CRONOLOGÍA GLACIAR PLEISTOCENA DE LA SERRA DE GERÊS, (NORTE DE PORTUGAL)

J. R. VIDAL ROMANI* & D. FERNÁNDEZ MOSQUERA

Abstract

Pleistocene glacier chronology of the Serra do Gerês (Northern Portugal) — The dating of glacial features by cosmogenic ^{21}Ne isotopes in the Serra do Gerês have permitted to distinguish several glacier phases in which until the moment was considered a single one attributed to the Würm. The resulting data are roughly consistent with the previous geomorphologic model for the area and improves the chronological accuracy and the understanding of the pleistocene glacial dynamics in Northern Portugal.

Keywords: Pleistocene, cosmogenic dates, Serra do Gerês, Portugal, Spain, Glaciarism.

Resumo

Cronologia glaciaria plistocénica da Serra do Gerês — A datagem de superfícies rochosas com evidências de glaciação na Serra do Gerês, através de isótopos cosmogónicos de ^{21}Ne permitiu distinguir várias fases glaciares numa área onde, até ao momento, apenas se considerava uma única, atribuída ao Würm. Os dados obtidos são no geral consistentes com o modelo geomorfológico existente, e melhoram o conhecimento da cronologia dos episódios glaciares e da dinâmica glaciaria plistocénica do Norte de Portugal.

Palavras-chave: Plistocénico, datagens, Serra do Gerês, Portugal, Espanha, Glaciarismo.

1. ANTECEDENTES

Los primeros trabajos sobre el glaciarismo pleistoceno del NW de la Península Ibérica tienen ya mas de un siglo (CHOFFAT, 1894), aunque se trate de meras descripciones morfológicas. No es hasta fechas mas recientes, (SCHMIDT-THOMÉ, 1973, 1978, 1983; COUDÉ-GAUSSSEN, 1981; VIDAL ROMANI *et al.*, 1990a y b; BRUM *et al.*, 1992), cuando comienza a estudiarse de manera sistemática el glaciarismo de Serra do Gerês. Los depósitos glaciares mas frecuentes en la zona son los till *s.l* y las morrenas frontales o laterales, (SCHMIDT-THOMÉ, 1973, 1978, 1983; COUDÉ-GAUSSSEN, 1981; VIDAL ROMANI *et al.*, 1990a y b; BRUM *et al.*, 1992). Sin embargo el problema principal es que los till, aun en cortes frescos, se confunden, por personas no experimentadas, con suelos o con el mismo regolito. Las morrenas formadas esencialmente por bolos residuales son lo mas aparente en superficie, aunque también han sido confundidas habitualmente con depósitos residuales o de vertiente, (VIDAL ROMANI *et al.*, 1990a y b; BRUM *et al.*, 1992). Por esta razón algunos autores han puesto en duda la existencia de glaciarismo pleistoceno en el NW portugués, (TEIXEIRA & CARDOSO, 1979; MARTINEZ DE PISÓN & ARENILLAS PARRA, 1979, 1984), aunque la mayoría de investigadores lo hayan apoyado claramente, (COUDÉ-GAUSSSEN, 1981; SOARES DE CARVALHO & LOPES NUNES, 1981a y b; VIDAL ROMANI *et al.*, 1990a y b). En ninguno de los trabajos antes citados se pudieron hacer dataciones absolutas de los sedimentos, aunque ciertos autores admitían implícitamente que el glaciarismo descrito correspondía al

Würm, considerado además como el período mas frío y de máximo avance glaciar en el NW ibérico. Los únicos datos con excepción de los geomorfológicos, que, de alguna manera, permiten reconstruir la parte final de la época glaciar en la Serra do Gerês son los proporcionados por los estudios de turberas de las zonas altas de la Sierra. A partir de ellos ha sido posible establecer la evolución climática y de la cubierta vegetal de la zona principalmente durante el postglaciar y en casos excepcionales desde un poco antes de su final. Es ahí donde se han podido realizar las únicas, hasta el momento, dataciones absolutas para el Cuaternario en la zona del trabajo. Las primeras investigaciones palinológicas (BELLOT RODRÍGUEZ, 1952), son para diferenciar las especies de *Pinus* presentes en la Sierra. Del análisis polínico de once turberas, sin dataciones absolutas, se identifica *Pinus sylvestris* como especie relicta en la Sierra mientras que se estima que *Pinus pinaster* es de implantación reciente. En otro contexto se halla el trabajo de COUDÉ-GAUSSSEN & DENÉFLE (1980) y COUDÉ-GAUSSSEN (1981) que analizan las turberas de Lagoa de Marinho (1170 m de altitud; 140 cm de profundidad) y Lamas de Vez (1180 m de altitud; 200 cm de profundidad), situadas en la zona glaciada durante el Pleistoceno. La datación de la base de Lamas de Vez por ^{14}C es muy reciente, entre 1.170 ± 80 B.P. y 990 ± 60 B.P. El paisaje vegetal reflejado en ambas secuencias es un paisaje abierto, antropizado, dominado por ericáceas fundamentalmente. Dos equipos de investigadores dirigidos por RAMIL REGÓ & Ruiz ZAPATA vuelven a estudiar la Lagoa de Marinho una pequeña cubeta yuxtaglaciar limitada por un cordón

* Instituto Universitario de Xeoloxía Isidro Parga Pondal, Campus de Zapateira s/n, 15071 A Coruña, Espanha.

morrénico lateral correspondiente al máximo avance del Glaciar de Couce. En ella, RAMIL REGÓ *et al.* (1993) datan por ^{14}C la secuencia: entre 280-290 cm (10.910 ± 90 B.R.) y entre 40-50 cm (7.500 ± 70 B.R.). El análisis polínico representa un paisaje tardiglacial dominado por *Pinus* con temprana expansión de *Quercus* lo que correspondería con un clima benigno. El descenso de táxones arbóreos con aumento de herbáceas (*Poaceae* y *Artemisia*) corresponde según estos autores al Dryas Reciente, caracterizándose el Holoceno por la fuerte expansión de *Quercus*, con un óptimo a 7.500 ± 70 BP, y la aparición de polen de cereal, entendido como el inicio de la antropización, hacia 5 ka. BP. La evolución más reciente del paisaje está representada por la desaparición del arbolado y el dominio de las formaciones arbustivas (*Ericaceae*, *Calluna*) como ya habían señalado mucho antes COUDÉ-GAUSSSEN & DENÉFLE (1980). Simultáneamente Ruiz ZAPATA *et al.* (1993) publican otro estudio de la Lagoa de Marinho con un sondeo de 210 cm en el que obtienen dataciones diferentes, 8.450 BP, 7.400 BP y 2.140 BP, y con un espectro polínico distinto al definido por RAMIL REGÓ *et al.* (1993). Los datos polínicos de Ruiz ZAPATA *et al.* (1993) sugieren bosques densos de *Pinus* hasta la fecha de 2.140 BP para las cotas más altas y *Betula* y *Quercus* para las más bajas. El paisaje reciente estaría dominado por *Ericaceae* y nueva expansión de *Pinus* junto con *Castanea*, *Olea* y *Poaceae*. Posteriormente RAMIL REGÓ *et al.* (1996) comparan sus resultados de la Laguna de Marinho con los de Ruiz ZAPATA *et al.* (1993) achacando las diferencias existentes entre ambos diagramas polínicos a un hiato sedimentario. En un trabajo posterior, RAMIL REGÓ *et al.* (1998) aportan una nueva datación (11.180 ± 400 años B.P.), sin especificar ni lugar ni profundidad de la muestra. Los autores extrapolan una edad para la base del sondeo hasta 14 ka años BP, que así cubriría, según ellos, del Dryas Antiguo a la actualidad. Tantas diferencias, en la investigación de la Lagoa de Marinho, solo se explican si ambos equipos han estudiado distintas partes de una misma secuencia aunque el sondeo podría ser aun mas antiguo pues la edad de las morrenas que delimitan la Lagoa de Marinho puede superar los 300 ka años (VIDAL ROMANI *et al.*, 1999).

Sin embargo los datos geomorfológicos, (VIDAL ROMANI *et al.*, 1990a y b), hacían presumir un mayor lapso de tiempo entre el máximo glaciar, correspondiente a los frentes morrénicos mas avanzados, y el fin de los glaciares de Gerés. Inicialmente se había asumido basándose en las similitudes geomorfológicas, una cronología y modelo de deglaciación únicos para todo el borde norte peninsular desde el Pirineo catalán, (BORDONAU, 1992), y otras zonas de la Cadena Cantábrica, (JIMÉNEZ SÁNCHEZ, 1996; LEIRA & VIDAL ROMANI, 1997), hasta Galicia y Norte de Portugal. Este esquema, aceptado por algunos autores, (BORDONAU, 1992; BRUM FERREIRA *et al.*, 1992;

JIMÉNEZ SÁNCHEZ, 1996; LEIRA & VIDAL ROMANI, 1997; SOARES DE CARVALHO & LOPES NUNES, 1981a y b; VILAPLANA, 1981), tenía el inconveniente de no contar con una base de dataciones absolutas (las que existían raramente superaban los 10 ka-15 ka antes de ahora). Con estos antecedentes es evidente que solo los datos geomorfológicos permitían conocer con un grado de detalle apreciable el desarrollo del glaciarismo pleistoceno en el área aunque sin ninguna referencia cronológica absoluta. Sin embargo una técnica de aplicación reciente: la datación por isótopos cosmogónicos en cristales de cuarzo, ha venido a abrir una nueva vía para el estudio de la cronología del glaciarismo en zonas como la Serra de Gerés. Como ya se dijo anteriormente, en ésta área el substrato es granítico (granodiorita). Las zonas sometidas a la glaciación pleistocena debían estar ya fuertemente alteradas, (COUDÉ-GAUSSSEN, 1981) antes del Pleistoceno. La erosión glaciar, (VIDAL ROMANI *et al.*, 1990a y b), contribuyó, primero a eliminar el regolito, erosionando después la roca al menos durante las etapas glaciares. En Gerés las superficies rocosas glaciadas conservan aun restos de superficies de pulido, (SOARES DE CARVALHO & LOPES NUNES, 1981a y b; VIDAL ROMANI *et al.*, 1990a y b). En las zonas donde la desaparición del hielo glaciar fue mas tardía (Circo de Coccoes do Concelinho), la degradación postglaciar no fue demasiado severa (SOARES DE CARVALHO & LOPES NUNES, 1981a y b), se pudo evaluar la erosión postglaciar en no mas de 15 milímetros para los últimos 15 ka años, lo que es un valor insignificante para este trabajo. Puede considerarse que las superficies rocosas glaciadas durante el Pleistoceno en la Serra de Gerés están prácticamente intactas, lo que permite utilizar la técnica de datación (CERLING & CRAIG, 1994), por isótopos cosmogónicos generados en los cristales de cuarzo por la interacción de los rayos cósmicos con las superficies graníticas expuestas por la erosión en nuestro caso glaciar.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Situación geomorfológica de las muestras

La Serra do Gerez-Xurés se sitúa entre el Norte de Portugal y el Sur de la provincia de Ourense, (Galicia, España). En su mayor parte incluida en el Parque Nacional portugués da Peneda-Gerês el acceso y toma de muestras, excepto en la parte española, están prohibidos por las normas legales. Por esta razón las muestras fueron recogidas en la vertiente gallega (ver figura 1) de la Serra de Gerés. Según diversos autores (BRUM *et al.*, 1992, 1999; VIDAL *et al.*, 1990 a y b), la glaciación de la Serra de Gerés solo afectó a la zona española en los momentos de máximo glaciar ya que la alimentación de las lenguas que dieron lugar

a las morrenas frontales de Fecha, Curro y Vilamés (VIDAL *et al.*, 1990a y b), se produce no por la generación de glaciares en la zona española sino por difluencia del hielo desde la zona portuguesa a la española. La primera muestra (X-1), analizada corresponde a una superficie de pulido glaciar situada en la Pórtela da Amoreira (ver figuras 1 y 2), en el fondo de un pequeño valle de la cabecera del río Vilamés y por encima de la Mina das Sombras. La muestra, X-2 delimitada por 3 cordones morrénicos sucesivos está en la vertiente oeste del valle del Río Vilamés y corresponde a una superficie de pulido glaciar (ver figura 1). Según los trabajos previos (VIDAL *et al.*, 1990a y b; BRUM *et al.*, 1992), correspondería a la etapa de máximo glaciar en la vertiente española, y obviamente en toda el área.

2.2. Localización geográfica de las muestras

Todas las muestras fueron situadas, en posición y altitud, mediante GPS (Global Position System). Asimismo fueron situadas (ver figura 1 y tabla 1), con

respecto a los frentes morrénicos y superficies de pulido mas relevantes.

2.3. Toma de muestras

La toma de muestras se realizó con un taladro portátil para roca ROY Modelo D026-GT10 de 50 cm de largo equipado con una broca de corona de diamante de 2 pulgadas de diámetro. Los testigos alcanzaron una longitud máxima de 0,5 m.

2.4. Preparación de las muestras

En primer lugar la superficie de los testigos fue limpiada mecánicamente. Se cortaron los 5 primeros cm de cada testigo en pequeños trozos para molerlos en una trituradora de mandíbula y separarlos en 4 fracciones según su tamaño de grano: $0 > 2\text{mm}$; $0,0,95\text{mm} < 0 < 2\text{mm}$; $0,5\text{mm} < 0 < 0,95\text{mm}$; $0 < 0,5\text{mm}$. Todas las fracciones fueron seleccionadas a la lupa para escoger la fracción más limpia. Una vez

Fig. 1 — Síntesis de la cartografía geomorfológica glacial de la Serra de Xurê-Gerêz, (Galicia-Portugal, NW ibérico), con la situación de las muestras datadas por isótopos cosmogénicos.

Fig. 1 — Synthesis of glacial geomorphological cartography of Serra de Gerês (Galicia-Portugal, NW Iberia), with the situation of samples dated by cosmogenic ^{21}Ne isotopes.

Fig. 2 — Escala de temperaturas para el Cuaternario Superior a partir del registro isotópico de oxígeno en sedimentos oceánicos (BERGER *et al.*, 1984, modificado).

Fig. 2 — Temperature variation for the Upper Quaternary from the isotopic registers in oceanic sediments (modified from BERGER *et al.*, 1984)

Muestra/sample	Coord.Geograficas/Geographical coordinates	Altitud s.n.m./altitude o.p.s.l.
X-1	41.º 48' 932N/8.º 3' 110W	1300 m
X-2	41.º 49' 700N/8.º 4' 109W	1100 m.

Tabla 1 — Coordenadas de las muestras seleccionadas para su datación. Se indica asimismo su altura sobre el nivel del mar.

Table 1 — Geographical coordinates for the location of the studied samples. The altitude over the present sea level is indicated.

finalizada esta operación se procedió a la separación y purificación del cuarzo. La fracción elegida fue la comprendida entre 0,5mm < 0 < 0,95mm.

2.5. Separación del cuarzo

Para la separación del cuarzo del resto de minerales que forman la roca se modificó el proceso habitual (KOHL & NISHIZUMI, 1992), sometiendo la muestra a una digestión en HCl concentrado durante tres horas a 85.ºC con el fin de disolver los óxidos de hierro. A continuación se procedió a una digestión en HF(1%)/HNO₃(1%) otras tres horas a 55.ºC en baño

de ultrasonidos. Seguidamente se realizó a una separación por densidades entre la mica y el cuarzo utilizando una disolución de politungstenato sódico de densidad 2,65 g/cm³ apoyado por ultracentrifugación. En la etapa final se procedió a disolver la parte más externa de los granos de cuarzo para minimizar en lo posible los aportes de Ne producido en las reacciones ¹⁸O(a,n)²¹Ne y ¹⁹F(cc,n)²¹Ne. Para ello se realizaron dos digestiones en HF 1:8 de 20 minutos de duración en baño de ultrasonidos y se completó el proceso de separación con un examen a la lupa binocular con el fin de eliminar posibles impurezas, (fases minerales diferentes al cuarzo) no eliminadas previamente.

2.6. Litología

Serra de Gerés: Es un cuerpo intrusivo (FERNANDEZ TOMÁS & PILAS MATEO, 1974a y b) granodiorítico biotítico de grano medio a grueso. Según COTTARD (1979), X-1 es del tipo local llamado granito de grano fino de Carrís. La muestra X-2 es de granito porfíroide de Xerés (COTTARD, 1979).

2.7. Determinación de ^{21}Ne cosmogénico

Todos las medidas de ^{21}Ne fueron realizadas con la técnica de Espectrometría de Masas de Relaciones Isotópicas de Gases Nobles (NG-IRMS) (FERNANDEZ MOSQUERA, 1999). Aunque el ^{21}Ne tiene parcialmente un origen cósmico también puede ser generado en los procesos petrogenéticos por la inclusión de fluidos/gases durante la consolidación de la roca (componente heredado) que aportará una composición isotópica relacionada con las condiciones de la cámara magmática. Las reacciones de desintegración nucleares (ocn), de los minerales de la roca después de su consolidación (componente nucleogénico) aportan también partículas a. Estas tres fuentes: nucleogénica, heredada y cosmogénica contribuyen a la concentración total del Ne en la roca (NIEDER- MANN *et al.*, 1994). Ocurre entonces que el componente nucleogénico más el heredado pueden contribuir de manera apreciable a la magnitud alcanzada por este isótopo al ser procesos iniciados después de la consolidación de la roca. En los granitos de Xurés-Gerés, esto ocurre hace aproximadamente 300 millones de años (ver D E N T E X, 1978), frente a los menos de 300 ka años de exposición a los rayos cósmicos de las superficies rocosas muestreadas.

2.8. Caracterización geoquímica

Las muestras seleccionadas se caracterizaron por su contenido en elementos productores de partículas _ que podrían alterar la proporción de la fracción cosmogénica del ^{21}Ne . En primer lugar se calculó el tanto por ciento en SiO_2 por gravimetría, (cuando está en forma de cuarzo es el principal productor de la fracción cosmogénica de ^{21}Ne). Se analizaron además (por ICP-MS) el contenido en otros elementos que también contribuyen a la formación de isótopos cosmogénicos fueran estos radioactivos (K, U, Th) o no, (Be, Na, Mg, Al, P, Ca, Mn, Fe) (ver tabla 2). De esta forma se pudo comprobar, la adecuación en todos los casos de todas las muestras seleccionadas para la datación por isótopos cosmogénicos por la relación contenido en SiO_2 / otros elementos productores de partículas a.

	X-1	X-2
SiO_2 %	60,3±0,2	59,9±0,5
^9Be µg/g	7,6±0,5	6,8±0,2
^{23}Na mg/g	33,4±2,2	29,6±0,1
^{24}Mg mg/g	1,0±0,07	1,8±0,03
^{27}Al mg/g	74,9±6,3	70,8±0,7
^{31}P µg/g	<25	<25
^{39}K µg/g	34,5±2,9	30,5±0,1
^{44}Ca mg/g	3,5±0,2	8,1±0,2
^{55}Mn mg/g	0,29±0,02	0,28±0,01
^{56}Fe mg/g	9,4±0,8	10,2±0,1
^{232}Th µg/g	24,7±0,3	17,7±0,4
^{238}U µg/g	11,5±0,9	3,9±0,1

Tabla 2. — SiO_2 medido por gravimetría y análisis elemental por ICP-MS de las muestras seleccionadas.

Table 2. — gravimetry measures of SiO_2 and elemental analysis by ICP-MS for studied samples.

3. RESULTADOS

3.1. Valores de edades para las muestras

A continuación se presenta el cuadro de edades obtenido para las muestras descritas (tabla 3).

Código de muestra/ sample code	Edad de Exposición (Kaños)/ Exposition age in ky.
X-1	130,7 ± 16,8
X-2	238,3 ± 17,2

Tabla 3 — Edades de las muestras estudiadas en Serra do Gêres (ver fig. 1).

Table 3 — Age of the samples from Serra do Gêres (see fig. 1).

4. DISCUSIÓN

Las edades obtenidas para las muestras estudiadas son coherentes con el esquema geomorfológico previo al que además añaden mayor precisión. Según nuestra interpretación de los hechos, a partir del último máximo glaciar, la fusión del casquete de hielo dejó al descubierto el macizo rocoso previamente degradado por la erosión glaciar. En consecuencia, las edades de las muestras desde las zonas mas externas

a las mas internas del área glaciada son gradualmente cada vez mas modernas, (Ver figuras 1 y 2). Dado que la superficie afectada por la glaciación es muy reducida parece lógico suponer que las superficies datadas corresponden a la erosión durante fases glaciares diferentes, (obsérvese, Tabla 3, que hay diferencias de unos 100 ka años entre la muestra X-2 y la X-1). La edad de la muestra X-1, 130 ka años B.P. es sustancialmente mayor de lo supuesto hasta el momento, (las estimaciones para el último máximo glaciador se situaban hasta ahora entre 40 ka y 50 ka B.P., (ver GRANDAL *et al.*, 1997 y VIDAL ROMANI, 1997). Al situarse la muestra en la divisoria de la Pórtela da Amoreira (fig. 1), señala aproximadamente el momento la última difluencia desde la zona portuguesa a la española, marcando por tanto el inicio de la última deglaciación general en toda el área. También aporta un dato muy importante y es que el máximo glaciador de, aproximadamente hace 21 ka, durante el máximo weichseliense, (ANDERSEN & BORNES, 1994), no fue en esta zona, y tampoco en el resto del Noroeste, el mas importante. Por el contrario la edad obtenida para la otra muestra — X-2 (ver figura 1) de 238.300 años B.P., corresponde a una etapa de máximo avance glaciador, cuando la difluencia alcanzó su mayor entidad (VIDAL ROMANI *et al.*, 1990a y b). La situación de X-2 entre 3 cordones morrénicos: uno de ellos correspondiente a la pulsación mas avanzada señalada hasta el momento, los otros dos a una pulsación posterior, (BRUM FERREIRA *et al.*, 1992) bien que todas dentro de la etapa de máxima difluencia, indica que la edad del avance glaciador que representa el pulido sería aun mas antigua que la señalada por X-2 y por lo tanto entraría de lleno dentro del estadio isotópico 8 (entre 250.000-300.000 años B.P.). Las implicaciones que tiene esta cronología son evidentes ya que permiten la mayor precisión conseguida hasta el momento en la cartografía geomorfológica, (VIDAL ROMANI *et al.*, 1990a y b; BRUM FERREIRA *et al.*, 1992), pues hasta ahora se presumía una edad mas moderna para la deglaciación en el área y se asignaban todos los depósitos a la misma fase glaciador. Con la nueva cronología se distinguen al menos 2 estadios isotópicos (6 y 8), diferentes donde hasta el momento solo se distinguía una prolongada deglaciación, desde el estadio 4 ó 3, (ver BORDONAU I IBERN, 1992; BRUM FERREIRA *et al.*, 1992; GRANDAL *et al.*, 1997; JIMÉNEZ SÁNCHEZ, 1996; LEIRA & VIDAL ROMANI, 1997; VIDAL ROMANÍ, 1979, 1996; VIDAL ROMANÍ & SANTOS, 1993, 1994; VIDAL ROMANÍ *et al.*, 1995). Esta idea se ve reforzada por las dataciones obtenidas en Serra de Queixa-Invernadoiro (VIDAL ROMANI *et al.*, 1999). En este trabajo se presentan los resultados obtenidos con solo 2 muestras datadas por elementos cosmogónicos pero es evidente que la realización de mas dataciones permitirá una mejor caracterización cronológica y dinámica de la glaciación.

5. CONCLUSIONES

El estudio de la dinámica glaciador en zonas como el NW Peninsular, donde el glaciario se desarrolló sobre sustrato granítico, pobre en sedimentos y estos poco diferenciados, lo que no sucede en áreas de rocas sedimentarias, había planteado hasta ahora un gran número de dificultades. Basado exclusivamente en datos geomorfológicos no se había podido establecer una secuencia suficientemente detallada, y mas aun cuando como en Gerés el glaciario se desarrolló reiteradamente durante el Pleistoceno sobre una misma y reducida superficie. Por otra parte los registros sedimentarios de áreas graníticas con un componente detrítico predominante han hecho imposible la datación de los sedimentos glaciares por métodos absolutos. Finalmente, esta el carácter particular de estos glaciares desarrollados en macizos montañosos aislados, sin posibilidad alguna de conectarse a otros mejor conocidos o estudiados, con áreas de drenaje obviamente locales y con secuencias de terrazas imposibles de correlacionar con la red de drenaje regional o con incluso niveles marinos. Todo ello hace especialmente relevante el método de datación como los isótopos cosmogónicos, que permiten fijar la edad de exposición a la radiación cósmica de una superficie rocosa glaciada. Los datos obtenidos se adaptan al modelo de evolución del clima durante la última etapa del Cuaternario y deducido a partir del sondeo de hielo de Vostok. (PETIT *et al.*, 1999). Según esto, en las dos áreas estudiadas y a tenor de las muestras analizadas hasta el momento, estaría reflejada la evolución de los sistemas glaciares aproximadamente durante los últimos 300 ka.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Dra. Luisa Santos Fidalgo su síntesis bibliográfica de datos palinológicos de la Serra de Gerés.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSEN, B. G. & BORNES, H.W. (1994) — *The ice age world*. Scandinavian University Press, Oslo, 208p.
- BELLOT RODRÍGUEZ, F. (1952) — El análisis polínico de las zonas higroturbosas de la Sierra de Geres en relación con las presencia de *Pinus pinaster* Sol. in ait. y *Pinus sylvestris* L., *Agronomia Lusitana*, 12 (3), p. 481-491.
- BORDONAU I IBERN. (1992) — *Els complexos glàcio-lacustres relacionais amb el darrer cicle glacial als Pirineus*, Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, 294 p.

- BRUM FERREIRA, A.; VIDAL ROMANI, J. R.; VILAPLANA, J. M.; RODRIGUES, M. L.; ZÉZERE, J. L. & MONGE, C. (1992) — Formas e depósitos glaciares e periglaciares da Serra do Gerês-Xurés (Portugal; Galicia). Levantamento cartográfico, *Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 17, p. 121-135.
- BRUM FERREIRA, A.; VIDAL ROMANI, J. R.; ZÉZERE, J. L. & RODRIGUES, M. L. (1999). A Glaciação Plistocénica da Serra de Gerês. Vestígios geomorfológicos e sedimentológicos, C.E.G., Área de Geografia Física e Ambiente, Relatório 37, Lisboa, 150 p.
- CERLING, T. E. & CRAIG, H. (1994) — Geomorphology and in situ cosmogenic isotopes, *Annual Review of Earth and Planetary Science*, 22, p. 273-317.
- CHOFFAT, P. (1894) — *Promenade au Gérez. Souvenirs d'un géologue*, Lisboa, 18 p.
- COTTARD, F. (1979) — Petrologie structurale et métallogénie du complexe granitique de Lovios-Gerês. Le modèle de mise en place de la mine de Las Sombras (Sn-W-Mo-Bi) (Sud Galice-Espagne), Tesis Doctoral, Paris, 226 p.
- COUDÉ-GAUSSEN, G. (1981) — Les Serras da Peneda et do Gerês. Étude Géomorphologique, *Memorias do Centro de Estudos Geográficos*, 5, Lisboa, 254 p.
- COUDÉ-GAUSSEN, G. (1978) — Confirmation de l'existence d'une glaciation würmienne dans les montagnes du NW du Portugal, *Comptes Rendus sommaires de la Société Géologique de France*, 1, p. 34-37.
- COUDÉ-GAUSSEN, G. (1980) — Les serras orientales du Minho (Portugal): orogénese, modelé granitique et altérations, *Revue de Géographie des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 51-3, p. 291-313.
- COUDÉ-GAUSSEN, G. & DENÈFLE, M. (1980) — La signification du développement récent de la lande d'altitude dans le Portugal Septentrional d'après l'étude de deux tourbières. *Bulletin de l'A.F.E.Q.*, 3, p. 107-115.
- DEN TEX, E. (1978) — El zócalo policíclico y su importancia en la evolución de la Cadena Varisca en Galicia Occidental, in ANTHONIOZ, BALDWIN, BARD, BUISKOOL, CAPDEVILA, CORRETEGÉ, DEN TEX, FERRAGNE, HAALBOS, JULIVERT, MARTÍNEZ, MATTE, MINNIGH, OVERMEEREN, SCHMIDT -THOMÉ, TEIXEIRA, VEGAS Y ZAMARREÑO (eds.), *Geología de la parte Norte del Macizo Ibérico*. Edición Homenaje a Isidro Parga Pondal, Cuadernos del Seminario de Estudios Cerámicos de Sargadelos, 27. O Castro, Sada, A Corana, España, p. 139-157.
- FERNÁNDEZ TOMÁS & PILAS MATEO, E. (1974a) — Mapa Geológico de Lovios. Hoja 301. Serie MAGNA. Servicio de Publicaciones I.G.M.E. Madrid.
- FERNÁNDEZ TOMÁS & PILAS MATEO E. (1974b) — Mapa Geológico de Portela d'Home. Hoja 336. Serie MAGNA. Servicio de Publicaciones I.G.M.E. Madrid.
- FERNÁNDEZ MOSQUERA, D. (1999) — Aplicación de los nucleidos cosmogónicos a la datación de procesos geológicos, Tesis de Licenciatura, Instituto Universitario de Geología Isidro Parga Pondal, Universidade de A Corana, A Corana, 114 p.
- GRANDAL, A.; LOPEZ GONZALEZ, F. & VIDAL ROMANI J. R. (1997) — Condicionantes en la distribución de macromamíferos en Galicia (NW Península Ibérica) durante el Cuaternario superior. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 22, p. 43-66.
- GUTIÉRREZ, G. (1957) — Notas sobre la Sierra de Jurés (Ourense). *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*. Inst. Geol. Min. Esp., 45, p. 27-36.
- JIMÉNEZ SÁNCHEZ, M. (1996) — El glaciario en la cuenca alta del Río Nalón (NO de España): una propuesta de evolución de los sistemas glaciares cuaternarios en la Cordillera Cantábrica. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, Madrid, 9 (3-4), p. 157-168.
- KOHL, C. P. & NISHIZUMI, K. (1992) — Chemical isolation of quartz for measurement of in situ produced cosmogenic isotopes, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56, p. 3583-3587.
- LEIRA CAMPOS, M. F. & VIDAL ROMANI, J. R. (1997) — Evolución postglaciar de la laguna de Villaseca (NW de la Península Ibérica), a partir del análisis de diatomeas. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 22, p. 81-98.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. & ARENILLAS PARRA, M. (1979) — Algunos problemas de morfología glaciar en la España atlántica, *Acta Geológica Hispánica*, 14, p. 445-450.
- NIEDERMANN, S.; GRAFT, T.; KIM J. S., KOHL C. P.; MARTI, K. & NISHIZUMI, K. (1994) — Cosmic-ray-produced ^{21}Ne in terrestrial quartz: the neon inventory of Sierra Nevada quartz separates, *Earth and Planetary Science Letters*, 125, p. 341-355.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E.; ARENILLAS PARRA, M. (1984) — Nuevos problemas de morfología glaciar en la España Atlántica, *Estudios Geográficos*, 175, p. 159-174.
- PETTIT, J. R.; JOUZEL, J.; RAYNAUD, D.; BARKOV, N. L.; BARNOLA, J. M.; BASILE, I.; BENDER, M.; CHAPPELLAZ, J.; DAVIS, M.; DEAYGUE, G.; DELMOTTE, M.; KOTLYAKOV, V. M.; LEGRAND, M.; LIPENKOV, V.Y.; LORIUS, C.; PEPIN, L.; RITZ, C.; SALTZMAN E. & STIEVENARD, M. (1999) — Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antártica, *Nature*, 399, p.429-436.
- RAMIL REGO, R.; AIRA RODRÍGUEZ, M. J. & MATÍAS ALONSO, F. (1993) — Caracterización climática y vegetacional de la Serra do Gerês (Portugal) durante el Tardiglacial y el Holoceno: análisis polínico de Lagoa do Marinho. *Actas da 3.ª Reunião do Quaternário Ibérico*, Coimbra, p. 85-92.
- RAMIL REGO, F.; TABOADA CASTRO, T. & AIRA RODRÍGUEZ, M. J. (1996) — Modificación de la cubierta vegetal y acción antrópica en la región del Minho (Norte de Portugal) durante el Holoceno. *Biogeografía Pleistocena-Holocena de la Península Ibérica*, p.199-214.
- RAMIL REGO, P.; MUÑOZ SOBRINO, C.; RODRIGUEZ GUITIAN, M. & GOMEZ ORELLANA, L. (1998) — Differences in the Vegetation of the North Iberian Peninsula during the last 16.000 years. *PlantEcology*, 138, p. 41-62.
- RUIZ ZAPATA, B.; CORREIA, A. I.; DAVEAU, S. & LECOMPTE, M. (1993) — Datos preliminares sobre la evolución de la vegetación en las sierras del Noroeste de Portugal, *Actas da 3.ª Reunião do Quaternário Ibérico*, Coimbra, p. 97-104.
- SCHMIDT-THOMÉ, P. (1973) — Neue niedrig gelegene zeugen einer wurmeis-zetlichen vergletscherung im norateil der Iberischen halbinsel, *Zeitalter und Gegenwart*, 24, p. 384-389.
- SCHMIDT-THOMÉ, P. (1978) — Nuevos testigos de una glaciation wurmiense extensa y de altura muy baja en el NW de la Península Ibérica. Ourense-Portugal. Geología de la parte N del MHP, *Cuadernos del Seminario de Estudios Cerámicos Sargadelos*, 27, p. 221-243.
- SCHMIDT-THOMÉ, P. (1983) — Besonders niedrig gelegene zeugen einer wurmeiszeitlichen vereisung in nord-west Spanien und nord Portugal, *Spat- und Postglaziale Gletscherschwankungen Glazial und Periglazial Formen. Colloquium*, 1980, Rotterdam, p. 213-230.
- SOARES DE CARVALHO, G. & LOPES NUNES, J. (1981a) — A problemática dos indícios glaciares quaternários na Serra do Gerês e na Serra da Peneda (Portugal), *Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 2, p. 289-296.
- SOARES, G. & LOPES NUNES, J. E. (1981b) — Comentarios sobre imagens de factos denunciadores de processos glaciares quaternários nas Serras do Gerês e da Peneda Portugal, *Memorias e Noticias*, Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol. Univ. Coimbra, 91-92, p. 164-171.
- TEIXEIRA, C. & CARDOSO, J. L. (1979) — A nao confirmação de fenómenos glaciares nas montanhas do Norte de Portugal (Peneda-Geres), *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, XXI fasc.II-III, p. 163-184.
- VIDAL ROMANI, J. R.; BRUM FERREIRA, A.; ZÉZERE, J.; RODRIGUES, L. & MONGE, C. (1990a) — Evolución cuaternaria del relieve granítico en la Serra de Gerês-Xurés (Minho Portugal y Ourense Galicia), *Cuaternario y Geomorfología*, 4, p. 3-12.

- VIDAL ROMANÍ, J. R.; VILAPLANA, J. M.; BRUM FERREIRA, A.; ZEZE, J.; RODRIGUES, M. L. & MONGE, C. (1990 b) Estudio de los till subglaciares de la Serra de Geréz-Xurés (Minho Portugal Ourense Galicia), *Cuaternario y Geomorfología*, 4, p. 13-25.
- VIDAL ROMANÍ, J. R.; FERNANDEZ MOSQUERA, D.; MARTI, K. & BRUM FERREIRA, A. (1999) — Nuevos datos para la cronología glacial pleistocena en el NW de la Península Ibérica, *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 24, O Castro, Coruña, España, p. 7-29.
- VILAPLANA, J. M. (1981) — El método de trabajo utilizado en el estudio del glaciario cuaternario del Pirineo y su posible aplicación en las sierras galaico-portuguesas, *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 2, O Castro, España, p. 259-288.