

LA EVOLUCIÓN DEL PAISAJE EN LA TRANSICIÓN AL HOLOCENO. DESARROLLO DE UN MODELO PREDICTIVO DE VEGETACIÓN EN EL VALLE DEL ASÓN (CANTABRIA)

LANDSCAPE CHANGE IN THE HOLOCENE TRANSITION. DEVELOPMENT OF A PREDICTIVE MODEL OF VEGETATION COVER IN THE ASÓN VALLEY (CANTABRIA)

ALEJANDRO GARCÍA MORENO (*)

RESUMEN

El conocimiento de la distribución espacial de la vegetación prehistórica, y su evolución a lo largo de la transición al Holoceno, es fundamental para entender los cambios en los patrones de explotación del territorio y de asentamiento que se producen en los grupos de cazadores-recolectores del final del Paleolítico Superior. Para calcular dicha distribución, se emplea un modelo predictivo basado en el método de *weighted values* (*valores ponderados*), a partir de los requerimientos ecológicos de la vegetación arbórea, analizando su evolución en el Valle del Asón (Cantabria) y su relación con los yacimientos paleolíticos que allí existen.

ABSTRACT

The spatial distribution of prehistoric vegetation, and its evolution during the Pleistocene-Holocene transition, is essential for understanding the changes in the settlement patterns that took place at the end of the Upper Palaeolithic. To calculate this distribution, we have use a predictive model based on the weighted values method, according to the forest vegetation's ecological requirements, analyzing its evolution in the Asón river valley (Cantabria) and its relationship with Palaeolithic sites.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica. Modelos predictivos. Vegetación. Transición Dryas Reciente – Holoceno. Paleolítico Superior Final. Cantabria.

(*) Investigador en Formación UC. Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Cantabria (Unidad Asociada al CSIC). Universidad de Cantabria. Edificio Interfacultativo. Avda. Los Castros s/n. 39005 Santander.

Recibido: 6-III-07; aceptado: 28-IX-07.

Key words: *Geographical Information Systems. Predictive models vegetation. Younger Dryas-Holocene transitio. Final Upper Palaeolithic. Cantabria.*

La transición entre el Tardiglacial y el Holoceno Inicial se caracteriza por una serie de importantes cambios climáticos, que debieron modificar enormemente el medio ambiente prehistórico de forma relativamente rápida (Uriarte Cantolla 2003). Así parece desprenderse de los estudios realizados sobre los sedimentos de los fondos marinos (Rivera Arizabalaga 2004) y los núcleos de hielo de Groenlandia (GISP2), en los que se observan cambios relativamente rápidos y bruscos en la composición química de la atmósfera (Mayewski *et al.* 1996). Este tipo de análisis ha permitido contextualizar las evoluciones del clima global de una forma mucho más precisa que los métodos empleados a tal efecto hasta los años 80 del siglo XX, como la sedimentología, la palinología y antracología, o los estudios biológicos (arqueozoología, malacología, etc.), aunque éstos siguen siendo fundamentales para comprender la climatología y paleoecología locales (González Morales 2000).

El conocimiento del medio prehistórico es de gran importancia debido a la influencia que éste debió ejercer sobre las sociedades de cazadores-recolectores paleolíticos. Esto es especialmente cierto si tenemos en cuenta el corto espacio de tiempo en que dichos cambios sucedieron (debido a los procesos de *feedback positivo*) (Uriarte Cantolla 2003), así como la velocidad de respuesta de la vegetación (Sánchez Goñi *et al.* 2002). Las condiciones ambientales más suaves propiciaron la apari-

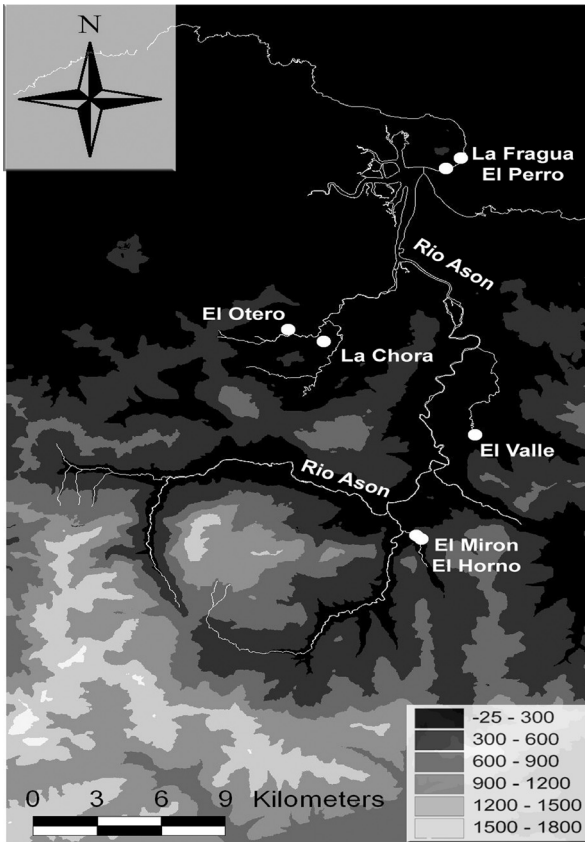


Fig. 1. Valle del Asón. Se indican algunos de los principales yacimientos.

ción de nuevos recursos y una distinta disposición espacial de los mismos, lo que pudo modificar los

patrones de explotación del medio y la relación del hombre con su entorno (Spikins 1997b). La elección de los lugares de asentamiento y los ciclos de movilidad y estacionalidad estarían en gran parte influidos por la disponibilidad y accesibilidad de los recursos (Duchadeau-Kervazo 1986; Fano Martínez 1998), y esto a su vez se reflejaría en los modos de vida paleolíticos. No obstante, no debemos olvidar el importante papel que el bagaje cultural debió jugar en estas sociedades, modificando la forma en que el medio era percibido por sus pobladores, y propiciando la pervivencia de determinadas tradiciones (Silberbauer 1994).

Desde una óptica determinista, los cambios ambientales se han identificado con las nuevas formas de vida que se desarrollan al final del Paleolítico Superior (Straus 1992). Estos incluirían, entre otras cosas, una reducción de la movilidad de los grupos humanos, una economía más diversificada (denominada *de amplio espectro*) o una serie de cambios tecnológicos, provocando un cambio en el modelo de ocupación del territorio (González Morales *et al.* 2004; González Sainz 1989). Si bien es cierto que los cambios climáticos y culturales parecen suceder de forma paralela, el hecho de que los segundos sean consecuencia directa de los primeros es ampliamente discutible (González Sainz 1994); más bien, podemos pensar en una conjunción de factores, tanto internos como externos, que den lugar a las transformaciones sociales (Mcglade 1995). La capacidad del ser humano para transmitir y acumular conocimiento (su *cultura* en definitiva), da lugar a respues-

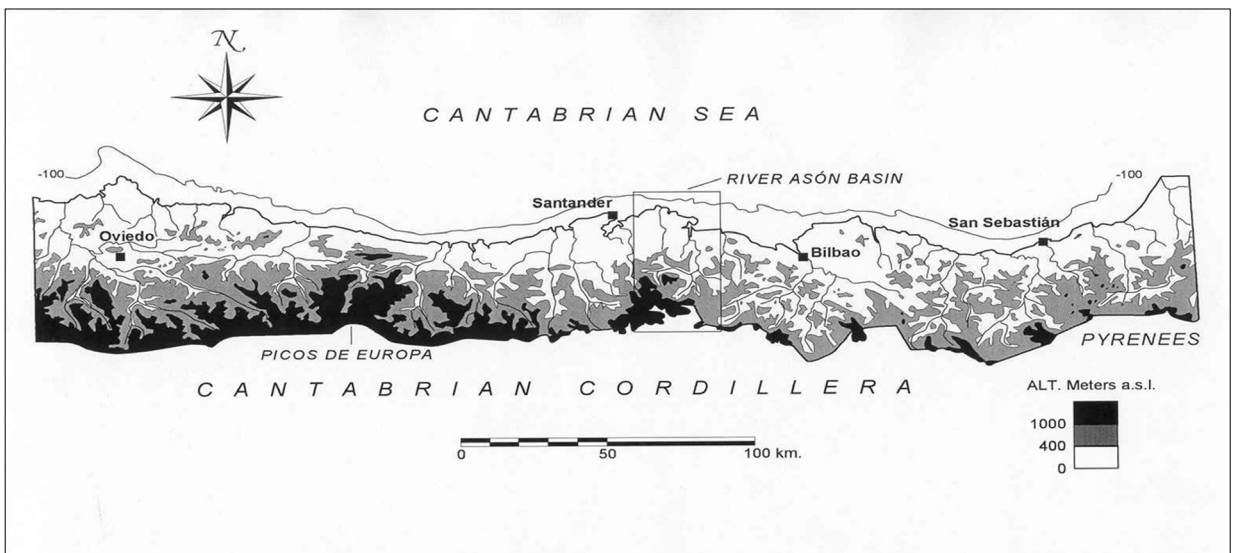


Fig. 2. Localización del Valle del Río Asón en la Región Cantábrica.

tas propias y diversificadas, más allá de los meros condicionamientos medioambientales. A pesar de la influencia que éstos debieron tener sobre unas sociedades con escasa capacidad de transformación del medio natural, los procesos de cambio que en ellas se operaron no se limitarían a una respuesta fija y automática de tipo *causa-efecto*; más bien debió tratarse de una relación dialéctica, en la que las *capacidades culturales* (la tecnología, los lazos sociales, el régimen demográfico, etc.) se integrarían en el *contexto ecológico* de cada momento (entendido como las posibilidades de explotación que el medio ofrecía, a la vez que como una realidad física, interpretable y simbólica).

El valle del río Asón (Cantabria) ofrece un excelente marco de contexto para estudiar estas transformaciones, gracias a la alta densidad de yacimientos arqueológicos adscritos a estos momentos (Figs. 1 y 2). En él, además de los cambios económicos y culturales ya mencionados, parece observarse una evolución en el patrón de asentamiento, puesto que en los momentos finales del Paleolítico se pasan a ocupar nuevas cuevas situadas en los fondos de valle (como el Valle o el Horno), en detrimento de otras localizadas a media ladera, con un amplio dominio sobre el entorno, como el Mirón (Straus *et al.* 2002) De igual modo, es en estos momentos cuando se documenta el inicio de una explotación intensiva de los recursos costeros, con la proliferación de yacimientos en la llanura litoral, en los que aparecen importantes concheros, como El Perro o La Fragua (González Morales *et al.* 2004).

La influencia de la composición y distribución de la vegetación en estas transformaciones parece evidente, dado que constituye una importante fuente de recursos y debió modificar sensiblemente la percepción que los grupos humanos tenían de su entorno, alterando las áreas de actividad y tránsito (Spikins 1996; Uzquiano Ollero 2000). Hasta hace pocos años, los acercamientos al paisaje prehistórico se reducían a definiciones como “*bosque abierto, casi ausente de árboles*” o “*bosque templado de hoja caduca*” (López García 2000), que aunque proporcionaban una imagen general del tipo de medio, no permitían llevar a cabo un análisis detallado de la disposición de la vegetación y su incidencia en el contexto espacial humano.

La generalización de los Sistemas de Información Geográfica como herramienta arqueológica ha hecho posible el análisis del territorio de una forma impensable hace unas décadas. La posibilidad de tratar numéricamente los componentes del me-

dio físico, en forma de variables, permite delimitar las áreas que se ajustan a determinadas características, en función de unos parámetros concretos (Wescott y Brandon 2000). Ésta es la base de los modelos predictivos, en los que se calcula la probabilidad de que suceda una determinada respuesta, a partir de unas variables espaciales dadas (Dalla Bona 2001); en nuestro caso, la probabilidad indicará la susceptibilidad de un área para el desarrollo de la vegetación arbórea, y las variables introducidas serán los requerimientos ecológicos de las especies vegetales identificadas en una serie de diagramas polínicos. Gracias a este método, pueden calcularse las *áreas potenciales de distribución de la vegetación*, que nos permiten hacernos una idea de la situación de las masas forestales en el pasado. En este trabajo nos centraremos exclusivamente en la vegetación arbórea, dado que este tipo de vegetación presenta una serie de patrones de crecimiento que permiten delimitar, al menos teóricamente, las áreas más apropiadas para su crecimiento, al contrario de los que sucede con herbáceas o arbustivas, cuyas necesidades ecológicas son más flexibles, y por lo tanto presentan unas *áreas potenciales de distribución* teóricas mucho menos definidas.

MARCO GEOGRÁFICO Y CRONOLÓGICO

El valle del Asón se encuentra en el extremo oriental de la Comunidad Autónoma de Cantabria, lindando con las provincias de Vizcaya y Burgos; forma parte de la denominada *Región Cantábrica*, caracterizada por la presencia de una estrecha franja litoral limitada al sur por la Cordillera Cantábrica, y surcada por valles fluviales generalmente perpendiculares a la costa. El Asón participa en gran medida de estas características, aunque podemos distinguir en su cauce tres tramos claramente diferenciados (Straus *et al.* 2002): el cauce alto: caracterizado por formaciones montañosas de altitud relativamente elevada, en las que destacan las formas glaciares, y en el que apenas contamos con testimonios arqueológicos de la presencia humana en esta zona durante el Paleolítico Superior (Castañón Álvarez y Frochoso Sánchez 1992); el cauce medio, en el que el río Asón presenta una inusual orientación oeste-este, con un relieve algo más suave, aunque sigue predominando el paisaje altamente karstificado; y por último, en el cauce bajo, la desembocadura del Asón está dominada en la actualidad por una amplia zona de marismas y la gran

YACIMIENTO	NIVEL	ADSCRIPCIÓN	REF. LAB.	FECHA B.P.	CAL. B.P.†	MATERIA	BIBLIOGRAFÍA
El Valle	1	Magdaleniense Superior	GX-24640	13.820±610	16.503±910	Carbón	Straus et al. 2002: 1408
El Mirón	12	Magdaleniense Superior	GX-22132	12.970±670	15.330±120	Carbón	Straus y González Morales 2003
La Fragua	4	Magdaleniense Superior	GaN-29440	12.960±630	15.310±100	Hueso	González Morales 1998
El Homo	1	Magdaleniense Superior-Final	GX-27457	12.330±190	14.812 ± 430	Hueso	Fano Martínez 2005: 113
El Mirón	308	Magdaleniense Superior	GX-28210	12.330±180	14.430±200	Carbón	Straus y González Morales 2003
El Homo	2	Magdaleniense Superior	GX-27456	12.230±190	14.300±330	Hueso	Fano Martínez 2005: 113
El Perro	3	Magdaleniense Superior-Final	GaN-20962	12.140±180	14.130±200		González Morales 1998
El Mirón	102.1	Final / Aziliense	GX-23417	11.930±670	13.830±80	Hueso	Straus y González Morales 2003
El Mirón	11.1	Magdaleniense Final / Aziliense	GX-23391	11.720±140	13.580±130	Hueso	Straus y González Morales 2003
El Mirón	306	Magdaleniense Final / Aziliense	GX-24468	11.630±630	13.510±680	Hueso	Straus y González Morales 2003
El Homo	0	Aziliense?	GX-26410	11.630±170	13.527 ± 201	Hueso	Fano Martínez 2005: 113
El Valle	II	Aziliense	GX-24638	11.130±170	13.060±130	Carbón	Straus et al. 2002: 1408
El Valle	III	Aziliense	GX-23798	11.040±150	13.010±110	Carbón	Straus et al. 2002: 1408
El Valle	III	Aziliense	GX-23799	11.030±150	13.010±110	Carbón	Straus et al. 2002: 1408
El Valle	Superf.	Aziliense	GX-24639	10.120±280	11.620±680	Carbón	Straus et al. 2002: 1408
El Perro	2	Aziliense	GaN-18116	10.160±110	11.790±240	Carbón	González Morales 1998
El Mirón	IC	Aziliense	GX-27531a	10.740±170	12.630±210	Diente	Straus y González Morales 2003
El Mirón	IC	Aziliense	GX-27531c	10.390±90	12.280±130	Diente	Straus y González Morales 2003
El Mirón	305	Aziliense	GX-24467	10.270±50	12.030±130	Hueso	Straus y González Morales 2003
La Fragua	3	Aziliense	GaN-20966	9.600±140	10.930±200	Carbón	González Morales 1998
El Perro	1	Mesolítico	GaN-18115	9.260±110	10.470±140	Carbón	González Morales 1998

Tab. 1. Dataciones radiocarbónicas disponibles para algunos yacimientos del Valle del Asón. Calibración: INT-CAL '04, 2σ (CalPal).

bahía de Santoña, si bien esta configuración tiene su origen a principios del Holoceno (Cearreta y Murray 1996, 2000), y debió ser sensiblemente diferente a finales del Cuaternario.

El valle del Asón constituye, por lo tanto, un espacio claramente delimitado geográficamente, con una gran diversidad ecológica y topográfica, que da lugar a la existencia de diversos *ambientes* interconectados. Cada uno de estos *ambientes* debió proporcionar a los grupos de cazadores-recolectores prehistóricos distintos espectros económicos y diferentes posibilidades de ocupación, lo que pudo repercutir en la forma en que éstos explotaron su entorno. Esta configuración también da lugar a la existencia de distintos *ecotonos*, que condicionan el tipo de vegetación susceptible de desarrollarse en cada uno de ellos y que, como se verá más adelante, condiciona la localización de las distintas masas forestales que se expanden a principios del Holoceno.

Por lo que respecta al marco cronológico, la transición al Epipaleolítico en el Asón puede ser igual-

mente delimitada *sensu lato*, gracias a las dataciones radiocarbónicas con que cuentan algunos de los yacimientos arqueológicos del valle (Tab. 1). A grandes rasgos, los niveles adscritos al *Magdaleniense Superior/Final* o al *Aziliense*, cuya distinción en algunos casos es problemática, van del 15.000 Cal.BP al 11.000 Cal.BP (1), mientras que la datación del nivel 1 del Abrigo de la Peña del Perro (Santoña), lleva los comienzos del Mesolítico antes del 10.000 Cal.BP (Straus y González Morales 2003). Estas fechas sitúan el final del Paleolítico en los momentos finales del *Interstadial del Tardiglacial* (oscilación *Alleröd*), todo el *Dryas Reciente* y los comienzos del Holoceno, el *Pre-Bo-real*, cronología que coincide con las evidencias paleoclimáticas procedentes de otros yacimientos de la zona centro-oriental del Cantábrico.

PROPUESTA METODOLÓGICA

Si bien es cierto que la vegetación es enormemente adaptable, y que no está sujeta a unos límites rígidos e impermeables, no lo es menos el hecho de que bajo unas determinadas circunstancias puede darse un mayor desarrollo de la misma, según sus necesidades ecológicas, situación denominada *clímax*. La delimitación de las zonas dentro de nuestra área de estudio que cumplan esos requisitos "... has to allow one to determine the suitability of each point of the territory for the growth of each type of vegetation". (Felicitísimo Pérez et al. 2002: 455).

Así pues, se definieron las necesidades de las especies identificadas en varios diagramas polínicos del oriente cantábrico, y se seleccionaron aquellas que podían calcularse para nuestro periodo de estudio: la insolación, la altitud máxima y la pendiente del terreno. Estas variables fueron clasificadas según una graduación que indicaba su mayor o menor influencia en el desarrollo vegetal. Mediante el empleo de un SIG, se generaron una serie de *modelos temáticos* representando cada una de las variables, según el valor asignado. La suma de todos ellos mostraba la posibilidad que tenía cada especie de desarrollarse, siempre en función de los factores introducidos (véase más abajo).

Aunque este modelo dejaba fuera algunos condicionantes importantes, como la humedad o la influencia de los vientos, nos ofrecía la posibilidad de

(1) INT-CAL 04, 2σ, CalPal.

observar la pauta general de distribución de la vegetación y su evolución a lo largo del tiempo (por ejemplo, la sustitución de una vegetación de montaña por otra de fondo de valle, etc.). Creemos que, de haber alguna relación entre la presencia de la vegetación y los patrones de movilidad y asentamiento de los grupos de cazadores-recolectores, una visión general de la dispersión de la misma podría ser suficiente para poner ambos factores en relación (Spikins 1997b), permitiéndonos analizar la influencia de los cambios ambientales en las sociedades humanas.

LA EVIDENCIA PALEOCLIMÁTICA

Los análisis paleoclimáticos a escala global muestran que los cambios ambientales que caracterizan el final del Cuaternario se producen de forma relativamente rápida y brusca, provocando un importante impacto en la vegetación continental (Mayewski *et al.* 1996; Sánchez Goñi *et al.* 2002). La mejor fuente para conocer la evolución de la vegetación prehistórica es sin duda la palinología (López García 2000).

A pesar de las limitaciones propias del método –como pueden ser el diferente grado de polinización de las especies, problemas tafonómicos o de formación de los depósitos, o su enfoque actualista–, que nos obligan a ser cautelosos en la interpretación de los palinogramas (Dupre Ollivier 1992; Leroi-Gourhan y Renault-Miskovsky 1977), éstos nos permiten observar qué *géneros* (o al menos algunos de ellos) estaban presentes en el paisaje cuaternario. Aunque el porcentaje calculado en los diagramas no es directamente proporcional a la presencia de la vegetación en el entorno (Hicks 1993), la aparición de sus esporas en número suficientemente significativo atestigua la existencia de determinados *taxa*.

En el caso del Asón, contamos con los estudios efectuados en El Otero (Leroi-Gourhan 1966), El Perro (López García *et al.* 1996) y Los Tornos (Peñalba 1994). A éstos se pueden añadir los datos procedentes de las cuevas de El Pendo (González Echeagaray *et al.* 1980), El Rascaño (Boyer-Klein 1981), El Salitre (López García 1981) y Arenaza (Sánchez Goñi 1993), dada su relativa proximidad geográfica y similar cronología. Todos ellos muestran el claro predominio de *Pinus* (posiblemente la especie *Pinus sylvestris*) y *Corylus* en los niveles asociados al Magdaleniense Superior-Final (13.000-11.500 BP), mientras que en niveles azilienses (11.500-

10.000 BP) *Quercus* y otras termófilas están también altamente representadas.

Esta composición refleja evidentemente las fases climáticas del final de la Glaciación; el predominio de *Pinus* y *Corylus* es propio de periodos fríos y secos, que sin duda en el caso de los niveles terminales del Magdaleniense y principios del Aziliense se corresponden con el *Dryas Reciente*. Por otra parte, en los niveles adscritos al Aziliense Reciente se observa una suavización del clima, con la presencia de géneros adaptados a condiciones más benignas, como sería el caso de *Quercus* y otras termófilas. Sin embargo, la aparición de estas últimas podría responder a dos procesos netamente opuestos: podría deberse al brusco cambio climático del final del *Dryas*, al que la vegetación arbórea respondiese rápidamente, o bien la evolución hacía un paisaje de tipo atlántico pudo producirse durante el *Interstadial del Tardiglacial*, periodo que supone la principal mejora climática antes de la llegada del Holoceno. Las termófilas aparecidas bajo estas condiciones suaves y persistentes habrían soportando los rigores del *Dryas Reciente* guarecidas en refugios microclimáticos, desde los que se extenderían rápidamente con el fin de la glaciación; esto explicaría su temprana aparición ya en los primeros momentos del Holoceno.

MODELOS PREDICTIVOS EN ARQUEOLOGÍA

Los modelos predictivos pueden definirse como “*tools for projecting known patterns or relationship into unknown times or places*” (Warren y Asch 2000: 6), es decir, como una forma de extrapolar un determinado patrón de comportamiento a una área de estudio dada. Sin embargo, su empleo en arqueología implica también una construcción teórica de partida sólida, puesto que la predicción resultante dependerá de los patrones de comportamiento que se asuman como base del modelo predictivo, y que a su vez condicionarán las variables empleadas en él, así como el valor que se asigne a cada variable. En el caso de modelos aplicados a sociedades humanas, es necesario “*consider how humans make choices concerning location. This requires considering: a) a mechanism for decision making; b) an end for decision making.*” (Dalla Bona 2000: 75). Es por lo tanto imprescindible definir en primer lugar los factores que se consideran más influyentes en los procesos de toma de decisiones.

Esto ha provocado que muchos trabajos de este tipo se hayan planteado desde una óptica demasiado *determinista*, puesto que se basan exclusivamente en factores económicos y topográficos al plantear los patrones de poblamiento sobre los que se basaría la predicción, sin tener en cuenta otros factores de tipo cultural o social, como la importancia de la tradición, el simbolismo o el bagaje cultural sobre los condicionantes ambientales (2), aunque existen también estudios que han tratado de integrar variables de tipo *cultural* (Ebert 2004:6-9). En cualquier caso, es necesario tener siempre presente que la *predicción* dependerá de las variables que se hayan empleado; la representación cartográfica de los resultados tiende a dar la impresión de que se está mostrando un *mapa* de distribución, cuando en la realidad se trata de una *aproximación*, calculada en función de una variables determinadas.

Aunque su empleo en arqueología se ha centrado en la mayoría de los casos en el análisis de la distribución de yacimientos, con el objetivo de crear mapas de *potencialidad arqueológica* (Cuming 2002; Ebert 2004: 1; Wescott y Brandon 2000), existen algunos trabajos que se han centrado en el estudio de la distribución espacial de la vegetación prehistórica, destacando los trabajos de Spikins (1997a) para el Mesolítico inglés.

DESARROLLO DEL MODELO PREDICTIVO

Variables introducidas en el modelo

Una vez que la vegetación arbórea predominante en la transición al Holoceno fue identificada, era posible definir las condiciones ambientales y topográficas que favorecerían su aparición a lo largo del área de estudio, basándonos en sus requerimientos ecológicos actuales. Sin embargo, algunas de las principales variables que influyen en su desarrollo, como la humedad relativa, la pluviometría o el efecto de los vientos dominantes, debían quedar excluidas del modelo predictivo, dado que era imposible calcularlas para esos momentos. No obstante, otras igualmente importantes sí podían ser obtenidas o calculadas, asumiendo que las variaciones que han podido experimentar desde entonces no condicio-

naban el resultado final; con ellas es posible realizar una primera aproximación a la posible distribución de la vegetación (Dalla Bona 2000: 76). Estas variables fueron el *rango altitudinal* de aparición de cada especie, la *pendiente máxima* que soportan, y la *insolación mínima* que requieren para su desarrollo, calculadas para diferentes momentos del año.

La *altitud* es uno de los factores que más condicionan la aparición de la vegetación, especialmente en su límite superior, que indica la *línea de bosque*, es decir, el máximo que puede soportar según las condiciones del entorno (Frenzel 1993). Aunque estos límites fluctúan en función de variantes locales, pueden establecerse unos *rangos de altitud* que marcan el ideal para cada especie arbórea. Los géneros que aparecen en los palinogramas cuaternarios están muy bien representados tanto en la Cordillera Cantábrica como en los Pirineos, por lo que tomamos sus márgenes actuales para establecer los rangos de altitud pasados (Frenzel 1993; Montserrat Martí 1992).

Sin embargo, estos límites dependen de la temperatura ambiente, y varían en función de la misma; a menor temperatura, el límite de bosque descende. Los rangos de altitud actuales fueron por lo tanto modificados para ajustarlos a las condiciones ambientales del final del Pleistoceno y los comienzos del Holoceno. Para ello, se aplicó un *gradiente térmico* de 0° 65°C / 100 m; es decir, la línea de bosque se hizo descender 100 m por cada 0,65°C de diferencia con respecto a la temperatura media actual. Basándonos en las líneas de equilibrio de diversos glaciares cantábricos y pirenaicos (Castañón Álvarez y Frochoso Sánchez 1992; Chueca Cia 1992), se estableció un rango de temperaturas que iba desde -4°C con respecto a la actualidad hasta -1°C, simulando de este modo la mejora climática acaecida al final del Würm (Tab. 2).

TEMPERATURAS	GRADIENTE TÉRMICO	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Quercus petraea</i>	Bosque mixto
± 0 °C	- 0 m.	1.000-2.000 m.	600-1.000 m.	300-600 m.
-0'5 °C	- 75 m.	925-1.925 m.	525-925 m.	225-525 m.
-1 °C	-150 m.	850-1.850 m.	450-850 m.	150-450 m.
-1'5 °C	- 230 m.	770-1.770 m.	370-770 m.	70-370 m.
-2 °C	- 300 m.	700-1.700 m.	300-700 m.	0-300 m.
-2'5 °C	- 385 m.	615-1.615 m.	215-615 m.	0-215 m.
-3 °C	- 450 m.	550-1.550 m.	150-550 m.	0-150 m.

Tab. 2. Rangos altitudinales de la vegetación, en función de la temperatura, aplicando un gradiente térmico de 0° 65°C / 100 m.

(2) "we believe that during almost all North American prehistoric ecological forces have limited and shaped prehistoric population activities to a substantial degree". (Church et al. 2000: 149).

Un segundo factor limitante es la *pendiente* del terreno sobre el que se asienta la vegetación. Aunque no es absolutamente restrictiva, una inclinación excesiva puede dificultar el crecimiento arbóreo, en especial en determinados géneros, como *Fagus*. Por ello, se establecieron dos límites orientativos, uno de 15° de desnivel para especies propias de terrenos llanos (como las que componen el bosque mixto caducifolio) y otro de 45° para géneros más montanos, como *Pinus* o *Quercus* (Gómez Manzanque 1997).

Se decidió no incluir el sustrato geológico en el modelo predictivo, ya que ninguno de los principales géneros identificados en los palinogramas presentaba grandes condicionamientos edáficos. En cualquier caso, todos ellos tenían preferencia por los suelos *básicos* (Gómez Manzanque 1997), tipo de formación predominante en nuestro área de estudio, mayoritariamente calcárea, por lo que la inclusión de esta variable no aportaba ninguna información relevante.

La última variable considerada fue la *insolación*, es decir, la cantidad de luz solar que recibía el valle, ya que es uno de los principales condicionantes al desarrollo de la vegetación (Frenzel 1993). El caso más evidente es el de *Pinus*, un género con altas necesidades lumínicas, aunque no lo es tanto para *Quercus* o *Fagus*, que pueden darse en condiciones de baja luminosidad. Dado el importante efecto de *ocultamiento topográfico* que el relieve montañoso podría tener sobre el terreno, fue necesaria la simulación de la insolación potencial para efectuar este cálculo, puesto que la simple orientación de las laderas no era significativa (Felicísimo Pérez 1998).

Generación de la cartografía temática

Una vez definidas las preferencias de cada especie, se debían acotar las zonas dentro de nuestro área de estudio que reuniesen dichas condiciones. Esto es posible gracias al empleo de los Sistemas de Información Geográfica, que permiten descomponer el territorio en diferentes *capas* temáticas, cada una de ellas representando de forma numérica una propiedad continua del medio físico, como la altitud o la pendiente. De este modo, pueden seleccionarse aquellas zonas que se encuentren dentro de un rango determinado (por ejemplo, la superficie comprendida entre 500 y 1.000 m de altitud); por otra parte, también es posible reclasificar cada variable

para asignarle un valor cualquiera. Estas dos funciones son la base del método de *valores ponderados* (*weighted values*), en el que cada variable es calificada según su importancia en la predicción.

El formato elegido para la creación de la cartografía fue *raster*, basado en la creación de una malla regular de celdas. Este tipo de formatos permiten la combinación de diferentes capas temáticas, mediante la suma del valor de cada celda, siendo por ello los más adecuados a nuestro propósito.

En primer lugar, se generó un *Modelo Digital de Elevaciones (MDE)*, basado en la cartografía 1:25.000 del *Instituto Geográfico Nacional*, y creado mediante el método de interpolación *Inverse Distance Weighting (IDW)* (Hageman y Bennett 2000), empleando para ello el software *ArcView 3.2* de ESRI. Cada celda de la malla correspondía a 625 m² en la realidad (25 x 25 m) (3), y representaba de forma continua la elevación del terreno, permitiendo seleccionar aquellas áreas incluidas dentro del rango altitudinal indicado por los requerimientos de cada especie.

A partir del MDE, se generó un *modelo de pendientes*, que simulaba el desnivel del terreno, expresado como la diferencia de altitud entre los vértices de cada celda, y que serviría para reducir la probabilidad de crecimiento de la vegetación en zonas de relieve demasiado abrupto.

Cálculo de la insolación potencial

La *insolación potencial* se mide como la cantidad de radiación solar que recibe un determinado área por unidad de tiempo, en una situación ideal de ausencia de nubosidad. Ésta depende del ángulo que forma el Sol con respecto a la Tierra (indicado por su *elevación* y su *azimuth*) a lo largo del día, y del efecto de *ocultamiento* que el relieve provoca sobre la superficie (Pons 1996). Para hallar la insolación total de un día cualquiera, se debían generar varios *modelos de insolación* en intervalos de tiempo regulares (por ejemplo, de una hora desde el orto hasta el ocaso), que sumandos mostraban el total de horas de luz recibida sobre una superficie dada (que en nuestro caso sería cada celda del MDE) (Felicísimo Pérez 1998).

En el caso de la vegetación arbórea, existen dos periodos fundamentales que marcan sus ciclos vitales (Frenzel 1993). Durante el verano se produce

(3) Error Cuadrático Medio: 4,2, para n=220.

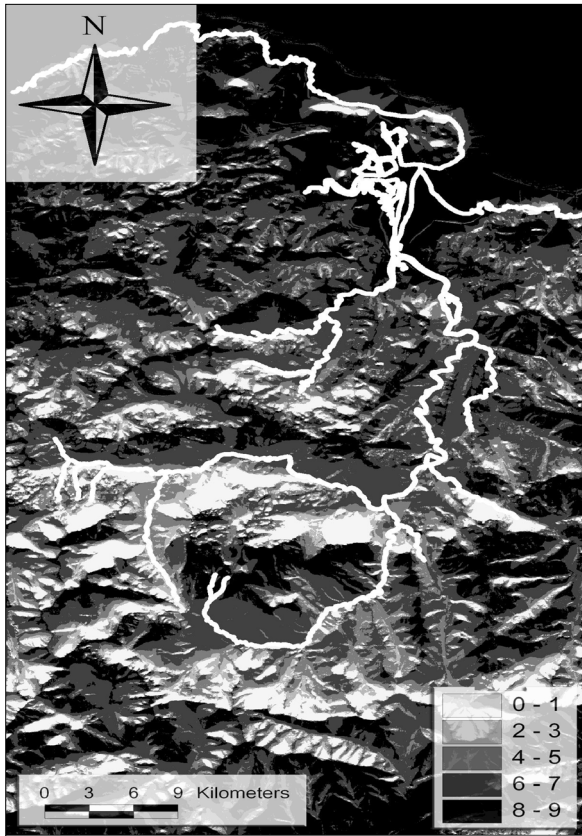


Fig. 3. Modelo de insolación potencial, que indica la media de horas de luz solar diarias recibidas por el área de estudio en los meses de diciembre, enero y febrero.

la mayor parte del crecimiento, condicionado por la cantidad de luz que los árboles reciben; es por lo tanto el momento en que sus necesidades de insolación son mayores, especialmente en géneros heliófilos como *Pinus*. Por el contrario, durante los meses invernales la insolación es mucho menor, pudiendo limitar el desarrollo de la vegetación en determinadas zonas de umbría.

La insolación recibida en cada estación se calculó extrayendo la media de la de los meses que las componen, estimada a su vez a partir del “*día para el cual la radiación exoatmosférica es más parecida a la media mensual para el mes considerado.*” (Pons 1996: 90) (4). El modelo obtenido para el verano se denominó *insolación máxima*, entendiendo que aquellas zonas que recibían más de nueve horas de luz solar media eran propicias para el crecimiento de la vegetación; por otro lado, las superfi-

cies en las que la media invernal era inferior a tres horas diarias se consideraron menos adecuadas, generando un modelo de *insolación mínima* (Fig. 3).

Modelo predictivo de vegetación

El método empleado en la creación del modelo predictivo fue el de *valores ponderados*. Dicho método se basa en el cálculo de la probabilidad de que suceda una determinada respuesta frente a una serie de condicionantes, a partir de la asignación de un valor específico a cada variable considerada en el modelo (valor = α), en función de su importancia en la predicción. En nuestro caso, los condicionantes son las preferencias ecológicas de la vegetación, y la respuesta a predecir la probabilidad de desarrollo de la misma. Dada su subjetividad, es necesario un análisis detallado de las variables, de forma que el valor α no condicione el resultado de la predicción (Dalla Bona 2001).

Para la predicción de la presencia de la vegetación, se asignaron los valores α más altos a aquellas variables que más condicionan el crecimiento arbóreo, como la *altitud* ($\alpha = 4$) y la *insolación máxima* ($\alpha = 3$), mientras que los más bajos sirvieron para incluir en el modelo aquellos factores que no son fundamentales, pero que pueden tener cierta influencia en su desarrollo; en este caso la *insolación mínima*, clasificada con $\alpha = 2$, y por último la *pendiente*, $\alpha = 1$. De esta manera, la mayor puntuación refleja la distribución de la vegetación en *pisos ecológicos* así como sus márgenes altitudinales (*líneas de bosque*), junto a la importancia que tiene la insolación estival, momento en que se produce el mayor crecimiento de los individuos. Por otra parte, tiene en cuenta la posible presencia de zonas con escasa o nula radiación solar durante el invierno a la vez que considera la pendiente como un factor ligeramente limitante, aunque no esencial.

A su vez, dentro de cada una de las variables, deben diferenciarse los rangos en los que la importancia predictiva de la variable sea mayor o menor. Cada uno de esos niveles es reclasificado según su importancia, asignándole un valor β al igual que se hizo para las variables (α). En el caso de la altitud, por ejemplo, se definió el rango que marcaba el límite idóneo de crecimiento de cada especie, otorgándole al mismo el valor β más alto, mientras que las zonas por encima y por debajo tenían β más bajos.

El valor definitivo de las celdas que componían

(4) Según Pons (1996), estos días de enero a diciembre son: 19, 15, 16, 15, 15, 14, 19, 17, 16, 16, 15, 14.

PINUS			
ALTITUD= 4			
Valor Variable (α)	Rango	Valor Rango (β)	Valor celda (γ)
4	0-550 m.	1	4
4	550-1.5500 m.	3	12
4	> 1.550 m.	2	8
INSOLACIÓN MÁXIMA= 3			
Valor Variable (α)	Rango	Valor Rango (β)	Valor celda (γ)
3	0-3 h.	1	3
3	3-9 h.	2	6
3	> 9 h.	4	12
INSOLACIÓN MÍNIMA= 2			
Valor Variable (α)	Rango	Valor Rango (β)	Valor celda (γ)
2	0-3 h.	1	2
2	3-9 h.	2	4
2	> 9 h.	4	8
PENDIENTE= 1			
Valor Variable (α)	Rango	Valor Rango (β)	Valor celda (γ)
1	0-15%	2	2
1	15-45%	2	2
1	> 45%	1	1

QUERCUS			
ALTITUD= 4			
Valor Variable (α)	Rango	Valor Rango (β)	Valor celda (γ)
4	-	0	0
4	0-1.150 m.	3	12
4	> 1.150 m.	2	8
INSOLACIÓN= 3			
Valor Variable (α)	Rango	Valor Rango (β)	Valor celda (γ)
3	0-3 h.	2	6
3	3-9 h.	2	6
3	> 9 h.	3	9
INSOLACIÓN MÍNIMA= 2			
Valor Variable (α)	Rango	Valor Rango (β)	Valor celda (γ)
2	0-3 h.	2	4
2	3-9 h.	2	4
2	> 9 h.	3	6
PENDIENTE= 1			
Valor Variable (α)	Rango	Valor Rango (β)	Valor celda (γ)
1	0-15%	2	2
1	15-45%	2	2
1	> 45%	1	1

BOSQUE MIXTO			
ALTITUD= 4			
Valor Variable (α)	Rango	Valor Rango (β)	Valor celda (γ)
4	> 150 m.	1	4
4	0-150 m.	3	12
4	-	0	0
INSOLACIÓN= 3			
Valor Variable (α)	Rango	Valor Rango (β)	Valor celda (γ)
3	0-3 h.	2	6
3	3-9 h.	2	6
3	> 9 h.	3	9
INSOLACIÓN MÍNIMA= 2			
Valor Variable (α)	Rango	Valor Rango (β)	Valor celda (γ)
2	0-3 h.	2	4
2	3-9 h.	2	4
2	> 9 h.	3	6
PENDIENTE= 1			
Valor Variable (α)	Rango	Valor Rango (β)	Valor celda (γ)
1	0-15%	2	2
1	15-45%	1	1
1	> 45%	1	1

Fig. 4. Comparativa de los valores asignados a cada variable y rango, según género arbóreo. Los rangos altitudinales corresponden con una temperatura media 3°C inferior a la actual.

los distintos modelos temáticos, χ (Fig. 4), se obtuvo mediante el producto del valor de las variables por el de sus rangos, es decir:

$$\chi = \alpha * \beta$$

Cada uno de los mapas temáticos fue reclasificado para asignar a las celdas que los componían el valor χ ; de esta forma, se obtuvieron cuatro capas diferentes, una por cada variable incluida en el modelo (Fig. 5).

El modelo predictivo definido, que mostraba la probabilidad total de desarrollo de la vegetación, teniendo en cuenta las cuatro variables consideradas, se obtuvo de la combinación de las capas temáticas, sumando el valor χ de cada celda:

$$P(a) = \chi_{1a} + \chi_{2a} + \dots + \chi_{na}$$

$$P(b) = \chi_{1b} + \chi_{2b} + \dots + \chi_{nb}$$

donde $\tilde{N}(a)$ es la probabilidad de desarrollo de la especie a para cada celda, χ_1 es el valor ponderado de esa celda (χ) para la variable 1, calculada para la especie a ; χ_{2a} es el valor ponderado χ para la segun-

da variable, etc. El resultado de aplicar esta fórmula en todas las celdas es un modelo predictivo que muestra las áreas más adecuadas para el desarrollo de cada especie arbórea (Fig. 6, 7 y 8).

Modelo predictivo: variable Altitud

Como ya se comentó más arriba, la vegetación arbórea se distribuye preferentemente en *pisos altitudinales*; para reflejar este hecho, la variable *altitud* recibió el valor α más alto, 4. En el caso de *Pinus sylvestris*, una especie netamente montana, se decidió asignar los valores α a las áreas de mayor elevación. Su rango altitudinal actual se sitúa entre los 1.000 – 2.000 m.s.n.m., por lo que fue éste rango (debidamente modificado según la temperatura) el que recibió el valor $\beta = 3$, correspondiente al *rango óptimo*. Al ser una especie propia de zonas montañosas, las celdas situadas por encima de este *rango óptimo* recibieron un valor $\beta = 2$, mientras que, puesto que *Pinus* puede también encontrarse en al-

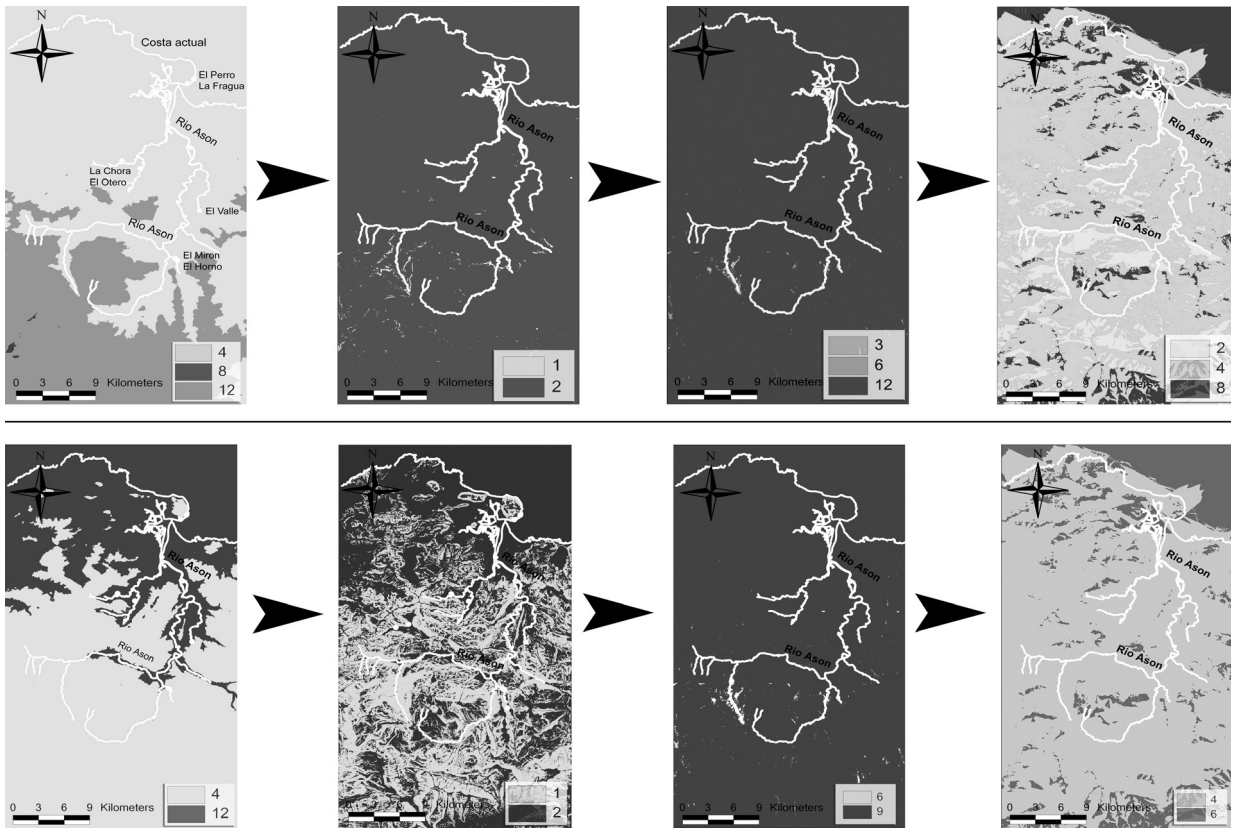


Fig. 5. Comparación entre los diferentes *modelos temáticos* generados para *Pinus* (arriba) y *bosque mixto* (abajo), para una temperatura de -3°C con respecto a la actualidad. Los modelos representan, de izquierda a derecha, las variables: *Altitud*; *pendiente*, *Insolación máxima* e *Insolación mínima*. La leyenda corresponde al valor asignado a cada celda. La suma de los cuatro modelos de cada especie generará un *modelo predictivo de vegetación*.

titudes bajas, las áreas por debajo del rango obtuvieron un $\beta = 1$.

El caso de *Quercus* es similar, puesto que es un género adaptado a las altitudes medias; hoy en día, puede encontrarse en las primeras estribaciones de la Cordillera Cantábrica y los Pirineos, desde los 600 a los 1.000 m.s.n.m. Por ello, la distribución de valores β es similar a la *Pinus*, aunque en los momentos más fríos el rango óptimo podía comenzar en 0 m.s.n.m., y por lo tanto no existía ningún rango de valor $\beta = 1$ (como en el ejemplo de la figura 4).

El *bosque mixto atlántico* presenta no obstante unas condiciones de distribución inversas, siendo un tipo de formación propia de zonas bajas y fondos de valle. Así pues, mientras que el *rango óptimo* (actualmente situado entre 300 y 600 m.s.n.m.) recibía el valor 3, las zonas por debajo de esa altitud mínima se clasificaron con $\beta = 2$, y las áreas más altas con $\beta = 1$, restringiendo de esta forma la po-

sibilidad de aparición del *bosque mixto* a gran altitud, y potenciando su presencia en las zonas bajas.

Modelo predictivo: variables *Insolación máxima* e *Insolación mínima*

Se entiende por *Insolación máxima* la correspondiente a las cantidad media de horas de luz solar diarias recibida en los meses estivales (junio, julio y agosto). Puesto que es en este periodo cuando se produce el crecimiento de la vegetación arbórea, se asignó un valor de 3 a esta variable (el segundo más alto). Por el contrario, la *insolación mínima* es la correspondiente a los meses de diciembre, enero y febrero; debido al abrupto relieve de nuestra zona de estudio, durante el invierno se forman zonas de umbría, en las que la falta de insolación puede dar lugar a unas condiciones climáticas adversas, que dificulten el desarrollo de la vegetación, aun-

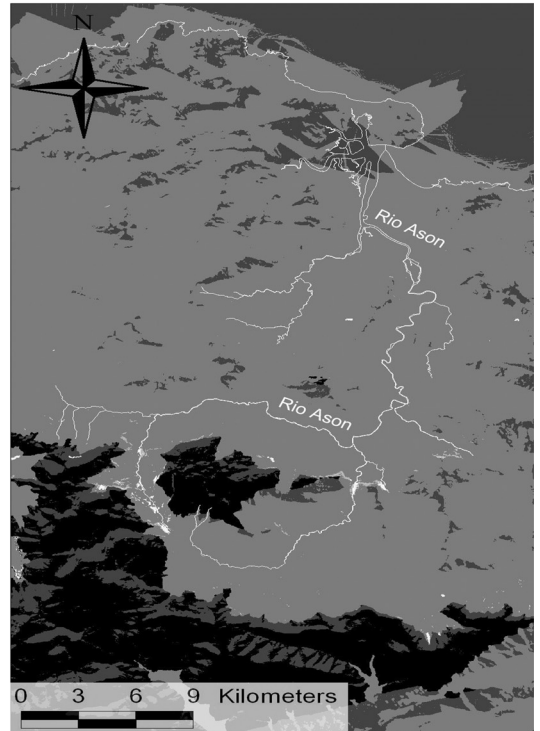
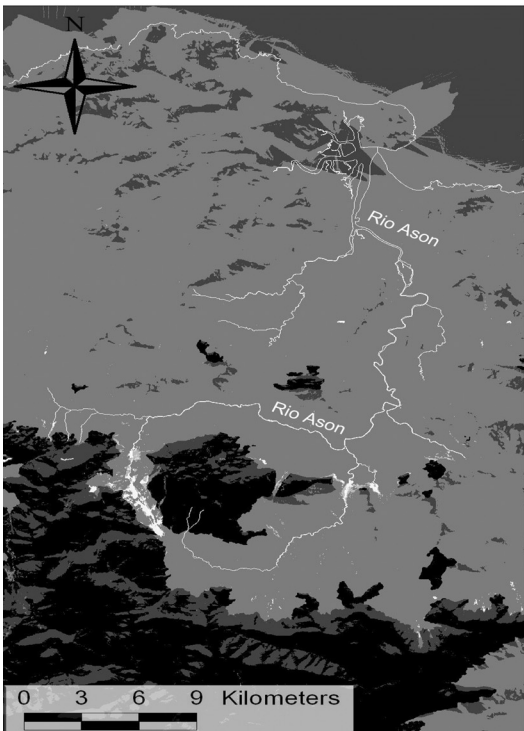
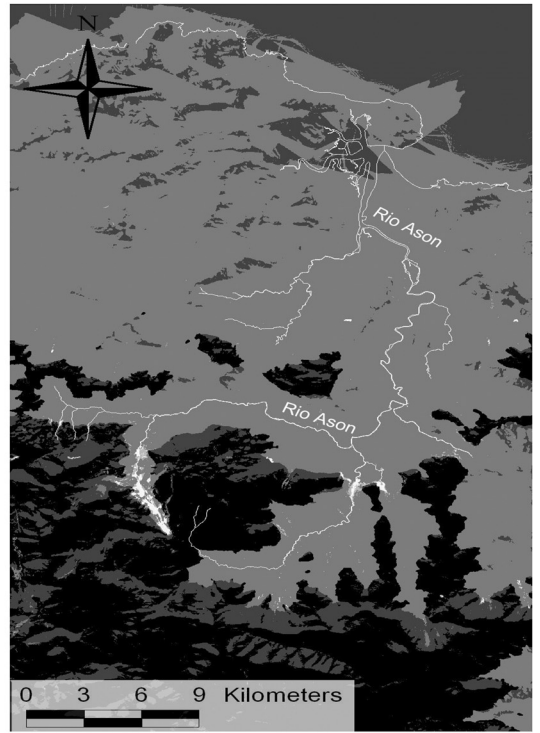
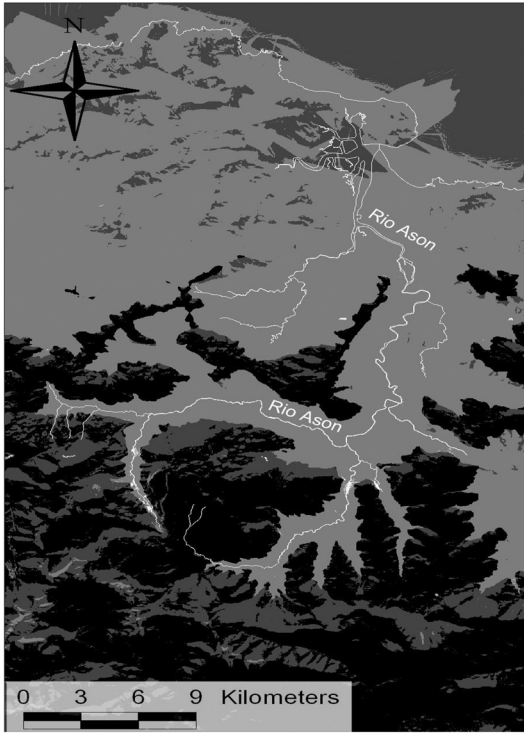


Fig. 6. Probabilidad de distribución potencial de *Pinus*, correspondiente a una corrección térmica con respecto a la actualidad de -4°C (arriba, izda.); -3°C (arriba, dcha.); -2°C (abajo, izda.) y -1°C (abajo, dcha.). La probabilidad se basa en las variables introducidas en el modelo predictivo.

que no tanto como para hacerlo imposible. Por ello, la variable *Insolación mínima* recibió un valor $\beta=2$.

Pinus es en general un género *heliófilo*, es decir, que requiere elevadas cantidades de luz solar para su desarrollo, algo que queda patente en su distribución actual en los Pirineos; los bosques de pinos se localizan preferentemente al sur de la cordillera, debido a la diferente insolación que ambas vertientes reciben (Gómez Manzaneque 1997: 164). Por lo tanto, y puesto que las otras dos formaciones no presentan un condicionamiento tan fuerte respecto a la insolación, las áreas que recibían una insolación alta (es decir, por encima de nueve horas diarias de media) obtuvieron un valor $\beta=4$, lo que daba a *Pinus* una ventaja significativa sobre *Quercus* y el *bosque mixto*, que recibieron un valor máximo de 3.

Por el contrario, en las zonas con baja insolación, *Pinus* recibió un valor de 1, mientras que para las dos formaciones restantes, adaptadas a condiciones de baja luminosidad, se asignó un valor mínimo de $\beta=2$, facilitando su aparición sobre *Pinus* en zonas de umbría.

Modelo predictivo: variable Pendiente

La última variable incorporada al modelo predictivo fue la *Pendiente*. Se consideró que éste era el factor que menos condicionaba el desarrollo de vegetación arbórea, y por lo tanto fue la variable que obtuvo un valor más bajo, 1. Tanto *Pinus* como *Quercus* están perfectamente adaptados a los terrenos escarpados y en la actualidad aparecen en laderas con un fuerte desnivel; por lo tanto, se asignó a ambos un valor $\beta=2$ hasta una pendiente máxima del 45% de desnivel, y $\beta=1$ a las celdas situadas en zonas con una inclinación mayor (realmente escasas en nuestra zona de estudio).

Por otro lado, las especies que componen el *bosque mixto* son propias de terrenos llanos y de relieve suave; para representar este hecho, el *rango positivo* ($\beta=2$) de la variable *Pendiente* para el *bosque mixto* se limitó al 15% de desnivel, dificultando su presencia en áreas más abruptas.

PATRONES DE OCUPACIÓN DEL TERRITORIO

En total se obtuvieron doce *modelos predictivos* diferentes, cuatro por cada uno de los géneros arbó-

reos, que simulaban su evolución desde una situación con temperaturas 4°C inferiores a la actualidad, hasta una de -1°C, calculados en intervalos de un grado centígrado (Figs. 6, 7 y 8). Éstos indicaban su distribución "*ideal*" de acuerdo a las variables consideradas, lo que nos permitía plantear la posible ordenación espacial de la vegetación durante la transición al Holoceno.

Según lo observado en los diagramas polínicos, *Pinus* constituye la vegetación dominante a lo largo del Tardiglaciario, aunque las muestras de termófilas que aparecen también en niveles estadales están hablándonos de su presencia en esos momentos. Aunque la amplia dispersión que se observa de *Quercus* y del *bosque mixto* en los primeros modelos de dispersión no se corresponde con la situación que parecen mostrar los análisis palinológicos del final del Würm, sí indican que éstas podrían haberse mantenido incluso durante las fases frías del Tardiglaciario, aunque probablemente su extensión se restringiese a las zonas más resguardadas. Por el contrario, en los niveles post-glaciares sí se aprecia la presencia importante de géneros templados, que podrían haber alcanzado buena parte de la extensión ideal calculada para ellas.

El análisis del conjunto de los modelos permite plantear que el núcleo principal de dispersión de la vegetación arbórea se trasladase desde las zonas medias y altas hacia la costa. Esto es debido a que las masas de *Pinus* que habían dominado el Tardiglaciario, propias de ambientes frescos y menos húmedos, van retirándose hacia las regiones más montañosas a medida que la temperatura media global y la humedad ascienden; a su vez, las tierras bajas son rápidamente pobladas por especies propias de climas más templados, principalmente *Quercus petraea* y *q. robur*, además de diversas termófilas que componen el denominado *bosque mixto*, como *Fagus*, *Alnus*, *Betula*, *Ulmus*, etc. Mientras que las primeras se distribuyen por las áreas de media montaña y los valles interiores, éstas últimas ocupan las zonas bajas cercanas al litoral y los fondos de valle. No obstante, la presencia de vegetación en los fondos de valle debió producirse también en los momentos fríos, dado su carácter resguardado, lo que haría de ellos refugios vegetales; sin embargo, en periodos de condiciones climáticas más favorables, esta vegetación debió prosperar y expandirse más allá de las zonas refugio.

Cabe destacar la gran variabilidad que muestra el paisaje según esta simulación, a medida que se va

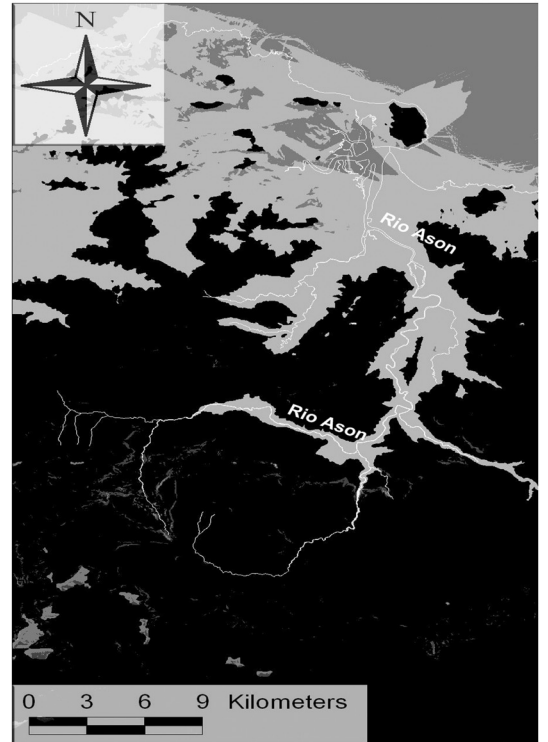
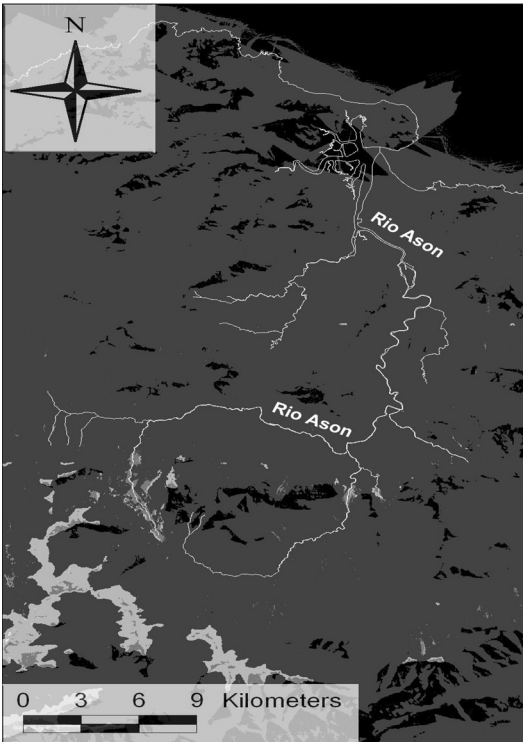
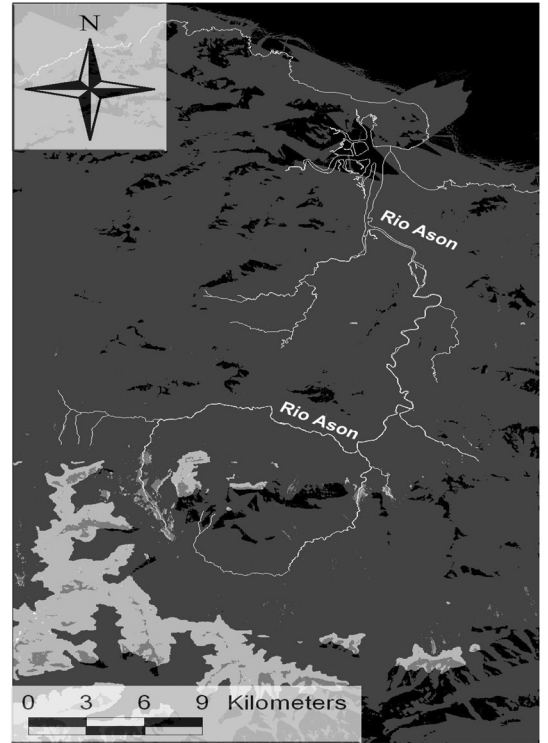
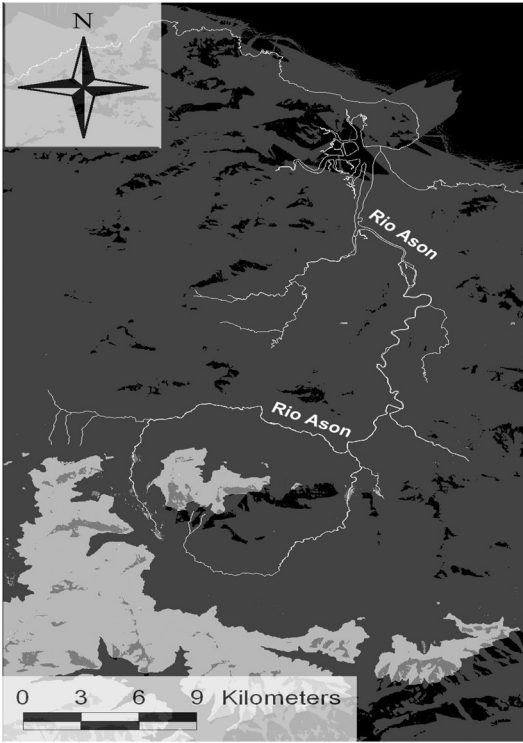


Fig. 7. Distribución potencial de *Quercus*, con una corrección térmica con respecto a la actualidad de -4°C (arriba, izda.); -3°C (arriba, dcha.); -2°C (abajo, izda.) y -1°C (abajo, dcha.).

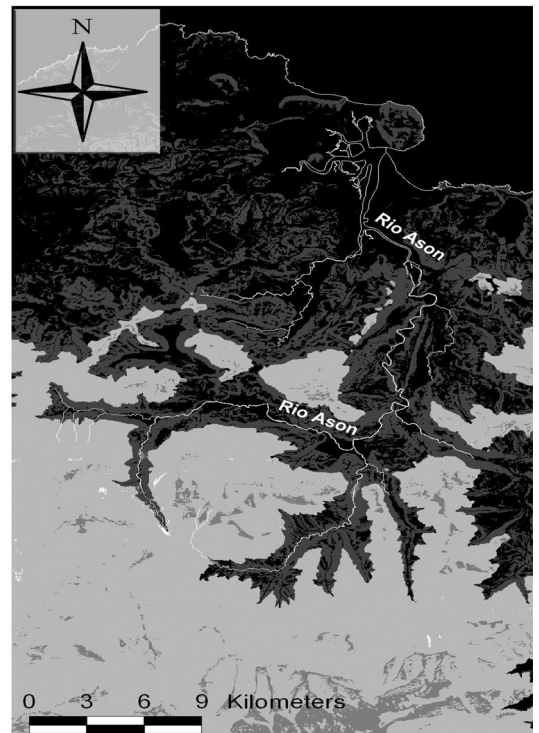
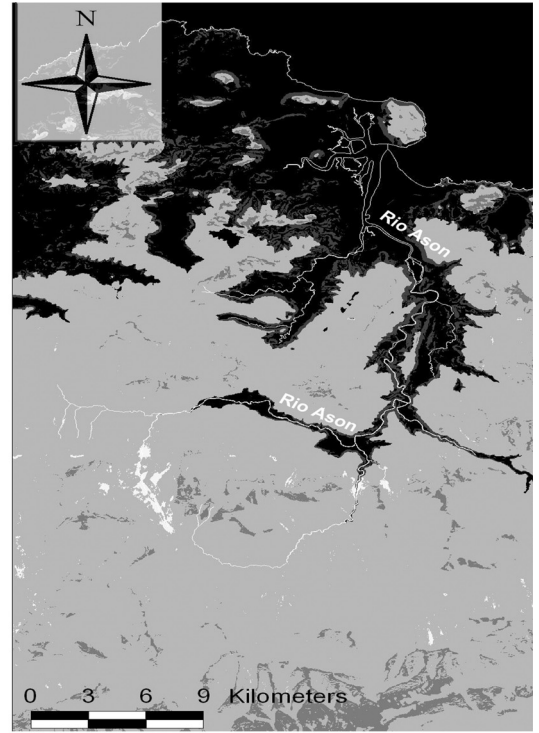
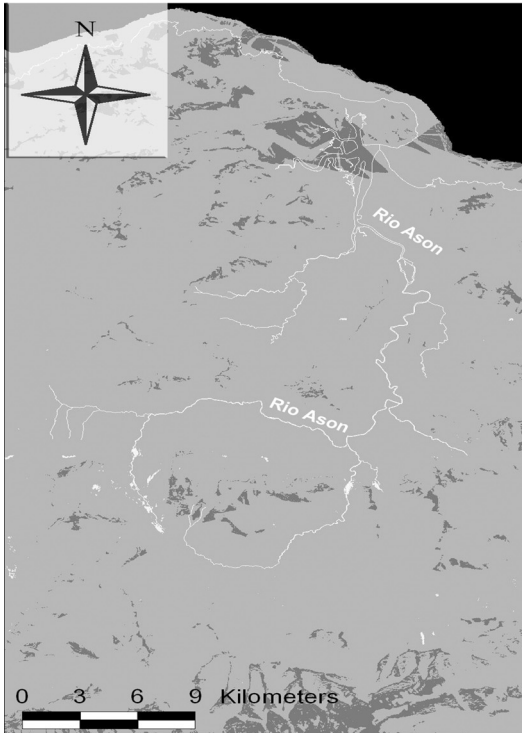


Fig. 8. Distribución potencial del bosque mixto, con una corrección térmica con respecto a la actualidad de -4°C (arriba, izda.); -3°C (arriba, dcha.); -2°C (abajo, izda.) y -1°C (abajo, dcha.). La composición de este tipo de bosque es variada, pero incluye *Quercus*, *Fagus*, *Ulmus*, etc.

umentando la temperatura. Una subida térmica de tan sólo un grado centígrado supone un desplazamiento considerable de las áreas potenciales de distribución de cada género. Es evidente que la reacción de la vegetación arbórea a los cambios climáticos no es instantánea, pero sí lo suficientemente rápida como para responder a las fluctuaciones climáticas ocurridas al final del Würm (Sánchez Goñi *et al.* 2002); el paisaje del valle del Asón debió ser por tanto cambiante a lo largo del Tardiglaciación.

Paralelamente, se observa un cambio en el patrón de ocupación del valle a finales del Paleolítico, puesto que a partir del Magdaleniense Superior-Final el asentamiento se centra en yacimientos situados en los fondos de valle o la plataforma litoral, y que por lo tanto estaría en estrecha relación con las nuevas formaciones boscosas, de tipo caducifolio, que aparecen tras la mejora climática de final de la Glaciación.

No obstante, los niveles adscritos al Magdaleniense Superior-Final de estos yacimientos (Perro 3, Valle C, Horno 1 y 2, Otero 3-2, Fragua 4) corresponden al *Dryas Reciente*, lo que significa que ya se estaban ocupando antes del fin definitivo de las condiciones glaciares.

Es evidente entonces que las alteraciones ambientales del final del Würm no pueden entenderse como el desencadenante ni el motor conductor del cambio en el patrón de ocupación del territorio producido al final del Paleolítico. No obstante, es posible que el *contexto ecológico* en el que tuvieron lugar dichas transformaciones culturales también hubiese sido modificado con anterioridad al *Dryas Reciente*, como consecuencia de la importante mejora climática que supuso la fase templada del *Interstadial del Tardiglaciación* (las fases *Bölling-Dryas II-Allërod* de la secuencia polínica tradicional), un momento en el que se produce una fuerte deglaciación y un aumento considerable de las temperaturas (Uriarte Cantolla 2003).

El desarrollo de una importante vegetación arbórea como consecuencia del *Interstadial del Tardiglaciación*, mantenida probablemente durante el *Dryas Reciente* en *refugios microclimáticos*, debió ofrecer un *contexto ecológico* diferente, que si bien no tuvo por qué estar en el origen de las transformaciones culturales acaecidas al final del Paleolítico Superior, si debió participar de ese proceso de cambio, reforzando o dinamizando algunas tendencias motivadas por otros factores de tipo social, demográfico, etc.

CONCLUSIÓN

Hemos comprobado cómo, a partir de los requerimientos ecológicos de la vegetación arbórea identificada en los diagramas polínicos fósiles, es posible plantear una serie de modelos predictivos que muestren su *distribución potencial*. Si bien dichos modelos están limitados por cuanto desconocemos algunas de las variables que condicionan el desarrollo de la vegetación, podemos inferir la dinámica que ésta siguió al final de la Glaciación Würm. La sustitución de los bosques de *Pinus* característicos de zonas montañosas, por otros de tipo caducifolio dominados por *Quercus*, supuso la aparición de importantes masas forestales en la llanura litoral y los valles bajos, modificando el paisaje en el que se desarrollaba la vida de los grupos de cazadores-recolectores paleolíticos. Esta evolución pudo haber influido en el desarrollo de un nuevo patrón de explotación del territorio, que se manifestaría en la ocupación de asentamientos ligados más directamente a los nuevos recursos. La contrastación de esta hipótesis con el registro arqueológico y con otras variables ambientales, nos permitirá definir en qué medida el medio ambiente influyó en ellos.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte de una investigación financiada por una beca Predoctoral de la Universidad de Cantabria.

BIBLIOGRAFÍA

- BOYER-KLEIN, A. 1981: "Análisis palinológico del Rascaño". En J. González Echegaray e I. Barandiaran Maestu (eds.): *El Paleolítico Superior de la Cueva del Rascaño (Santander)*. Centro de Investigación y Museo de Altamira. Santander: 216-220.
- CASTAÑÓN ÁLVAREZ, J.C. y FROCHOSO SÁNCHEZ, M. 1992: "La Glaciación Würm en las montañas cantábricas". En A. Cearreta y J.W. Murray (eds.): *The Late Quaternary in the Western Pyrenean region*. Universidad del País Vasco. Bilbao: 319-332.
- CEARRETA, A. y MURRAY, J.W. 1996: "Holocene paleoenvironmental and relative sea-level changes in the Santoña Estuary, Spain". *Journal of Foraminiferal Research* 26 (4): 289-299.
- 2000: "AMS 14C dating of Holocene estuarine deposits: consequences of high-energy and reworked foraminifera". *The Holocene* 10 (1): 155-159.

- CUMING, P. 2002: "An assessment of the SMR as a predictive tool for cultural resource management, development control and academic research". En D. Wheatley, G. Earl y S. Poppy (eds.): *Contemporary themes in Archaeological Computing*. Oxbow. Oxford: 28-36.
- CHUECA CIA, J. 1992: "Estimación de paleotemperaturas durante el Pleistoceno Final: Pirineo Central español". *Estudios Geográficos* 53 (207): 241-263.
- CHURCH, T.; BRANDON, J. y BURGETT, G.R. 2000: "GIS applications in archaeology: Method in search of Theory". En K. Wescott y J. Brandon (eds.): *Practical applications of GIS for archaeologist. A predictive modeling kit*. Taylor&Francis. London: 135-155.
- DALLA BONA, L. 2000: "Protecting cultural resources through Forest Management Planning in Ontario using Archaeological Predictive Modeling". En K. Wescott y J. Brandon (eds.): *Practical applications of GIS for archaeologist. A predictive modeling kit*. Taylor & Francis. London: 73-100.
- 2001: "Incorporating archaeological predictive modeling into land use planning". En B. Slapsak (ed.): *COST Action G2. On the good use of Geographical Information Systems in archaeological landscape studies*. European Communities. Luxemburg: 37-43.
- DUCHADEAU-KERVAZO, C. 1986: "Les sites paléolithiques du bassin de la Dronne (nord de l'Aquitaine). Observations sur les modes et emplacements". *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 83 (2): 56-64.
- DUPRE OLLIVIER, M. 1992: "Palinología". *Cuadernos Técnicos de la Sociedad Española de Geomorfología* 5: 3-30.
- EBERT, D. 2004: *Predictive modeling and the Ecology of Hunter-Gatherers of the Boreal Forest of Manitoba*. BAR Intern. Series 1221, Archaeopress. Oxford.
- FANO MARTÍNEZ, M.Á. 1998: *El Hábitat Mesolítico en el Cantábrico Occidental. Transformaciones ambientales y Medio Físico durante el Holoceno Antiguo*. BAR 5732, Archaeopress, Oxford.
- 2005: "El final del Magdaleniense en la cuenca del río Asón. Nuevos datos procedentes de la Cueva del Horno (Ramales de la Victoria, Cantabria)". *Actas do IV Congreso de Arqueología Peninsular. O Paleolítico*. Universidad do Algarbe. Faro: 109-122.
- FELICISÍMO PÉREZ, Á.M. 1998: "Apéndice 1. Información adicional sobre la modelización de la insolación potencial". En M.A. Fano Martínez (ed.): *El Hábitat Mesolítico en el Cantábrico Occidental. Transformaciones ambientales y Medio Físico durante el Holoceno Antiguo*. BAR 5732, Archaeopress. Oxford: 108-113.
- FELICISÍMO PÉREZ, Á.M.; FRANCÉS, E.; FERNÁNDEZ, J.M.; GONZÁLEZ DÍEZ, A. y VARAS, J. 2002: "Modelling the potencial distribution of forest with a GIS". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 68 (5): 455-461.
- FRENZEL, B. (ed.) 1993: *Oscillations of the Alpine and Polar Tree Limits in the Holocene*. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart.
- GÓMEZ MANZANEQUE, F. (ed.) 1997: *Los bosques ibéricos*. Planeta. Barcelona.
- GONZÁLEZ ECHEGARAY, J.; FREEMAN, L.G.; BARRANDIARAN MAESTU, I.; APELLANIZ, J.M.; BUTZER, K.W.; FUENTES VIDARTE, C.; MADARIAGA, B.; GONZÁLEZ MORALES, J.A. y LEROI-GOURHAN, A. 1980: *El yacimiento de la Cueva de El Pendo (Excavaciones 1953-57)*. Bibliotheca Praehistorica Hispana 17, CSIC. Madrid.
- GONZÁLEZ MORALES, M. 2000: "Registro arqueológico y clima del pasado". En J. C. García Codrón (ed.): *La reconSTRUCCIÓN del clima de época preindustrial*. Universidad de Cantabria. Santander: 57-80.
- GONZÁLEZ MORALES, M.; STRAUS, L.G.; DÍEZ CASTILLO, A. y RUIZ COBO, J. 2004: "Postglacial Coast & Inland: the Epipaleolithic - Mesolithic - Neolithic transitions in the Vasco-Cantabrian Region". *Munibe* 56: 61-78.
- GONZÁLEZ SAINZ, C. 1989: *El Magdaleniense Superior-Final de la región cantábrica*. Tantin. Santander.
- 1994: "Sobre la cronoestratigrafía del Magdaleniense y Aziliense en la Región Cantábrica". *Munibe (Arqueología-Arkeologia)* 46: 53-68.
- HAGEMAN, J. B. y BENNETT, D.A. 2000: "Construction of Digital Elevation Models for archaeological applications". En K. Wescott y J. Brandon (eds.): *Practical applications of GIS for archaeologist. A predictive modeling kit*. Taylor & Francis. London: 113-129.
- HICKS, S. 1993: "The use of recent pollen rain records in investigating natural and anthropogenic changes in the polar tree limit in Northern Fennoscandia". En B. Frenzel (ed.): *Oscillations of the Alpine and Polar Tree Limits in the Holocene*. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart: 5-18.
- LEROI-GOURHAN, A. 1966: "Análisis polínico en El Otero". En J. González Echegaray (ed.): *Excavaciones en la Cueva del Otero*. Excavaciones Arqueológicas en España 53. Madrid.
- LEROI-GOURHAN, A. y RENAULT-MISKOVSKY, J. 1977: "La palynologie appliquée à l'archéologie. Méthodes, limites et résultats". En H. Laville y J. Renault-Miskovsky (eds.): *Approche écologique de l'homme fossil*. Université Pierre et Marie Curie. Paris: 35-49.
- LÓPEZ GARCÍA, P. 1981: "Los pólenes de la Cueva de El Salitre". *Trabajos de Prehistoria* 38 (1): 93-96.
- 2000: "La reconstrucción del clima a través de la Palinología". En J. C. García Codrón (ed.): *La reconstrucción del clima en época preindustrial*. Universidad de Cantabria. Santander: 123-146.
- LÓPEZ GARCÍA, P.; LÓPEZ SÁEZ, J. A. y UZQUIANO, P. 1996: "Paleoambiente y hábitat en las Marismas de Cantabria en los inicios del Holoceno: el caso del Abrigo de la Peña del Perro". En P. Ramil-Rego, C. Fernández Rodríguez y M. Rodríguez Guitián (eds.): *Biogeo-*

- grafía Pleistocena-Holocena de la Península Ibérica. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela: 333-348.
- MAYEWSKI, P.; BUCHLAND, P. C.; EDWARDS, K.J.; LMEEKER, L.D. y O'BRIEN, S. 1996: "Climate change events as seen in the Greenland Ice Core (GISP2). Implications for the Mesolithic of Scotland". En T. Pollard y A. Morrison (eds.): *The Early Prehistory of Scotland*. Edinburgh University Press. Edinburgh: 74-84.
- MCGLADE, J. 1995: "Archaeology and the ecodynamics of human-modified landscapes". *Antiquity* 69: 113-132.
- MONTSERRAT MARTÍ, J.M. 1992: *Evolución glacial y postglacial del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: estudio palinológico*. CSIC, Zaragoza.
- PEÑALBA, M.C. 1994: "The History of the Holocene Vegetation in Northern Spain from pollen analysis". *Journal of Ecology* 82 (4): 815-832.
- PONS, X. 1996: "Estimación de la radiación solar a partir de Modelos Digitales de Elevaciones. Propuesta metodológica". En J. Juaristi y I. Moro (eds.): *VII Coloquio de Geografía Cuantitativa, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección* (Vitoria-Gasteiz, 1996). Bilbao: 87-94.
- RIVERA ARRIZABALAGA, A. 2004: "Paleoclimatología y cronología del Würm reciente: un intento de síntesis". *Zephyrus* 57: 27-53.
- SÁNCHEZ GOÑI, M.F. 1993: *De la taphonomie pollinique à la reconstitution de l'environnement. L'exemple de la région cantabrique*. BAR Inter. Series 5586. Oxford.
- SÁNCHEZ GOÑI, M.F.; CACHO, I.; TURON, J.-L.; GUIOT, J.; SIERRA, F.J.; PEYPOUQUET, J.-P.; GRIMALT, J.O. y SHACKELTON, N.J. 2002: "Synchronicity between marine and terrestrial responses to millennial scale climatic variability during the last glacial period in the Mediterranean region". *Climate Dynamics* 19: 95-105.
- SILBERBAUER, G.B. 1994: "A sense of Place". En E.S. Burch y L.J. Ellana (eds.): *Key issues in Hunter-Gatherer research*. Berg Publishers. Oxford: 119-143.
- SPIKINS, P. 1996: "Rivers, boundaries and change. A hypothesis of changing settlement patterns in the Mesolithic of Northern England". En T. Pollard y A. Morrison (eds.): *The Early Prehistory of Scotland*. Edinburgh University Press. Edinburgh: 87-107.
- 1997a: "GIS Modelling of Holocene Vegetation Dynamics in Northern England". En I. Johnson y M. North (eds.): *Archaeological Applications of GIS: Proceedings of Colloquium II, UISPP XIIIth Congress, Forli, Italy, September 1966*. Sydney University. Sydney.
- 1997b: "Population increase in the Mesolithic: a GIS perspective." En I. Johnson y M. North (eds.): *Archaeological Applications of GIS: Proceedings of Colloquium II, UISPP XIIIth Congress, Forli, Italy, September 1966*. Sydney University. Sydney.
- STRAUS, L.G. 1992: *Iberia before the Iberians. The Stone Age Prehistory of Cantabrian Spain*. University of New Mexico Press. Albuquerque.
- STRAUS, L.G. y GONZÁLEZ MORALES, M. 2003: "El Mirón Cave and the 14C chronology of Cantabrian Spain". *Radiocarbon* 45 (1): 41-58.
- STRAUS, L.G.; GONZÁLEZ MORALES, M.; FANO MARTINEZ, M.A. y GARCÍA-GELABERT, M.P. 2002: "Last Glacial Human Settlement in Eastern Cantabria (Northern Spain)". *Journal of Archaeological Science* 29: 1403-1414.
- URIARTE CANTOLLA, A. 2003: *Historia del clima de la Tierra*. Gobierno Vasco. Vitoria.
- UZQUIANO OLLERO, P. 2000: "El aprovechamiento del bosque durante el Tardiglacial y el Holoceno en la cuenca de Arudy (Pirineos Occidentales, Francia)". *Complutum* 11: 143-156.
- WARREN, R.E. y ASCH, D.L. 2000: "A predictive model of Archaeological Site Location in the Eastern Prairie Peninsula". En K. Wescott y J. Brandon (eds.): *Practical applications of GIS for archaeologist. A predictive modeling kit*. Taylor&Francis. London: 5-32.
- WESCOTT, K. y BRANDON, J. (eds.) 2000: *Practical applications of GIS for archaeologist. A predictive modeling kit*. Taylor&Francis. London.