

ALGUNAS PRECISIONES SOBRE LA TERMINOLOGÍA EMPLEADA EN LA SEGUNDA PARTE DEL TARDIGLACIAR EN EUROPA CENTRAL Y EL PROBLEMA DE SU APLICACIÓN EN EL SW DE EUROPA

Some comments on the terminology of the Late Glacial in Central Europe and the problem of its application to SW Europe

Olaf JÖRIS* y Esteban ÁLVAREZ FERNÁNDEZ**

* *Forschungsbereich Altsteinzeit des Römisch-Germanischen Zentralmuseums. Schloss Monrepos. 56567 Neuwied (Alemania). Correo-e: joeris.monrepos@rz-online.de*

** *Dept. de Prehistoria, H.^a Antigua y Arqueología. Fac. de Geografía e Historia. Universidad de Salamanca. C/ Cervantes, s/n. 37002 Salamanca (España). Correo-e: estebanalfer@hotmail.com*

Fecha de aceptación de la versión definitiva: 12-01-02

BIBLID [0514-7336 (2002) 55; 313-322]

RESUMEN: Los interestadiales Meiendorf, Bølling y Allerød han sido definidos en la parte norte de Centroeuropa y se han aplicado como cronozonas en diferentes contextos paleoclimáticos en el Hemisferio Norte durante el Tardiglaciario.

La comunidad científica que se dedica a las investigaciones de tipo paleoclimático y arqueológico parecen obviar el hecho de que el interestadial Meiendorf ha sido definido como predecesor de la secuencia Bølling-Allerød y que hay enormes dificultades con la sincronización de la secuencia Dryas Antiguo-Bølling-Dryas Medio.

En Centroeuropa, la sincronización de registros polínicos muy detallados con el sondeo en los hielos GRIP demuestra la existencia de un gradiente climático muy fuerte desde el sur al norte de Europa durante el Tardiglaciario. Por lo tanto, los interestadiales del norte de Europa (Meiendorf, Bølling, Allerød) no pueden servir como cronozonas del Tardiglaciario de forma universal con referencia a sus composiciones polínicas características, pero son de gran importancia para la comprensión de la historia de la vegetación a nivel regional.

Los sondeos realizados en el Ártico nos ofrecen una información climática de todo el Tardiglaciario y funcionan como secuencias de tipo cronoestratigráfico. La sincronización detallada de las secuencias terrestres con los sondeos llevados a cabo en el Ártico podrá realizarse en un futuro próximo, usando la calibración radiocarbónica de alta precisión basada en la dendrocronología tardiglaciaria.

Palabras clave: Tardiglaciario. Cambio climático. Bioestratigrafía de la vegetación. Sondeos en Groenlandia.

ABSTRACT: Today, the Late Glacial interstadials Bølling and Allerød, originally defined in northern Europe, are often applied as chronozones in different palaeoclimate contexts across the Northern Hemisphere. The scientific community in both palaeoclimate research and archaeology often disregards the fact that the Meiendorf interstadial has long been identified as preceding the Bølling-Allerød sequence, and that there are lots of difficulties with the synchronization of the Oldest Dryas-Bølling-Older Dryas-sequence.

Synchronization of important Central European high-resolution pollen records with the Greenland GRIP ice core demonstrates a strong climatic gradient from the South to the North of Europe over the entire Late Glacial.

Therefore, the northern European interstadials (Meiendorf, Bølling, Allerød) cannot serve universally as Late Glacial chronozones with reference to their characteristic pollen compositions, even though they are of greatest importance for the understanding of the regional vegetational history. The Greenland ice cores offer continuous climate information over the entire Late Glacial and may serve as chronostratigraphical type sections. In the close future, detailed synchronization of terrestrial sequences with the Greenland ice core records will be achieved, using high-precision radiocarbon calibration based on Late Glacial dendrochronologies.

Key words: Intensive survey. Late Glacial. Climate change. Vegetational biostratigraphy. Greenland ice cores.

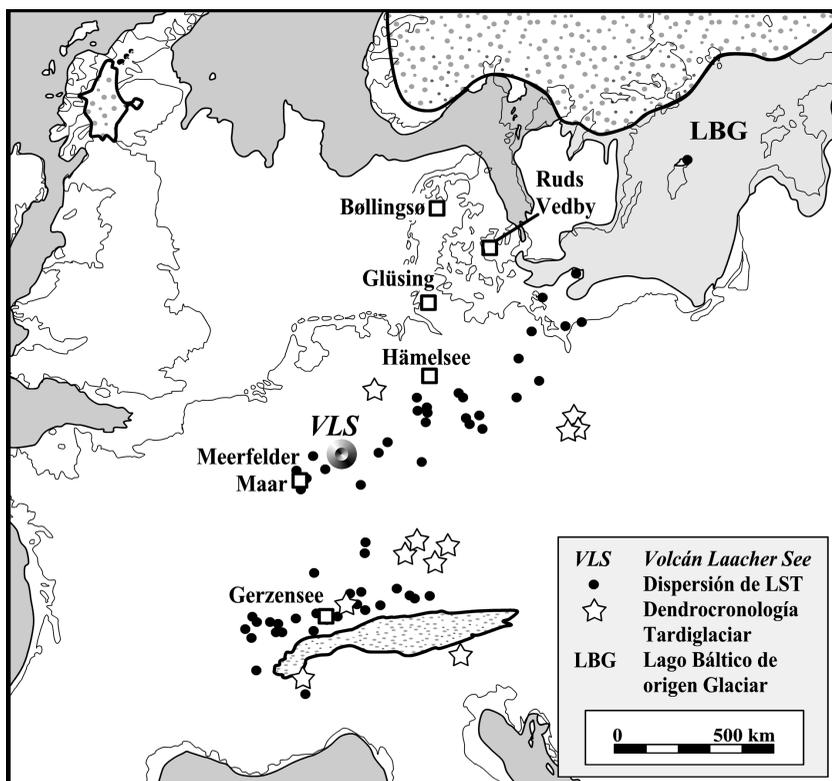


FIG. 1. Archivos terrestres centroeuropeos importantes utilizados para la definición de la terminología de la segunda parte del Tardiglacial (a partir de Th. Litt & M. Stebich, 1999 y Th. Litt et al., 2001). Dendrocronología del Tardiglacial tomada a partir de M. Friedrich et al., 2001. El mapa paleogeográfico muestra el Centro de Europa en el momento en el que se produce la erupción volcánica de Laacher See (10966 BC cal.) (modificado a partir de O. Jöris & B. Weninger, 2000a).

1. Introducción

El conocimiento de los cambios climáticos ocurridos durante el Tardiglacial ha aumentado considerablemente en los últimos años debido a las investigaciones llevadas a cabo en los diferentes tipos de archivos climáticos (sondeos glaciares y marinos, secuencias terrestres, etc.) (Björck, *et al.*, 1996; Friedrich, *et al.*, 2001), siendo el estudio de la transición al Holoceno el punto de mira de diferentes Proyectos de Investigación internacionales (cfr. Andres & Litt, 1999). De esta forma, gracias a estos archivos hoy en día poseemos una idea bastante clara de evolución climática y de los factores que controlan los cambios

climáticos acontecidos en la segunda parte del Tardiglacial en el Hemisferio Norte (cfr. Broecker & Denton, 1998)¹.

Estos cambios climáticos han sido documentados con gran resolución temporal (a menudo inferior a diez años, a veces anual o incluso estacional) en los sondeos de los hielos de Groenlandia GRIP y GISP2 (cfr. Grootes *et al.*, 1993; cfr. Broecker, 1992). A pesar de esto, la correlación exacta de estos archivos glaciares con archivos continentales es difícil, por una parte, porque sus escalas temporales son muy diferentes, y por otra, porque se deben sincronizar sus diferentes parámetros y no compararlos directamente.

En este sentido, las cenizas volcánicas procedentes de la explosión del volcán alemán Laacher See (Osteifel, Rheinland-Pfalz) (Fig. 1) son un verdadero horizonte isocrónico de referencia para estos archivos durante el Allerød (Baales *et*

al., e. p.; Friedrich *et al.*, 1999, 2001; Jöris & Weninger, 2000a y b).

2. La información aportada por los sondeos en el hielo de Groenlandia

A partir del sondeo realizado en GRIP se ha podido definir la transición del ÚMG al Holoceno. En la segunda parte del Tardiglacial se han

¹ Para nosotros la segunda parte del Tardiglacial comienza con el vertiginoso aumento de las temperaturas que marca el comienzo del Complejo Interstadial del Tardiglacial.

establecido dos periodos; el primero, correspondiente a un complejo Interstadial (GI 1-*Greenland Interstadial* 1) (Björck *et al.*, 1998; Walker *et al.*, 1999; cfr. Johnsen *et al.*, 1992) situado entre 12720 y 10760 BC cal.² y el segundo, correspondiente a una fase glacial (GS 1-*Greenland Stadial* 1), situada entre 10760 y 9620³ BC cal. (Figs. 2 y 3).

GI 1 comienza con un aumento rápido de las temperaturas, llegándose a alcanzar las que actualmente tenemos (GI 1e); pero poco a poco descenderán hasta el comienzo del GS 1 y van a verse interrumpidas por tres oscilaciones frías de corta duración que se denominan GI 1d, GI 1c₂ y GI 1b (este periodo se denomina también IACP-*Inner Allerød Cold Period*). Además se ha podido determinar de forma clara que las dos primeras son más cortas y más frías que la última (cfr. Andresen *et al.*, 2000).

GS 1 se muestra como una fase claramente fría en los sondeos realizados en Groenlandia y se debe de sincronizar con el periodo frío situado antes del comienzo del Holoceno. En GS 1 la temperatura media anual era <10° a la actual en una gran parte de Europa.

3. Bioestratigrafías polínicas en Europa Central

Con las investigaciones paleoclimáticas efectuadas desde comienzos del siglo pasado en los sedimentos de los pantanos y lagos de Dinamarca y Norte de Alemania (Firbas, 1949; Iversen, 1954, 1973; Litt & Stebich, 1999; Litt *et al.*, 2001; Usinger, 1985) (Fig. 1), se han definido diferentes interestadales tardiglaciares (Meiendorf, Bølling, Allerød) por medio de espectros polínicos característicos.

² La cronología ha sido tomada de Jöris, O & Weninger, B (2000b) (modificado a partir de Johnsen, S. J. *et al.*, 1997; cfr. Hammer, C. U. *et al.*, 1997). Para el Tardiglacial consideramos más precisa la cronología de GRIP que la de GISP2 (Álvarez Fernández, E. & Jöris, O., 1998; Jöris, O. & Weninger, B., 2000a y b; cfr. por otra parte, con Friedrich, M. *et al.*, 2001; Hughen, K. A. *et al.*, 1998a y b).

³ Documentado en el Centro de Europa mediante dendrocronología por un aumento rápido del crecimiento de los anillos de *Pinus sylvestris* (Friedrich, M. *et al.*, 1999, 2001).

Meiendorf ha sido definido en Glüsing (Schleswig-Holstein, Alemania) por un incremento no muy pronunciado de *Betula* sp. y de *Betula nana* (Menke, 1968); Bølling, definido en el lago Bøllingsø (Jutlandia, Dinamarca) por una primera etapa en la que se produce un gran aumento de *Betula pubescens* (Iversen, 1942); Allerød, definido primero en Allerød (Jutlandia, Dinamarca), mediante criterios litoestratigráficos y bioestratigráficos (macrofósiles y no análisis polínicos) (Hartz & Milthers, 1901), y posteriormente en Ruds Vedby (Isla de Saeland, Dinamarca), por una segunda etapa de *Betula pubescens* combinada con un gran incremento de *Pinus* (Krog, 1954; cfr. Litt & Stebich, 1999).

Estas oscilaciones climáticas cálidas están limitadas por fases frías que han sido definidas como "Dryas" en el lago Bøllingsø, tomando el nombre de la planta ártica *Dryas octopetala*; a su vez se han subdividido tres periodos del "Dryas": Dryas Antiguo (Dryas I: anterior al Interstadial Bølling), Dryas Medio (Dryas II: entre el Interstadial Bølling y el Interstadial Allerød), Dryas Reciente (Dryas III: entre el Interstadial Allerød y el Holoceno) (Iversen, 1942, 1954, 1973). Estas fases se caracterizan por la relativa ausencia de polen arbóreo, pero una abundancia de Poaceae y *Artemisia*.

Pero estas zonas polínicas no han sido definidas con continuidad en ninguno de los tres lugares epónimos (Meiendorf, Bølling, Allerød). Éstos poseen una entidad cronológica en parte relativa y nunca absoluta⁴.

⁴ Por este motivo y porque las fases "Dryas" han sido definidas siempre como fases en las que hay pocos árboles, existen discrepancias entre los investigadores en la sucesión Bølling-Dryas Medio-Allerød (cfr. Litt, Th. & Stebich, M., 1999). De esta forma, si seguimos a H. Usinger, al Interstadial Bølling (para él, correspondiente a la primera parte del Allerød), debe de sucederle un periodo frío llamado Dryas Medio, que está situado antes de la segunda parte del Allerød (Usinger, H., 1985; 1998). En diferentes sucesiones polínicas (Usinger, H., 1985) el Allerød ha sido subdividido en dos fases cálidas (fase a: antigua; fase c: reciente) divididas por una fase fría (fase b). Si tenemos en cuenta hoy en día el número de varves que existen durante el Allerød (Brauer, A. *et al.*, 1999; Merkt, J. & Müller, H., 1999) (cfr. Fig. 3), entonces estas fases cálidas deberían corresponderse con los Interestadales de Groenlandia GI 1c₁ y GI 1a, y la fase fría con GI 1b. Si seguimos esto, entonces Dryas Medio debería corresponderse con GI 1b, es decir con IACP (*Inner Allerød Cold Period*).

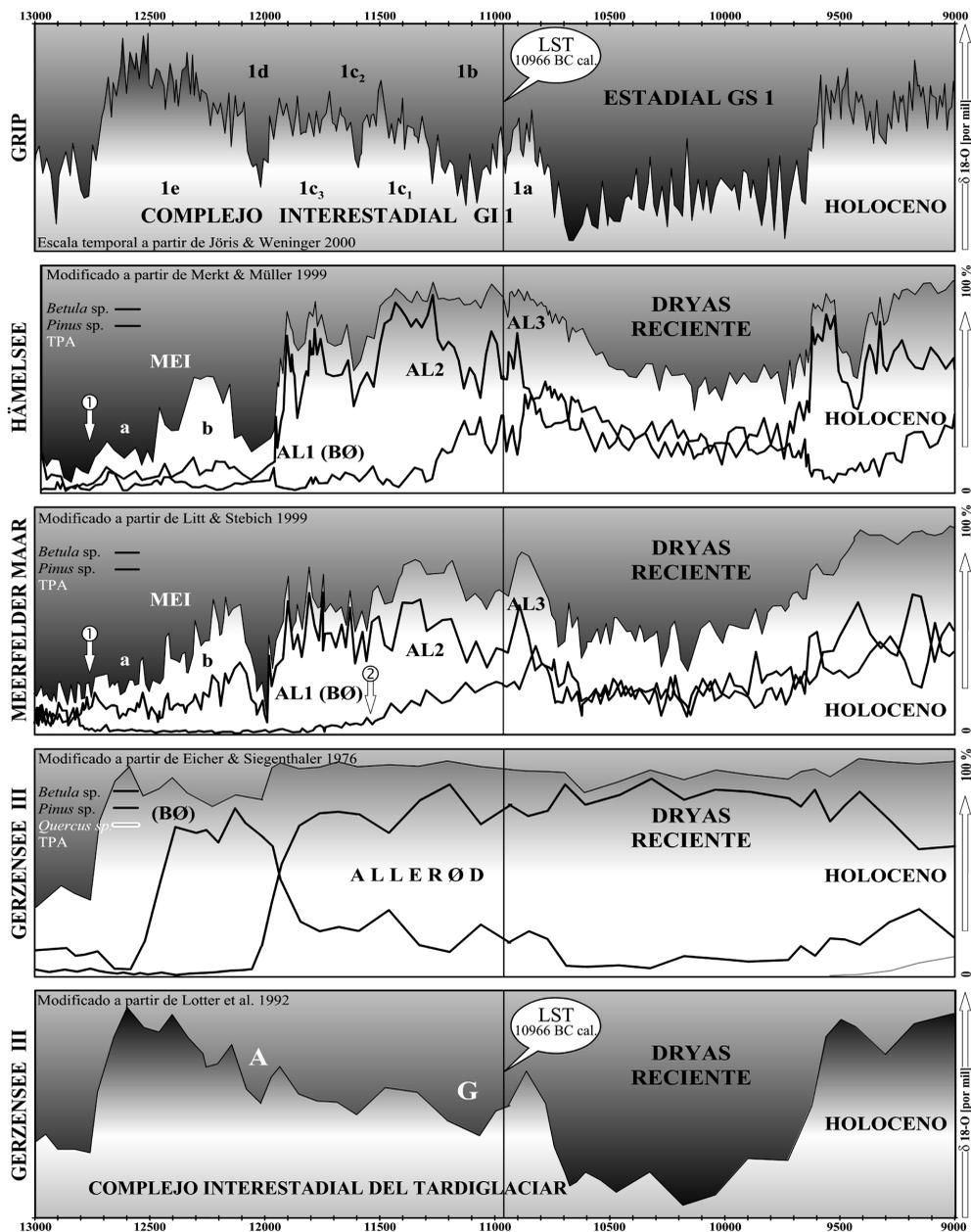


FIG. 2. Archivos climáticos importantes de la segunda parte del Tardiglacial en Europa Central en los que se han efectuado análisis polínicos (Hämelsee, Meerfelder Maar y Gerzensee) en comparación con los valores $\delta^{18}\text{O}$ obtenidos en GRIP (arriba). Escala temporal en fechas de calendario [BC cal.]; modificado a partir de S. J. Johnsen et al., 1997 y en el lago suizo Gerzensee (abajo). La escala temporal sigue la correlación efectuada por M. Baales & O. Jöris, 2002 y M. Street et al., 2001, basándose en la datación de la erupción del volcán Laacher See (LST=Laacher See Tephra) (cf. Jöris, O. & Weninger, B., 2000b).

GI: Greenland Interstadial. GS: Greenland Stadial. TPA: Total de polen arbóreo. [1]: Comienzo del Interstadial Meindorf (MEI). BØ: Interstadio Bolling. [2]: Comienzo del aumento de polen de Pinus. AL: Interstadio Allerød. A: Oscilación fría de Aegelsee (Suiza). G: Oscilación fría de Gerzensee (Suiza).

4. La información aportada por las bioestratigrafías polínicas a partir de las varves de algunos lagos centroeuropeos

En los últimos años se han realizado sondeos en los sedimentos lacustres centroeuropeos que cubren la segunda parte del Tardiglaciario (cfr. Litt & Stebich, 1998; Litt *et al.*, 2001) (Fig. 1). En muchos de estos lagos se documentan zonas polínicas, que son muy parecidas a los espectros polínicos vistos en el norte de Alemania y Dinamarca, en las cuales se han definido los correspondientes interstadiales tardiglaciares: Meien-dorf, Bølling, Allerød.

A través de estos sondeos lacustres ha sido posible confirmar la sucesión cronoestratigráfica, así como fijar su cronología absoluta, porque muchos de estos lagos poseen varves anuales (Leroy *et al.*, 2000; Litt *et al.*, 2001; Merkt & Müller, 1999). Además, otros sedimentos lacustres han sido sincronizados con gran resolución por medio de otros parámetros (por ejemplo, isótopos de oxígeno; cfr. Grafenstein *et al.*, 1999; Lotter *et al.*, 1992; comparar también con Goslar *et al.*, 1995). En este trabajo comparamos las sucesiones polínicas pertenecientes a tres de estos lagos, situados en el norte: Hämelsee (Niedersachsen, Alemania) (Merkt & Müller, 1999), en el centroeste: Meerfelder Maar (lago de origen volcánico situado en Rheinland-Pfalz, Alemania) (Leroy *et al.*, 2000; Litt & Stebich, 1999) y en el sur de Europa Central: Gerzensee (Berna, Suiza) (Eicher & Siegenthaler, 1976).

La secuencia polínica obtenida en Hämelsee y Meerfelder Maar posee validez, en líneas generales, para la totalidad del Tardiglaciario (Litt & Stebich, 1999; Litt *et al.*, 2001). Sus cronologías

están relativamente aseguradas gracias a la estratificación anual de las varves (cfr. Fig. 3; Brauer *et al.*, 1999; Merkt & Müller, 1999); el desarrollo de estas sucesiones polínicas se puede sincronizar con las oscilaciones climáticas obtenidas en GRIP (cfr. Baales & Jöris, 2002; Street *et al.*, 2002) (Fig. 2).

Así mismo, también en Gerzensee fueron documentadas secuencias polínicas que comprenden desde el Tardiglaciario al Holoceno Antiguo. Éstas pueden ser sincronizadas también directamente con las oscilaciones obtenidas en GRIP, por medio de análisis de isótopos de oxígeno llevados a cabo en *Lake marls* (Lotter *et al.*, 1992) (Fig. 2).

La comparación de las tres secuencias polínicas aquí representadas nos muestra que las secuencias de Hämelsee y de Meerfelder Maar son muy parecidas (Litt & Stebich, 1999), frente a la de Gerzensee, situada más al sur (cfr. Baales & Jöris, e. p.; Street *et al.*, 2002).

Las dos primeras secuencias nos muestran que a comienzos del Interstadial GI 1e se produce un incremento suave del polen de *Betula* sp., así como también del total de polen arbóreo (como *Hippophae*) (Fig. 2:1). Este hecho marca el comienzo del Interstadial Meien-dorf. En la segunda parte de esta oscilación cálida (MEI b) se produce un aumento del polen arbóreo hasta alcanzar más o menos el 50%. A esta primera fase cálida (MEI) en la que el bosque se expande por primera vez durante el Tardiglaciario (el polen de *Betula nana*, *Salix* y *Juniperus* aumenta más que el de *Betula pubescens*), le sigue otra fría en la que el bosque disminuye (GI 1d). En la fase cálida siguiente (GI 1c₃) vuelve de nuevo a poblarse de bosques en el norte de Europa Central y es en este momento cuando se produce el primer incremento significativo de *Betula pubescens* (50-60% del polen total). Este hecho característico va a definir el Interstadial Bølling en la parte norte del Centro de Europa. Sin embargo, la fase fría siguiente GI 1c₂ afecta a la parte norte de Europa Central, tal como lo indica la sucesión polínica de Hämelsee, frente a la de Meerfelder Maar, donde esta fase está poco representada. Poco a poco, a partir de GI 1c₁, *Pinus* (así como *Filipendula*) empieza a tener importancia (Fig. 2:2) y el total del polen arbóreo va a aumentar hasta el 40% a finales del Interstadial Allerød. *Betula* y

Sin embargo, Th. Litt y M. Stebich (1999) relacionan el Dryas Medio con GI 1c₂, fase fría de corta duración, pero ésta no aparece apenas reflejada en los espectros polínicos del norte de Europa Central (ver cap. 4, cfr. Fig. 3). Por otra parte, no podemos excluir la correlación posible del Dryas Medio con GI 1d, pero entonces Dryas Medio y el Dryas Antiguo coincidirían.

Para evitar estos problemas, es mejor seguir a H. Usinger (1985, 1998), y no usar los términos Dryas Antiguo-Bølling-Dryas Medio, sino la sucesión Meien-dorf-Dryas Antiguo-Allerød-Dryas Reciente (Fig. 3; comparar con Fig. 2).

Pinus discurren durante este interestadio casi siempre opuestos y poco después de la explosión del volcán Laacher See (ver más arriba) el polen de *Pinus* tiende a sobrepasar al de *Betula*. Con la llegada del Dryas Reciente se produce un retroceso de la vegetación (*Betula*, *Pinus* frente a *Salix*) y no será hasta comienzos del Holoceno cuando el norte de Centroeuropa se vuelva de nuevo a poblar de bosques⁵.

Por el contrario, en el lago suizo de Gerzensee se observa claramente durante el Tardiglacial que la aparición del bosque se produce antes que en el norte. Así, ya desde comienzos del GI 1e (MEI a) el polen arbóreo, casi exclusivamente de *Juniperus* y *Hippophae*, se incrementa de forma vertiginosa hasta llegar al 80% del polen total.

En la segunda parte de GI 1e (correspondiente a MEI b) aumenta rápidamente el polen de *Betula*. Pero durante la fase fría GI 1d (en Suiza, Oscilación fría de Aegelsee) se produce un retroceso de la curva del polen de *Betula* y a comienzos de la fase cálida GI 1c₃ es el polen de *Pinus* el que predomina, sobrepasando los 2/3 del total del polen arbóreo, frente a *Betula*, que se mantiene constante (15-20%)⁶. El polen arbóreo experimenta un retroceso de poca consideración durante el Dryas Reciente en el norte de Suiza; el polen de *Betula* desciende hasta alcanzar las cotas obtenidas a comienzos del Complejo Interestadial del Tardiglacial (GI 1) y en esta misma fase el polen de *Pinus* aumenta suavemente. A partir de comienzos del Holoceno el polen de *Betula* aumenta, mientras que el de *Pinus* retrocede. Así mismo, hacen acto de presencia por primera vez los pólenes de las especies termófilas destacando, sobre todo, el polen de *Quercus*.

⁵ La sucesión polínica de Meerfelder Maar nos muestra que en la segunda parte del Dryas Reciente (fase más húmeda que la primera parte) se produce un aumento paulatino del polen arbóreo hasta comienzos del Holoceno. Sin embargo, en la sucesión polínica de Hämelsee se observa una influencia mayor de las condiciones climáticas frías en la segunda parte del Dryas Reciente, así como en una fase intermedia del Preboreal (cf. Fig. 2).

⁶ En muchos lagos suizos se cambia el predominio de *Betula* y *Pinus* antes de la Oscilación fría de Gerzensee, correspondiente a GI 1b (Lotter, A. F. *et al.*, 1992).

5. Nuevas perspectivas

La sincronización de los diferentes archivos polínicos discutidos en el capítulo anterior nos muestra diferencias claras en la evolución de la vegetación entre el sur de Centroeuropa (norte de Suiza: Gerzensee) y el centro-norte de este territorio (Meerfelder Maar y Hämelsee)⁷ (Fig. 2). De esta forma, los interestadiales definidos en el norte de Europa Central (Meiendorf, Bølling y Allerød) no se pueden utilizar como cronozonas del Tardiglacial, ya que se han definido a partir de diferentes composiciones polínicas que sólo poseen carácter regional (Litt & Stebich, 1999; Litt *et al.*, 2001). Esta terminología definida en el norte de Europa Central sólo posee entidad válida en este territorio y no debe ser extrapolada a otras regiones.

Para llevar a cabo una comparación entre los diferentes archivos del Tardiglacial se necesitan otros parámetros de sincronización y de estructuración de carácter universal, complementarios a los registros polínicos.

Ya que en el Hemisferio Norte las oscilaciones climáticas poseen validez universal, tal como nos lo indican los sondeos llevados a cabo en el hielo de Groenlandia, se recomienda que las secuencias tardiglaciares se pongan en relación con la sucesión de Estadales-Interestadales (GI-GS) definida en estos sondeos (Björck *et al.*, 1998; Walker *et al.*, 1999).

Pero, las sincronizaciones de las secuencias terrestres con los archivos climáticos definidos en Groenlandia son difíciles, ya que las primeras no poseen una escala temporal independiente. Dichas sincronizaciones se realizarán cuando las posibilidades de calibración de dataciones radiocarbónicas se basen en una secuencia continua dendrocronológica (Friedrich *et al.*, 1999, 2001; Jöris & Weninger, 2000a y b; Kaiser, 1993; Kromer *et al.*, 1998) (en la actualidad la dendrocronología no llega más allá de finales del Dryas Reciente; cfr. Kromer & Spurk 1998; Spurk *et al.*, 1998). Esto será factible a corto plazo, cuando las posibilidades de la calibración para el periodo Tardiglacial sean más precisas de lo que son en la actualidad (Stuiver & Plicht, 1998; Stuiver *et al.*, 1998a y b).

⁷ Cf. también con Coope, G. R. *et al.*, 1998.

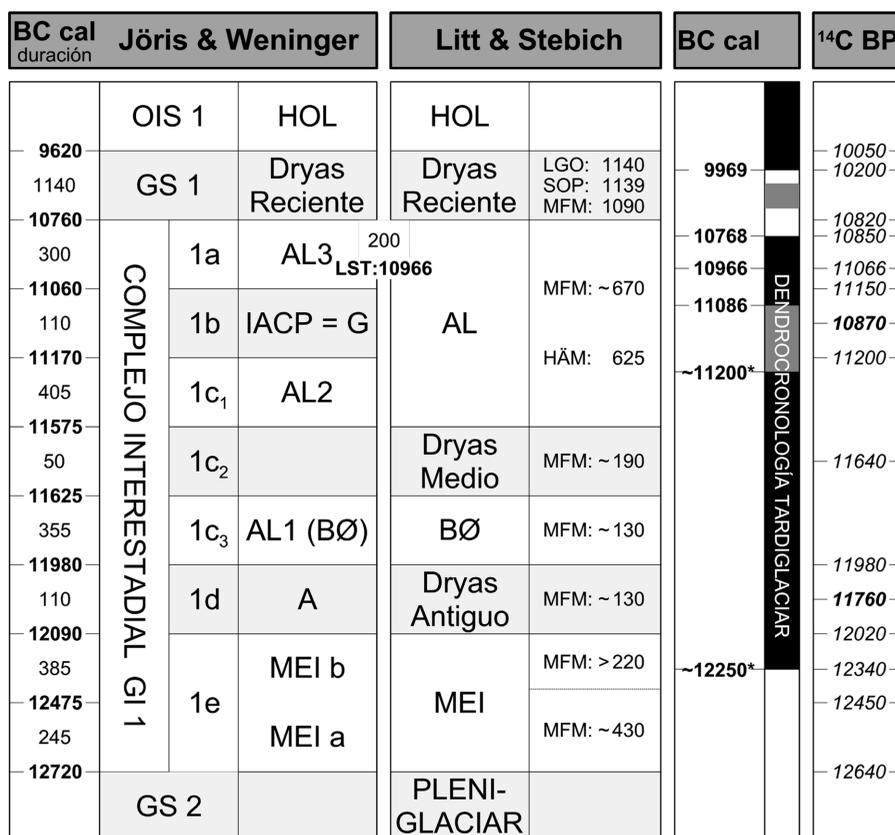


FIG. 3. Estructuración de la segunda parte del Tardiglacial en fechas de calendario en comparación con las fechas ¹⁴C (derecha). Atención a las inversiones de fechas ¹⁴C (en negrita). De izquierda a derecha: división representada en la Fig. 2 en comparación con la de Th. Litt & M. Stebich (1999) y recopilación y modificación [*] de las Dendrocronologías Tardiglaciares a partir de M. Friedrich et al., (1999, 2001), O. Jöris & B. Weninger (2000a y b), K.-F. Kaiser (1993), B. Kromer et al. (1998) y M. Spurk et al. (1998).

OIS: Oxygen Isotope Stage. GS: Greenland Stadial. GI: Greenland Interestadial. HOL: Holoceno. AL: Interestadio Allerød. IACP: Inner Allerød Cold Period. G: Oscilación fría de Gerzensee. BØ: Interestadio Bølling. A: Oscilación fría de Aegelsee. MEI: Interestadio Meiendorf. LST: Laacher See Tephra. Duración de las fases bioestratigráficas en fechas de calendario. LGO: Lago Gosciarz (Polonia) (según Th. Goslar et al., 1995). SOP: Lago Soppensee (Suiza) (según I. Hajdas et al., 1993). MFM: Lago Meerfelder Maar (Alemania) (según A. Brauer et al., 1999). HÄM: Lago Hämelsee (Suiza) (según J. Merkt & H. Müller, et al., 1999).

6. Bibliografía

- ÁLVAREZ FERNÁNDEZ, E. & JÖRIS, O. (1998): "El significado cronológico de algunas especies de Fauna Fría durante el Tardiglacial en la Península Ibérica", *Zephyrus*, 51, pp. 61-86.
- ANDRES, W. & LITT, Th. (1999): "Termination I in Central Europe", *Quat. Int.*, 61, pp. 1-4.
- ANDRESEN, C. S.; BJÖRCK, S.; BENNIKE, O.; HEINE-MEIER, J. & KROMER, B. (2000): "What do (¹⁴C Changes Across the Gerzensee Oscillation/GI-1b Event Imply for Deglacial Oscillations?", *Jour. Quat. Sci.*, 15, pp. 203-214.
- BAALES, M. & JÖRIS, O. (2002): "Entre le Nord et le Sud –un site à pointes à dos de la fin de l'Allerød: Bad Breisig, district de Ahrweiler (vallée

- moyenne du Rhin, RFA)", *L'Anthropologie*, 106, pp. 249-267.
- BAALES, M.; JÖRIS, O.; STREET, M.; BITTMANN, F.; WENINGER, B. & WIETOLD, J.: "Impact of the Late Glacial Eruption of the Laacher See-Volcano, Central Rhineland, Germany", *Quaternary Research*, 58 (e. p.).
- BJÖRCK, S.; KROMER, B.; JOHNSEN, S.; BENNIKE, O.; HAMMARLUND, D.; LEMDAHL, G.; POSSNERT, G.; RASMUSSEN, T. L.; WOHLFARTH, B.; HAMMER, U. & SPURK, M. (1996): "Synchronized Terrestrial-atmospheric Deglacial Records around the North Atlantic", *Science*, 274, pp. 1155-1160.
- BJÖRCK, S.; WALKER, M. J. C.; CWYNAR, L. C.; JOHNSEN, S.; KNUDSEN, K. L.; LOWE, J. J.; WOHLFARTH, B. & INTIMATE-members (1998): "An Event Stratigraphy for the Last Termination in the North Atlantic Region Based on the Greenland Ice-core Record: a Proposal by the INTIMATE Group", *Jour. Quat. Sci.*, 13, pp. 283-292.
- BRAUER, A.; ENDRES, Chr.; GÜNTER, Chr.; LITT, Th.; STEBICH, M. & NEGENDANK, F. F. W. (1999): "High Resolution Sediment and Vegetation Responses to Younger Dryas Climate Change in Varved Lake Sediments from Meerfelder Maar, Germany", *Quat. Sci. Rev.*, 18, pp. 321-329.
- BROECKER, W. S. (1992): "Defining the Boundaries of the Late-Glacial Isotope Episodes", *Quat. Res.*, 38, pp. 135-138.
- BROECKER, W. S. & DENTON, G. H. (1998): "The Role of Ocean-atmosphere Reorganizations in Glacial Cycles", *Gochim. Cosmochim. Acta*, 53, pp. 2465-2501.
- COOPE, G. R.; LEMDAHL, G.; LOWE, J. J. & WALKING, A. (1998): "Temperature Gradients in Northern Europe During the Last Glacial-Holocene Transition (14-9 ¹⁴C kyr BP) Interpreted from Coleopteran Assemblages", *Journal of Quaternary Science*, 13, pp. 419-433.
- EICHER, M. & SIEGENTHALER, U. (1976): "Palynological and Oxygen Isotope Investigations on Late-Glacial Sediment Cores from Swiss Lakes", *Boreas*, 5, pp. 109-117.
- FIRBAS, F. (1949): *Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. I: Allgemeine Waldgeschichte*. Jena: Gustav Fischer.
- FRIEDRICH, M.; KROMER, B.; KAISER, K.-F.; SPURK, M.; HUGHEN, K. A. & S. J. JOHNSEN (2001): "High-resolution Climate Signals in the Bølling-Allerød Interstadial (Greenland Interstadial 1) as Reflected in European Tree-ring Chronologies Compared to Marine Varves and Ice-core Records", *Quaternary Science Reviews*, 20, pp. 1223-1232.
- FRIEDRICH, M.; KROMER, B.; SPURK, M.; HOFMANN, J. & KAISER, K.-F. (1999): "Paleo-environment and Radiocarbon Calibration as Derived from Lateglacial/Early Holocene Tree-ring Chronologies", *Quat. Int.*, 61, pp. 27-39.
- GOSLAR, Th.; ARNOLD, M.; BARD, E.; KUC, T.; PAZDUR, M. F.; RALSKA-JASIEWICZOWA, M.; ROZANSKI, K.; TISNERAT, N.; WALANUS, A.; WICIK, B. & WIEKOWSKI, K. (1995): "High Concentration of Atmospheric ¹⁴C during the Younger Dryas Cold Episode", *Nature*, 377, pp. 414-417.
- GRAFENSTEIN, U. VON; ERLINKAUSER, H.; BRAUER, A.; JOUZEL, J. & JOHNSEN, S. J. (1999): "A Mid-European Decadal Isotope-Climate Record from 15,500 to 5000 Years BP", *Science*, 284, pp. 1654-1657.
- GROOTES, P. M.; STUIVER, M.; WHITE, J. W. C.; JOHNSEN, S. & JOUZEL, J. (1993): "Comparison of Oxygen Isotope Records from the GISP2 and GRIP Greenland Ice Core", *Nature*, 366, pp. 552-554.
- HAJDAS, I.; IVY-OCHS, S. D.; BEER, J.; BONANI, G.; IMBODEN, D.; LOTTER, A. F.; STURM, M. & SUTER, M. (1993): "AMS Radiocarbon Dating and Varve Chronology of Lake Soppensee: 6000 to 12000 Years BP", *Climate Dynamics*, 9, pp. 107-116.
- HAMMER, C. U.; ANDERSEN, K. K.; CLAUSEN, H. B.; DAHL-JENSEN, D.; HVIDBERG, C. S. & IVERSEN, P. (1997): *The Stratigraphic Dating of the GRIP Ice Core*. Special Report of the Geophysical Department, Niels Bohr Institute for Astronomy, Physics and Geophysics, University of Copenhagen.
- HARTZ, N. & MILTHERS, V. (1901): "Det senglaciale Ler I Allerød Tegelværksgrav", *Meddelelser Dansk Geologisk Forening*, 8, pp. 31-60.
- HUGHEN, K. A.; OVERPECK, J. T.; LEHMAN, S. J.; KASHGARIAN, M.; SOUTHON, J.; PETERSON, L. C.; ALLEY, R. & SIGMAN, D. M. (1998a): "Deglacial Changes in Ocean Circulation from an Extended Radiocarbon Calibration", *Nature*, 391, pp. 65-68.
- HUGHEN, K. A.; OVERPECK, J. T.; LEHMEN, S. J.; KASHGARIAN, M.; SOUTHON, J. & PETERSON, L. C. (1998b): "A New ¹⁴C Calibration Data Set for the Last Deglaciation Based on Marine Invertebrates", *Radiocarbon*, 40, pp. 483-494.
- IVERSEN, J. (1942): "En pollenanalytisk Tidfaetelse af Ferskvandslagene ved Nørre Lyngby", *Meddelelser Dansk geologisk Forening*, 10, pp. 130-151.

- (1954): “The Late-glacial Flora of Denmark and its Relation to Climate and Soil”, *Danmarks Geologiske Undersøgelse, II, Række*, 80, pp. 67-119.
 - (1973): “The Development of Denmark’s Nature since the Last Glacial”, *Danmarks Geologiske Undersøgelse*, 5 (7c).
- JÖRIS, O. & WENINGER, B. (2000a): “Radiocarbon Calibration and the Absolute Chronology of the Late Glacial”. En VALENTIN, B.; BODU, P. & CHRISTENSEN, M. (eds.): *L’Europe centrale et septentrionale au Tardiglaciaire. Confrontation des modèles régionaux de peuplement*. Coll. Nemours 1997. Mém. Musée de Préhist. d’Île-de-France 7. Nemours, pp. 19-54.
- (2000b): “¹⁴C-Alterskalibration und die Absolute Chronologie des Spätglazials”, *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 30 (4), pp. 461-471.
- JOHNSEN, S. J.; CLAUSEN, H. B.; DANSGAARD, W.; FUHRER, K.; GUNDESTRUP, N. S.; HAMMER, C. U.; IVERSEN, P.; JOUZEL, J.; STAUFFER, B. & STEFFENSEN, J. P. (1992): “Irregular Glacial Interstadials Recorded in a New Greenland Ice Core”, *Nature*, 359, pp. 311-313.
- JOHNSEN, S. J.; CLAUSEN, H. B.; DANSGAARD, W.; WUNDESTRUP, N. S.; HAMMER, C. U.; ANDERSEN, U.; ANDERSEN, K. K.; HVIDBERG, C. S.; DAHL-JENSEN, D.; STEFFENSEN, J. P.; SHOJI, H.; SVEINBJÖRNSDÓTTIR, A. E.; WHITE, J. W. C.; JOUZEL, J. & FISHER, D. (1997): “The $\delta^{18}\text{O}$ Record Along the Greenland Ice Core Project Deep Ice Core and the Problem of Possible Eemian Climatic Instability”, *Jour. Geophys. Res.*, 102, pp. 26397-26410.
- KAISER, K.-F. (1993): *Beiträge zur Klimageschichte vom Hochglazial bis ins frühe Holozän, rekonstruiert mit Jahrringen und Molluskenschalen aus verschiedenen Vereisungsgebieten*. Birmensdorf.
- KROG (1954): “Pollen Analytical Investigation of a ¹⁴C-dated Allerød section from Ruds Vedby. *Danmarks Geologiske Undersøgelse II*”, *Række*, 80, pp. 120-139.
- KROMER, B. & SPURK, M. (1998): “Revision and Tentative Extension of the Tree-ring Based ¹⁴C Calibration, 9200-11,855 cal. BP”, *Radiocarbon*, 40, pp. 1117-1125.
- KROMER, B.; SPURK, M.; REMMELE, S.; BARBETTI, M. & TONIELLO, V. (1998): “Segments of Atmospheric ¹⁴C Change as Derived from Late Glacial and Early Holocene Floating Tree-ring Series”, *Radiocarbon*, 40, pp. 351-358.
- LEROY, S. A. G.; ZOLITSCHKA, B.; NEGENDANK, J. F. W. & SERET, G. (2000): “Palynological Analyses in the Laminated Sediment of Lake Holzmaar (Eifel, Germany): Duration of Lateglacial and Preboreal Biozones”, *Boreas*, 29, pp. 52-71.
- LITT, Th. & STEBICH, M. (1999): “Bio- and Chronostratigraphy of the Lateglacial in the Eifel Region, Germany”, *Quat. Int.*, 61, pp. 5-16.
- LITT, Th.; BRAUER, A.; GOSLAR, T.; MERKT, J.; BALAGA, K.; MÜLLER, H.; RALSKA-JASIEWICZOWA, M.; STEBICH, M. & NEGENDANK, J. F. W. (2001): “Correlation and Synchronization of Lateglacial Continental Sequences in Northern Central Europe Based on Annually Laminated Lacustrine Sediments”, *Quat. Sci. Rev.*, 20, pp. 1233-1249.
- LOTTER, A. F.; EICHER, U.; BIRKS, H. J. B. & SIEGENTHALER, U. (1992): “Late-glacial Climatic Oscillations as Recorded in Swiss Lake Sediments”, *Jour. Quat. Sci.*, 7, pp. 187-204.
- MANGERUD, J.; ANDERSEN, S. T.; BERGLUND, B. E. & DONNER, J. J. (1974): “Quaternary Stratigraphy of Norden, a Proposal for terminology and Classification”, *Boreas*, 4, pp. 109-128.
- MENKE, B. (1968): “Das Spätglazial von Glüsing. Ein Beitrag zur Kenntnis der spätglazialen Vegetationsgeschichte in Westholstein”, *Eiszeitalter und Gegenwart*, 19, pp. 73-84.
- MERKT, J. & MÜLLER, H. (1999): “Varve Chronology and Palynology of the Lateglacial in Northwest Germany from Lacustrine Sediments of Hämelsee in Lower Saxony”, *Quat. Int.*, 61, pp. 41-59.
- SPURK, M.; FRIEDRICH, M.; HOFMANN, J.; REMMELE, S.; FRENZEL, B.; LEUSCHNER, H. H. & KROMER, B. (1998): “Revisions and Extension of the Hohenheim Oak and Pine Chronologies: New Evidence about the Timing of the Younger Dryas/Preboreal Transition”, *Radiocarbon*, 40, pp. 1107-1116.
- STREET, M.; BAALES, M.; CZIESLA, E.; HARTZ, S.; HEINEN, M.; JÖRIS, O.; KOCH, I.; PASDA, C.; TERBERGER, Th. & VOLLBRECHT, J. (2001): “Final Paleolithic and Mesolithic Research in Reunified Germany”, *Journal of World Prehistory*, 15 (4), pp. 365-453.
- STUIVER, M. & PLICHT, J. VAN DER (eds.) (1998): “INTCAL98: Calibration Issue”, *Radiocarbon*, 40, pp. 1998-1164.
- STUIVER, M.; REIMER, P. J.; BARD, E.; BECK, J. W.; BURR, G. S.; HUGHEN, K. A.; KROMER, B.; MCCORMAC, G.; PLICHT, J. VAN DER & SPURK, M. (1998): “INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration, 24,000-0 cal. BP”, *Radiocarbon*, 40, pp. 1041-1083.
- STUIVER, M.; REIMER, P. J. & BRAZIUNAS, T. F. (1998): “High-precision Radiocarbon Age Calibration for Terrestrial and Marine Samples”, *Radiocarbon*, 40, pp. 1127-1151.

- USINGER, H. (1985): "Pollenstratigraphische, vegetations- und klimageschichtliche Gliederung des 'Bölling-Alleröd-Komplexes' in Schleswig-Holstein und die Bedeutung für die Spätglazial-Stratigraphie in benachbarten Gebieten", *Flora*, 177, pp. 1-43.
- (1998): "Pollenanalytische Datierung spätpaläolithischer Fundschichten bei Ahrenshöft, Kr. Nordfriesland", *Archäologische Nachrichten aus Schleswig-Holstein*, 8, pp. 50-73.
- WALKER, M. J. C.; BJÖRK, S.; LOWE, J. J.; CWYNAR, L. C.; JOHNSEN, S.; KNUDSEN, K.-L.; WOHLFARTH, B. & INTIMATE Group (1999): "Isotopic 'Events' in the GRIP Ice Core: a Stratotype for the Late Pleistocene", *Quat. Sci. Rev.*, 18, pp. 1143-1150.