



5º CONGRESO FORESTAL  
ESPAÑOL

# 5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

---

REF.: 5CFE01-096

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León  
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009  
ISBN: 978-84-936854-6-1  
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Influencia del ámbito de aplicación en la determinación de gradientes ecológicos en los estudios de distribución de especies forestales. Ejemplo de aplicación con el quejigo (*Quercus faginea* Lamk.) en la provincia de Guadalajara

LÓPEZ SENESPLEDA, E.<sup>1</sup>, RUIZ-PEINADO, R.<sup>1</sup>, ALONSO PONCE, R.<sup>2</sup> y SÁNCHEZ PALOMARES, O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CIFOR-INIA. Ctra. A Coruña, km 7,5. 28040 - MADRID.

<sup>2</sup> DIF-VALONSADERO, Aptdo. Correos 175. 42080 - SORIA.

### Resumen

La autoecología y la distribución de especies forestales pueden abordarse desde distintas aproximaciones. Entre las herramientas disponibles, los modelos lineales generalizados, en concreto la regresión logística, es uno de los enfoques más utilizados. Generalmente en los estudios de distribución de especies y de determinación de hábitats se baraja un número elevado de variables a incluir en los modelos, por lo que se hace necesario contemplar el principio de parsimonia. Mediante la aplicación del análisis de componentes principales (ACP), se busca conocer la estructura de los datos, determinar los gradientes ecológicos que permiten aproximarse a la realidad de la distribución de las especies y reducir el número de variables a incluir en análisis posteriores.

En este trabajo se muestran las dificultades encontradas, y las soluciones aportadas, durante el estudio piloto que pretende aplicar el ACP a un conjunto de datos de presencia-ausencia de quejigo (*Quercus faginea* Lamk.) en la provincia de Guadalajara. Para dicho estudio se tomaron las parcelas del Inventario Forestal Nacional (IFN) en las que el quejigo aparecía como una de las especies principales.

### Palabras clave

Quejigo, *Quercus faginea* Lamk., análisis de componentes principales, gradientes ecológicos, distribución de especies.

### 1. Introducción

Los estudios autoecológicos en España cuentan con más de cuarenta años de desarrollo, durante los cuales se han elaborado numerosas publicaciones, generalmente en forma de estudios, como se puede ver en algunos de sus primeros trabajos (NICOLAS & GANDULLO, 1967, 1969; GANDULLO et al., 1972; GANDULLO et al., 1974; SÁNCHEZ PALOMARES et al., 1990), que han ido evolucionando con el tiempo gracias a las continuas revisiones de la metodología, y han demostrado su valía con numerosas aplicaciones prácticas y dando lugar a un amplio número de publicaciones, como la que trata sobre las estaciones ecológicas actuales y potenciales de los rebollares españoles (SÁNCHEZ PALOMARES et al., 2008), las estaciones ecológicas de los alcornocales españoles (SÁNCHEZ PALOMARES et al., 2007), las estaciones ecológicas de los hayedos españoles (GANDULLO et al., 2004a) y las de los castañares españoles (GANDULLO et al., 2004b), por citar las más recientes. La última revisión de todos estos trabajos la llevó a cabo ALONSO PONCE (2007) en su tesis doctoral, en donde además desarrolla la teoría de campos aplicada a la ecología, en concreto al cálculo de hábitats paramétricos.



Entre los enfoques más aplicados actualmente, se encuentran los modelos generalizados lineales (GUISAN & ZIMMERMANN, 2000; ENGLER et al., 2004), dentro de los cuales los más aplicados a la distribución de especies son las regresiones logísticas (PEARCE & FERRIER, 2000). Las aplicaciones en España a la determinación de áreas potenciales de especies forestales (MEZQUIDA et al., 2009) se han realizado sobre especies que ocupan un ámbito de distribución y hábitat reducidos, en el que las interacciones con un elevado número de especies no es tan frecuente. Sin embargo, en el caso del quejigo, la especie cuenta con un área de distribución extensa, con presencia en la mitad este del territorio nacional, capaz de interactuar con multitud de especies, incluso de hibridarse con ellas, además de contar con un manejo histórico que castigó bastante a la especie en detrimento de otras que presentaban más ventajas a ojos del hombre como, por ejemplo, la encina (SAN MIGUEL, 1986).

La aplicación de la regresión logística se verá facilitada si en lugar de considerar todas las variables que frecuentemente se contemplan en los estudios de autoecología, se trabajase con los factores resultantes de la aplicación del análisis de componentes principales, ya que se dotará de parsimonia al modelo logístico sin reducir la información analizada al ser los factores combinaciones lineales de las variables originales (HAIR et al., 1999).

## 2. Objetivos

El objetivo inicial del trabajo es la aplicación del análisis de componentes principales a variables ecológicas para observaciones de presencia-ausencia en el área de distribución del quejigo en la provincia de Guadalajara.

## 3. Metodología

Para la selección de parcelas de presencia, se tomaron todas aquellas del IFN en la provincia de Guadalajara (DGCONA, 2006), que tuvieran pies mayores de quejigo. El principal problema se planteó a la hora de seleccionar los puntos de ausencia. Las posibilidades que existen son, i) tomar todos los puntos donde no hay presencia actual de la especie, o ii) hacer una selección aleatoria dentro del conjunto de ausencias. Se eligió esta segunda opción, ya que la elevada diferencia en el número de casos de presencia-ausencia haría que los análisis posteriores se vieran fuertemente influidos (MCPHERSON et al., 2004). Así, para la elección de ausencias, se tomaron todos los puntos donde no aparecía la especie y en los que, además, los valores de los parámetros que definen el hábitat no se encontraban alejados de los valores límite determinados para la especie a nivel nacional (LÓPEZ-SENEPLEDA & SÁNCHEZ-PALOMARES, 2006). Del conjunto resultante de puntos, se seleccionaron aleatoriamente un número de ausencias igual al número de puntos con presencia de la especie, contándose por tanto con 360 puntos de presencia y otro tanto de ausencia.

Se calcularon las siguientes variables fisiográficas y climáticas que se consideran las más importantes a incluir en el estudio (SÁNCHEZ PALOMARES et al., 2001): altitud (*ALT*), insolación (*INS*) y pendiente (*PNDT*); precipitación total (*PTOT*) y precipitaciones estacionales (*PP*, *PV*, *PO* y *PIN*), temperaturas media (*TMED*), media del mes más cálido (*TMC*), media del mes más frío (*TMF*), media de las máximas (*MMAX*) y media de las mínimas (*MMIN*), evapotranspiración (*ETP*), superávit (*SUP*), déficit (*DEF*), el índice hídrico (*IH*) y el índice de Vernet (*IVERNET*). No se han utilizado variables edáficas por carecer de información para todas las parcelas, tanto de presencia como de ausencia, ni las variables

edafoclimáticas por no poder determinarse correctamente. Estas 18 variables fisiográficas y climáticas se someten a un análisis univariante (Tabla 1).

Tabla 1. Estadísticos básicos de las variables usadas a nivel de provincia

Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desv. Est
<i>ALT</i>	1121,65	658,00	1704,00	205,23
<i>INS</i>	93,98	32,00	135,00	16,65
<i>PNDT</i>	19,35	0,00	64,90	133,31
<i>PTOT</i>	702,94	478,00	1068,00	126,97
<i>PP</i>	199,66	135,00	306,00	35,92
<i>PV</i>	94,17	62,00	133,00	15,08
<i>PO</i>	203,11	124,00	322,00	40,47
<i>PIN</i>	205,98	103,00	335,00	44,77
<i>TMED</i>	10,45	5,60	13,60	1,47
<i>TMC</i>	20,29	13,50	24,50	1,92
<i>TMF</i>	2,54	-1,20	4,90	1,20
<i>MMAX</i>	29,04	22,70	33,40	1,98
<i>MMIN</i>	-2,16	-5,40	-0,30	1,04
<i>ETP</i>	648,17	480,00	759,00	48,86
<i>SUP</i>	339,12	95,00	747,00	126,75
<i>DEF</i>	284,36	152,00	431,00	56,45
<i>IH</i>	27,82	-12,70	135,70	27,30
<i>IVERNET</i>	-4,92	-8,53	-0,85	1,50

El siguiente paso consistió en el análisis de la estructura de los datos mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP) y la reducción del número de variables. Lo que se pretende es evidenciar los gradientes ambientales que puedan inferirse de los datos, la adecuación de dichos gradientes al estudio, es decir, su coherencia con la realidad biológica y, sobre todo, dar el primer paso para una futura aplicación de los modelos lineales generalizados al reducir el número de variables, sustituyéndolas por los factores adecuados, y dotar así de parsimonia al modelo de regresión logística (HAIR et al., 1999; MANEL et al., 1999). El ACP se llevó a cabo con el paquete estadístico SAS<sup>®</sup> (SAS/ETS, 1999).

#### 4. Resultados

Tras la aplicación del ACP a los datos de presencia-ausencia de la provincia de Guadalajara, se observó que los gradientes ambientales que se definen con los tres primeros factores no mostraban diferencias entre los puntos, es decir, tanto los de presencia como los de ausencia aparecían representados de forma íntima y confusa. Únicamente separaba claramente dos grupos que se correspondían a las dos subcuencas hidrográficas presentes en la provincia, pero ambos presentaban las parcelas de presencia y de ausencia mezcladas (Figura 1).

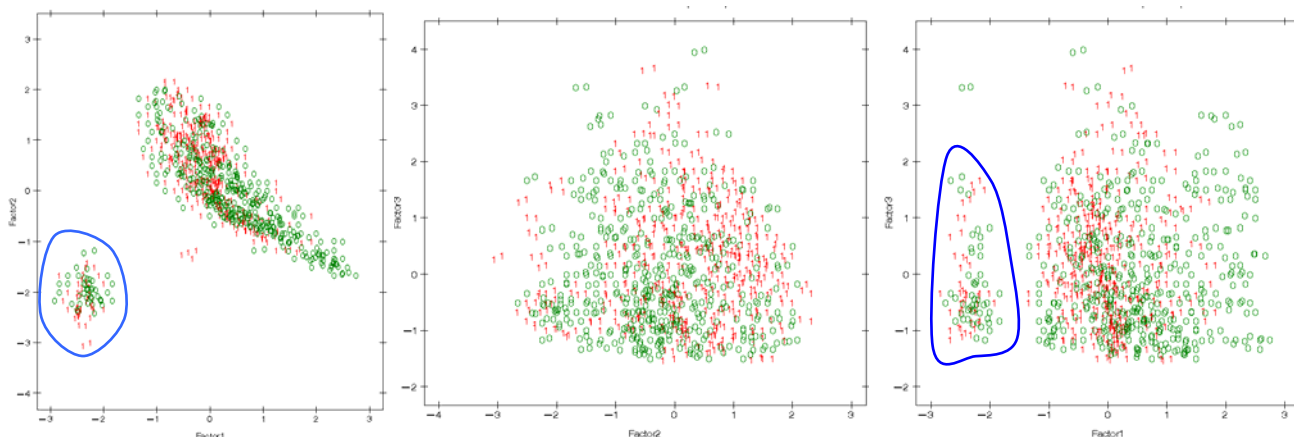


Figura 1. Representación de los tres factores obtenidos del ACP con las parcelas de presencia-ausencia de la provincia de Guadalajara. Las parcelas pertenecientes a otra subcuena hidrográfica aparecen remarcadas. (Presencias en rojo, ausencias en verde. Izquierda: Factor 1- Factor 2; Centro : Factor 2-Factor 3; Derecha: Factor 1-Factor 3)

Con el fin de identificar si la superficie sobre la que se trabajaba era demasiado reducida como para recoger la variabilidad fisiográfico-climática que permitiera a los gradientes ecológicos separar las presencias de las ausencias, se decidió ampliar la superficie del estudio a la Comunidad Autónoma, aplicando todos los criterios de selección de parcelas anteriores. La muestra ampliada cuenta con 670 parcelas de presencia y el mismo número de ausencias, repartidas por todo el territorio de Castilla-La Mancha, pero muy concentradas en las provincias de Guadalajara y Cuenca. Cuando se realizó el ACP (Figura 2), se observó que de nuevo las parcelas de presencia y ausencia se mezclaban íntimamente, además de presentar unas formas en las distribuciones bastante extrañas que podían ser debidas a la pertenencia de las observaciones a distintas ecorregiones en la comunidad autónoma.

Por último, se decidió probar a seleccionar los datos de presencia y ausencia que se situasen dentro de la misma subcuena hidrográfica, para lo que se eligió la que más puntos presentaba. De la subcuena 5 (SÁNCHEZ PALOMARES et al., 1999) o subcuena centro-oriental del Tajo, que incluye parte de las provincias de Guadalajara, Madrid, Cuenca y Toledo, se han tomado finalmente 880 puntos de presencia-ausencia (Figura 3). Al aplicar el ACP a este conjunto de datos, se observó que en este caso sí que se puede afirmar que el gradiente fisiográfico-climático definido muestra las parcelas de presencia y las de ausencia separadas de forma más clara (Figura 4). Como se puede ver en la figura 4, en la parte izquierda de los gráficos las presencias se mezclan con las ausencias, y en la parte derecha de los mismos se agrupan las ausencias, excepto para la representación de los factores 2 y 3.

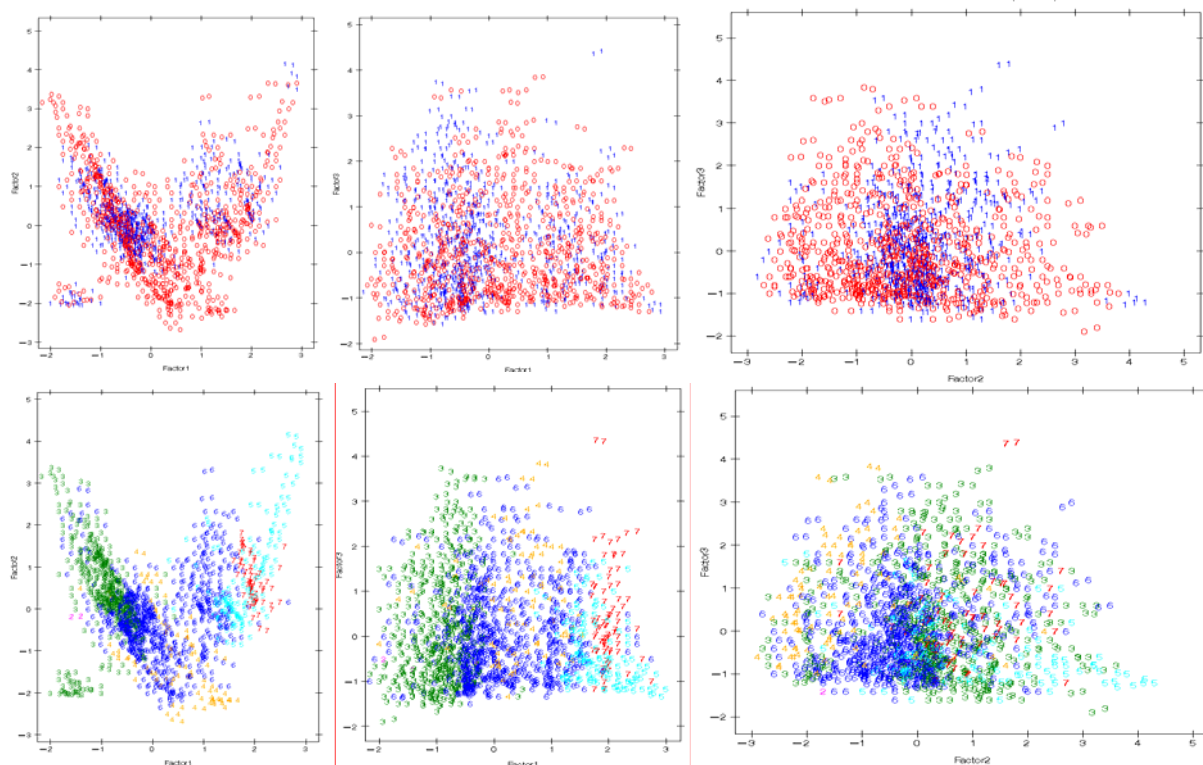


Figura 2. Representación de los tres factores obtenidos del ACP con las parcelas de presencia-ausencia en Castilla-La Mancha. (Gráficas superiores: presencias en azul, ausencias en rojo. Gráficas inferiores: representación según ecorregiones. Situación: izquierda: Factor 1- Factor 2; centro: Factor 1-Factor 3; derecha: Factor 2-Factor 3.)

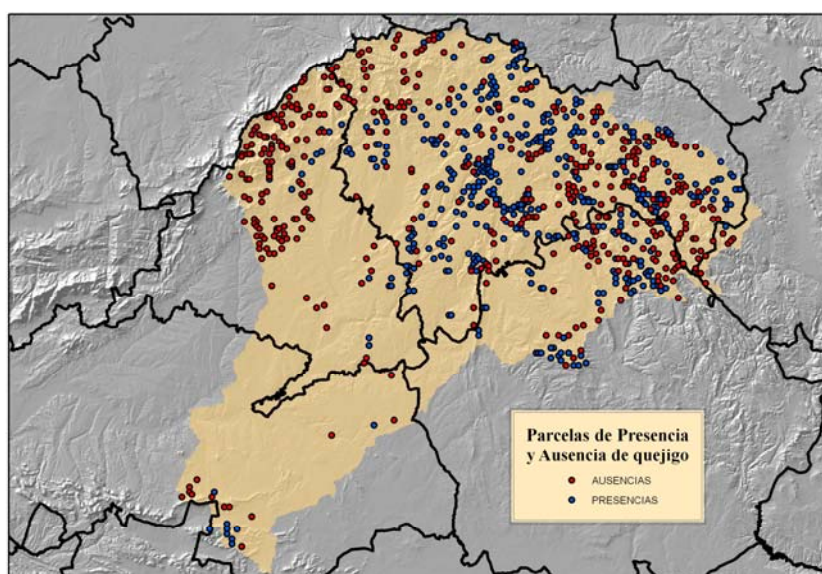


Figura 3. Distribución de las parcelas de presencia y ausencia en la Subcuenca hidrográfica centro-oriental del Tajo



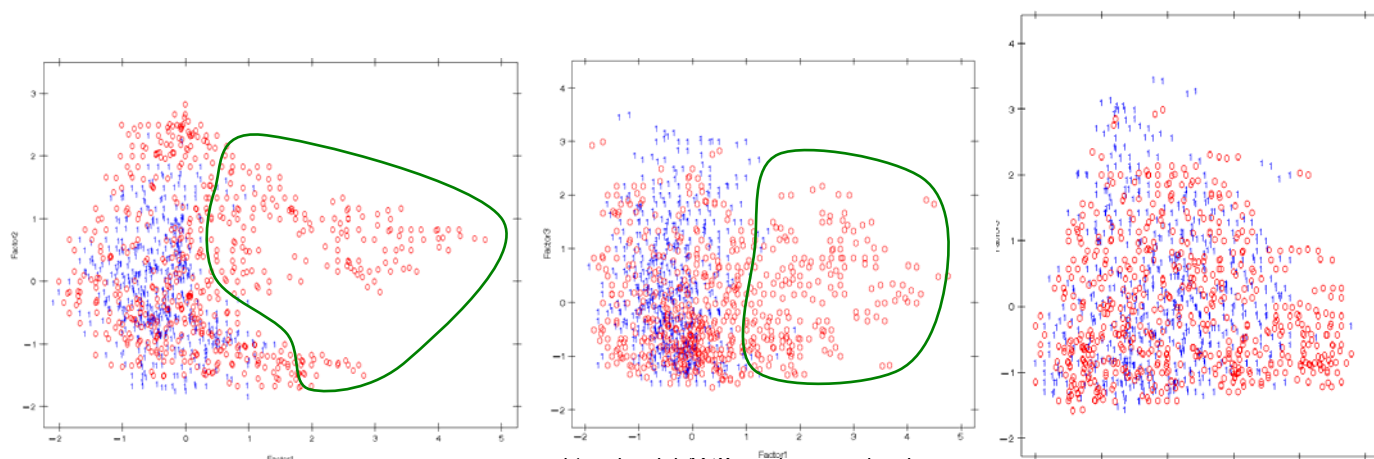


Figura 7. Representación de los tres factores obtenidos del ACP con las parcelas de presencia en la subcuenca hidrográfica centro-oriental del Tago. (Presencias en azul, ausencias en rojo) Gráfica izquierda: Factor 1-Factor 2; Gráfica central: Factor 1-Factor 3; Gráfica derecha: Factor 2-Factor 3.)

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las cargas de los tres primeros factores, una vez rotados, con la variabilidad explicada por cada uno para cada uno de los ámbitos de aplicación considerados.

Tabla 2. Cargas de las variables en los tres factores principales obtenidos de los ACPs, para cada uno de los casos considerados. Las celdas sombreadas son las que más cargan en el correspondiente factor.

Parámetro	PROVINCIA			CCAA			SUBCUENCA		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 1	Factor 2	Factor 3
ALT	0,55314	-0,82596	0,00353	-0,78257	0,38749	0,11687	0,74481	-0,63968	0,05087
INS	0,01414	-0,01296	-0,16818	-0,05145	-0,03061	-0,14958	0,03917	-0,00068	-0,07240
PNDT	0,06904	0,02603	0,98249	-0,08517	0,11762	0,97659	0,05855	-0,08631	0,99169
PTOT	0,93669	-0,34222	0,02178	-0,38754	0,91568	0,05451	0,86433	-0,49636	0,04807
PP	0,91869	-0,38954	0,01905	-0,36474	0,88770	0,09278	0,83576	-0,54565	0,04993
PV	0,20338	-0,94580	-0,05185	-0,93518	0,19230	0,02925	0,64314	-0,75694	0,05457
PO	0,95801	-0,27120	0,03913	-0,47197	0,85855	0,04747	0,84239	-0,52146	0,04914
PIN	0,98533	-0,09448	0,02852	0,05484	0,98279	0,02616	0,94357	-0,31523	0,04089
TMED	-0,62554	0,76030	-0,02869	0,93268	-0,34230	-0,03430	-0,69511	0,66466	-0,05283
TMC	-0,50225	0,81378	-0,03874	0,93174	-0,26526	-0,02430	-0,63399	0,63700	-0,04807
TMF	-0,70966	0,69662	-0,01592	0,90754	-0,37490	-0,02690	-0,67666	0,71502	-0,04946
MMAX	-0,34171	0,88430	0,00845	0,82185	-0,33146	-0,10133	-0,85092	0,45108	-0,04716
MMIN	-0,76630	0,59449	-0,02079	0,91735	-0,29888	0,02495	-0,52610	0,83379	-0,05630
TVER	-0,55361	0,80091	-0,03317	0,93236	-0,31240	-0,03933	-0,65807	0,66301	-0,04936
TINV	-0,70571	0,70048	-0,01736	0,91040	-0,36957	-0,03048	-0,64954	0,74438	-0,05716
ETP	-0,61142	0,77145	-0,02840	0,94173	-0,31243	-0,04707	-0,68899	0,66790	-0,05589
SUP	0,96359	-0,25054	0,03612	-0,27166	0,95827	0,04413	0,89200	-0,43977	0,04837
DEF	-0,47260	0,87555	0,00758	0,93252	-0,31700	-0,05737	-0,62994	0,74555	-0,05277
IH	0,89401	-0,42456	0,03849	-0,55980	0,81638	0,04703	0,86060	-0,47287	0,05272
IVERNET	-0,06792	-0,97596	-0,03015	-0,94037	-0,15312	0,06819	0,35474	-0,91170	0,10631
Autovalor	8,9475	8,4793	1,0085	10,8106	6,0991	1,0353	9,7513	7,4063	1,0441
Varianza Explicada	45,27 %	42,90 %	5,10 %	55,81 %	31,49 %	5,34 %	49,25 %	37,40 %	5,27 %

## 5. Discusión

Los factores definidos en los tres ACP reflejan siempre los mismos gradientes ambientales: un gradiente altitudinal, en el que se separan los puntos en los que las características climáticas se alejan de la mediterraneidad, registran temperaturas más bajas y hay más precipitaciones, sobre todo estivales, cuanto mayor es la altitud; así mismo, el otro gradiente suele corresponderse con las características hídricas o régimen termoplumiométrico,

separando los puntos más cálidos y secos de los más frescos y húmedos. El tercer factor incluía una característica fisiográfica más, siendo en los tres casos la pendiente.

A lo largo del trabajo, se ha podido constatar que el ámbito de aplicación de los estudios ecológicos precisa de una buena definición en la selección de puntos y la obtención de los parámetros ecológicos asociados, fruto de los modelos climáticos empleados. En el primer caso la pertenencia de los puntos a dos subcuencas hidrográficas distintas orientaba hacia la mejor estratificación de los datos. En el segundo caso, la ampliación geográfica empeoraba la interpretación de los análisis, al incluir puntos pertenecientes a distintas ecorregiones, es decir, a conjuntos no homogéneos fisiográfico-climáticamente hablando. Finalmente, se ha podido demostrar que es necesario dividir el territorio objeto de estudio en ecorregiones o cuencas hidrográficas para no confundir o enmascarar los gradientes ecológicos.

## 6. Conclusiones

La principal conclusión a extraer de este trabajo es la confirmación de que la ausencia de quejigo en determinadas estaciones no se debe a imposibilidades fisiográfico climáticas, sino que entran en juego otras variables, generalmente edáficas (que no pueden ser contempladas por el momento en este tipo de estudios), pero sobre todo razones de tipo histórico y de manejo por parte del hombre.

Por otro lado, este trabajo pone de manifiesto dos problemas cara a la posterior aplicación de los modelos de regresión logística, el primero la complejidad de la especie a tratar, y también el origen de los datos y la correcta estratificación de los mismos para su posterior tratamiento estadístico.

## 7. Bibliografía

ALONSO PONCE, R.; 2007. Autoecología paramétrica de *Juniperus thurifera* L. en Castilla y León Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

DGCONA; 2006. Tercer Inventario Forestal Nacional (1997-2006). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

ENGLER, R.; GUISAN, A. & RECHSTEINER, L.; 2004. An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. *J Appl. Ecol.* 41: 263-274.

GANDULLO, J.M.; BLANCO, A.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; RUBIO, A.; ELENA ROSELLÓ, R. & GÓMEZ SANZ, V.; 2004a. Las estaciones ecológicas de los hayedos españoles. INIA. Madrid.

GANDULLO, J.M.; BLANCO, A.; SÁNCHEZ PALOMARES, O.; RUBIO, A.; ELENA, R. & GÓMEZ, V.; 2004b. Las estaciones ecológicas de los castañares españoles. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.

GANDULLO, J.M.; GONZÁLEZ ALONSO, D. & SÁNCHEZ PALOMARES, O.; 1974. Ecología de los pinares españoles IV. *Pinus radiata* D. Don. INIA. Madrid.



GANDULLO, J.M.; NICOLAS, A.; MORO, J. & SÁNCHEZ PALOMARES, O.; 1972. Ecología de los pinares españoles III. *Pinus halepensis* Mill. I.F.I.E. Madrid.

GUISAN, A. & ZIMMERMANN, N.E.; 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol. Model.* 135: 147-186.

HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. & BLACK, W.C.; 1999. *Análisis Multivariante*. Prentice Hall Iberia. Madrid.

LÓPEZ-SENEPLEDA, E. & SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 2006. Informe convenio INIA-DGB: Tipificación ecológico-selvícola de *Quercus faginea* Lamk. en España. In. INIA-DGB, p. 310.

MANEL, S.; DIAS, J.M. & ORMEROD, S.J.; 1999. Comparing discriminant analysis, neural networks and logistic regression for predicting species distributions: a case study with a Himalayan river bird. *Ecol. Model.* 120: 337-347.

MCPHERSON, J.M.; WALTER, J. & ROGERS, D.J.; 2004. The effects of species' range sizes on the accuracy of distribution models: ecological phenomenon or statistical artefact? *J Appl. Ecol.* 24: 811-823.

MEZQUIDA, E.T.; RUBIO, A. & SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 2009. Evaluation of the potential index model to predict habitat suitability of forest species: the potential distribution of mountain pine (*Pinus uncinata*) in the Iberian peninsula. *Eur. J. Forest Res.* In Press.

NICOLAS, A. & GANDULLO, J.M.; 1967. Ecología de los pinares españoles I. *Pinus pinaster* Ait. I.F.I.E. Madrid.

NICOLAS, A. & GANDULLO, J.M.; 1969. Ecología de los pinares españoles II. *Pinus sylvestris* L. I.F.I.E. Madrid.

PEARCE, J. & FERRIER, S.; 2000. Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression. *Ecol. Model.* 133: 225-245.

SAN MIGUEL, A.; 1986. Ecología, tipología, valoración y alternativas silvopascícolas de los quejigares (*Quercus faginea* Lamk.) de Guadalajara. UPM. 431 pp.

SÁNCHEZ PALOMARES, O.; CARRETERO, M.P. & SARMIENTO, L.A.; 2001. Definición y cartografía de las áreas potenciales fisiográfico-climáticas de los alcornoques catalanes (*Quercus suber* L.). In, *Actas del III Congreso Forestal Español*, vol. 1 y 2, Granada: 271-277.

SÁNCHEZ PALOMARES, O.; ELENA ROSSELLÓ, R. & CARRETERO, P.; 1990. Caracterización edáfica de los pinares autóctonos españoles de *Pinus nigra* Arn. MAPA. Madrid.

SÁNCHEZ PALOMARES, O.; JOVELLAR, L.C.; SARMIENTO, L.A.; RUBIO, A. & GANDULLO, J.M.; 2007. Las estaciones ecológicas de los alcornoques españoles. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.

SÁNCHEZ PALOMARES, O.; ROIG, S.; RÍO GAZTELURRUTIA, M.; RUBIO, A. & GANDULLO, J.M.; 2008. Las estaciones ecológicas actuales y potenciales de los rebollares españoles. INIA. MICIN. Madrid.

SÁNCHEZ PALOMARES, O.; SÁNCHEZ SERRANO, F. & CARRETERO, P.; 1999. Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termoplúviométricas para la España peninsular. INIA. Madrid.

SAS/ETS; 1999. User's Guide, version 8. SAS Institute Inc. Cary, NC.

