

# CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA Y CARACTERIZACIÓN SELVÍCOLA Y PRODUCTIVA DEL PARQUE NATURAL DE LOS ALCORNOCALES (CÁDIZ Y MÁLAGA)

E. TORRES ÁLVAREZ\*, G. MONTERO GONZÁLEZ\*\* & F.J. VÁZQUEZ PIQUÉ\*\*

\* DPTO. DE PRODUCCIÓN FORESTAL Y PASTOS. SERVICIO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO. APDO. 22, 06080 BADAJOZ.

\*\* ÁREA DE SELVICULTURA Y MEJORA FORESTAL. C.I.FOR.-I.N.I.A. APDO. 8.111, 28080 MADRID.

## RESUMEN

Se ha realizado una clasificación ecológica del Parque Natural de "Los Alcornocales" (Cádiz y Málaga, España) y una caracterización selvícola y productiva. La clasificación territorial se realizó mediante un Sistema de Información Geográfica. Se definieron y cartografiaron dieciséis Clases Territoriales y cinco clases de potencialidad del territorio para el alcornoque. Mediante una muestra de setenta y dos parcelas se caracterizaron selvícola y productivamente las distintas Clases Territoriales.

P.C.: Clasificación ecológica, Alcornoque, *Quercus suber*, Sistemas de información geográfica, Potencialidad, Corcho.

## SUMMARY

An ecological classification of the Natural Park "Los Alcornocales" (Cádiz and Málaga, Spain) and a silvicultural and productive characterisation are done. The territorial classification is assisted by a Geographical Information System. Sixteen Territorial Classes and five classes of cork-oak potentiality are defined and mapped. Using a sample of seventy two plots, the cork-oak forests of this area are silvicultural and productively characterised, according their Territorial Class.

K.W.: Ecological classification, Cork-oak, *Quercus suber*, Geographical information system, Potentiality, cork.

## INTRODUCCIÓN

Los alcornocales del Macizo del Aljibe y Sierras del Campo de Gibraltar se sitúan en el extremo meridional del Sistema Penibético, entre las provincias de Cádiz y Málaga. Están incluidos, prácticamente en su totalidad, en el denominado Parque Natural de los Alcornocales, de 170.025 ha, de las cuales alrededor de ciento dieciocho mil están pobladas por alguna formación en la que domina esta especie. Su importantísima producción de corcho y sus elevados valores naturales justifican que se lleve a cabo una cuidadosa gestión. La aplicación de una selvicultura lógica, correcta y adaptada a las masas y al medio precisa de una tipificación de los montes (MONTROYA, 1984). El proyecto INIA "Selvicultura de alcornocales (*Quercus suber* L.) y encinares (*Quercus rotundifolia* Lam.)" cuenta entre sus objetivos la clasificación ecológica y la caracterización selvícola de las principales zonas de alcornocal en España. Los alcornocales extremeños ya han sido objeto de este tipo de estudios (GONZÁLEZ-ADRADOS *et al.*, 1994). En la presente comunicación se presenta un resumen de la metodología y una síntesis de los resultados obtenidos para el territorio del Parque Natural de Los Alcornocales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El proceso metodológico seguido queda esquematizado en la figura 1. Se consideraron factores ecológicos, de índole abiótica e inalterables desde la perspectiva de percepción humana, de tres tipos: fisiográficos, climáticos y litológicos. La cartografía temática disponible fue preparada destacando las líneas que delimitan zonas homogéneas respecto a cada uno de los factores ecológicos. Se obtuvo un total de nueve mapas de factores ecológicos, de los cuales dos eran de factores fisiográficos (altitudes y cuencas vertientes), seis de factores climáticos (precipitación anual, duración del periodo seco, duración del periodo cálido, duración del periodo frío, temperatura media del mes más cálido y temperatura media del mes más frío) y uno de factores litológicos (litología). Esta información se almacenó en formato vectorial en el sistema de información geográfica ARC-INFO®, obteniéndose, tras la digitalización de los mapas, un total de nueve coberturas. El proceso equivalente a la superposición de planos se realizó informáticamente mediante la unión de coberturas. Cada recinto de la cobertura unión es homogéneo respecto a cada uno de los factores ecológicos considerados y constituye la unidad territorial de la clasificación ecológica. Los recintos de la cobertura unión fueron clasificados de dos maneras diferentes. Por un lado, se aplicó, con ciertas modificaciones, el Sistema de Clasificación Territorial I.T.E. (ELENA ROSELLÓ *et al.*, 1990), que proporciona una división del territorio objetiva e independiente de la finalidad del estudio. La otra clasificación territorial realizada está orientada específicamente hacia la determinación de zonas con diferente aptitud para la vida del alcornoque.

La clasificación basada en el método I.T.E. utiliza como herramienta fundamental el programa TWINSPAN (HILL, 1979), que proporciona en los sucesivos niveles de división una división en Clases Territoriales ordenadas según el gradiente ecológico más intenso. Una de las modificaciones hechas al método I.T.E. consiste en que la unidad de estudio es el recinto con homogeneidad interna de cada uno de los factores ecológicos, sea cual sea su forma y dimensión, en lugar de utilizar una cuadrícula de lado determinado y con una variabilidad interna sin determinar. Otra de las modificaciones consistió en que la utilización del sistema de información geográfica permitió la aplicación de la clasificación TWINSPAN a todo el territorio sin necesidad de realizar un muestreo.

La determinación de la potencialidad del territorio para el alcornoque se realizó asignando un coeficiente ( $C_x$ ) a cada uno de los valores de las variables ambientales. Este coeficiente toma el valor diez si ese rango de valores del factor ecológico no implica limitación alguna para la vida del alcornoque, es decir, se trata del rango óptimo. Valores inferiores indican aumento de limitaciones para el alcornoque, hasta llegar al valor cero que significa incompatibilidad con el alcornoque, o lo que es lo mismo, que para ese rango de valores el factor ecológico se convierte en excluyente. La consideración conjunta de los nueve factores ecológicos en cada uno de los recintos de la cobertura unión se realizó a través del cálculo del Índice de Potencialidad ( $I_{pot}$ ), cuya expresión es la siguiente:

$$I_{pot} = \frac{\frac{C_a + C_c}{2} + \frac{C_p + C_s}{2} + \frac{C_f + C_{cal} + C_{amp}}{3} + C_l}{4}$$

Si algún  $C_x$  fuera cero, el valor de  $I_{pot}$  también se toma como cero. A partir de los valores del Índice de Potencialidad se definieron cinco clases de potencialidad (A,B,C,D y E) en las cuales los factores limitantes van aumentando desde la clase A hasta la E, que es la clase excluyente.

Para comprobar la validez de ambas clasificaciones se contrastaron con la distribución de la vegetación real. A partir del Mapa Forestal de España (RUIZ DE LA TORRE, 1992) se definieron y delimitaron sobre la cartografía un total de doce formaciones vegetales distintas. El mapa de vegetación se digitalizó dando lugar a la cobertura de vegetación. Esta cobertura se superpuso, por separado, con la cobertura de clases territoriales y con la cobertura de potencialidad del territorio para el alcornoque. Se construyeron sendas tablas de contingencia que indicaban el reparto de superficies entre las distintas formaciones vegetales y las clases territoriales, por un lado, y el reparto entre las formaciones vegetales y las clases de potencialidad. A estas tablas de contingencia se les aplicó un test  $\chi^2$  de independencia entre clasificaciones.

La caracterización selvícola y productiva se realizó a partir de una muestra de setenta y dos parcelas repartidas por todo el Parque Natural. En cada una de estas parcelas se midió el área basimétrica, diez distancias entre pies, la fracción de cabida cubierta y la circunferencia normal y las alturas de descorche en tronco y ramas de los diez árboles más próximos al centro de la parcela. Del mismo modo, en cada una de las parcelas se tomaron cincuenta muestras de corcho cuadradas de 20×20 cm. Estas piezas fueron cocidas, calibradas y clasificadas según su calidad comercial.

A partir de los datos obtenidos en las parcelas experimentales, cada clase territorial ha sido caracterizada mediante cinco variables selvícolas (área basimétrica, fracción de cabida cubierta, circunferencia normal media, coeficiente de descorche medio y porcentaje de árboles descorchados en ramas) y cinco variables productivas (peso de corcho por metro cuadrado, calibre medio, porcentaje de corcho grueso bueno, porcentaje de refugo e índice de precio medio del corcho). Con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas entre las clases territoriales se realizó un análisis de la varianza para cada una de las variables consideradas.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La unión de las nueve coberturas de factores ecológicos dio lugar a una nueva cobertura formada por mil trescientos sesenta y nueve recintos. El resultado del análisis TWINSPLAN se plasma en el dendrograma de la figura 2. Los atributos indicadores han resultado ser, fundamentalmente, de naturaleza climática. En general, el polo negativo de la clasificación, o lado izquierdo del dendrograma, se caracteriza por tener veranos más largos y calurosos y precipitaciones medias o bajas, mientras que el polo positivo, o lado derecho, corresponde a las zonas más frescas y con mayores precipitaciones. La traducción de estas características ambientales en términos fitológicos permite sugerir que el polo negativo tiende a la xerofilia y el positivo a la mesofilia. El polo negativo de la clasificación se sitúa al norte y noroeste del Parque Natural, en la zona de transición hacia la Campiña gaditana, mientras que el polo positivo se corresponde con las zonas más altas del macizo del Aljibe. A partir del polo negativo, más xerofítico, puede trazarse una línea que va recorriendo consecutivamente todas las clases territoriales hasta llegar al polo positivo, más fresco y húmedo. Por la parte oeste del Parque Natural, la vertiente atlántica, el gradiente ecológico más acusado es un gradiente de continentalidad-oceanidad. A partir del extremo sur, por la vertiente mediterránea, el gradiente ecológico más acusado es un gradiente altitudinal.

Los valores obtenidos para el Índice de Potencialidad ( $I_{pot}$ ), así como las clases de potencialidad establecidas se presentan en la tabla 1, donde se indica también la superficie ocupada por cada una de dichas clases y su porcentaje respecto a la superficie total del Parque Natural. La clase de potencialidad más abundante es la A, que se sitúa principalmente sobre las areniscas de la parte este del Parque Natural. La clase B se sitúa

también sobre areniscas, pero fundamentalmente en la parte oeste. La clase C se sitúa principalmente en la parte sur y la clase D en los terrenos aluviales del sistema fluvial del río Barbate. La clase E, excluyente, se encuentra sobre enclaves con sustrato de naturaleza caliza, arcillosa o margosa repartidos por todo el Parque.

El análisis de la tabla de contingencia Clases Territoriales-Vegetación real arroja un valor de  $\chi^2_{\text{observado}} = 1,02367 \cdot 10^7$ , que se corresponde en las tablas de  $\chi^2$  con  $(12-1)(8-1) = 77$  grados de libertad con un valor del nivel de significación  $\alpha = 3,29560 \cdot 10^{-10}$ . Es posible afirmar que existe alguna relación de dependencia entre la clasificación efectuada y la vegetación real. Por tanto, el resultado de la clasificación tiene verdadero significado ecológico. En el análisis de la tabla de contingencia Clases de potencialidad-Vegetación real se obtuvo un valor de  $\chi^2_{\text{observado}} = 6,0153 \cdot 10^8$ , que en las tablas de  $\chi^2$  con  $(12-1)(5-1) = 44$  grados de libertad se corresponde con un nivel de significación  $\alpha = 0,00$ , lo que quiere decir que también existe alguna relación entre la vegetación real del Parque natural y las clases de Potencialidad definidas. Estos resultados permitieron validar las dos clasificaciones territoriales efectuadas.

La tabla 2 presenta los valores medios y las desviaciones típicas de las variables selvícolas y productivas calculadas en las distintas Clases territoriales. Aunque del análisis de la varianza no se desprenda la existencia de diferencias significativas entre las variables selvícolas, sí se observan tendencias de variación, más o menos continuas, a lo largo del gradiente ecológico al que responden las clases Territoriales. En cuanto a las variables productivas, las diferencias se muestran significativas en cuanto a peso de corcho por metro cuadrado y a calibre. Las diferencias en cuanto a porcentaje de las distintas calidades y a índice de precio medio del corcho no son estadísticamente significativas, pero muestran de nuevo tendencias continuas de variación de unas clases a otras. El corcho procedente de la vertiente atlántica del Parque Natural, excepto las partes altas del macizo del Aljibe, presenta, en general, calidades algo inferiores al procedente de la vertiente mediterránea y partes altas del macizo del Aljibe.

En definitiva, puede concluirse que el gradiente ecológico detectado en el territorio estudiado se traduce en una variación continua de las características dasométricas y productivas de sus alcornoques.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ELENA ROSELLÓ, R., TELLA FERREIRO, G., ALLUÉ ANDRADE, J.L. & SÁNCHEZ PALOMARES, O. (1990). Clasificación biogeoclimática territorial de España. Definición de Ecorregiones. *Ecología*. Num. fuera de serie, pp. 59-79.

GONZÁLEZ ADRADOS, J.R., ELENA ROSELLÓ, R. & TELLA FERREIRO, G. (1994). *Atlas del alcornoque en Extremadura*. Colección Monografías. Publicaciones de la Secretaría General Técnica. Consejería de Agricultura y Comercio. Junta de Extremadura. Mérida.

HILL, M.O. (1979). *TWINSPAN - A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes*. Section of Ecology and Systematics. Cornell University. Ithaca, New York.

MONTOYA, J.M. (1984). Tipificación forestal de los bosques españoles. Los alcornoques (*Quercus suber* L.). *Boletín de la Estación Central de Ecología*. Vol.XIII. Num. 25, pp. 1-8.

RUIZ DE LA TORRE, J. (Dir) (1992). *Mapa Forestal de España. Algeciras. Hoja 4-12*. ICONA. Madrid.

$I_{pot}$	CLASE	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE
9,18-9,75	A	76.450,62	44,97
8,61-9,17	B	23.419,14	13,77
8,03-8,60	C	12.438,23	7,32
7,46-8,02	D	6.464,64	3,80
0	E	51.252,37	30,14

Tabla 1. Valores del Índice de Potencialidad ( $I_{pot}$ ) correspondientes a cada una de las clases de potencialidad. Superficie ocupada por cada una de las clases y porcentaje respecto al total.

Clase Territ.	Variables selvícolas ( $m \pm \sigma$ )					Variables productivas ( $m \pm \sigma$ )				
	AB	Fcc	CN	CD	Pdr	PCM2	CBM	% GB	% R	Ipme
CT-8	9,5±4,9	0,47±0,4	119,4±44,3	1,8±0,3	15,0±21,2	9,1±0,8	28,6±4,0	12,9±11,9	21,6±24,8	0,47±0,2
CT-9	13,3±5,4	0,60±0,2	107,9±30,6	2,1±0,4	17,1±25,0	9,2±0,6	26,8±2,9	10,6±7,8	42,3±19,2	0,36±0,1
CT-10	17,5±5,6	0,69±0,1	112,3±25,9	1,8±0,2	13,8±25,0	10,2±0,7	32,4±3,7	10,6±10,9	28,9±12,1	0,43±0,1
CT-11	15,5±5,4	0,64±0,2	119,5±29,2	2,1±0,4	17,7±17,1	10,1±0,4	29,3±3,5	15,0±13,7	26,72±18,5	0,45±0,1
CT-12	15,9±5,5	0,67±0,5	100,8±30,2	2,1±0,3	12,9±25,6	8,9±1,1	26,2±2,7	21,3±9,3	23,7±16,4	0,51±0,1
CT-13	13,3±5,6	0,68±0,6	121,3±22,5	2,1±0,3	30,0±19,5	9,4±1,4	27,4±3,6	15,3±11,3	21,5±11,5	0,46±0,1
CT-14	10,0±2,8	0,55±0,1	125,5±50,8	1,8±0,2	30,0±28,3	9,1±0,1	28,0±3,5	15,6±10,5	29,1±8,1	0,44±0,1
CT-15	13,2±6,0	0,71±0,3	100,7±7,9	1,8±0,3	8,0±8,4	9,2±1,6	28,3±2,2	19,6±13,4	30,5±16,7	0,47±0,1

Tabla2. Descripción de las variables selvícolas y productivas en las Clases Territoriales del Parque Natural de Los Alcornocales. (AB: área basimétrica,  $m^2/ha$ ; Fcc : fracción de cabida cubierta; CN: circunferencia normal media, cm; CD: coeficiente de descorche medio; Pdr: porcentaje de pies descorchados en ramas; PCM2: peso de corcho por metro cuadrado,  $kg/m^2$ ; CBM: calibre medio del corcho, mm; % GB: porcentaje de corcho grueso bueno; % R: porcentaje de refugo; Ipme: índice de precio medio del corcho).

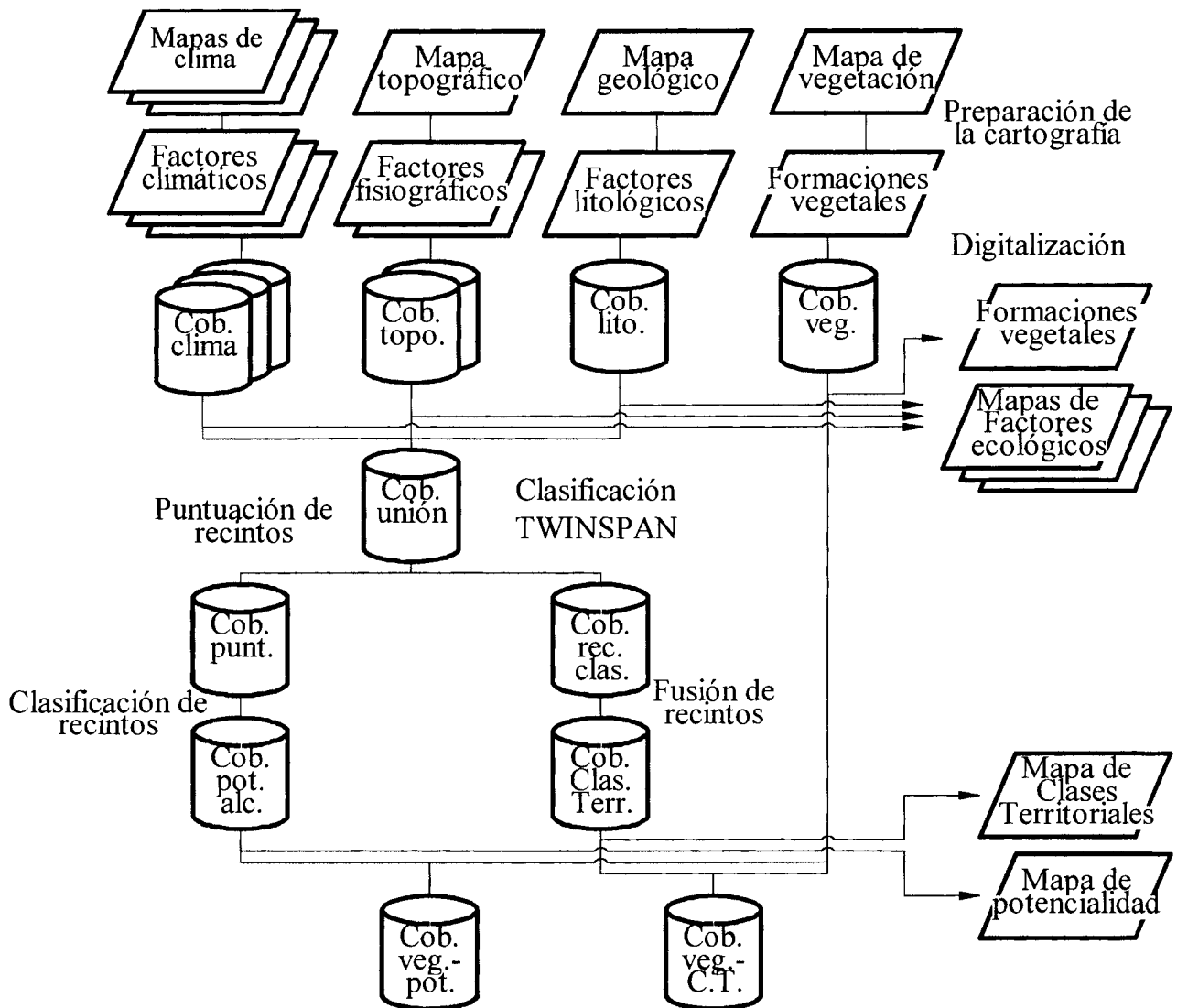


Figura 1. Esquema metodológico seguido para la clasificación ecológica del Parque Natural de Los Alcornocales.

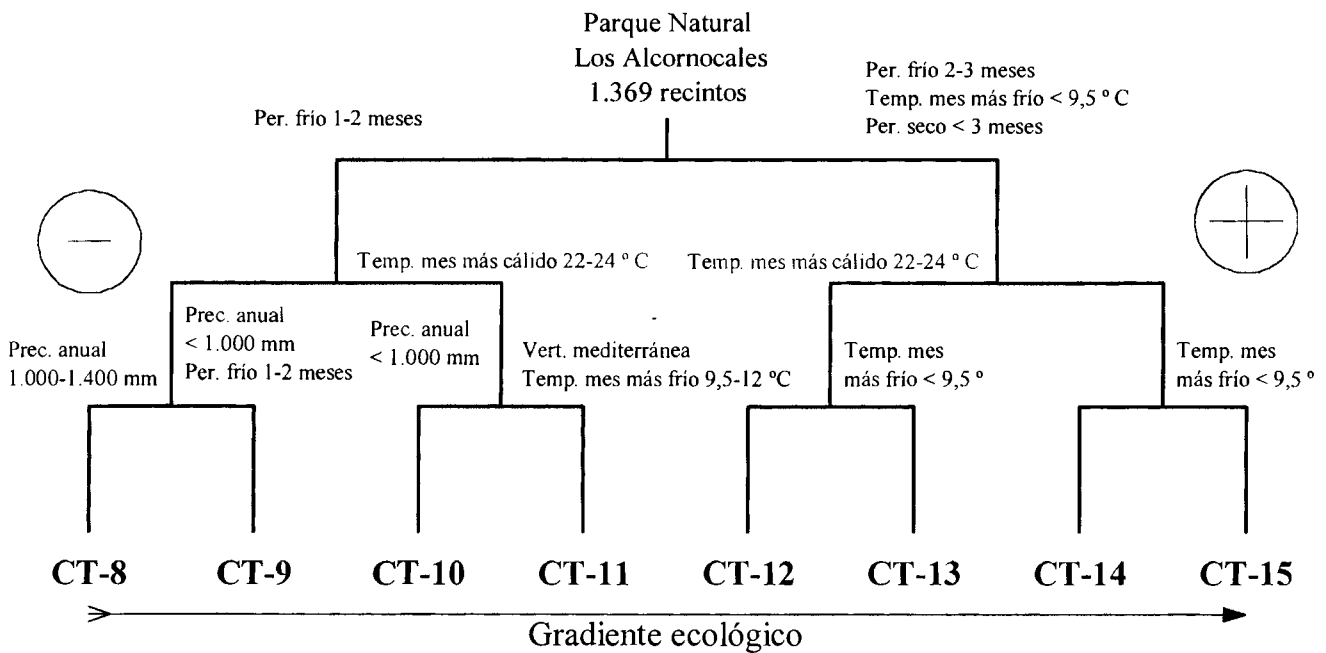


Figura 2. Dendrograma obtenido en la clasificación TWINSpan del territorio del Parque Natural de Los Alcornocales.