

Cubiertas vegetación terrestre.

Asesores Científicos: José Carlos Muñoz Reinoso (Dto. de Ecología, Universidad de Sevilla), Dolores Cobo (PND), Pedro Jordano (EBD-CSIC) y Patricia Rodríguez (Dto. de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomía de Lisboa).

Introducción

En el litoral del PND se ubican las formaciones de Enebro costero (*Juniperus oxycedrus ssp. macrocarpa*) especie arbustiva en peligro de extinción que se localiza en dunas y acantilados del litoral de las provincias de Huelva y Cádiz, y las de la sabina mora (*Juniperus phoenicia ssp turbinata*) asentadas sobre las dunas estabilizadas. Ambas formaciones representan la última etapa sucesional de las dunas y acantilados Mediterráneos con influencia marítima. Estas comunidades poseen un alto valor ecológico dada su capacidad de inmovilizar las arenas y la flora y fauna asociada a ellas. Además, presentan una elevada vulnerabilidad debido a su posición ecológica extrema (Gehu 1993), frente a los efectos del viento, la sequía, el spray salino, la erosión y el pH. A estos factores naturales debe sumársele la presión antrópica representada por la deforestación, la puesta en cultivo, las repoblaciones con pino piñonero y la urbanización (Granados y Ojeda 1994).

Los cambios en estas comunidades resultan de especial importancia dado el papel que desempeñan en el mantenimiento y cobijo de las diferentes especies animales presentes en el parque. Además, en el caso del Enebro costero, se ha constatado un proceso de desplazamiento por competencia directa con la uña de gato, una especie foránea (*Carpobrotus edulis*) que ha invadido algunos sistemas dunares a lo largo de la costa atlántica además de con el Pino piñonero (*Pinus pinea*) que se expande desde las áreas repobladas y compite con estas especies de etapas maduras (Muñoz Reinoso, 1997).

Los sabinares presentan un mejor estado de conservación si bien en algunas localidades aparecen en el sotobosque de pinares como en el caso de Marismillas. Estas formaciones aparecen en el PND en poblaciones con

distintas densidades de individuos. Ambos aspectos ponen de manifiesto la interacción entre las especies objeto de este seguimiento y su dinámica inherente por lo que deben tenerse en consideración en la metodología de trabajo planteada.

Los bosques húmedos constituyen importantes elementos del paisaje, presentando complejas y diversas interfases laterales y verticales entre sistemas acuáticos y terrestres. Estos bosques han sido sistemáticamente destruidos, contaminados, fragmentados y drenados, hasta el punto que solo quedan unos pocos en estado casi natural. Se sabe poco del funcionamiento ecológico de estos ecosistemas, ya sea en Europa o en la Península Ibérica. En el caso concreto de Doñana, las comunidades riparias establecidas en la zona de protección de La Rocina, y en los sotos, Soto Grande y Soto Chico dentro del PND, representan ejemplos claros de ecosistemas ribereños en diferentes estados de conservación. El seguimiento de estas comunidades intenta llenar este vacío y establecer directrices ecológicamente importantes para su conservación y manejo, así como valorar las medidas de restauración efectuadas sobre ellas.

Objetivos

- Cartografiar cada 5 años las formaciones de pinar y de sabinar/enebral a escala 1:100000.
- Valorar los cambios producidos en las superficies ocupadas en cada cartografía por las cubiertas objeto de seguimiento. De esta forma podrá valorarse la dinámica de estas formaciones vegetales y las posibles transiciones entre ambas.
- Evaluación a largo plazo de la dinámica particularizada de las formaciones de sabinar y de enebro costero mediante seguimiento de variables estructurales.

Protocolo para el seguimiento de la dinámica de las formaciones de pinar, sabinar, enebro costero, matorral y vegetación de ribera.

El presente protocolo constituye básicamente una cartografía de las cubiertas de vegetación representativas y de interés en el PND. El procedimiento utiliza imágenes de la serie temporal disponible y áreas de entrenamiento representativas de cada tipo de cubierta de acuerdo al protocolo auxiliar para adquisición de datos de campo como verdad-terreno.

Se aplicó sobre las escenas una clasificación supervisada (con la ayuda de áreas de entrenamiento establecidas sobre el terreno o bien sobre foto aérea) de las superficies suficientemente densas dominadas por las especies objeto de este seguimiento.

A continuación se detalla el procedimiento seguido para generar la cartografía de las cubiertas objetivo del protocolo:

1. Generación de una máscara de arenas estabilizadas, costa y dunas activas dentro del PND (Figura 1). Esta máscara está extraída de los límites de estas unidades con la de marisma del Mapa Ecológico de Doñana (Bravo et al., 1998) e incluye la zona de protección del Arroyo de la Rocina.
2. Selección de las áreas de entrenamiento para cada fecha. La localización de las áreas de entrenamiento (verdad-terreno) y que corresponden también a parcelas de muestreo estructural aparecen en la Figura 2.
3. Aplicación de una clasificación supervisada con el criterio estadístico de la distancia de Mahalanobis (Richards, 1999). No se aplican umbrales para asignar las clases temáticas y se generan además de la imagen clasificada, las normas de asignación que se corresponden con imágenes de probabilidad de cada una de las clases.
4. Aplicación de un filtro de moda (ventana de 3x3 píxeles) sobre la imagen clasificada para eliminar píxeles aislados.

Localidades (parcelas verdad-terreno y parámetros estructurales).

Con objeto de valorar la estructura de las diferentes cubiertas se establecieron parcelas permanentes en donde estas especies presentan un recubrimiento importante. Estas parcelas sirven también como verdad-terreno de acuerdo a los protocolos auxiliares de paisaje.

Así, en el caso de las formaciones mixtas de sabinar/enebral y pinar se establecieron 11 parcelas de muestreo de 10 x 10 m² en el pinar de Marismillas. En los sabinares del Ojillo, del Marqués y en la denominada “Zona de Colonización”, se han establecido desde 2005 parcelas a mesoescala de 1 ha (100 x 100 m) en las que se identificó y georreferenció cada individuo de sabina y su clase de edad (adulto, altura >1 m; juvenil, entre 0.25 y 1 m; no se contabilizan las plántulas para estas parcelas de 1 ha), además de cuantificarse el índice de fructificación, el porcentaje de daño en copa y el porcentaje de regeneración identificado por las hojas juveniles. En cada revisión se reasignan las clases de edad y se identifican los individuos muertos o los cambios en clase de edad con objeto de obtener la dinámica demográfica. En su interior y para cada una de ellas se localizaron al azar 3 parcelas de 10 x 10 m² similares a las localizadas en Marismillas para cuantificar los parámetros forestales y sobre dinámica poblacional listados en la tabla 1.

Parámetro	Unidades	Detalle
Altura Copa	m	Altura de los 5 individuos más altos ubicados en la parcela
Diámetro máximo de copa sabinas/enebros	m	Diámetro máximo de copa y el correspondiente diámetro perpendicular
Diámetro Pinos a la Altura del Pecho (1.30 m)	m	Estimación a partir del perímetro
Densidad plántulas, jóvenes, adultos distinguiendo vivas y muertas	Individuos/sp*ha	Plántulas 0-25cm, jóvenes 25-100 cm, adultos > 100 cm
Índice de fructificación por individuo marcado	semi-cuantitativo	% de copa cubierto por frutos (0-5) 1=0-10%; 2=10-25%; 3=25-50%; 4=50-75%; 5=>75%
Porcentaje recubrimiento	semi-cuantitativo	<5%; 5-25%; 25-75%; >75%

Tabla 1. Listado de parámetros medidos en las parcelas de seguimiento de estructura de sabinar/pinar /enebral de 10 x 10 m².

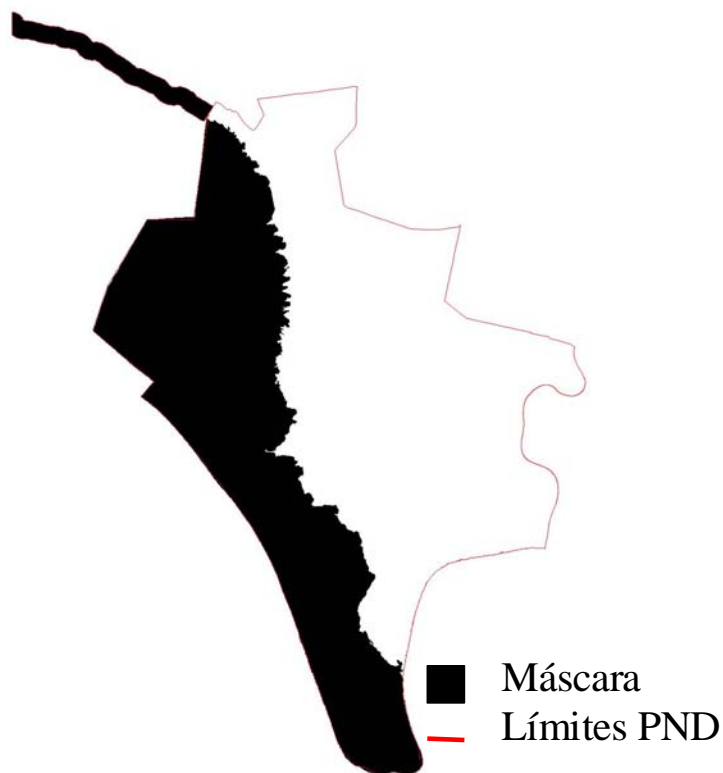


Figura 1: Máscara empleada en el protocolo para el seguimiento de formaciones de pinar, sabinar, enebreal, matorral y vegetación de ribera. Nótese la inclusión de la zona de protección del Arroyo de la Rocina.

En la superficie cubierta por la vegetación de ribera presente en el Arroyo de La Rocina se ubicaron 10 parcelas circulares de 15 m de diámetro en las que se llevaron a cabo muestreos físico-químicos, caracterización de composición de especies, densidad de individuos y vástagos, etc., ya que constituyen la base experimental del proyecto N°: 19/2004. Sin embargo, la única variable que se incluye en el seguimiento es el recubrimiento y la densidad relativa de los árboles y arbustos.

Por último, con respecto al matorral desde el año 2007 también se han establecido 21 parcelas permanentes (11 en monte blanco, 4 en monte intermedio y 6 en monte negro) de 15 x 15 m² en las que se muestrea la cobertura vegetal de las especies vegetales presentes mayoritariamente leñosas (caméfitos, fanerófitos y neófitos) en cada tipo de matorral y su abundancia relativa. El procedimiento se realiza por el método de contacto con cinta métrica a lo largo de 3 transectos orientados Este-Oeste a las distancias de 2.5 m, 5 m y 7.5 m. Se obtiene así el porcentaje de recubrimiento de cada especie dentro de la parcela, identificando cada individuo incluso de la misma

especie por separado con objeto de obtener la densidad de individuos y su estado, es decir, vivo o muerto. El método permite extraer por lo tanto el porcentaje de recubrimiento total por especie y estado, el de suelo desnudo, la densidad de individuos por parcela y la riqueza y diversidad biológica de cada parcela.

Estas parcelas se muestrean anualmente recogiendo las variables expuestas en la ficha de muestreo. No obstante, los datos obtenidos se reflejarán en periodos quinquenales dada la dinámica temporal de estas cubiertas. La Figura 2 muestra la localización de todas estas parcelas disponibles también en el Servidor de Cartografía Digital de Seguimiento (<http://mercurio.ebd.csic.es/seguimiento/>).



Figura 2: Localización de las parcelas de pinar/sabinar/enebral en Marismillas, sabinar en las Naves, matorral y vegetación de ribera en el Arroyo de la Rocina.

Calendario (fechas de imágenes y muestreo de parcelas)

Selección de 2 escenas con un intervalo entre ellas de 5 años. Son preferibles las imágenes capturadas en primavera y verano, época de mayor actividad vegetativa.

Con respecto a los muestreos de parcelas se efectúan cada 5 años, con revisiones anuales en caso de eventos extremos.

Resultados

Así para la validación del protocolo se escogieron imágenes del 26 de abril de 2004 y del 27 de agosto de 1999. El periodo entre ambas es de 4 años y medio.

La tabla de superficies muestra la superficie ocupada por cada una de las cubiertas vegetales objeto de seguimiento (en filas) para las 2 fechas de análisis en columnas (1999 y 2004). Se anexa una columna con el porcentaje de cambio ocurrido para cada tipo de vegetación en ese periodo. La tabla de parámetros estructurales muestra los datos referentes a la estructura forestal de las cubiertas de sabinar, pinar y enebro para el año 2005. Así, en las filas aparecen las variables estructurales (densidad por ha, altura media, DBH, etc.) y en columnas las distintas parcelas. La tabla de matorral muestra en las filas los valores promedio de las 21 parcelas de densidad de pies por ha, la densidad de pies vivos, la de muertos, el porcentaje de éstos sobre el total y los valores correspondientes de porcentaje de recubrimiento, además de la riqueza media de especies y el índice medio de diversidad de Shannon para cada año. Por último, la tabla de vegetación de ribera muestra para cada parcela de La Rocina (en columnas) los porcentajes de recubrimiento de las principales especies de ribera (en filas). Los mapas resultantes de la clasificación están disponibles para las 2 fechas analizadas en el Servidor de Cartografía Digital de Doñana (<http://mercurio.ebd.csic.es/seguimiento>). La Figura 3 muestra la imagen de clasificación de cubiertas vegetales obtenida para el año 2004 con la leyenda.

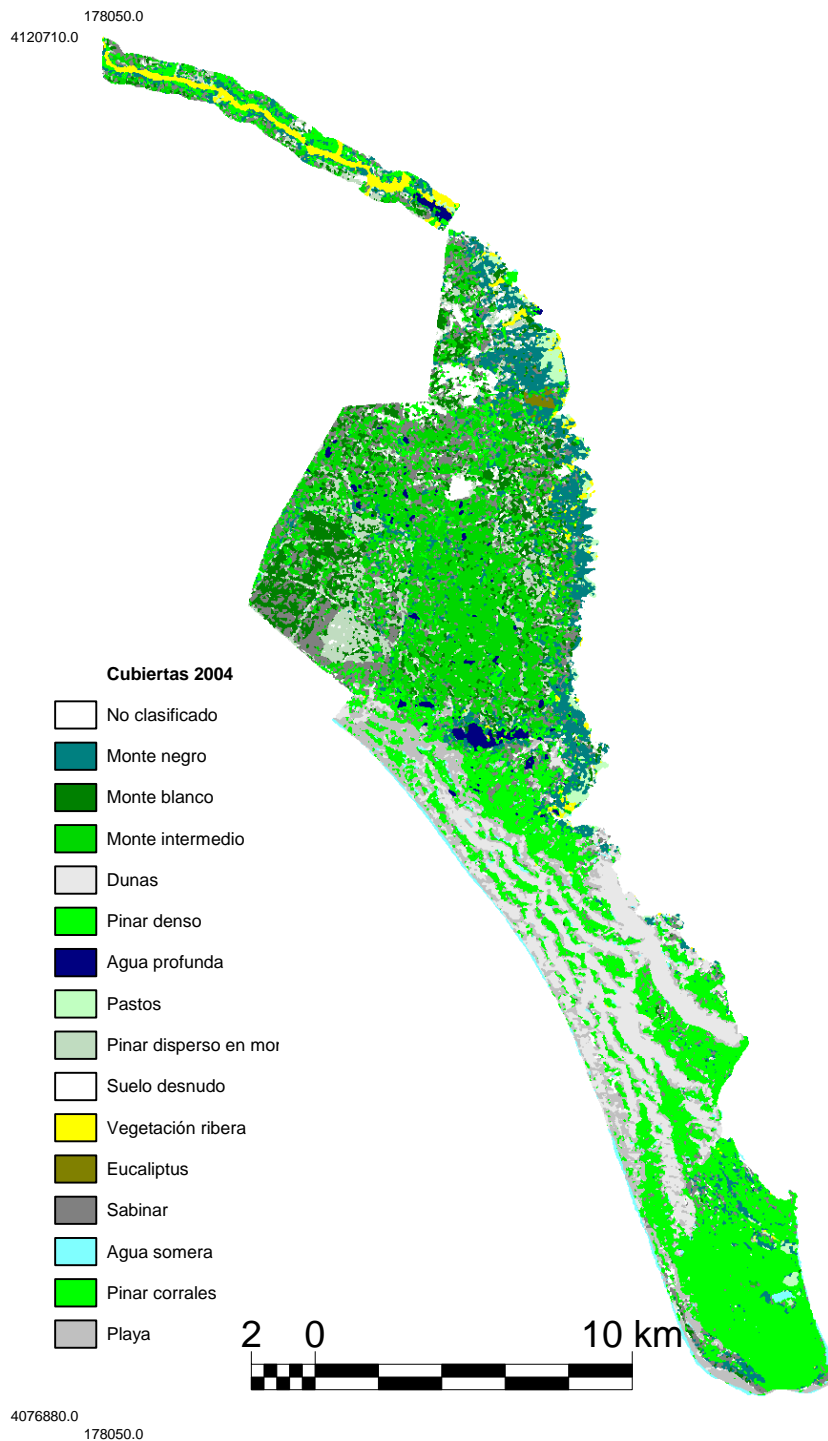


Figura 3: Cartografía de las cubiertas de vegetación terrestre en el año 2004.

Referencias bibliográficas

Bravo, M.A., F. Borja, C. Montes y F. Díaz del Olmo, 1998. "Mapa ecológico de Doñana" en Reconocimiento Biofísico de Espacios Naturales Protegidos. Doñana: una aproximación ecosistémica, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla. 1998.

- Gehu, J.M., 1993. The coastal woodlands of Europe. In: Tekke, R., Salman, A. (Eds.), Coastal Dune Woodlands along the Atlantic and North Sea Shores. EUCC Internal Report Series 4, Leiden, pp. 6–16.
- Granados, M., Ojeda, J.F., 1994. Intervenciones públicas en el Litoral Atlántico Andaluz. Efectos territoriales. Agencia de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.
- Muñoz Reinoso, J.C. 1997. Cambios en la vegetación de la Reserva Biológica de Doñana desde la creación del Parque Nacional. *In* Actas de las V Jornadas de la Asociación Española de Ecología Terrestre. Ed. Area de Ecología. Universidad de Córdoba. Pp. 79.
- Richards, J.A. 1999. Remote Sensing Digital Image Analysis, Springer-Verlag, Berlin, p. 240.