

MÉTODO ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL

Quantitative method of paleoenvironmental reconstruction

J. Furundarena García (*)

RESUMEN

El modelo que a continuación se ofrece pretende dar solución a uno de los principales inconvenientes con que se encuentran los métodos de análisis medioambiental. Actualmente, diferentes métodos como puedan ser la sedimentología, las medidas isotópicas, los análisis faunísticos o la palinología, tan sólo permiten un acercamiento de carácter no cuantitativo y en una única escala (frío-calor; humedad-sequedad) a los climas del pasado. Esta propuesta integra tanto el análisis cuantitativo, que ya fuese desarrollado por el investigador checo Z. Hokr en los 50, como las informaciones de carácter polínico e isotópico. De esta forma, el modelo permitiría una reconstrucción más precisa de los climas y ecosistemas asociados a ellos durante el último período glacial.

Palabras clave: Análisis paleoambiental, palinología, paleofaunas, métodos cuantitativos.

SUMMARY

The following method tries to give a solution to one of the main problems the methods of environmental analyses have. Nowadays, the different methods like sedimentology, isotopic measures, faunistic analyses, or palynology, allow us just a non quantitative and in an only scale (cold-warm; humidity-dryness) approach to the past climate. This proposal includes Hokr's quantitative analysis and the pollen and isotopic reports. In this way, the model would allow a precise reconstruction of the climate and ecosystems associated to them during the last glacial period.

Key words: Paleoambiental analysis, palinology, paleofauna, quantitative methods.

LABURPENA

Lan honen bitartez saiatuko gara irtenbidea ematen ingurugiro-analisi metodoek daukaten eragozpen nagusietako bati. Gaur egun, metodo batzuek, sedimentologia, isotopo neurketak, fauna-analisiak edo palinologia, besteak beste, soilik uzten digute ez zenbatasunezko motako hurbilketa eta eskala bakarrekoa (hotz-bero, hezetasun-lehurtasun) igaroteko klimetera. Proposamen honek elkartu egiten ditu analisi kuantitatiboa, Z Hokr iker-tzaile txekiarrek 50eko hamarkadan garatutako metodoa, eta poliniko eta isotopiko motako argibideak. Honela, modeloak utziko digu azken glaziazioko klimateko eta ekosistema elkartuetako berreraiketa zehatzagoa.

Gako-hitzak: Paleoingurugiro azterketa, palinologia, paleofauna, metodo kuantitativoak.

(*) Lic. en H.^a y Geografía, Univ. Deusto.

1. INTRODUCCIÓN

Los métodos que hoy en día se vienen utilizando para el análisis de los ambientes del pasado son incapaces de reconstruir con la precisión suficiente los climas y los ecosistemas. Los análisis de niveles sedimentarios, como abrigos, cuevas, loess, etc..., tan sólo nos permiten una aproximación relativa, y por tanto no cualitativa, de la variación sobre una escala única, "frío-calor" o "humedad-sequedad" (Hoyos, 1995), con fuertes limitaciones sujetas a las peculiaridades de cada tipo de sedimentación (Farrand, 1982).

Los análisis faunísticos sufren el problema de la presencia de asociaciones faunísticas no existentes en la actualidad. La posibilidad de que especies contemporáneas no estuviesen limitadas en tiempos preholocénicos por los límites climáticos conocidos para su distribución actual elimina buena parte de los intentos de análisis matemáticos empleados para la reconstrucción climática a partir de los mismos (Hokr, 1951; Chaline y Brochet, 1989).

Los estudios sobre cambios climáticos globales en base a análisis isotópicos permiten una valoración relativa con respecto a las temperaturas medias del planeta en la actualidad. Ello hace posible calcular a través de relaciones porcentuales la temperatura global del planeta en un determinado momento y con un margen de error creciente según se avanza hacia atrás en las secuencias (Woillard y Mook, 1982; Alley y Bender, 1998). Sin embargo, dichos análisis no reconstruyen de manera específica una región concreta del planeta.

En los últimos años, los trabajos en yacimientos de pólenes han intentado solventar estos problemas. Los palinólogos están relativamente seguros de poder reconstruir la vegetación a partir de los taxones identificados en niveles sedimentarios de turberas, lagos, abrigos y cuevas esencialmente. La palinología se basa en cuatro premisas fundamentales (Reille, 1990; Delcourt y Delcourt, 1991):

- a. Las lluvias de polen representan fielmente la vegetación.
- b. La deposición y preservación no han modificado substancialmente la lluvia polínica.
- c. La extensión, determinación y conteo de los granos de polen y esporas reconstruye fielmente la lluvia polínica.
- d. La ecología de cada taxón o grupo de taxones no ha cambiado a lo largo del tiempo.

A partir de estos elementos, los taxones representados permitirían la reconstrucción tanto del clima como de los ecosistemas presentes.

2. LÍMITES DE LOS ANÁLISIS POLÍNICOS

Por lo general, los palinólogos están de acuerdo en que la capacidad de reconocer plantas a partir de los pólenes acaba para las arbustivas en el género y para las herbáceas en la familia. La representación gráfica de curvas polínicas del Pleistoceno superior suelen incluir porcentajes de *Quercus*, *Abies*, *Pinus*, *Juniperus*, *Salix*, *Ephedra* y también *Chenopodiaceae*, *Graminae*, *Cyperaceae*, etc,... Ciertas especies tienen distribuciones conocidas y sus necesidades ecológicas han sido bien estudiadas. Los géneros pueden poseer una gran variedad de especies con diferentes distribuciones y límites climáticos diferentes. En el caso de familias como las gramíneas, su distribución puede llegar a ser casi universal.

El sistema de reconstrucción climática y ecosistémica se basaba en la asignación a cada uno de los taxones de unas características climáticas derivadas de las actuales. Los espectros fósiles con análogos similares a los actuales se comparaban directamente y los no comparables se deducían (en la secuencia de referencia) a partir de análisis de correspondencias (clusters), que permitían asignarlos a unas características climáticas determinadas. Evidentemente, existe la posibilidad de que en tiempos estadales pleistocénicos muchas especies no tuvieran los mismos límites climáticos que hoy día.

Si en las faunas no podemos definir con precisión los límites climáticos a nivel de especie, a pesar de poder reconocerlas, en los vegetales en los que no podemos reconocer normalmente especies, esto no sólo es imposible sino que además es improbable. Es posible decir que dos especies de micromamíferos, que hoy día no poseen territorios comunes, aparecen juntos en los mismos niveles sedimentarios, sin embargo no podemos comprobar la coexistencia antigua de especies vegetales que hoy no lo hacen ya que no podemos reconocerlas. Por lo tanto, también es difícil interpretar los espectros del pasado con los actuales incluso a nivel de taxones.

Beaulieu y Suc (1985) llegan a la conclusión de que en latitudes medias de Europa los períodos interglaciales se caracterizaron por el desarrollo de bosques caducifolios; los interstadios por bosques de coníferas boreales y los estadios por estepas o tundras. Evidentemente, un bosque caducifolio es un ecosistema definido (Walter, 1994; Braque, 1988) y

lo mismo podemos decir de las taigas boreales. Sin embargo una estepa o una tundra no son en absoluto comparables y su único punto en común es que ambas son ecosistemas no forestales. En este sentido es informativo el tipo de análisis que M.F. Sánchez Goñi realiza del espectro polínico del nivel d de la cueva de Lezetxiki. Este estrato está compuesto por un espectro con una tasa de polen no arbóreo (NAP), que varía entre el 91,2% y el 96,2%. La composición predominante es en base a Asteraceae, taxones heliófilos, seguidos de Poaceae y *Plantago*, muy adaptables. Les siguen *Artemisia*, Caryophyllaceae, *Centaurea* y Chenopodiaceae, plantas adaptadas a climas secos y Ranunculaceae, Rubiaceae, Brassicaceae, taxones también muy adaptables. Finalmente *Pinus* y *Betula*, que no soportan temperaturas bajas.

"Cette composition floristique est difficilement comparable à des formations herbacées européennes actuelles. Elle est nettement différente des steppes méditerranéennes, formées essentiellement d'Artemisia et des Poaceae. Elle diffère aussi des formations de type toundra dominées par les Poaceae, Cyperaceae, bouleaux, saules nains et par des Ericaceae. De même, le paysage ouvert traduit par cette zone ne rappelle pas les steppes continentales à Pinus, Poaceae et Artemisia (steppes boisées)." ... "Des spectres actuels, constitués par un grand pourcentage de Plantago, Poaceae et par de faibles pourcentages d'Artemisia, se rencontrent dans la steppe mésopotamienne (Wright et al, 1967). Toutefois, dans ces spectres les Chenopodiaceae sont très bien représentés, ce qui n'est pas le cas dans la zone d de Lezetxiki", (Sánchez Goñi, 1993, 53-54).

Por lo tanto, la autora está indicando que existen cuatro posibilidades: estepa mediterránea, tundra periglacial, estepa boscosa y estepa mesopotámica. Ninguna de ellas es, sin embargo, totalmente aceptable por una u otra razón. Las conclusiones sobre reconstrucción climática a partir de dichos datos sería:

"La végétation ouverte traduit par cette zone (Tubuliflorae, Poaceae et Plantago) suggère une certaine xéricité et des températures relativement basses", (Sánchez Goñi, 1993, 54).

Como puede observarse, las conclusiones no pueden definirse como precisas. La palinología puede reconstruir paisajes vegetales pero no climas ni ecosistemas. Incluso la posibilidad de leer espectros en cueva a partir de secuencias de referencia es, como mucho, hipotética. La autora considera los niveles del Magdaleniense final de Ekain IV y Erralla III-II como pertenecientes a una fase stadial (Dryas clásico) y no al interestadial Alleröd (Boyer-Klein, 1985)

debido al bajo nivel de polen arbóreo, lo que hace que los espectros sean incompatibles con el incremento de dichos tipos vegetales en la turbera de Grande Pile, en las series pirenaicas o en Quintanar de la Sierra. Considerar no contemporáneos estos niveles por la diferente composición de la vegetación, forestal o no, sería como considerar no contemporánea la vegetación de la estepa siberiana a partir de la lluvia polínica recogida en una turbera situada tan sólo a unos 100 ó 200 km más al norte (en plena taiga), o bien considerar que la vegetación en Grozny o Maikop (Chechenia) no es contemporánea de los bosques de la vertiente norte del Cáucaso, a menos de 70 km hacia el sur y a 700 m de altitud. No conocemos los límites de la distribución de los biomas würmienses como para realizar comparaciones tan mecánicas entre áreas tan distintas latitudinal y altitudinalmente.

Los análisis faunísticos no han tenido mucho predicamento en los últimos tiempos para realizar análisis climáticos. En esencia, son dos los problemas que deben de tenerse en cuenta:

- Presencia en los yacimientos de asociaciones faunísticas inexistentes en la actualidad, con la correspondiente posibilidad de que los límites climáticos actuales sean distintos a los prehistóricos.

- Inexistencia de una "secuencia de referencia" faunística, lo que imposibilita un contraste global.

Sin embargo, las faunas son, para tiempos recientes (Riss y Würm), perfectamente identificables a nivel de especie y el número de especies fósiles es relativamente reducido. Las especies actuales no han variado sus características fisiológicas respecto a esos períodos, pues los cambios de carácter evolutivo son muchísimo más lentos, entorno a un 6 % cada 75.000 años durante el Pleistoceno superior (Kurten, 1968).

Los mamíferos tienen sus territorios actuales bien identificados e históricamente estables, fundamentalmente los micromamíferos que no han sufrido la presión humana a diferencia de la gran fauna. Estos territorios poseen unos límites climáticos claros, dentro de los cuales cada especie mantiene poblaciones estables y no se ve afectada por la falta de recursos o la competencia inter e intraespecífica. Poseemos, por lo tanto, dos elementos importantes: la identificación de la especie y sus límites climáticos actuales, entre los cuales puede vivir y que son, en principio, válidos.

Desde hace algún tiempo los investigadores han intentado una reconstrucción climática de carácter cuantitativo partiendo de la comparación entre las asociaciones faunísticas fósiles y los límites climáticos de

las actuales. En este sentido, Hokr ha sido quizá un pionero en este tipo de trabajo. Su análisis parte del conocimiento de los límites climáticos de cada especie. Una vez identificadas las especies de un nivel sedimentario se buscaba para cada una las bandas climáticas para una serie de rangos, como puedan ser el límite entre el mes más cálido y el más frío, el número de días al año con temperaturas superiores a 0°C y a 5°C y las precipitaciones anuales totales para esos territorios.

Este método y sus variantes han sido poco utilizados. Esencialmente se han intentado estudios diacrónicos en yacimientos con un elevado número de niveles que permitieran una aproximación a la evolución climática global (Bonifay, 1982; Chaline y Brochet, 1989). Estos sistemas carecían de la capacidad de reconstruir climas concretos por dos motivos:

a. Los análisis faunísticos, como los polínicos, nos informan de una comunidad concreta, que rara vez nos proporciona datos suficientemente precisos sobre los rasgos climáticos de una unidad biótica (ecosistema, sub-ecosistema o biotopo) concreta.

b. Al analizar unos pocos yacimientos, en ocasiones sólo uno, los datos estudiados (especies presentes) eran sólo un retazo de las comunidades faunísticas del pasado.

3. PROPUESTA METODOLÓGICA

El método que se propone con este trabajo pretende solventar dichos inconvenientes a través de un análisis que permita, por una parte, la reconstrucción climática concreta de un área y, por otra, el tipo de ecosistema que lo caracteriza. Con esta finalidad, se plantean los siguientes pasos metodológicos:

1. Estudio de especies actuales poco móviles, con sus distribuciones bien conocidas y poco alteradas por el hombre. Esto excluiría las faunas fósiles (*Bos*, *Mammuthus*, *Coelodonta*); las aves por su gran movilidad (ciertas especies muy sedentarias como *Perdix* o *Tetrao* podrían incluirse); los insectos, también muy móviles, sobre todo las especies voladoras, y cuyos territorios no son aún bien conocidos; moluscos terrestres, cuyos estudios están poco avanzados.

2. Concretar los límites climáticos (máximo y mínimo) de cada especie en cinco rangos (estos serían unos rangos base, pudiéndose incluir otros en un nivel más avanzado de la investigación). Los rangos serían:

– Temperatura media en el mes más cálido.

– Temperatura media en el mes más frío.

– Número de días con temperaturas medias superiores a 0°C.

– Número de días con temperaturas medias superiores a 10°C.

– Precipitaciones anuales totales.

Cada especie tendrá unos límites para cada rango por inclusión, es decir, que fuera de los límites señalados nunca encontraremos la especie en la actualidad.

3. El área objeto de estudio será lo suficientemente amplia como para tener unos límites geoclimáticos claros (p. ej. desde el límite de los glaciares en el Würm, por el norte, hasta el Mediterráneo, por el sur). Los estudios de áreas más pequeñas podrían enmascarar la información al no existir una referencia climática clara.

4. Utilización de todos aquellos niveles sedimentarios que aporten una cronología climática fiable (geológica, absoluta y, en su caso, cultural) y que se encuentren en ese territorio. Estos niveles deberán tener un mínimo de restos y de especies identificados, utilizando en lo posible secuencias claras de estratos, eliminando el riesgo de mezclas de restos no contemporáneos.

5. Dentro de cada subárea se estudiarán los conjuntos faunísticos de niveles sincrónicos (contemporáneos según sus analogías expuestas en el punto 4). Por comodidad, cada especie se sustituirá por un número, aplicándose para los micromamíferos no insectívoros la numeración propuesta por J. Chaline (1979) (ver ejemplo en el cuadro 1). Cada conjunto de un nivel bien datado será representado para cada rango mediante gráficos de líneas. Así mismo, en cada rango se delimitará, para cada conjunto faunístico, una "banda de convivencia" donde todas las especies presentes puedan convivir. En caso de que una o más especies no posean bandas comunes se señalará la banda máxima de no convivencia.

Es importante que todas estas bandas sean coherentes (intersecciones o subconjuntos) con otras de diferentes conjuntos y con fechaciones sincrónicas de la misma subárea y también coherentes con las delimitadas para niveles contemporáneos de otras subáreas, de manera que los límites climáticos señalen un clima más frío si ascendemos latitudinal y altitudinalmente (ver como ejemplo los gráficos 1, 2 y 3).

6. Definidos los límites, se compararán los datos climáticos con los perfiles polínicos de cada subárea, incluyéndose las curvas polínicas de sedimentos

arqueológicos, lagos o turberas, con especial atención a la situación geográfica, orografía y capacidad de representación. Este análisis permitirá conocer si en las condiciones actuales, los límites climáticos delimitados por los análisis faunísticos permiten un tipo de paisaje vegetal y de taxones como los de los gráficos polínicos contemporáneos a ellos.

7. El paso inmediato sería la comparación de todas las subáreas y la reconstrucción, para cada uno de los rangos, de la sucesión climática latitudinal (dentro de los dos límites geoclimáticos propuestos) y altitudinal (límite de los hielos y nieves perpetuas en las montañas del territorio).

8. Contrastar los datos climáticos de todo el área, para períodos de tiempo sucesivos, con las curvas isotópicas globales, de manera que el clima delimitado por los rangos sea coherente con su correlato contemporáneo o de las curvas isotópicas (más cálido si éstas lo indican o viceversa).

9. Con las informaciones de carácter climático obtenidas en el punto 7 se buscará un área del planeta donde en el presente se produzcan o se incluyan dichas condiciones. Ello permitirá la extrapolación de las condiciones del área, ecosistema, estructura de la vegetación, biomasa, productividad primaria neta, etc.,... al período y subáreas objeto de estudio.

4. CONCLUSIÓN

El método de análisis aquí expuesto de manera esquemática permitiría, a nuestro juicio, una aproximación cuantitativa al conocimiento de los climas y ecosistemas del pasado. Este análisis puede mejorarse notoriamente en infinidad de detalles, siendo mayor su precisión cuanto mayores sean el volumen de información analizada y su fiabilidad cronológica.

El volumen de información aumenta día a día y la precisión cronológica cada vez es mayor. Ello nos hace pensar que este método podría ser la base para un conocimiento más detallado y preciso de los ambientes en los que se desarrolló el hombre del pasado.

Como ejemplo tomaremos cinco yacimientos de la región cantábrica.

Con los datos existentes en la actualidad analizaremos las faunas de los yacimientos cantábricos de La Riera (Asturias), Rascaño (Cantabria), Laminak II

(Bizkaia), Ekain (Gipuzkoa) y Erralla (Gipuzkoa). La razón para ello es la abundancia de especies, principalmente de micromamíferos, cuya presencia es menos probable que se haya debido a acciones antrópicas.

En todo caso debemos hacer una serie de salvedades. Los datos que se van a manejar son en el mejor de los casos incompletos y en ocasiones inseguros cronológicamente. No pretendemos mostrar un modelo de la evolución climática del Tardiglacial en el País Vasco sino, más bien, una muestra de las características del método propuesto.

En lo referente a los datos cronoestratigráficos, seguiremos las opiniones de los especialistas en la materia así como las consideraciones más extendidas sobre cronología absoluta y cultural. Así mismo hemos querido contextualizar el País Vasco con otros dos yacimientos de la Región Cantábrica, La Riera y Rascaño.

La Riera

Los niveles 21 a 23 de La Riera son de difícil atribución. Con una datación por C^{14} de 10.340 BP serían azilienses. El arpon bilateral del nivel 24 (Magdaleniense final) datado por C^{14} en 10.890 BP y la fecha de los niveles anteriores en 12.620K300 BP, lo sitúan en Dryas II. Los niveles 25, 26 y 27 poseen fechas muy complejas, 10.630K120 BP, 12.270K400 BP y 14.760K400 BP. Su posición entre el nivel 24, Magdaleniense final, y el 28, Aziliense con un arpon plano, los situarían convencionalmente entre Alleröd y Dryas III.

Rascaño

De este yacimiento se ha considerado su nivel 2, atribuido por su industria al Magdaleniense superior, fechado por C^{14} en el 12.896K137 BP y 12.282K164 BP, y que a grandes rasgos se sitúa en Bölling transición a Dryas II (HOYOS 1994). El nivel 1, con material aziliense y fechas de 10.558K140 BP y 10.486K90 BP, correspondería a Dryas III.

Laminak II

El nivel II del yacimiento de Laminak II (Berriatua, Bizkaia) es considerado como Aziliense, con una fecha en el subnivel 4 entorno 11.700K140 BP (Alleröd) y los subniveles 7 a 9 serían contemporáneos o ligeramente anteriores (Dryas II). Su nivel I lecho 2, datado en 10.380K140 BP, a Dryas III.

Ekain

El nivel VI de Ekain (Deba, Gipuzkoa) datado en 12.050K190 BP y considerado Magdaleniense superior se incluiría en la transición Dryas II – Alleröd (DUPRÉ 1988). Mientras que los niveles III, IV y V, con un arpón plano en el III y fecha del nivel IV de 9.460K185 BP, en Dryas III – Preboreal.

Erralla

Los niveles III y II de Erralla (Zestoa, Gipuzkoa) tienen pocos restos arqueológicos, considerados entre Magdaleniense final – Aziliense, 12.310K130 BP, Dryas II o Alleröd.

A partir de aquí podríamos hacer la siguiente división:

PREBOREAL	Ekain III-IV-V
DRYAS III	Rascaño I, Laminak II I(1,2)
ALLERÖD	La Riera 25-28, Laminak II II(3,5), Erralla II-III
DRYAS II	La Riera 21 - 24, Laminak II II(7,9), Ekain VI
BÖLLING	Rascaño 2

Si con estos elementos realizásemos una intersección para los cinco rangos climáticos propuestos anteriormente el resultado sería:

BÖLLING

R ₁	20°C / 18°C
R ₂	-3°C / -10°C
R ₃	130 días / 80 días
R ₄	180 días / 130 días
R ₅	2000mm / 500mm

DRYAS II

R ₁	18°C
R ₂	-10°C / -13°C
R ₃	180 días
R ₄	120 días / 100 días
R ₅	600mm / 400mm

ALLERÖD

R ₁	20°C / 18°C
R ₂	-5°C
R ₃	80 días
R ₄	180 días / 150 días
R ₅	2000mm / 500mm

DRYAS III

R ₁	20°C / 18°C
R ₂	-5°C / -10°C
R ₃	130 días / 80 días
R ₄	180 días / 130 días
R ₅	2000mm / 400mm

PREBOREAL

R ₁	20°C / 18°C
R ₂	-3°C / -5°C
R ₃	90 días / 80 días
R ₄	180 días / 150 días
R ₅	2000mm / 500mm

Estos datos nos permiten incluir sus elementos máximos y mínimos dentro de climas actuales con una salvedad, ninguno de los climas de este período permitiría, para el Cantábrico y por debajo de los 400 m de altitud, la existencia de ecosistemas forestales ya que todos los diagramas polínicos recogen un bajísimo nivel de polen arbóreo, siempre inferior al 40% y por lo general más bajo.

Para los datos referidos a Bölling la única región actual sin vegetación forestal que se incluye dentro de estas características es la de Kursk, con 20°C en el

mes más cálido, -8°C en el más frío, con más de cuatro meses con temperaturas inferiores a 0°C , 170-160 días con temperaturas superiores a 10°C y entre 550mm y 530mm de precipitaciones anuales, en plena estepa arbolada con *Quercus robur*, *Corylus avellana*, *Pinus sylvestris* y praderas de gramíneas y ciperáceas, dependiendo sus variaciones del tipo de suelo, proximidad al agua, exposición al sol, entre otras (BERG 1959, GEORGE 1967).

Para Dryas II, las características del área coinciden, a excepción de la temperatura en el mes más frío, con los territorios siberianos del alto Angora, a orillas del lago Baikal en Irkutsk. Allí el invierno tiene una duración de seis meses, cuatro meses libres de heladas, entre 18°C y 19°C en el mes más cálido y 400mm de precipitaciones anuales totales. Las temperaturas en el mes más frío en esta área son de -16°C a -18°C . La vegetación corresponde a una estepa con pino silvestre. El hecho de que la temperatura en el área cantábrica sea como mínimo de -13°C podría dar respuesta a la aparición de pequeñas cantidades de *Quercus* y *Corylus*, ya que ambas especies pueden vivir en el resto de las condiciones citadas pero jamás aparecen en áreas con temperaturas en el mes más frío inferiores a -15°C (BERG 1959, GEORGE 1967).

En Alleröd las condiciones coincidirían con las de Zhitomir, en la antigua URSS. Área con unas precipitaciones anuales de 500-550mm, 20°C en el mes más cálido y -5°C en el más frío, con seis meses libres de heladas y tres meses escasos con nieve. Este territorio está situado en el límite entre la estepa arbolada y el bosque mixto de pinos y abetos, con roble, arce,

carpe, tilo y fresno, apareciendo en cualquier depresión inundada. El hayedo, que no aparece en esta área, está sin embargo a menos de 200 km, en Moldavia y Bielorrusia (BERG 1959, GEORGE 1967).

En Dryas III se repetirían las condiciones de Bölling, es decir, una estepa arbolada con especies caducifolias y coníferas.

Por último, durante el Preboreal sucedería lo mismo que en Alleröd, con praderas arboladas a punto de convertirse en bosques caducifolios y abundantes coníferas en aquellos terrenos más pobres o rocosos.

LA CORRELACIÓN

Durante mucho tiempo se ha sostenido la imposibilidad de encontrar fluctuaciones climáticas en el área cantábrica a partir de los análisis polínicos. Los análisis realizados en cuevas no parecían indicar mas que leves aumentos en el volumen de polen arbóreo para los momentos más cálidos. Ninguno era suficiente como para reflejar una variación climática. Los cambios de vegetación mostrados por la secuencia de la turbera francesa de Grande Pile (Fig. 1) solamente indicaban un incremento en el polen arbóreo, significativo en la fase final del Tardiglacial (Neowürm) y, tras un leve descenso (Dryas III), el paso al Holoceno en la secuencia Preboreal-Boreal-Atlántico (WOILLARD 1975). Esta secuencia se correlacionaba con las secuencias marinas con las que mostraba una gran similitud gráfica.

BIBLIOGRAFÍA

Alley, R.B. y Bender, M.L.

1998 "Testigos de hielo de Groenlandia", *Investigación y Ciencia*, 259, abril 1998, Barcelona, pp. 60-65.

Altuna, J.

1995 "Faunas de mamíferos y cambios ambientales durante el Tardiglacial Cantábrico", en A. Moure y González, C. (Eds.) *El Final del Paleolítico Cantábrico*, Universidad de Cantabria, pp. 77-117.

Beaulieu (de), J.L. y Suc, J.P.

1985 "Les pollens et l'histoire de la végétation", *Les Dossiers Histoire et Archéologie*, 93, pp. 67-73.

Bonifay, M.-F.

1982 "Paléoclimatologie Quantitative : Méthode Fondée sur les Grands Mammifères Quaternaires et Première Application aux Régions Sud de la France", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 38, pp. 207-226.

Boyer-Klein, A.

1985 "Analyse pollinique de la grotte d'Erralla", en J. Altuna, Baldeón, A. y Mariezkurrena, K., "Cazadores magdalenenses en Erralla (Cestona, País Vasco)", *Munibe (Antropología-Arkeologia)*, 37, San Sebastián, pp. 45-48.

Braque, R.

1988 *Biogéographie des Continents*, Masson, Paris.

Chaline, J.

1979 "Les modifications de paysages et de climats de la fin des Temps glaciaires en France (domain boréal) révélées par les migrations des rongeurs", en D. Sonnevile-Bordes (Dir.), *La fin des Temps Glaciaires en Europe*, CNRS, Paris, pp. 97-103.

Chaline, J. y Brochet, G.

1989 "Les rongeurs et leurs significations paléocológicas y paléoclimáticas", en M. Campy, Chaline, J. y Vuillemy, M. (Drs.) *La Baume de Cigny (Jura)*, CNRS, Paris, pp. 97-109.

Delcourt, H.R. y Delcourt, P.A.

1991 *Quaternary Ecology. A paleoecological perspective*, Chapman & Hall. London.

Fagnart, J.-P. y Tuffreau, A.

1988 "Le gisement paléolithique supérieur d'Hallines (Pas-de-Calais, France)", en M. Otte (Ed.), *De la Loire à l'Oder. Les civilisations du Paléolithique final dans le nord-ouest européen*, BAR Intern. Series 444, vol. I, Oxford, pp. 29-53.

Farrand, W.R.

- 1982 "Environmental Conditions during the Lower/Middle Paleolithic Transition in the Near East and the Balkans", en A. Ronen (Ed.), *The Transition from Lower to Middle Palaeolithic and the Origin of Modern Man*, BAR Intern. Series 151, Oxford, pp. 105-108.

Hokr, Z.

- 1951 "A Method of the Quantitative Determination of the Climate in the Quaternary Period by Means of Mammal Associations", *Sbornik of the Geological Survey of Czechoslovakia*, vol. XVIII, pp. 209-218. (Translated from the Czech text by G. Hort).

Hoyos, M.

- 1995 "Paleoclimatología del Tardiglacial en la cornisa cantábrica basada en los resultados sedimentológicos de yacimientos arqueológicos kársticos", en A. Moure y González, C. (Eds.) *El Final del Paleolítico Cantábrico*, Universidad de Cantabria, pp. 15-75.

Pemán, E.

- 1985 "Aspectos climáticos y ecológicos de los micromamíferos del yacimiento de Erralla", en J. Altuna, Baldeón, A. y Mariezkurrena, K., "Cazadores magdalenienses en Erralla (Cestona, País Vasco)", *Munibe (Antropologia-Arkeologia)*, 37, San Sebastián, pp. 49-57.

Reille, M.

- 1990 *Leçons de Palynologie et d'analyse pollinique*, Editions du CNRS, Paris.

Sánchez Goñi, M.F.

- 1993 *De la taphonomie pollinique à la reconstitution de l'environnement. L'exemple de la région cantabrique*, BAR International Series, 586. Oxford.

Trotignon, F., Poulain, T. y Leroi-Gourhan, Arl.

- 1984 *Études sur l'Abri Fritsch (Indre)*, XIX suppl. à Gallia Préhistoire, CNRS, Paris.

Walter, H.

- 1994 *Zonas de vegetación y clima*, Omega, Barcelona.

Woillard, G.M. y Mook, W.G.

- 1982 "Carbon-14 Dates at Grande Pile: Correlations of Land and Sea Chronologies", *Science*, vol. 215, pp. 159-161.

ANEXO

Cuadro 1. Relación de especies de micromamíferos con el código de identificación para los gráficos. Así mismo, los límites máximo y mínimo para el número de días en que las especies viven con temperaturas superiores a 10° C.

Especies	Código	Máxima	Mínima
<i>Dicrostonyx torquatus</i>	5	60	0
<i>Microtus oeconomus</i>	7	180	30
<i>Apodemus sylvaticus</i>	14	360	120
<i>Microtus agrestis</i>	15	300	30
<i>Pitymys subterraneus</i>	16	300	120
<i>Arvicola terrestris</i>	19	300	30
<i>Microtus nivalis</i>	20	200	30
<i>Microtus arvalis</i>	22	300	90
<i>Microtus gregalis</i>	30	180	0
<i>Talpa europaea</i>	105	360	90
<i>Sorex minutus</i>	107	360	20
<i>Sorex araneus</i>	110	310	30
<i>Neomys fodiens</i>	111	300	30

GRÁFICO 1. Yacimiento de Erralla (Zestoa, Gipuzkoa), nivel 5 correspondiente al Magdaleniense inferior Cantábrico (16.270 ± 240 AP; 16.200 ± 240 AP; 15.740 ± 240 AP). Como puede observarse, las bandas dentro de la cuales pueden convivir todas las especies oscilan entre los 120 y los 180 días/año, con unas temperaturas medias superiores a 10° C. Este dato nos está indicando un mínimo de 4 meses con temperaturas superiores a 10° C. Estas condiciones se producen actualmente en la región holártica por debajo del paralelo 60°N.

ERRALLA Nivel 5 Rango 4 Bc Mín 120 - Máx 180

