugares ampliamente conocidos en cuya denominación coinciden, si no todas, sí la mayoría de las fuentes consultadas.

6.3. Introducción a los ecosistemas del Parque Nacional de Doñana

Como ya se indicó más arriba, los principales niveles escalares contemplados en el presente estudio son, de mayor a menor dimensión, el Ecodistrito, la Ecosección y el Ecotopo. Por debajo de este último escalón, en casos muy concretos, se ha considerado el nivel de detalle del Ecoelemento; y, asimismo, englobando la serie de ecosistemas mayores o Ecodistritos, se ha concebido el ecosistema que hemos denominado *Gran Ecosistema Litoral de Doñana*.

El concepto de *litoral* que manejamos aquí hace referencia al ámbito de las tierras emergidas cuya génesis y/o evolución se vinculan directa o indirectamente con la presencia del mar. De establecerse esta dependencia de manera directa, estaremos hablando del *medio costero*, donde los procesos morfogenéticos predominantes están controlados por el oleaje, las mareas, la deriva litoral, etc., siendo su expresión espacial la *línea de costa* o, sí se quiere, la *orilla* en su sentido más amplio. Pero sí, por contra, dicha relación es de índole indirecta, esto es, sí los lazos de dependencia entre el océano y el continente se establecen, por ejemplo, a partir de la influencia del régimen de vientos procedentes del mar, de la confluencia de aguas saladas y dulces, de la salinidad acuífera o aérea, etc., estaremos refiriéndonos expresamente a los rasgos característicos de la morfogénesis del *medio litoral* (donde confluyen factores marinos y continentales), y aludiendo, en consecuencia, a la franja del borde continental que flanquea la línea de costa por su parte interna, y cuya anchura puede variar de una zona a otra y con el paso del tiempo, así como dependiendo del influjo concreto o factor que estemos analizando.

Así pues, en la más amplia extensión del término, el dominio litoral abarca tanto el medio costero como el medio litoral; sólo cuando es nuestra intención establecer una expresa distinción morfogenética entre un ámbito y otro utilizamos la expresión *litoral* en sentido restrictivo. Así es como lo hemos venido haciendo últimamente en otros trabajos a la hora de identificar, caracterizar y clasificar desde el punto de vista genético algunos de los componentes particulares del dominio litoral, como por ejemplo las dunas litorales (Borja, 1997) o los humedales litorales (Montes, 1995; Borja *et al.*, 1997).

Por otra parte, y dada la perspectiva evolutiva con la que abordamos la caracterización, clasificación y cartografía de los ecosistemas, se hace imperativo traer hasta el primer plano de nuestro análisis la consideración de los elementos heredados existentes en la configuración del medio físico. Esta tarea se acomete desde los planteamientos de la reconstrucción paleogeográfica, utilizando para ello tanto las tradicionales técnicas de análisis cartográfico y de reconocimiento edafo-sedimentario en campo y laboratorio, como los modernos métodos geocronológicos y el examen contrastado de la documentación histórica y arqueológica.

Se trata, en suma, de explicar la presencia diversa de modelados y formaciones correlativas cuya génesis ha tenido lugar en distintos momentos y bajo condiciones naturales desaparecidas hoy en día, así como de verificar su influencia en el cuadro ecológico general. En ningún caso éste es un ejercicio baladí; antes al contrario, el establecimiento del cuadro genético-evolutivo del conjunto de formas y formaciones superficiales de un área y su secuencia cronológica nos aporta datos indispensables al respecto de la escala de formación-preservación de las mismas, de su estado evolutivo y del sistema de interrelaciones establecido con el resto de los componentes heredados o activos del medio natural.

Así, por ejemplo, en muchas de las expresiones utilizadas para la designación de los ecotopos, se hace mención a *paleocauces* o *depresiones colmatadas* para testimoniar la existencia de microdepresiones en situación residual o no funcional en el contexto de una marisma antigua; o se habla igualmente de *paleodunas* para referirnos a formaciones correlativas arenosas generadas bajo episodios morfogenéticos eólicos pretéritos y acordes con un régimen de vientos distinto del actual, que, por regla general y salvo que medien procesos de reactivación por inducción antrópica, se encuentran sometidas a un alto grado de fitoestabilidad; o, asimismo, se señala la existencia de *playas antiguas* para el caso de las acumulaciones de arenas marinas depositadas en momentos del pasado y asociadas a una posición de la línea de costa que difiere notablemente de la presente.

Tabla 6.1. Clasificación Jerárquica del Gran Ecosistema Litoral de Doñana en tipos genético-funcionales de ecosistemas a escala de Ecodistrito y Ecosección.

1. DOMINIO GEOMORFOLOGICO LITORAL
1.1. ECODISTRITO EOLICO DEL LITORAL DE EL ABALARIO-DOÑANA
1.1.1. Ecosección del Bajo Manto Eólico de Dunas Fitoestables
1.1.2. Ecosección del Alto Manto Eólico Húmedo de Dunas Fitoestables
1.1.3. Ecosección del Alto Manto Eólico Seco de Dunas Fitoestables
1.1.4. Ecosección del Manto Eólico de Dunas Semiestables
1.1.5. Ecosección del Manto Eólico de Dunas Activas
1.2. ECODISTRITO MARISMA DEL GUADALQUIVIR
1.2.1. Ecosección Marisma Interna Antigua
1.2.2. Ecosección Marisma Interna Reciente del Guadalquivir
1.2.3. Ecosección Marisma Interna Reciente de la Rocina-Guadiamar
1.2.4. Ecosección Marisma Externa Mareal
1.2.5. Ecosección Contactos de Ecodistritos Marisma/Eólico-Costero
1.3. ECODISTRITO COSTERO DE DOÑANA
1.3.1. Ecosección Playas Antiguas
1.3.2. Ecosección Playas Actuales
2. DOMINIO GEOMORFOLOGICO CONTINENTAL
2.1. ECODISTRITO ARENALES DEL CONDADO
2.1.1. Ecosección Interfluvial
2.1.2. Ecosección Aluvial
3. MEDIOS ANTROPICOS
3.1. Medios Antrópicos Acuáticos
3.2. Medios Antrópicos Terrestres

Tabla 6.2. Clasificación Jerárquica del Gran Ecosistema Litoral de Doñana en tipos genético-funcionales de ecosistemas a escala de Ecotopos. El significado de los códigos de los ecodistritos y ecosecciones se encuentran en la tabla 6.1. El resto de los códigos numéricos hacen referencia al código de identificación del Ecotopo en el Mapa Ecológico

ECOTOPOS	DOMINIO		1. GEOMORFOLOGICO LITORAL													
	ECODISTRITO		1.1. EOLICO					1.2. MARISMA					1.3. COSTERO			
	ECOSECCIONES		1.1.1.	1.1.2.	1.1.3.	1.1.4.	1.1.5.	1.2.1.	1.2.2.	1.2.3.	1.2.4.	1.3.1.	1.4.1.	1.4.2.		
Jaguarzal en paleoduna	1	9	18													
Brezal xerófilo/Aulagar en planicie interdunar	2	10	19													
Brezal higrófilo/Aulagar en paleodepresión interdunar y/o cubeta deflactada	3	11	20													
Pastizales perennes/Juncales en margen de depresión inundable	4	12														
Fresneda/alameda en cauce aluvial	5															
Cono aluvial activo	6															
Formación palustre hipogénica temporal estacional en paleodepresión eólica	7	14														
Formación palustre hipogénica temporal estacional en contacto Dunas fitoestables/Dunas semiestables	8	16														
Jaguarzal/Sabinar en paleodunas		13														
Formación palustre hipogénica permanente-semipermanente en contacto Dunas fitoestables/Dunas semiestables		15														
Sabinar o Sabinar degradado en paleoduna			17													
Pinar/Sabinar en duna parabólica				21												
Pinar con Juncales/Monte blanco en restos de dunas transversales o contradunas				22												
Pasillos deflactados y frente de duna parabólica con Monte blanco/Monte negro				23												
Area deflactada de duna parabólica con Pinar/Sabinar y enebros				24												
Duna transversal costera con barrón, clavellina y Artemisia					25											
Duna transversal					26											
Depresión interdunar seca con o sin pinar y Monte blanco con o sin juncal					27											
Depresión interdunar húmeda con Pinar, Monte negro y juncal					28											
Formación palustre hipogénica temporal interanual en área deflactada de duna transversal					29											
Formación palustre hipogénica temporal estacional en depresión interdunar húmeda					30											
Pastizales anuales en marisma interna alta						31										
Saladar de almajo salado en marisma interna alta entre cauces aluviales o en rampa externa de caño						32	42									
Juncal de candilejo en paleocauce y depresión colmatada de marisma interna alta						33										
Bayuncal en depresión de marisma interna alta						34										

Tabla 6.2. (Continuación). Clasificación Jerárquica del Gran Ecosistema Litoral de Doñana en tipos genético-funcionales de ecosistemas a escala de Ecotopos. El significado de los códigos de los ecodistritos y ecosecciones se encuentran en la tabla 6.1. El resto de los códigos numéricos hacen referencia al código de identificación del Ecotopo en el Mapa Ecológico

DOMINIO	1. GEOMORFOLOGICO LITORAL																
	ECODISTRITO					1.1. EOLICO					1.2. MARISMA		1.3. COSTERO				
	ECOSECCIONES					1.1.1.	1.1.2.	1.1.3.	1.1.4.	1.1.5.	1.2.1.	1.2.2.	1.2.3.	1.2.4.	1.3.1.	1.4.1.	1.4.2.
Bayuncal en marisma interna baja											35						
Depresión en marisma interna alta sin vegetación helofítica											36						
Margen de marisma interna alta sin vegetación helofítica											37						
Elevación de dique fluvial											38	48	57				
Elevación de dique fluvial con arenas de playa de estuario											39						
Elevación de arenales del substrato											40		58				
Formación palustre epigénica temporal estacional entre elevaciones de dique fluvial con arenas de playa de estuario											41						
Juncal de candilejo en depresión colmatada de marisma interna baja												43					
Bayuncal en paleocauce de marisma interna baja												44					
Paleocauce sin vegetación helofítica de marisma interna baja												45					
Bayuncal en depresión de marisma interna baja												46	56				
Depresión sin vegetación helofítica de marisma interna baja												47					
Elevación de cono aluvial												49					
Castañuela en marisma interna baja													50				
Castañuela en cauce aluvial en marisma interna baja													51				
Juncal de candilejo en dique fluvial en marisma interna baja													52				
Castañuela en depresión en marisma interna baja													53				
Cauce aluvial sin vegetación helofítica en marisma interna baja													54				
Bayuncal en cauce aluvial en marisma interna baja													55				
Saladar de sapina con barrón en marisma externa alta														59			
Canal mareal con o sin césped de barrón														60			
Pastizales perennes con o sin carrizal en margen de cauce o canal artificial fluviomareal														61			
Planicie intermareal en margen de cauce														62			
Pastizales perennes/juncuales en contacto de marisma interna antigua y reciente de la Rocina-Guadimar con bajo manto edólico de Dunas fitoestables															63		
Carrizal en contacto de marisma interna antigua con manto edólico de Dunas semiestables y Dunas activas															64		
Pastizales perennes/juncuales en contacto de marisma interna antigua y marisma reciente del Guadalquivir con manto edólico de Dunas semiestables, Dunas activas y playas antiguas															65		
Formación palustre hipogénica temporal estacional en la Vera															66		
Formación palustre hipogénica permanente en la Retuerta															67		

DOMINIO	2. GEOMORF. CONTINENTAL	
	2.1. ARENALES DEL CONDADO	
	ECODISTRITO	ECOSECCIONES
	2.1.1.	2.1.2.
Alcornocal/Coscojal en arenales del substrato	77	
Lentiscar/Coscojal en arenales del substrato	78	
Pastizales anuales/Juncuales perimarismesños en arenales	79	
Pinar en arenales	80	
Formación palustre hipogénica temporal estacional en arenales	81	83
Fresneda en cono y cauce aluvial		82
Elevación de cono aluvial activo		84

3. MEDIOS ANTROPICOS		
	3.1.	3.2.
Salina	85	
Lucio artificial	86	
Canal artificial	87	
Entorno degradado de asentamiento humano		88
Repoblaciones forestales recientes		Pp, Eu, AI

3.1. Medios Antrópicos Acuáticos
3.2. Medios Antrópicos Terrestres

A la vista de lo anterior estaríamos ante una situación, no por compleja menos frecuente en ámbitos tan dinámicos como los dominios litorales, en la que la adscripción definitiva de algunos de los componentes naturales al medio costero, litoral o continental requeriría de alguna matización. Por seguir con el ejemplo anterior, en el caso concreto de las playas antiguas, que desde el punto de vista de su génesis serían claramente formaciones originadas en el medio costero, puede observarse cómo en la actualidad y a causa de la paulatina progradación de la línea de costa se encuentran afectadas por procesos típicos del medio litoral, propios de cualquier otro ámbito que, por su origen, hubiese formado parte de estos medios desde un principio.

La evolución del medio natural puede establecer así una cierta disfunción entre el origen de sus componentes y su funcionamiento presente. Pero, en cualquier caso, tanto la posibilidad del cambio de condiciones naturales y su transformación progresiva, como la del afianzamiento de las mismas con el paso del tiempo, deben ser tenidas presentes en todo momento a la hora de la caracterización y clasificación de ecosistemas; de ellas emanan divergencias con una importante repercusión ecológica que, de obviarse, pueden llevarnos a graves errores en la interpretación del funcionamiento del medio natural.

En definitiva, es el cruce de la caracterización geomorfológica con los datos de la interpretación paleogeográfica de los componentes del medio natural, el método planteado para llevar a cabo la identificación primera de los ecosistemas a las diferentes escalas espaciales concebidas, así como para su caracterización desde el punto de vista de su escala temporal. A ello hay que unir el hecho de que, acorde con lo expuesto en la primera parte de esta obra al respecto del carácter *distal* y *proximal* de los diferentes factores que entran en juego en la caracterización de ecosistemas según su escala, en los niveles superiores es la componente abiótica la predominante, pero en los escalones inferiores es la parte biótica la que marca la pauta en la inmensa mayoría de los casos. Por esta razón, importa retener que a cada escala de trabajo es necesario definir los criterios que guían la caracterización y delimitación de los diferentes ecosistemas.

A continuación se describen las características concretas de los ecosistemas del área de Doñana, atendiendo a los diferentes niveles escalares diferenciados (Tablas 6.1 y 6.2). Se trata de una descripción somera ya que la explicación en profundidad de sus contenidos es objeto de una monografía aparte en la que se está trabajando actualmente.

6.3.1. El Gran Ecosistema Litoral de Doñana

Los componentes esenciales del medio físico de Doñana son dunas, marismas y playas, cuya caracterización y delimitación natural vienen impuestas por la evolución del dominio litoral en este sector del Golfo de Cádiz durante los últimos miles de años. De ahí que, entre otros aspectos, vengamos hablando del Gran Ecosistema Litoral de Doñana para identificar el espacio mínimo, coherente desde el punto de vista de su génesis y su evolución, necesario para englobar el conjunto de ecosistemas menores en escala con representación en el Parque Nacional de Doñana. No obstante, y como ya se indicó anteriormente, una pequeña porción de menos del 3% del área acotada por las actuales vallas de este espacio protegido queda fuera del citado dominio geomorfológico litoral. Se trata del sector norte, el entorno conocido como Coto del Rey, el cual, sí atendemos a sus rasgos morfodinámicos y evolutivos, habría que encuadrarlo dentro del dominio geomorfológico continental (*vid. infra*); tal es el modo en que lo hemos identificado de cara a la caracterización y clasificación de los ecosistemas del Parque en esa zona (Fig. 6.4.).

La delimitación del Gran Ecosistema Litoral de Doñana se ha llevado a cabo mediante la identificación espacial, bien directamente a partir de fotogramas aéreos, imágenes satélite y recorridos en campo, o bien de forma indirecta mediante la reconstrucción paleogeográfica en base a datos de campo y documentación histórica, de los ya citados componentes esenciales del medio litoral de este sector del Golfo de Cádiz -dunas, marismas y playas-, bajo los cuales se materializa la influencia marina sobre el continente. En su variedad, ninguno de los ecosistemas correspondientes a estos espacios se explican sin la presencia del océano, y todos juntos componen la manifestación única y solidaria de la reciente evolución del litoral atlántico andaluz en el límite entre las provincias de Huelva y Cádiz.

A esta escala de Gran Ecosistema el Litoral de Doñana encuentra su delimitación externa con el mar y la interior en el contacto con otros ecosistemas de carácter continental o asimismo litoral. Entre aquellos, y a los efectos de la presente investigación, sólo hemos esbozado el correspondiente a los *Arenales del Condado*, el cual también se configura, a su vez, como un ecosistema más a nivel de ecodistrito. Del mismo modo, otras unidades litorales homogéneas o ecosistemas litorales correspondientes a los sectores del Tinto-Odiel y del Guadalete lo flanquean respectivamente a poniente y levante. Como sabemos, aunque no se trata de fronteras totalmente diáfanas, estos contactos tampoco constituyen barreras absolutamente impermeables. Los límites internos del Gran Ecosistema Litoral de Doñana se extienden desde el cauce principal del Arroyo de la Rocina, acoplado al arco formado por las poblaciones de El Rocío (en Huelva), Villamanrique de la Condesa, La Puebla del Río, Los Palacios y Villafranca (en Sevilla), y las Cabezas de San Juan, Lebrija, Trebujena y Sanlúcar de Barrameda (en Cádiz) (Fig.6.4.).
(límites)

Existe, tanto a esta escala como a cualquier otra, todo un cortejo de interconexiones entre los diferentes ecosistemas, cuyo principal vehículo de comunicación es el *hidrosistema*, ya se conciba éste en su dimensión superficial o subterránea. En nuestro caso el hidrosistema de referencia es el del cauce del Bajo Guadalquivir y las cuencas vertientes que drenan sus aguas hacia la gran llanura de inundación fluvio-marina de la marisma y los acuíferos freático y semiconfinado del Sistema Hidrogeológico de Doñana (Unidad Hidrogeológica 05-51-04-14).

6.3.2. Ecosistemas a escala de Ecodistrito

Pertenezcan al dominio litoral o al continental pero siempre dentro de los límites del Parque existen sectores caracterizados por diferentes tipos litológicos y morfodinámicas particularizadas (balance morfogénesis-edafoogénesis) (Fig. 6.2). Esta es la circunstancia que ha sido utilizada como criterio guía para la identificación y delimitación de ecosistemas a escala de Ecodistrito (Fig. 6.4; Tabla 6.1). En el caso de los ecosistemas del dominio litoral, nos estamos refiriendo, en concreto, al sector dominado por arenas silíceas y una morfodinámica eólica, que ha sido caracterizado como el *Ecodistrito Eólico del Litoral de El Abalario-Doñana*; al correspondiente al área de predominio de limos y arcillas con una dinámica fluvio-litoral, que se ha identificado como el *Ecodistrito Marisma de Guadalquivir*; y, por último, al vinculado al desarrollo de la morfodinámica costera con evolución de sistemas de playas relictas y actuales de arenas con elementos biogénicos carbonatados, que es el consignado como *Ecodistrito Costero de Doñana*. Junto a estos tres ecosistemas litorales y por la misma vía del análisis litológico y morfodinámico, se reconoce en el Parque un cuarto ecodistrito, en este caso perteneciente al dominio geomorfológico continental. Se trata del

denominado *Ecodistrito de los Arenales del Condado*, cuyos principales rasgos morfodinámicos son del tipo aluvial sobre substratos arenosos del cierre de la cuenca marina de la Depresión Inferior del Guadalquivir (Fig. 6.4.).

El primero de ellos, el **Ecodistrito Eólico**, se desarrolla principalmente en la mitad occidental del Parque Nacional, ocupando ----- ha casi el 38 % de las aproximadamente 50.720 ha contenidas en su actual perímetro administrativo. Su estructura es la típica de los sistemas dunares de línea de costa que hemos caracterizado geomorfológica y paleogeográficamente como *Mantos Eólicos Litorales* (Borja & Díaz del Olmo, 1994; Borja, 1997); se trata de una compleja formación eólica compuesta a base de la superposición, al menos durante los últimos 18.000 años (Zazo *et al.*, en prensa), de hasta seis diferentes capas de dunas separadas entre sí por discontinuidades edáficas que, a tramos, se presentan enriquecidas en arcillas y materia orgánica. El análisis de dichos horizontes orgánicos se ha revelado clave en la interpretación de la génesis y evolución de este edificio eólico, no sólo porque delata una solución de continuidad en la secuencia sedimentaria, sino también por la facilidad que ofrece para obtener sobre ellos dataciones absolutas por el método del ^{14}C . Además, el dispositivo en escama que adoptan estos seis mantos eólicos individualizados permite la observación en planta de la mayor parte de ellos, lo que ayuda también en el estudio de su reconstrucción paleogeográfica (Borja & Díaz del Olmo, 1996).

Acorde con su génesis eólica, la litología del ámbito correspondiente a este ecodistrito está compuesta muy abundantemente por arenas de cuarzo, aunque según los diferentes mantos pueden establecerse algunas diferencias. Esta circunstancia impone generalmente un lento y escaso desarrollo de los perfiles edáficos, los cuales sólo registran una cierta diversificación en función de la microtopografía y a causa de la presencia en el área de un complejo mosaico de formaciones palustres; en última instancia, en relación con cambios en el régimen de humedad edáfica. La resultante de todo ello es un balance morfogénesis-edafoogénesis más favorable al primero de estos dos conjuntos de procesos naturales cuanto más reciente sea el manto eólico en el que nos situemos, y la posibilidad de distinguir dentro del conjunto del ecodistrito ámbitos de dunas de carácter *fitoestable* (*paleodunas*), dunas *semiestables* y dunas *activas*.

Por su parte, algo más del 54 % de la extensión del Parque corresponde al **Ecodistrito Marisma**, el cual ocupa las 26.000 ha de la mitad oriental del espacio protegido; aunque en la actualidad sólo suponga aproximadamente una décima parte de las antiguas marismas del Guadalquivir (Fig. 6.4.). Litológicamente este ecodistrito es el reino de los limos y las arcillas, como no podía ser de otra forma si se piensa en su origen fluvio-litoral. No obstante este predominio de materiales finos, son también frecuentes en la marisma los enclaves arenosos con restos de fauna marina que, por regla general, se disponen adosados a la cara externa de antiguos diques fluviales (*levées*). La existencia en sí y el propio dispositivo bajo el que se presentan estos cuerpos y la cronología ^{14}C obtenida a partir de la fauna apoyan su interpretación como acumulaciones ajustadas a los bordes de canales mareales en momentos de pulsaciones positivas de nivel del mar (Lario, 1996).

La marisma antes de ser transformada en este siglo, y en particular el resto de ella que más o menos conservada nos queda en el interior del Parque, ha sido el resultado de los episodios finales de evolución el antiguo gran estuario del Guadalquivir y su transformación en un ámbito cada vez más "continentalizado", donde el control ecológico ejercido por el gradiente de salinidad pierde fuerza progresivamente. A una escala temporal de miles de años, su estricta vinculación al proceso de relleno y transformación natural del antiguo ámbito estuarino hace que la dinámica hidrográfica de los distintos colectores fluviales que le

aportan agua y lodo y, en especial, las pequeñas fluctuaciones que ha sufrido el nivel del mar en la zona durante 7.000 años (Zazo *et al.*, 1994; Lario, 1996), se conviertan en los verdaderos rectores de su caracterización actual.

En consecuencia, y al contrario de lo que ocurría en el caso del Ecodistrito Eólico, el mecanismo morfosedimentario más llamativo de la marisma no es la superposición de capas, sino otro en el que predominan los procesos de reexcavación y relleno de superficies controladas por los citados cambios locales del nivel de base. Son los elementos conservados del modelado generado por este tipo de procesos los que, como tendremos ocasión de señalar más adelante en epígrafe dedicado a la descripción a nivel de ecosecciones y ecotopos, nos han permitido abundar en la sectorización a mayor detalle en el conjunto de las marismas del Parque.

En contraste con los anteriores ecosistemas, el **Ecodistrito Costero** sólo significa un 4.3 % (ha) del ámbito protegido por el Parque Nacional (Fig. 6.4.). En forma de cordones de playas relictos y adosados configurando un sistema de flecha litoral, el medio natural abarcado por este ecodistrito se reconoce en un reducido espacio al S del Parque, siendo la zona de Marismillas donde mejor se identifica al no haber sido cubiertas aquí las playas antiguas por el posterior desarrollo de campos de dunas. Como sistema de playas plenamente activo ocupa, además, una estrecha franja a lo largo de toda la línea de costa actual. Litológicamente, en uno y otro caso, aunque más en el segundo que en el primero, el predominio es casi absoluto de la fracción arenosa registrándose además un cierto enriquecimiento en carbonatos de origen biogénico.

La génesis y evolución de los sistemas de flechas litorales y playas con los que se identifica este ecodistrito están gobernadas de manera directa por las fluctuaciones del nivel del mar; fenómeno éste que, a su vez, depende de otra serie de factores tanto globales (subida glacio-eustática del nivel del mar durante el presente interglacial) como regionales (neotectónica, clima, hidrodinámica) y locales (suministro de sedimentos, regulación de cabeceras fluviales, infraestructuras portuarias...). Como el resto de los sistemas de flechas y contraflechas litorales del litoral andaluz, el de Doñana-La Algaida debió empezar su acumulación tras la última máxima subida del nivel del mar, y haber registrado dos grandes fases de progradación entre ca. 6.000-2.550 ¹⁴C años BP la primera, y desde 2.300 ¹⁴C años BP hasta el presente la segunda (Zazo *et al.*, 1994). No obstante, en el sector correspondiente al Parque Nacional sólo ha sido posible identificar hasta ahora la fase más reciente de este proceso (< ca. 2.000 años BP) (Lario, 1996; Rodríguez, 1996).

Desde el punto de vista morfosedimentario, la flecha litoral constituye un espacio construido a base de cordones arenosos adosados de orden métrico-decamétrico, direccionados en el sentido de las antiguas líneas de costa, y separados por alargadas y, con frecuencia, estrechas depresiones que localmente reciben el nombre de *navazos*. Las elevaciones quedan representadas por la parte alta de las antiguas playas y las dunas costeras a ellas asociadas, y las depresiones por la parte de las playas sometida en su momento al rango de la marea. Hoy en día es posible identificar a la perfección el tránsito de unas subunidades a otras tan sólo reconociendo la abundante presencia de fauna marina existente en las depresiones y su total ausencia en los tramos altos o antiguas dunas costeras. La evolución particular de algunos de estos navazos en un ambiente restringido ha dado lugar a la acumulación en su fondo de capas muy ricas en materia orgánica, testimoniando así la paulatina configuración de un nuevo régimen natural completamente diferente al del medio costero que le dio su origen.

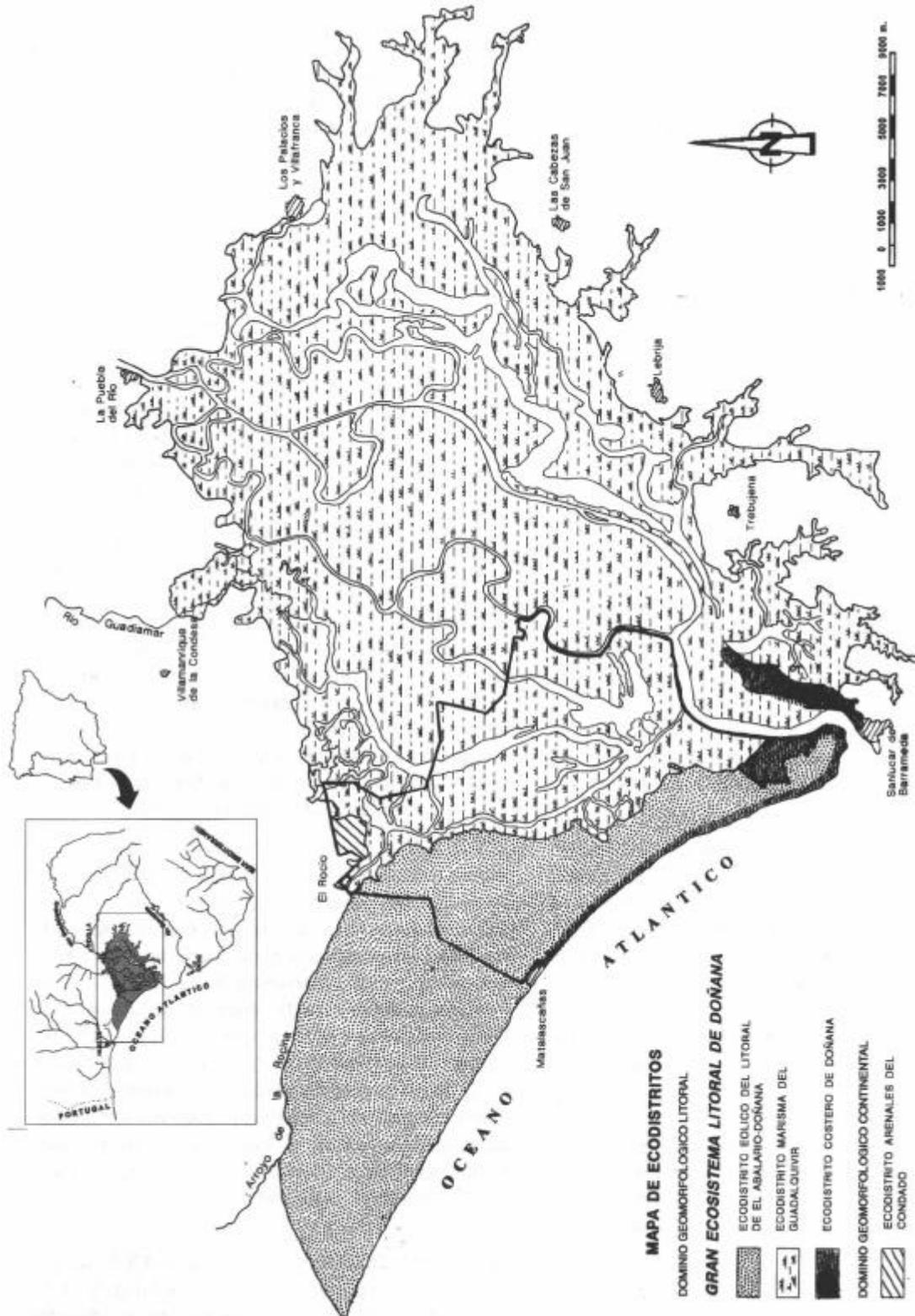


Figura 6.4. Delimitación de los ecodistritos del Gran Ecosistema Litoral de Doñana en el contexto geográfico del Bajo Guadalquivir. En la figura se distingue entre un Dominio geomorfológico litoral, en el que se incluyen, los ecodistritos pertenecientes al Gran Ecosistema Litoral de Doñana, y un Dominio geomorfológico continental del que sólo el ecodistrito Arenales de Condado forma parte del Parque Nacional. El ecodistrito Costero de Doñana alcanza por el oeste sólo hasta las inmediaciones de Matalascañas, identificándose un nuevo ecodistrito costero a partir de la citada localidad que no se interpreta en este mapa.

Por último, el ecodistrito con menor representación en el conjunto del Parque es el de los **Arenales del Condado**; ocupa únicamente un 2.85 % de su espacio total y se localiza en ángulo N del mismo. Se trata de un ámbito aunque también de carácter arenoso ajeno a la morfogénesis litoral que ha presidido la caracterización de los casos anteriores. Ahora nos encontramos en un espacio sometido plenamente al influjo de los procesos continentales, los cuales han debido venir actuando sobre él a lo largo de todo el período Cuaternario, ya que litoestratigráficamente se compone de arenas del Plioceno o Pliocuaternario. La similitud de estas arenas -al fin y al cabo originadas en un medio litoral- con las correspondientes a los materiales más antiguos del *manto eólico litoral*, así como su activa morfodinámica aluvial, acrecientan la confusión a la hora del deslinde entre uno y otro ámbito; máxime cuando en el primer caso se constatan procesos de degradación de suelos antiguos tendentes a configurar horizontes superficiales fuertemente desagregados con abundante arena y pérdida de materiales finos, y cuando además sobre dichas arenas se reconocen procesos de retoque y remoción eólica.

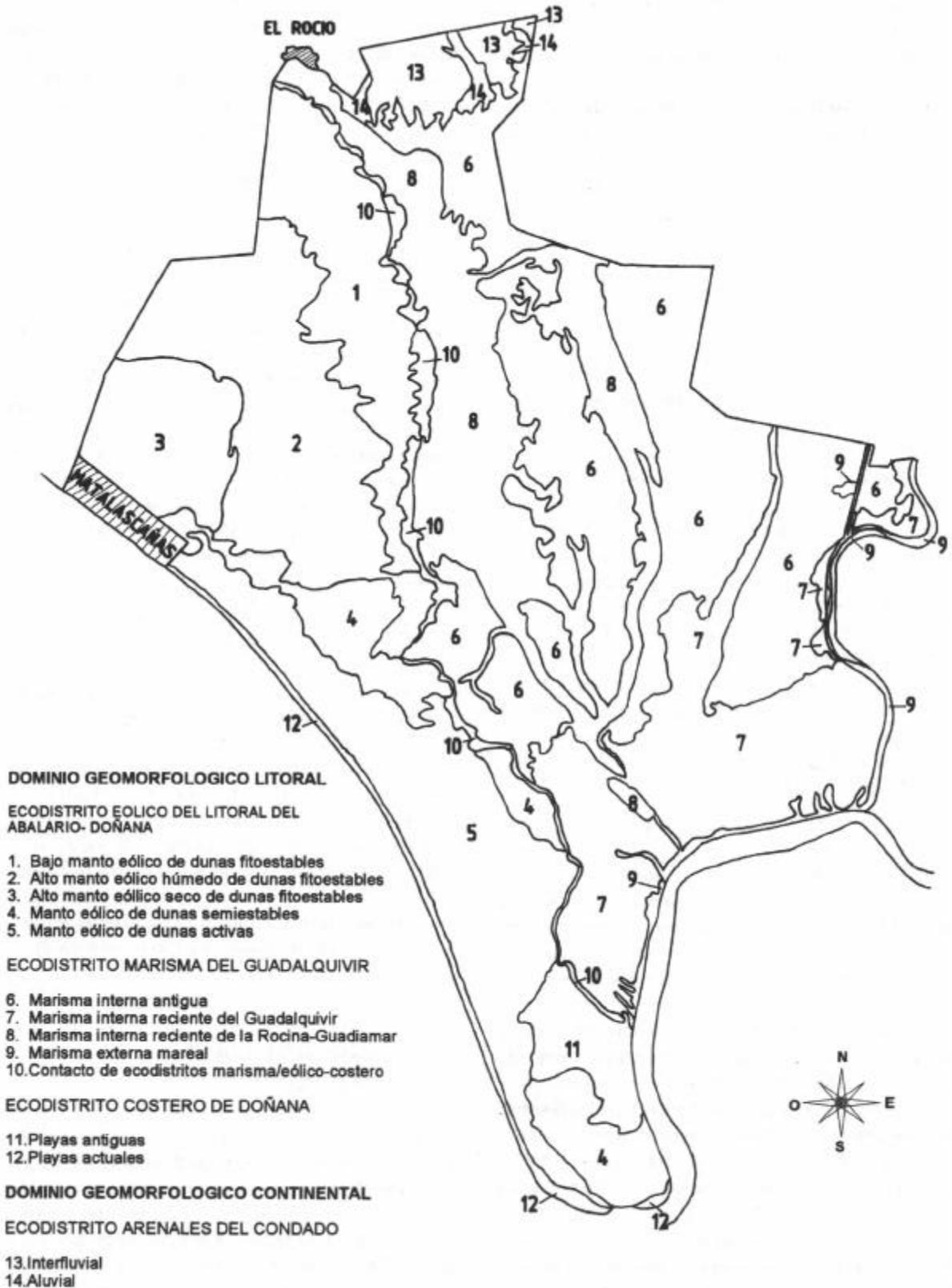
En nuestro estudio, y habida cuenta de que ya el sector septentrional de El Abalarío, al S de la Rocina, presenta frecuentes afloramientos del citado substrato marino, y que las escasas paleodunas que incorpora este sector del *manto eólico litoral* contienen arenas tanto de origen eólico como marino -como demuestran los análisis granulométricos con dos poblaciones de arenas bien distintas (Borja, 1988; Borja & Díaz del Olmo, 1996)-, se ha optado por una interpretación plenamente continental en lo que a la morfogénesis del sector de Coto del Rey se refiere, matizando lo planteado en otras publicaciones donde dichas arenas se hacen corresponder con las pertenecientes a un "primer frente de dunas" eólicas (Clemente *et al.*, 1997).

6.3.3. Ecosistemas a escala de Ecosección

A escala de Ecosección, en la que los procesos hidrológicos y el tipo concreto de formaciones superficiales son las principales características para la discriminación de unidades (Fig. 6.2.), el criterio básico utilizado en la caracterización de ecosistemas ha sido una mezcla entre los rasgos geomorfológicos y estratigráficos ofrecidos por los diferentes cuerpos morfosedimentarios y su carácter evolutivo (paleogeográfico), así como su expresión hidrodinámica. Desde esta perspectiva los 4 Ecodistritos señalados anteriormente acogen a un total de 14 Ecosecciones, variando su número en cada caso entre 2 para los pequeños y 5 para los de mayor desarrollo (Tabla 6.1.; Fig.6.5.).

En el área correspondiente al *Ecodistrito Eólico*, la delimitación de los grandes frentes dunares que separan los distintos mantos eólicos individualizados y la caracterización sedimentarias de cada uno de ellos, así como, para cada caso concreto, el análisis de paleodirecciones de vientos, sustentan el establecimiento de una secuencia paleogeográfica y una sectorización en cinco ámbitos que, tras su examen ecodinámico, refieren las siguientes ecosecciones (Fig. 6.5.):

Ecosección del Bajo Manto Eólico de Dunas Fitoestables: manto eólico con escasos restos de paleodunas parabólicas ajustadas a una dirección del viento procedente del WNW. Sus facies son del tipo arenas bimodales debido a la incorporación de material eolizado del substrato, hidrográficamente es de carácter exorreico con abundantes cañadas. Por su posición estratigráfica subyacente al resto de los otros mantos, por lo que su correlación cronológica se establece con los materiales de la base del acantilado en el sector oriental de El Asperillo, cuya cronología se cifra en anterior a 15.000/14.000 años BP.



Ecosección del Alto Manto Eólico Húmedo de Dunas Fitoestables: manto eólico con predominio de paleodunas de formas evolucionadas de parabólicas a transversales, configuradas principalmente por vientos del SW. Sus arenas son predominantemente unimodales como corresponde a un medio plenamente eólico e hidrográficamente es el ámbito que acoge el núcleo principal del complejo palustre (endorreico). Espacialmente se sitúa suprayacente al manto anterior, por lo que en la secuencia estratigráfica se ha correlacionado con las capas situadas por encima de las datadas como más antiguas de 15.000/14.000 años BP, llegando hasta *ca.* 11.000 años BP.

Ecosección del Alto Manto Eólico Seco de Dunas Fitoestables: manto eólico con paleodunas de morfología mixta entre parabólicas y transversales constituidas por arenas netamente eólicas con una dirección de avance ajustada predominantemente a los flujos del poniente (W) y de carácter arreico. Su cronología se establece entre los *ca.* 11.000 años BP del techo de la unidad anterior y los *ca.* 5.000/4.000 años BP asignados a nivel de ocupación humana del período Neolítico final/Calcolítico que lo corona.

Ecosección del Manto Eólico de Dunas Semiestables: manto eólico constituido por dunas parabólicas debidas a vientos de WSW que mantiene una cierta actividad eólica actual (*dunas semiestables*). Cartográficamente se dispone sobremontando a cualquiera de los tres mantos anteriores y, en el acantilado de El Asperillo sellando los restos de los "talleres líticos" del horizonte de ocupación Neolítico final/Calcolítico. Tanto desde el punto de vista geoarqueológico -este manto sepulta construcciones romanas e incorpora restos cerámicos romanos y medievales (Borja, 1992; 1997)-, como atendiendo a la documentación histórica existente (frente de dunas parabólicas avanzando sobre la laguna de St^a Olalla durante la primera mitad del s. XVII (Granados, 1987)-, o comparando la secuencia onubense con la gaditana (Borja *et al.*, 1997), es posible una aproximación a su cronología con más detalle, y datarlo dentro de un período que abarcaría desde los últimos siglos de la época Medieval hasta aproximadamente el final del s. XVII (*dunas históricas*).

Ecosección del Manto Eólico de Dunas Activas: manto eólico constituido por dunas transversales originadas por un viento del SW durante los últimos siglos y en cuya génesis deben implicarse -asimismo en el caso anterior- tanto componentes naturales como antrópicos. En Doñana son *dunas activas*, intercalándose depresiones interdunares o "corrales" entre los diferentes cordones dunares; mientras que en El Asperillo son de carácter semiactivo, habida cuenta de la desconexión existente entre los cordones dunares y las playas actuales, además de haber sufrido programas de densa reforestación con pinar desde principios de siglo.

Con respecto al otro gran ecodistrito litoral con representación en el Parque, el de las *Marisma de Guadalquivir*, la sectorización en ecosecciones se ha realizado atendiendo, primeramente, a la posición relativa (*interna/externa*) de cada área con respecto al funcionamiento del régimen de inundación (mareal), y en segundo término, según su carácter evolutivo y dinámico (*antigua-reciente*). A esta escala, además, ha sido necesario distinguir un ámbito particular cuya esencia deviene de las especiales circunstancias del *contacto* entre el mundo fluvio-litoral y el mundo de las arenas, ya sean estas de carácter eólico o marino. Concretando, las ecosecciones diferenciadas son las que siguen:

Ecosección Marisma Interna Antigua: corresponde al área norte y centro de la marisma del Parque, coincidiendo con la superficie de topografías más altas de la misma, y separándose del resto de las unidades a través de un escarpe de incisión, unas veces muy marcado y otras más atenuados. Se trata, en

definitiva, de una marisma de caracteres residuales, ajena desde hace cientos de años al régimen de marea, y con síntomas de continentalización más importantes cuanto más al norte.

Ecosección Marisma Interna Reciente del Guadalquivir y Ecosección Marisma Interna Reciente de La Rocina-Guadiamar: de manera conjunta componen la marisma baja del conjunto del Parque, reconociéndose una expresa vinculación genética con la dinámica reciente de reexcavación, a partir de la superficie de la marisma *antigua*, de los colectores que en cada caso le dan su nombre. Su carácter predominantemente fluvial queda testimoniado en el modelado de rasgos meandriformes que adquieren los distintos sectores cartografiados, el cual, no obstante, refleja igualmente señales de una evolución bajo régimen mareal, hoy prácticamente desaparecido.

Ecosección Marisma Externa Mareal: frente al ámbito interno compuesto por las tres ecosecciones anteriores, se identifica una marisma externa de muy escasa representación en el Parque, cuyo principal rasgo diferenciador es el estar sometida al régimen mareal de inundación diaria. Se dispone ajustada a la margen de los cauces del Brazo de la Torre y Guadalquivir, siendo en este último tramo donde más condicionada se encuentra debido a las actuaciones antrópicas.

Ecosección Contacto de Ecodistritos Marisma/Eólico-Costero: corresponde a la banda fronteriza que separa los dos grandes mundos de Doñana: el de los limo-arcillas y el de las arenas. Su especificidad emana precisamente del peculiar comportamiento hídrico que introduce el contraste entre materiales de tan desigual respuesta ante la permeabilidad. Es, desde luego, uno de los ámbitos más emblemáticos de Doñana, dado el carácter de línea de agua más o menos permanente que mantiene aún en el árido estío. Sus nombres locales de *Vera* para el sector norte y *Retuerta* para el tramo sur, identifican ecosistemas diferentes dentro de una misma unidad genético-funcional.

Por su parte, el *Ecodistrito Costero de Doñana* está representado por las formaciones morfosedimentarias del tipo cordones de playa, incluyéndose en ella elemento de génesis hidroeólica como las dunas costeras, nos encontremos bien bajo situaciones heredadas o activas. Desde este punto de vista, el ecodistrito costero se ha subdividido en dos ecosecciones: la de playas antiguas y la de playas actuales.

Ecosección Playas Antiguas: corresponde exclusivamente al sector de Marismillas en la zona sur del Parque, ya que es aquí únicamente donde los cordones de playa de la flecha litoral de Doñana no han sido cubiertos por dunas. No obstante, hay que señalar que algunos de las depresiones interdunares clasificadas y cartografiadas como "corrales" de la Ecosección del Manto Eólico de Dunas Activas (*naves*), presentan una caracterización a caballo entre las depresiones de los cordones de playa y las verdaderas depresiones interdunares constatándose en superficie la presencia de abundantes depósitos de fauna marina desde el Corral Quemado, cerca de Matalascañas, hasta la Nave del Inglesillo, casi en Malandar.

Ecosección Playas Actuales: identifica las formaciones de playas marinas activas del Parque, y se ubica orlando todo el contexto costero del mismo, desde Punta de Malandar hasta Matalascañas. Incluye formaciones de playa propiamente dichas así como sus dunas costeras correlativas. A este respecto cabe matizar que, aunque en la presente cartografía no se ha incluido así, existe una formación de *duna transversal costera*, recogida en la ecosección del Manto Eólico de Dunas Activas, que sí atendemos a su papel de bisagra entre el medio costero y el medio litoral y a su consideración de frontera ecodinámica

interna para las comunidades vegetales adaptadas a la salinidad ambiental, podría haberse integrado en la ecosección que estamos comentando.

A nivel de ecosección, por último, el *Ecodistrito de los Arenales del Condado* ofrece aún más nítido su carácter de ecosistema continental. Su caracterización hidrográfica y sus rasgos morfosedimentarios no dejan opción a ninguna otra subdivisión que no contemple la dicotomía fluvial-interfluvial.

Ecosección interfluvial: corresponde a las plataformas de arenales desarrollados en ámbitos interfluviales a partir de la evolución por degradación de suelos antiguos, cuyas principales diferencias vienen marcadas por el manejo antrópico sobre la cubierta vegetal y la presión ganadera.

Ecosección aluvial: corresponde al desarrollo de lechos de fondo plano y muy ancho del sistema de arroyos y cañadas que desembocan por este sector norte de la marisma. Se trata de una ecosección muy activa con variaciones puntuales muy rápidas acopladas al ritmo del sistema de inundaciones.

6.3.4. Ecosistemas a escala de Ecotopos

La subdivisión en ecotopos, o unidad básica de la presente cartografía, y que será objeto de un exhaustivo examen en una próxima publicación, queda desgranada en detalle en la figura adjunta (Tabla 6.2.), por lo que no insistiremos aquí en su caracterización individualizada. Sí es necesario recordar que la terminología empleada en la designación de cada uno de ellos responde a la filosofía general del trabajo, en la que se insiste en la consideración de los factores biótico y abióticos desde la perspectiva de clasificación jerárquica según su preeminencia de cada uno y la respuesta ecológica y paisajística de su combinación en cada caso.