



5º CONGRESO FORESTAL
ESPAÑOL

5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

REF.: 5CFE01-091

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

El hábitat climático de *Cytisus oromediterraneus* en el Sistema Central: aplicación de modelos aditivos generalizados a los datos del Mapa Forestal de España

GASTÓN GONZÁLEZ, A.¹, GARCÍA VIÑAS, J.I.¹ y ROPERO HINOJOSA, C.¹

¹ Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Producción Vegetal: Botánica y Protección Vegetal, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal.

Resumen

Se han estudiado los rangos óptimos para los matorrales dominados por *Cytisus oromediterraneus* con respecto a seis parámetros climáticos termométricos y pluviométricos. Se han usado modelos aditivos generalizados con función de enlace logit, para ajustar curvas de regresión entre la variable dependiente binaria (especie presente o ausente) y cada una de las variables independientes (parámetros climáticos estimados con *Estclima*). La muestra se ha construido tomando aleatoriamente 1.000 puntos dentro de las teselas dominadas por *Cytisus oromediterraneus* según el Mapa Forestal de España y otros 1.000 en las teselas sin presencia de la especie. El rango en el que la probabilidad de presencia según el modelo es significativamente mayor que la prevalencia en la muestra se ha considerado óptimo para la especie. Los rangos obtenidos se han comparado con el hábitat central de un estudio previo que aplicó la metodología de la autoecología paramétrica de Gandullo a una muestra de 30 parcelas. Según los modelos aditivos generalizados, los umbrales termométricos inferiores y los pluviométricos superiores estarían en climas más fríos y húmedos que los del área de estudio. En estos casos no tiene sentido la comparación con los hábitats centrales, que calculan por sistema ambos umbrales aunque los verdaderos límites no estén dentro del rango de valores posibles en el área de estudio. Por el lado más cálido y seco de los gradientes el hábitat central es más restrictivo que el rango óptimo según los modelos aditivos generalizados, es posible que esto se deba a la gran diferencia en el tamaño de muestra. Dado que existe cierta incertidumbre con respecto a la presencia de la especie en los puntos tomados del Mapa Forestal, no se puede afirmar que unos umbrales u otros sean más adecuados.

Palabras clave

Autoecología, modelos de distribución de especies, nicho ecológico efectivo, piorno.

1. Introducción

Conocer los factores que determinan la distribución de las especies es fundamental para la ecología aplicada a la gestión del medio natural y en especial para la selección de especies en el marco de la restauración de ecosistemas. Dado que la distribución de las especies depende en gran medida del clima (WOODWARD, 1987), la mayoría de los estudios autoecológicos consideran algún factor climático.

El hábitat climático de *Cytisus oromediterraneus* en el Sistema Central ha sido estudiado previamente por ROPERO (2008) con la metodología de los estudios de autoecología paramétrica de Gandullo (véase por ejemplo GANDULLO y SÁNCHEZ PALOMARES, 1994) aplicado a una muestra de 30 parcelas. Este método y otros similares del tipo envolvente ambiental han sido muy utilizados entre los años 60 y 90 del siglo XX (GUISAN & ZIMMERMANN, 2000) pero otros métodos como los modelos aditivos generalizados (GAM por su acrónimo en inglés) han ganado protagonismo a partir de los años



90 (GUISAN et al. 2002). A diferencia de las envolventes ambientales que solo precisan de registros de presencia de la especie a estudiar, los GAM requieren también registros de ausencia. Incluso cuando faltan datos de ausencia fiables, la generación de pseudo-ausencias tomando puntos aleatoriamente en el área de estudio permite utilizar los GAM con mejores resultados que los métodos de envolvente ambiental (ELITH et al., 2006). El Mapa Forestal de España (MFE200) de RUIZ DE LA TORRE (1990-99) ofrece datos de presencia y ausencia de *Cytisus oromediterraneus* dentro de las teselas de vegetación que componen el mapa y los modelos de estimaciones climáticas como el de SÁNCHEZ PALOMARES et al. (1999) permiten caracterizar climáticamente las teselas del MFE200, ofreciendo así un marco idóneo para la aplicación de los GAM.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es actualizar el conocimiento sobre el hábitat climático de *Cytisus oromediterraneus* en el Sistema Central revisando los rangos óptimos propuestos hasta ahora mediante la aplicación de los modelos aditivos generalizados.

3. Metodología

La muestra se ha construido tomando aleatoriamente pares de coordenadas correspondientes a 2.000 puntos: 1.000 puntos dentro de las teselas dominadas por *Cytisus oromediterraneus* según el MFE200 (rótulo 1 correspondiente a la especie) y otros 1.000 en las teselas sin presencia de la especie (ni en los rótulos ni en las especies acompañantes), dentro de una franja de territorio de 70 x 260 km que engloba las áreas del Sistema Central dominadas por la especie según el MFE200 (véase figura 1).

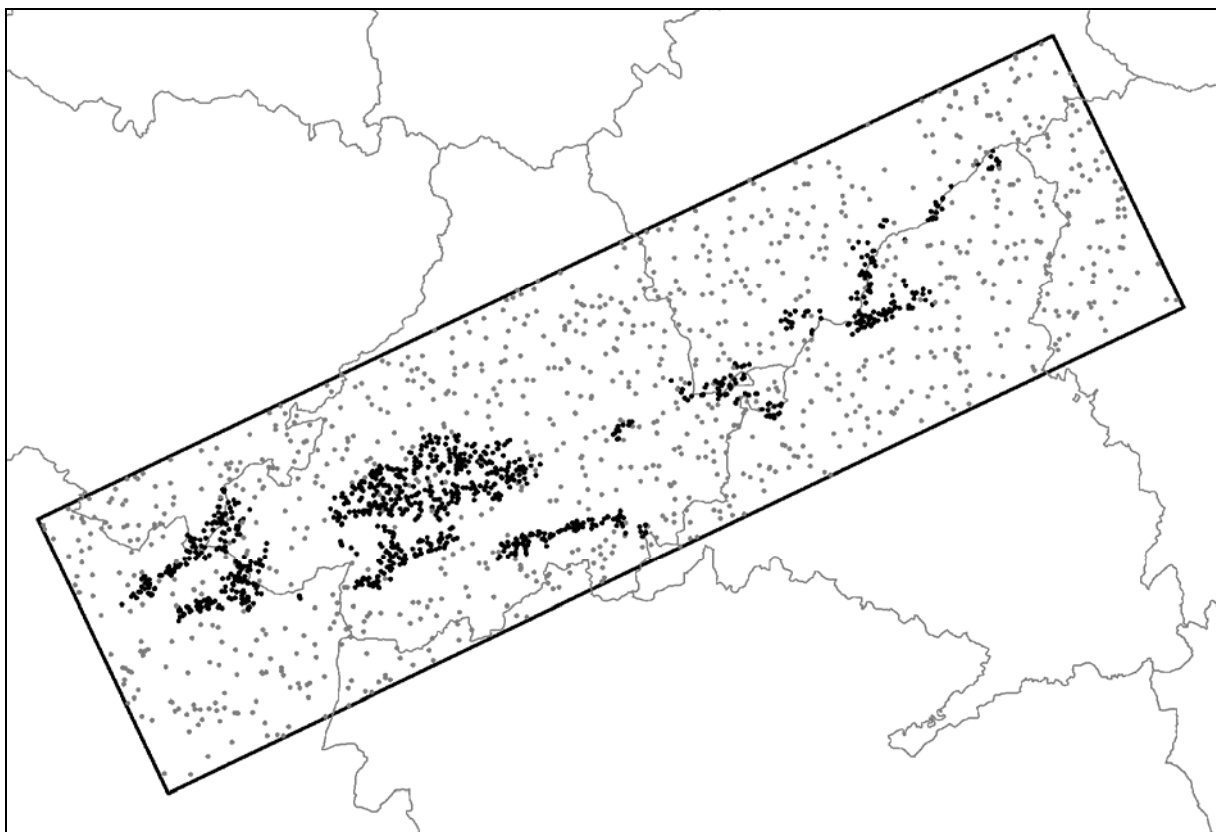


Figura 1. Muestra de puntos usados para ajustar los modelos dentro del área de estudio (rectángulo). Los puntos negros indican presencia de *Cytisus oromediterraneus* y los grises ausencia.

Los puntos que componen la muestra se han caracterizado climáticamente con seis parámetros (temperatura media anual, temperatura media de las máximas del mes más cálido, temperatura media de las mínimas del mes más frío, precipitación anual media, precipitación estival media y duración media del periodo árido) estimados usando Estclima (SÁNCHEZ PALOMARES et al., 1999).

Los GAM son una extensión de los modelos lineales generalizados que evitan parte de la rigidez de estos últimos al introducir funciones no paramétricas que suavizan las curvas de regresión y se adaptan localmente a los datos. Considerando la presencia o ausencia *Cytisus oromediterraneus* como variable dependiente se han ajustado seis modelos GAM univariantes con cada uno de los parámetros climáticos como variable independiente. Los GAM se han ajustado usando función de enlace logit con el método de WOOD (2004) para R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

Las predicciones de los modelos a lo largo del gradiente de cada parámetro climático se han usado para trazar curvas de respuesta de *Cytisus oromediterraneus* frente a cada uno de ellos, junto al intervalo de confianza del 95%. El rango del parámetro climático en el que la probabilidad pronosticada por el modelo es significativamente mayor que la proporción casos positivos en la muestra (la prevalencia, en este caso 0,5) se ha considerado óptimo para la especie. Este criterio para convertir en probabilidades en pronósticos de presencia o ausencia es al menos tan adecuado como otros de cálculo más complejo (LIU et al., 2005).

Las curvas de respuesta se han interpretado visualmente y los rangos óptimos obtenidos a partir de las curvas se han comparado con los umbrales inferior y superior del hábitat central obtenidos en el trabajo de ROPERO (2008).

4. Resultados

Las curvas de respuesta obtenidas con los GAM no permiten definir límites inferiores de los rangos óptimos para los parámetros termométricos, ya que por el lado más frío la curva no baja por debajo de 0,5 o porque el intervalo de confianza aumenta considerablemente impidiendo afirmar si la probabilidad de presencia de *Cytisus oromediterraneus* está por encima o por debajo de la prevalencia (véase figura 2). El mismo patrón se observa en los límites superiores del rango óptimo de los parámetros pluviométricos.

Tabla 1. Comparación del hábitat central según el método de Gandullo con el rango óptimo según el GAM.* indica que el límite superior o inferior del rango óptimo está fuera de los límites del área de estudio. T: temperatura media anual, TMMC: temperatura media de las máximas del mes más cálido TMMF: temperatura media de las mínimas del mes más frío P: precipitación anual media, PE: precipitación estival media, A: duración media del periodo árido

Parámetro	Hábitat central (método de Gandullo)	Rango óptimo (GAM)
T (°C)	4,2 – 8,2	< 9.1 *
TMMC (°C)	19,1 – 25,1	< 26.1 *
TMMF (°C)	-5,1 – -3,1	< -2.5 *
P (mm)	951 – 2090	> 940 *
PE (mm)	107 – 160	> 100 *
A (meses)	0 – 1,75	< 1.9 *

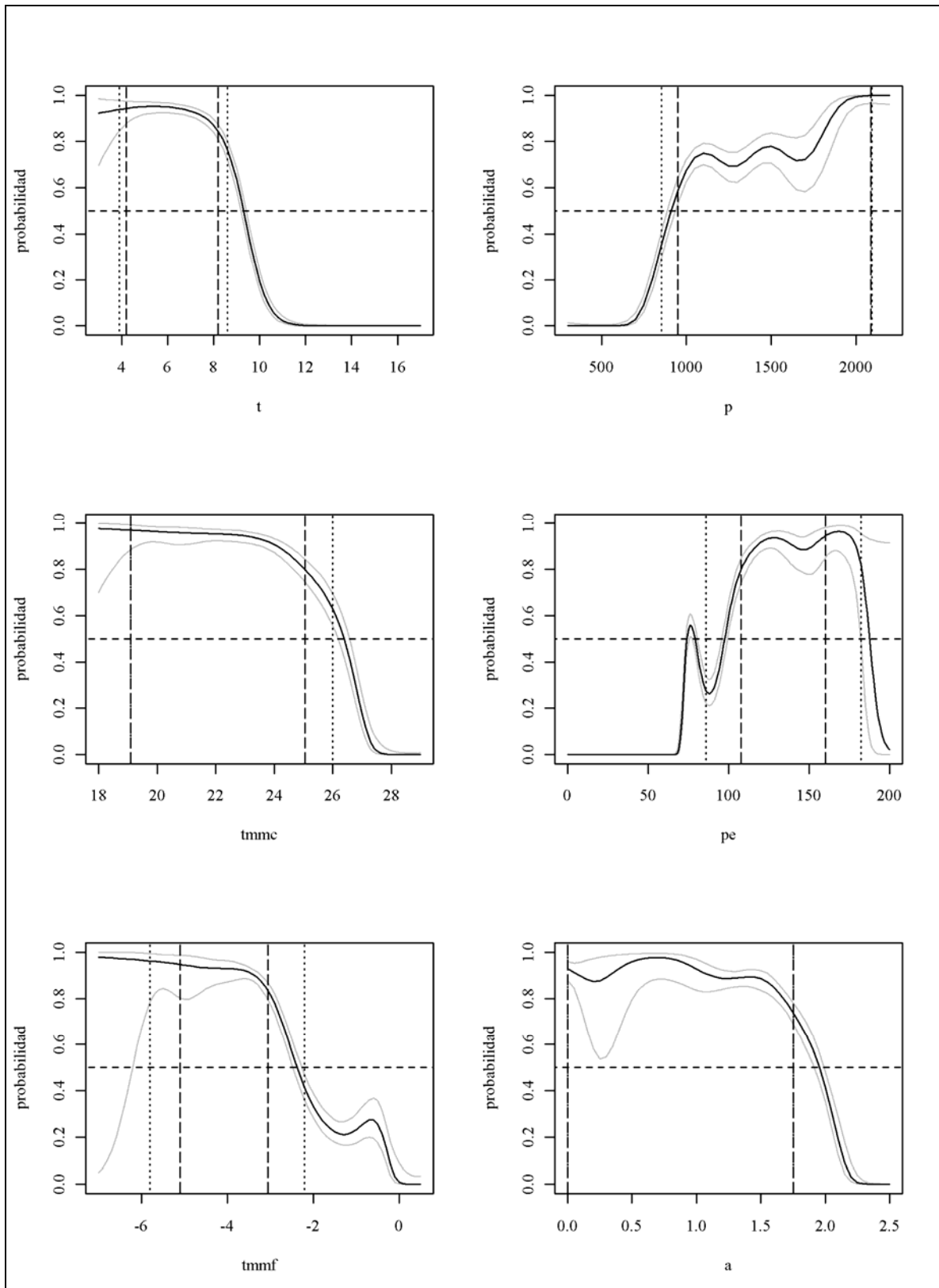


Figura 2. Curvas de respuesta de la presencia de *Cytisus oromediterraneus* frente a los 6 parámetros climáticos según el modelo aditivo generalizado e intervalo de confianza al 95% (en gris). t: temperatura media anual (°C), tmmc: temperatura media de las máximas del mes más cálido (°C), tmmf: temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C), p: precipitación anual media (mm), pe: precipitación estival media (mm), a: duración media del periodo árido (meses). El rango óptimo es el intervalo en el que la probabilidad es significativamente superior a 0,5 (véase el texto para la justificación). Las líneas verticales indican los límites (líneas punteadas) y umbrales (líneas discontinuas) inferior y superior según el método de Gandullo (el hábitat central es el intervalo entre los umbrales).

Los límites superiores de los rangos óptimos de los parámetros termométricos según los GAM son más altos que los umbrales superiores del hábitat central, e incluso mayor que el límite superior obtenido por ROPERO (2008) en el caso de la temperatura media de las mínimas del mes más frío (véase figura 2). El mismo patrón se observa en los límites inferiores del rango óptimo de los parámetros pluviométricos, pero no en la duración del periodo árido, en este caso el umbral superior del hábitat es claramente superior al estimado con el GAM (véase tabla 1).

5. Discusión

Los hábitats centrales se calculan asumiendo que la respuesta de la especie a los parámetros es unimodal y por eso se calculan el percentil 10 y 90 por sistema. Cuando los valores limitantes a la distribución de la especie están en climas no presentes en el área de estudio, como en el caso de los parámetros termométricos y pluviométricos de este estudio, esta forma de proceder no tiene sentido. Según el método de Gandullo las poblaciones de *Cytisus oromediterraneus* entre -5,1 y -3,1 °C de temperatura media de las mínimas del mes más frío ocupan un hábitat marginal, sin embargo la probabilidad de presencia de la especie según el GAM es máxima en este intervalo. Por debajo de -5,1 °C no hay poblaciones de *Cytisus oromediterraneus* pero tampoco hay demasiados lugares tan fríos en el Sistema Central y eso hace que el intervalo de confianza de los GAM aumente indicando que con los datos disponibles no se puede afirmar nada fiable sobre la idoneidad para la especie de climas tan fríos.

La gran diferencia en el tamaño de muestra entre este estudio y el de ROPERO (2008), 1.000 presencias y otras tantas ausencias contra 30 presencias, podría ser la causa de que los umbrales superiores de los hábitats centrales de los parámetros termométricos y de la duración de la aridez sean más bajos que los límites del rango óptimo según los GAM. Un mayor tamaño de muestra aumenta las probabilidades de que la muestra incluya poblaciones de la especie en valores extremos, de hecho, los valores máximos observados por ROPERO (2008) son entre 1 y 2 °C más bajos que los obtenidos en este estudio para las variables termométricas. Lo mismo se puede afirmar de los parámetros pluviométricos. El estudio de ROPERO (2008) incluía otros parámetros (suelo, vegetación) que exigían mediciones en campo y esto impide grandes tamaños de muestra. Este problema es habitual en los estudios de autoecología que requieren trabajo de campo, GANDULLO y SÁNCHEZ PALOMARES (1994) usaron entre 61 y 174 parcelas por especies para caracterizar el hábitat de los pinares españoles.

Existe cierta incertidumbre en cuanto a la presencia de *Cytisus oromediterraneus* en los puntos tomados al azar dentro de las teselas del MFE200, ya que la escala del mapa impide que las teselas contengan una única agrupación vegetal y a menudo se trata de mezclas o mosaicos. Esta circunstancia no se da en la muestra de ROPERO (2008) dado que todas las parcelas se visitaron. Estas diferencias en la fiabilidad de los datos de presencia podrían invalidar las ventajas de una muestra mayor, de modo que no se puede afirmar que unos umbrales u otros sean más adecuados. Sería necesaria una muestra mayor de parcelas visitadas con datos de presencia ausencia para obtener resultados más claros.

6. Conclusiones

El uso de los modelos aditivos generalizados, un método que no asume de antemano la forma de la curva de respuesta frente a los parámetros ecológicos, ha permitido revisar el hábitat climático de *Cytisus oromediterraneus* en el Sistema Central, obteniendo rangos óptimos con límites inferiores más fríos para los parámetros termométricos y límites superiores más lluviosos para los parámetros pluviométricos que los obtenidos en el estudio previo que usó el método de Gandullo.

Las diferencias en el tamaño de muestra y en la fiabilidad en los datos de presencia de la especie han impedido determinar si los umbrales superiores de los parámetros termométricos, los inferiores de los pluviométricos y el superior de la duración de la aridez según los modelos aditivos generalizados son más adecuados que los obtenidos en el estudio previo.

7. Bibliografía

ELITH, J., GRAHAM, C. H.; ANDERSON, R. P.; DUDÍK, M.; FERRIER, S.; GUIBAN, A.; HIJMANS, R. J.; HUETTMANN, F.; LEATHWICK, J. R.; LEHMANN, A.; LI, J.; LOHMANN, L. G.; LOISELLE, B. A.; MANION, G.; MORITZ, C.; NAKAMURA, M.; NAKAZAWA, Y.; OVERTON, J. M.; PETERSON, A. T.; PHILLIPS, S. J.; RICHARDSON, K.; SCACHETTI-PEREIRA, R.; SCHAPIRE, R. E.; SOBERÓN, J.; WILLIAMS, S.; WISZ, M. S.; ZIMMERMANN, N. E.; 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29, 129-151.

GANDULLO, J.M.; SÁNCHEZ PALOMARES, O.; 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. ICONA, 188 pp, Madrid.

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

GUIBAN, A.; EDWARDS, T. C.; HASTIE, T.; 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecol. model.* 157, 89-100.

LIU, C.; BERRY, P. M.; DAWSON, T. P.; PEARSON, R. G.; 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography* 28, 385-393.

R DEVELOPMENT CORE TEAM; 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>

ROPERO, C.; 2008. Aproximación a la autoecología paramétrica de *Cytisus oromediterraneus* Rivas Mart. & al. en el Sistema Central. Trabajo fin de carrera de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal de la Universidad Politécnica de Madrid (inédito).

RUIZ DE LA TORRE, J. (ed.); 1990-99. Mapa Forestal de España. Ministerio de Medio Ambiente. 93 vols.

SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; SÁNCHEZ-SERRANO, F.; CARRETERO, M. P.; 1999. Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termopluviométricas para la España peninsular. INIA, col. Fuera de Serie, 192 pp., Madrid.

WOOD, S.N.; 2004. Stable and efficient multiple smoothing parameter estimation for generalized additive models. *J. Amer. Statistical Assoc.* 99, 673-686.

WOODWARD, F.I.; 1987. *Climate and Plant Distribution*. Cambridge University Press, 174 pp., Cambridge.

