

TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO DE LA DEGLACIACIÓN
FINICUATERNARIA EN EL NW DE LA
PENÍNSULA IBÉRICA: DATOS
PALEOBOTÁNICOS Y
GEOMORFOLÓGICOS**

LUISA SANTOS FIDALGO

**FACULTADE DE CIENCIAS
UNIVERSIDADE DA CORUÑA**

Septiembre, 1996

**T.UDC
406**

TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO DE LA DEGLACIACIÓN
FINICUATERNARIA EN EL NW DE LA
PENÍNSULA IBÉRICA: DATOS
PALEOBOTÁNICOS Y
GEOMORFOLÓGICOS**

LUISA SANTOS FIDALGO

**FACULTADE DE CIENCIAS
UNIVERSIDADE DA CORUÑA**

Septiembre, 1996

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

FACULTADE DE CIENCIAS

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE
MATERIAIS, NÁUTICA, MÁQUINAS E
MOTORES TÉRMICOS**

TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO DE LA DEGLACIACIÓN
FINICUATERNARIA EN EL NW DE LA PENÍNSULA
IBÉRICA: DATOS PALEOBOTÁNICOS Y
GEOMORFOLÓGICOS**

---oOo---

Luisa Santos Fidalgo

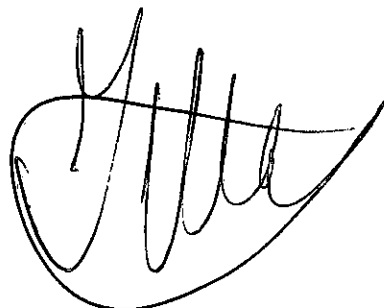
A Coruña, septiembre de 1996

D. JUAN RAMÓN VIDAL ROMANÍ, Catedrático de la Universidad de A
Coruña y D. GUY JALUT, Professeur de la Universidad Paul Sabatier de Toulouse,

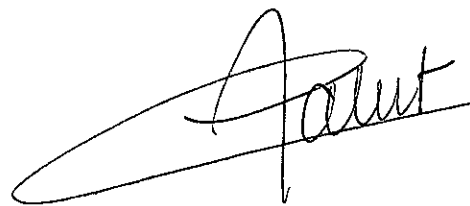
CERTIFICAMOS:

Que la presente memoria, titulada "ESTUDIO DE LA DEGLACIACIÓN
FINICUATERNARIA EN EL NW DE LA PENÍNSULA IBÉRICA: DATOS
PALEOBOTÁNICOS Y GEOMORFOLÓGICOS", presentada por Dña. LUISA
SANTOS FIDALGO, fue realizada bajo nuestra dirección. Y, considerando que
representa trabajo de Tesis, autorizamos su presentación y defensa para optar al Grado
de Doctora en Biología.

A Coruña, septiembre de 1996

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. R. Vidal Romaní', written in a cursive style.

Fdo.: Dr. J. R. Vidal Romaní

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'G. Jalut', written in a cursive style.

Fdo.: Dr. G. Jalut

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS

1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1.- ÁREA DE ESTUDIO	4
1.1.1.- SIERRA DEL COUREL: CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	4
1.1.1.1.- LOCALIDAD SELECCIONADA.....	8
1.1.2.- SIERRA DE QUEIXA: CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	8
1.1.2.1.- SELECCIÓN DE LAS LOCALIDADES.....	13
2.- SÍNTESIS BIBLIOGRÁFICA	16
2.1.- LOS PROCESOS GLACIARES EN LA SIERRA DEL COUREL	17
2.2.- LOS PROCESOS GLACIARES EN LA SIERRA DE QUEIXA- INVERNADOIRO	22
2.3.- EL DESARROLLO DE LOS ESTUDIOS PALINOLÓGICOS EN GALICIA	25
3.- MATERIAL Y MÉTODOS	31
3.1.- GEOMORFOLOGÍA	31
3.2.- PALINOLOGÍA	31
3.2.1.- OBTENCIÓN DE LOS SONDEOS.....	31
3.2.2.- TOMA DE MUESTRAS.....	33
3.2.3.- EXTRACCIÓN DEL POLEN.....	34
3.2.4.- MEDIDAS VOLUMÉTRICAS DE LOS RESIDUOS Y ELABORACIÓN DE LAS PREPARACIONES MICROSCÓPICAS.....	35
3.2.5.- OBSERVACIÓN MICROSCÓPICA Y RECUENTO ESPOROPOLÍNICO.....	38
3.2.6.- CÁLCULO DE LA FRECUENCIA POLÍNICA ABSOLUTA.....	40
3.2.7.- REPRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	40
3.2.7.1.- CÁLCULO DE LOS PORCENTAJES: ESPECTRO Y DIAGRAMA POLÍNICO.....	40
3.2.7.1.1.- Espectro polínico.....	40

3.2.7.1.2.- Diagrama polínico	41
3.2.7.2.- ZONACIÓN POLÍNICA	44
3.3.- TRATAMIENTO INFORMÁTICO DE LOS DATOS.....	48
4.- RESULTADOS	49
4.1.- GEOMORFOLOGÍA	49
4.1.1.- SIERRA DEL COUREL	49
4.1.2.- SIERRA DE QUEIXA-INVERNADOIRO.....	53
4.1.2.1.- DATOS GEOMORFOLÓGICOS Y SEDIMENTOLÓGICOS	53
4.1.2.1.1.- Formas de origen glacial.....	53
4.1.2.1.2.- Sedimentos glaciares y glaciogénicos	56
4.1.2.1.3.- Línea de avance máximo de los hielos.....	59
4.2.- DATAACIONES ABSOLUTAS	65
4.3.- ANÁLISIS POLÍNICOS	67
4.3.1.- LAGUNA LUCENZA.....	67
4.3.1.1.- DESCRIPCIÓN DEL SONDEO.....	68
4.3.1.2.- CRONOLOGÍA	69
4.3.1.3.- ZONACIÓN POLÍNICA	73
4.3.1.2.- INTERPRETACIÓN	90
4.3.2.- TURBERA H.....	94
4.3.2.1.- DESCRIPCIÓN DEL SONDEO.....	94
4.3.2.2.- CRONOLOGÍA	96
4.3.2.3.- ZONACIÓN POLÍNICA	96
4.3.2.4.- INTERPRETACIÓN	102
4.3.3.- FRAGA.....	106
4.3.3.1.- DESCRIPCIÓN DE SONDEO	106
4.3.3.2.- CRONOLOGÍA	107
4.3.3.3.- ZONACIÓN POLÍNICA	109
4.3.3.4.- INTERPRETACIÓN	114

4.3.4.- AS AGUILLADAS	119
4.3.4.1.- DESCRIPCIÓN DEL SONDEO.....	119
4.3.4.2.- CRONOLOGÍA	120
4.3.4.3.- ZONACIÓN POLÍNICA	120
4.3.4.4.- INTERPRETACIÓN	128
4.3.5.- CASTELO CERVEIRA.....	131
4.3.5.1.- DESCRIPCIÓN DEL SONDEO.....	132
4.3.5.2.- CRONOLOGÍA	134
4.3.5.3.- ZONACIÓN POLÍNICA	134
4.3.5.4.- INTERPRETACIÓN	138
5.- DISCUSIÓN	143
5.1.- EL ÚLTIMO MÁXIMO GLACIAR.....	145
5.2.- EL TARDIGLACIAR.....	148
5.3.- EL DRYAS RECIENTE Y LA TRANSICIÓN TARDIGLACIAR- HOLOCENO	156
5.3.1.- EL DRYAS RECIENTE EN LA PENÍNSULA IBÉRICA.....	160
5.3.2.- EL DRYAS RECIENTE EN GALICIA	162
5.4.- EL HOLOCENO.....	164
5.4.1.- PREBOREAL	165
5.4.2.- BOREAL.....	167
5.4.3.- ATLÁNTICO.....	173
5.4.4.- SUBBOREAL.....	177
5.4.5.- SUBATLÁNTICO.....	180
5.5.- ACCIÓN ANTRÓPICA.....	186
6.- CONCLUSIONES	192
7.- BIBLIOGRAFÍA	195
ANEXO	

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.- Localización de los macizos montañosos estudiados	5
Fig. 2.- Localización del registro estudiado en la Sierra del Courel (Lugo, NW de la Península Ibérica).....	9
Fig. 3.- Localización de los registros estudiados en la Sierra de Queixa (Ourense, NW de la Península Ibérica).....	14
Fig. 4.- Localización de los macizos montañosos donde se han descrito procesos glaciares en Galicia.....	18
Fig. 5.- Límite del máximo glaciar y localización de los principales sondeos efectuados en la Sierra de Queixa	28
Fig. 6.- Tratamiento de las muestras para la obtención de las preparaciones microscópicas	36
Fig. 7.- Tratamiento de los musgos para la obtención de las preparaciones microscópicas	37
Fig. 8.- Distribución espacial de los rasgos morfológicos y sedimentarios de origen glaciar en la Sierra del Courel (sector Formigueiros).....	51
Fig. 9.- Reconstrucción del máximo glaciar en la Sierra del Courel (sector Formigueiros).....	52
Fig. 10.- Distribución espacial de los rasgos morfológicos y sedimentarios de origen glaciar en la Sierra de Queixa	54
Fig. 11.- Reconstrucción del glaciar de plataforma y direcciones de flujo de la Sierra de Queixa, durante la fase de máximo glaciar	60
Fig. 12.- Laguna Lucenza: Biozonación, cronología y características del sedimento	70
Fig. 13.- Modelo cronológico estimado para la localidad de Laguna Lucenza	71
Fig. 14.- Diagrama polínico de Laguna Lucenza	(anexo)
Fig. 15.- Diagrama polínico de Laguna Lucenza (táxones seleccionados).....	74
Fig. 16.- Laguna Lucenza, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones arbóreos seleccionados).....	75

Fig. 17.- Laguna Lucenza, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones herbáceos seleccionados).....	77
Fig. 18.- Turbera H: Biozonación y características del sedimento	95
Fig. 19.- Diagrama polínico de Turbera H.....	(anexo)
Fig. 20.- Diagrama polínico de Turbera H (táxones seleccionados).....	97
Fig. 21.- Turbera H, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones arbóreos seleccionados).....	99
Fig. 22.- Turbera H, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones herbáceos seleccionados).....	103
Fig. 23.- Fraga: Biozonación y características del sedimento	108
Fig. 24.- Diagrama polínico de Fraga.....	(anexo)
Fig. 25.- Diagrama polínico de Fraga (táxones seleccionados).....	110
Fig. 26.- Fraga, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones arbóreos seleccionados).....	117
Fig. 27.- Fraga, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones herbáceos seleccionados).....	118
Fig. 28.- As Aguilladas: Biozonación, cronología y características del sedimento	121
Fig. 29.- Modelo cronológico estimado para la localidad de As Aguilladas	122
Fig. 30.- Diagrama polínico de As Aguilladas	(anexo)
Fig. 31.- Diagrama polínico de As Aguilladas (táxones seleccionados).....	123
Fig. 32.- As Aguilladas, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones arbóreos seleccionados).....	126
Fig. 33.- As Aguilladas, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones herbáceos seleccionados).....	129
Fig. 34.- Castelo Cerveira: Biozonación y características del sedimento	133
Fig. 35.- Diagrama polínico de Castelo Cerveira	(anexo)
Fig. 36.- Diagrama polínico de Castelo Cerveira (táxones seleccionados).....	135
Fig. 37.- Castelo Cerveira, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones arbóreos seleccionados).....	139

Fig. 38.- Castelo Cerveira, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones herbáceos seleccionados).....	141
Fig. 39.- Cuadro de correlación de las fases y cronología del último ciclo glacial en Galicia (adaptado de Bordonau i Ibern, 1992)	146
Fig. 40.- Cronología de los datos aportados en el presente estudio.....	153

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1.- Aspecto general del arco morrénico frontal de Chaguazoso (Sierra de Queixa, Ourense).....	55
Foto 2.- Afloramiento del till de deformación en Os Reiros (Pradoalbar, Invernadoiro, Ourense).....	55
Foto 3.- Corte transversal en la secuencia glaciar de Sierra de Queixa	57
Foto 4.- Canal subglaciar excavado en el till de acreción en el corte de la presa del Cenza (Sierra de Queixa, Ourense).....	58
Foto 5.- Complejo del valle glaciar de Castelo Cerveira	58
Foto 6.- Corte del complejo glaciar terminal de Éntrecinsa (Invernadoiro, Ourense)	64
Foto 7.- Vista general de Laguna Lucenza (Sierra del Courel, Lugo) en su estado actual	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Lista de dataciones ^{14}C obtenidas.....	66
Tabla 2.- Cronozonas definidas para el Tardiglaciari por Mangerud <i>et al.</i> (1974).....	149
Tabla 3.- Cronozonas definidas para el Tardiglaciari por Welten (1982).....	149
Tabla 4.- Dataciones ^{14}C de algunos límites de los diferentes periodos del Tardiglaciari.....	151
Tabla 5.- Cronozonas definidas para el Tardiglaciari (Maldonado Ruíz, 1994).....	154
Tabla 6.- Dataciones ^{14}C de la expansión de los brezales en el N y NW de la Península Ibérica	186

A mi madre

Agradecimientos

*En primer lugar quiero agradecer la labor de dirección, la confianza y el constante apoyo, a lo largo de estos años, que me ha prestado el **Dr. Juan Ramón Vidal Romaní**. También quiero agradecer la ayuda y atención prestada por el codirector de este trabajo, **Dr. Guy Jalut**, siempre dispuesto a recibirme en su laboratorio y a compartir conmigo su maravilloso optimismo.*

***Aurora Grandal** me prestó todo su apoyo personal y profesional, compartiendo muchas horas de trabajo y "peleándose" con nuestros Mac's para mejorar la edición y preparación de las ilustraciones. Sencillamente es difícil imaginar una ayuda más eficaz.*

*Las estancias en otros centros de investigación han dejado una profunda huella en mí. **Blanca Ruíz Zapata** me acogió en su laboratorio, con ella compartí los primeros contactos con la palinología y junto con **M^a José, Toñi** y **Miriam** hicieron que aquella corta estancia en la Universidad de Alcalá, resultara especialmente agradable.*

*Las diversas estancias realizadas a lo largo de estos años en el Laboratorio de Palinología de Toulouse, han sido muy fructíferas y entrañables, **Jean Jacques Dedoubat, Didier Galop, Asun Longo** y, sobre todo, **Guy Jalut**, contribuyeron encarecidamente a ello. Mi más sincero agradecimiento.*

*Quiero recordar también aquí a mis compañeros de laboratorio de los primeros años **Maribel** y **Eduardo**, y a los de los últimos, **Jorje, Manel** y **Fernando**. **Roberto Bao** y **Aurora Grandal** estuvieron en los primeros y en los últimos, compartiendo momentos muy importantes de mi vida, tanto profesionales como personales.*

*Las duras jornadas de campo no hubieran sido posibles sin la fuerza, moral y física, de **Juan Ramon Vidal Romaní** y sin la ayuda de mis compañeros de laboratorio. **Carlos Monge** me prestó también su colaboración desinteresada.*

Quiero expresar también mi agradecimiento a Miguel López Caeiro, su meticulosidad y constancia en la preparación de algunas de las muestras de este trabajo, hicieron que confiara plenamente en él.

Mi familia merece un agradecimiento muy especial, sencillamente por estar siempre ahí, apoyándome. A mi madre, a mi hermana y a mi cuñado les agradezco su constante confianza en mí y sus ganas de ayudar. A mis sobrinos, Jesús y Diana, su enorme cariño.

Mi agradecimiento también a las diversas instituciones que, directa o indirectamente, han contribuido a la realización de este trabajo: el Laboratorio Xeolóxico de Laxe, especialmente su secretaria, Virginia Gorosquieta, facilitando el acceso a sus fondos bibliográficos, y la empresa Iberdrola, S. A., la Xunta de Galicia y la Universidad de A Coruña, financiando proyectos de investigación y estancias en el extranjero.

Por último, quiero expresar un agradecimiento muy especial a todas aquellas personas que, de alguna manera, compartieron conmigo algún episodio de la elaboración de este trabajo. Espero que todas y cada una, se sientan aquí mencionadas, ya que su enumeración sería poco menos que imposible. Gracias de todo corazón.

1.- INTRODUCCIÓN

El estudio de los sondeos marinos del Atlántico Norte ha permitido el establecimiento de una secuencia paleoclimática global (Ruddiman & McIntyre, 1981a). La Península Ibérica, por su situación en el límite de influencia del frente polar Atlántico, resultaría, en teoría, muy adecuada para comparar la información obtenida en los registros marinos con la que se ha preservado en las secuencias continentales (Allen *et al.*, 1996). No obstante, su accidentada topografía condiciona una heterogeneidad climática cuya influencia es difícilmente valorable con los pocos datos de que disponemos (Watts, 1986; Turner & Hannon, 1988; Peñalba, 1994).

La correlación de los registros marinos y continentales ha planteado numerosos problemas. Tal es el caso de la precocidad del retroceso de los glaciares en algunas zonas, con anterioridad al último máximo de extensión global de los mismos (Vosgos, Seret *et al.*, 1990; Pirineos, Mardonès & Jalut, 1983; Andrieu *et al.*, 1988; Bordonau i Ibern, 1992; Serrat *et al.*, 1994), la cronología del Dryas Reciente e incluso su tenue presencia en algunas zonas continentales (Watts, 1986; Turner & Hannon, 1988), en relación con su perfecta caracterización en los registros oceánicos (Bard *et al.*, 1987). Todo esto pone de manifiesto el peligro de utilizar el registro isotópico oceánico como un índice de extensión de los hielos en un área geográfica determinada (Bradley, 1985).

En Galicia, a los problemas anteriormente planteados hay que añadir otros que habrá que tener en cuenta y que van a limitar la interpretación de los datos obtenidos y, sobre todo, elaborar una secuencia paleoclimática fiable para el postglacial gallego. En primer lugar, a pesar del abundante número de secuencias continentales hoy estudiadas, hay que tener en cuenta la dispersión o limitación en el espacio y en el tiempo de las mismas (Peñalba, 1994). Desde el punto de vista cronológico, no podemos dejar de llamar la atención sobre el escaso número de dataciones radiométricas efectuadas en los sondeos gallegos (Fernández Rodríguez & Ramil Rego, 1992), careciendo la mayoría de los trabajos de ellas (Salas, 1995), aunque también hay que decir que en los últimos años, éstas han aumentado considerablemente. Esto significa que las estimaciones cronológicas se han hecho por

comparación con secuencias de “similares características” y que, en algunos casos, han ido acumulando errores durante años (Maldonado Ruíz, 1994). Evidentemente las dataciones radiométricas también, en ocasiones, presentan problemas (Shore *et al.*, 1995), aunque, hoy por hoy, siguen siendo el método más eficaz.

A ello hay que añadir la limitación en el tiempo de los datos obtenidos, tanto reales como estimados. La mayoría de las secuencias polínicas obtenidas en Galicia presentan una desigual amplitud cronológica, de hecho los datos anteriores al Holoceno son escasísimos, abarcando la mayoría de ellas, los periodos holocenos más recientes. Por otro lado, está la dispersión en el espacio, que hace que la mayoría de las secuencias estudiadas se localicen en zonas costeras y de alta montaña, quedando amplias zonas sin cubrir.

Debido a todo ello, la reconstrucción paleoambiental de Galicia es todavía incompleta, además no existe, por el momento, ninguna secuencia que registre un periodo cronológico amplio y que sería una referencia básica para la reconstrucción paleobotánica, teniendo en cuenta que la vegetación responde de forma sincrónica a los cambios climáticos globales aunque manteniendo características diferenciadoras según las zonas, afectadas por diversos factores locales.

El objetivo global de las investigaciones llevadas a cabo por el equipo de trabajo de la Universidad de La Coruña es el de reconocer el alcance en el NW de la Península Ibérica de los procesos glaciares cuaternarios. El área gallega, en la que se sitúan los macizos montañosos investigados, tiene una especial importancia para el estudio del glaciario cuaternario ibérico, por varias razones. Se trata de una zona marginal, dentro del Sistema montañoso Cantábrico-Pirenaico, en la que tanto las alturas alcanzadas por las elevaciones montañosas, como la continentalidad, menos acusada, de su clima, nos permite analizar el fenómeno glaciario con una diferente perspectiva. Es un glaciario mucho más sensible a las oscilaciones climáticas que en el resto de la Cordillera Cantábrica-Pirineos. Por tanto, en el NW de la Península Ibérica, el estudio de esta dinámica glaciario puede proporcionarnos importantes datos.

El carácter marginal de las Sierras estudiadas, dentro del contexto glaciario peninsular permite también un estudio complementario del sedimentológico-geomorfológico, el paleobotánico. El proceso de reforestación de las zonas glaciadas

sería, para el caso de estas Sierras, mucho más rápido que en otras zonas, porque el área afectada por los hielos es reducida y porque su ubicación topográfica y menos continentalizada haría que en cierto modo se diese la coexistencia en zonas bajas de cubierta vegetal con los hielos en ablación de los complejos glaciares terminales.

Con este trabajo de Tesis Doctoral se pretende contribuir al conocimiento de los límites alcanzados por los hielos en los máximos glaciares, así como también las distintas pulsaciones consecuentes al proceso de deglaciación final de la zona y la evolución finicuaternaria de la vegetación en el Noroeste de la Península Ibérica. Se estudian, desde el punto de vista paleopolínico, cuatro secuencias en la Sierra de Queixa y una en la Sierra del Courel, que abarcarán, al menos, el Holoceno. La secuencia Laguna Lucenza, que abarcará desde el Dryas Reciente hasta la actualidad, nos permitirá definir la evolución de la vegetación en esta Sierra, así como emplearla como secuencia de referencia. El gran número de dataciones radiométricas de que disponemos, nos permitirán conocer con precisión la edad de los acontecimientos botánicos más importantes que han tenido lugar a lo largo del Holoceno.

Lo objetivos que nos hemos planteado con este estudio, han sido los siguientes:

- 1.- Estudio de la dinámica glaciar en la Sierra del Courel y Sierra de Queixa. Cronología del máximo glaciar y deglaciación.
- 2.- Cronología del Dryas Reciente y caracterización de la secuencia de instalación de la vegetación posterior a la última fase fría del Tardiglaciar.
- 3.- Contribución al conocimiento de la vegetación holocena del noroeste de la Península Ibérica y su evolución hasta la actualidad.
- 4.- Cronología de los acontecimientos botánicos más importantes que tuvieron lugar durante el Holoceno.
- 5.- Características y cronología de la deforestación antrópica.

1.1.- ÁREA DE ESTUDIO

Para llevar a cabo este estudio, se han elegido dos sierras gallegas: Sierra del Courel y Sierra de Queixa-Invernadoiro.

1.1.1.- SIERRA DEL COUREL: CARACTERÍSTICAS GENERALES

Este macizo montañoso se localiza al SE de la provincia de Lugo (fig. 1) y está formado por una cadena montañosa plegada en dirección NE fuertemente fracturada por fallas paralelas entre las que discurre el río Lor. Presenta fuertes contrastes altitudinales, alcanzándose cotas superiores a los 1.600 m (Formigueiros, Pía Páxaro) y cotas sensiblemente inferiores (400-500 m), por las que discurre el río Lor.

La diversidad de materiales existentes así como los procesos de plegamiento y fracturaciones, condicionan la abrupta topografía que presenta profundas gargantas y marcados relieves, en los que la erosión diferencial ha acentuado el aspecto fracturado del país. En líneas generales, relieve abrupto y valles encajados constituyen el perfil del territorio.

Aira Rodríguez (1986), considera, en función de la altitud y de las formas topográficas dominantes, dos zonas de morfología bien diferenciada a ambos lados del río Lor: la zona de valles con altitudes inferiores a 1.000 m y la zona de cumbres, con altitudes superiores.

En la primera, el curso de los ríos aparece marcado por una fuerte excavación en su cabecera, que contrasta con sus cursos medios que suelen discurrir sobre valles angostos en unos casos (Río Pequeno) o por cursos de carácter más tranquilo (Río Lor), en otros.

La zona de cumbres, sigue una dirección predominante NE-SW con cotas máximas en Formigueiros (1.636 m), Pía Páxaro (1.604 m), Porto Mourelo (1.518 m) y Cabeza Grande (1.516 m), cuya línea marca la divisoria entre las cuencas hidrográficas del Lor, del Selmo hacia el Este y del Soldón hacia el Sur.

Desde el punto de vista geológico, lo más destacable del territorio es que ha sufrido numerosos procesos tectónicos de los que resulta una disposición

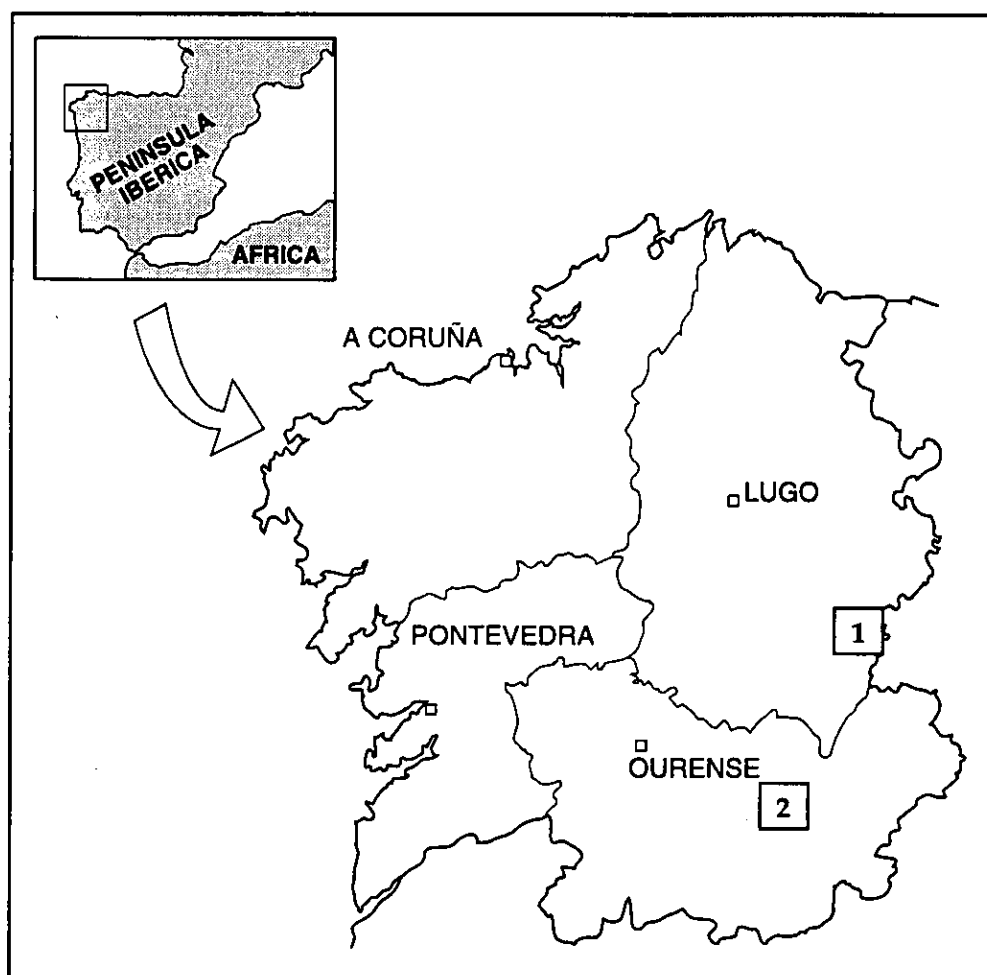


Fig. 1.- Localización de los macizos montañosos estudiados.
1, Sierra del Courel; 2, Sierra de Queixa

extremadamente compleja de los diferentes estratos, dándose con frecuencia la superposición de materiales más antiguos por encima de otros más recientes (IGME, 1981b). Los afloramientos son rocas de origen sedimentario, posteriormente deformadas y metamorfizadas. Destaca la presencia de areniscas, pizarras y cuarcitas con formaciones intercaladas de calizas y dolomías.

La compleja orografía de esta Sierra hace difícil su caracterización climática, dada la cantidad de variantes microclimáticas que deben de existir. La precipitación en las zonas más elevadas será de 2.500 mm anuales (Aira Rodríguez, 1986). Se puede considerar una zona totalmente abierta a las influencias del aire oceánico, como consecuencia de la altitud; aunque en los valles, al abrigo de las masas húmedas de aire, la sequía estival refleja su alejamiento de la costa.

En el área estudiada se reconocen tres pisos bioclimáticos (Gutián Rivera, 1985), dos pertenecientes a la Región Mediterránea (Meso y Supramediterráneo) y uno perteneciente a la Región Eurosiberiana (Montaño):

- Mesomediterráneo, correspondiente a las zonas de valle (con altitudes inferiores a 400-450 m). Caracterizado por una temperatura media anual entre 13 y 17°C y amplitud térmica extrema del orden de 28°C.

- Supramediterráneo, con temperatura media anual entre 8 y 13°C y amplitud térmica que no supera los 26°C. Se incluyen en este piso los territorios de la cuenca del río Selmo, situado entre la divisoria regional y el río Sil.

- Montano, con temperatura entre 7 y 12° C. Se incluyen en este piso los territorios de la cuenca alta del río Lor, el valle del río Pequeno, así como todos los territorios del sistema montañoso del Cebreiro, al norte del Courel.

Desde el punto de vista edafológico, las fuertes pendientes, sujetas a una acusada erosión, hacen que la principal característica de los suelos de esta Sierra sea su carácter coluvial, así como su gran variedad, en clara relación con los tipos de sustrato (Gutián Rivera, 1985).

En general, los materiales se encuentran en equilibrio inestable en las laderas, siendo erosionados, salvo en aquellos casos en que las bandas de cuarcita

están situadas horizontalmente y su mayor resistencia hace que resalten, formando balconadas encima de las cuales se depositan los sedimentos de ladera.

Los diferentes tipos de suelos responden, por tanto, debido a su juventud, a los diversos materiales geológicos, más que a procesos de evolución sufridos por el propio suelo.

Aira Rodríguez (1986) clasifica los principales tipos de suelos de esta Sierra según el material sobre el que se desarrollan. Sobre rocas calizas se pueden desarrollar suelos profundos, cuya secuencia topográfica puede ir desde un litosol hasta un luvisol, pasando por una redsina o un cambisol. Sobre cuarcitas o areniscas encontraremos suelos poco desarrollados, pobres. La secuencia topográfica característica estará constituida por litosoles, rankers y podsoles. Sobre esquistos y pizarras, la secuencia típica a lo largo de la ladera irá desde litosoles a cambisoles, pasando por rankers. Por último, estarían los suelos de vega, sin diferenciación de horizontes clara, situados en márgenes fluviales donde predominan procesos de sedimentación.

La posición de transición de esta Sierra entre las regiones Eurosiberiana y Mediterránea, hace que su flora presente distintas influencias fitogeográficas (Izco Sevillano *et al.*, 1982). Corológicamente, esta Sierra se incluye dentro de la Provincia Orocantábrica de la Región Eurosiberiana, pero está a caballo entre el Sector Laciano-Ancarense de ésta y el Sector Orensano-Sanabriense (Provincia Carpetano-Ibérica-Leonesa) de la Región Mediterránea. Dentro de las formaciones arbóreas se pueden distinguir los bosques caducifolios de tipo eurosiberiano pertenecientes a la clase fitosociológica *Querco-Fagetea* (hayedos, rebollares, alisedas, abedulares) y vegetación perennifolia de condición mediterránea de la Clase *Quercetea ilicis*.

No obstante, el paisaje actual de la Sierra está constituido fundamentalmente por matorrales y pastizales (Amigo Vázquez, 1985; Guitián Rivera, 1985). Los matorrales más abundantes pertenecen a la Clase *Calluno-Ulicetalia*, que incluye los brezales y tojales atlánticos y mediterráneo-iberoatlánticos. Los pastizales, favorecidos por el hombre a costa de los brezales que apenas tienen rentabilidad, pertenecen fundamentalmente a la Clase *Molinio-Arrhenatheretea*.

1.1.1.1.- LOCALIDAD SELECCIONADA

En la vertiente SW de la Sierra, entre Portomourello y Formigueiros, ocupando una posición colgada sobre el valle superior de Seara, se encuentra la Laguna de Lucenza (fig. 2), en la que hemos realizado un completo estudio polínico. Se sitúa a 1.420 m de altitud (3°24'0'' W, 42°36'10'' N) y tiene forma elipsoidal, con unas dimensiones aproximadas de 90 m de longitud por 60 m de ancho. Esta laguna fue previamente muestreada por Aira Rodríguez (1986), obteniéndose 540 cm de sedimento y una datación ^{14}C a la profundidad de 450 cm (8.540±100 BP; Ny-1065).

1.1.2.- SIERRA DE QUEIXA: CARACTERÍSTICAS GENERALES

Este macizo montañoso se localiza en la provincia de Ourense, en su zona centro-norte (fig. 1), constituyendo el macizo más importante de la provincia, rodeado de otras alineaciones de menor entidad tales como la Sierra de San Mamed y la Sierra del Burgo.

Dentro de este macizo, la mayor altitud corresponde a Cabeza de Manzaneda que alcanza 1.778 m y la menor (500-600 m), a Baños de Molgas. La Sierra queda limitada al norte por el río Sil, al este por los ríos Xares y Bibei, al sur por los ríos Camba y Támeiga y al oeste por las cabeceras de los ríos Limia y Arnoia. Todo el país puede considerarse como un conjunto rígido, fracturado por un gran número de fallas, que lo desarticularon en diversos bloques, que se elevaron e inclinaron, dando origen a una serie de depresiones y resaltes que fueron modificados por procesos erosivos hasta alcanzar su forma actual. Su aspecto general está condicionado por tres superficies a diferente altitud, separadas entre sí por grandes fallas: una longitudinal al este de la Sierra, por la que discurre el río Bibei de norte a sur y una serie de fallas en su parte norte, en dirección SW-NE, entre las que el río Sil ha excavado profundas gargantas hasta alcanzar su nivel de base.

Desde el punto de vista geológico, el área está constituida hacia el sur por esquistos, areniscas y cuarcitas cambro-ordovícicas, y al norte y noroeste por granitos hercínicos de dos micas. En los contactos de ambas zonas aparecen afloramientos de migmatitas hercínicas, ortogneis precámbricos y arcosas del grupo "Ollo de Sapo".

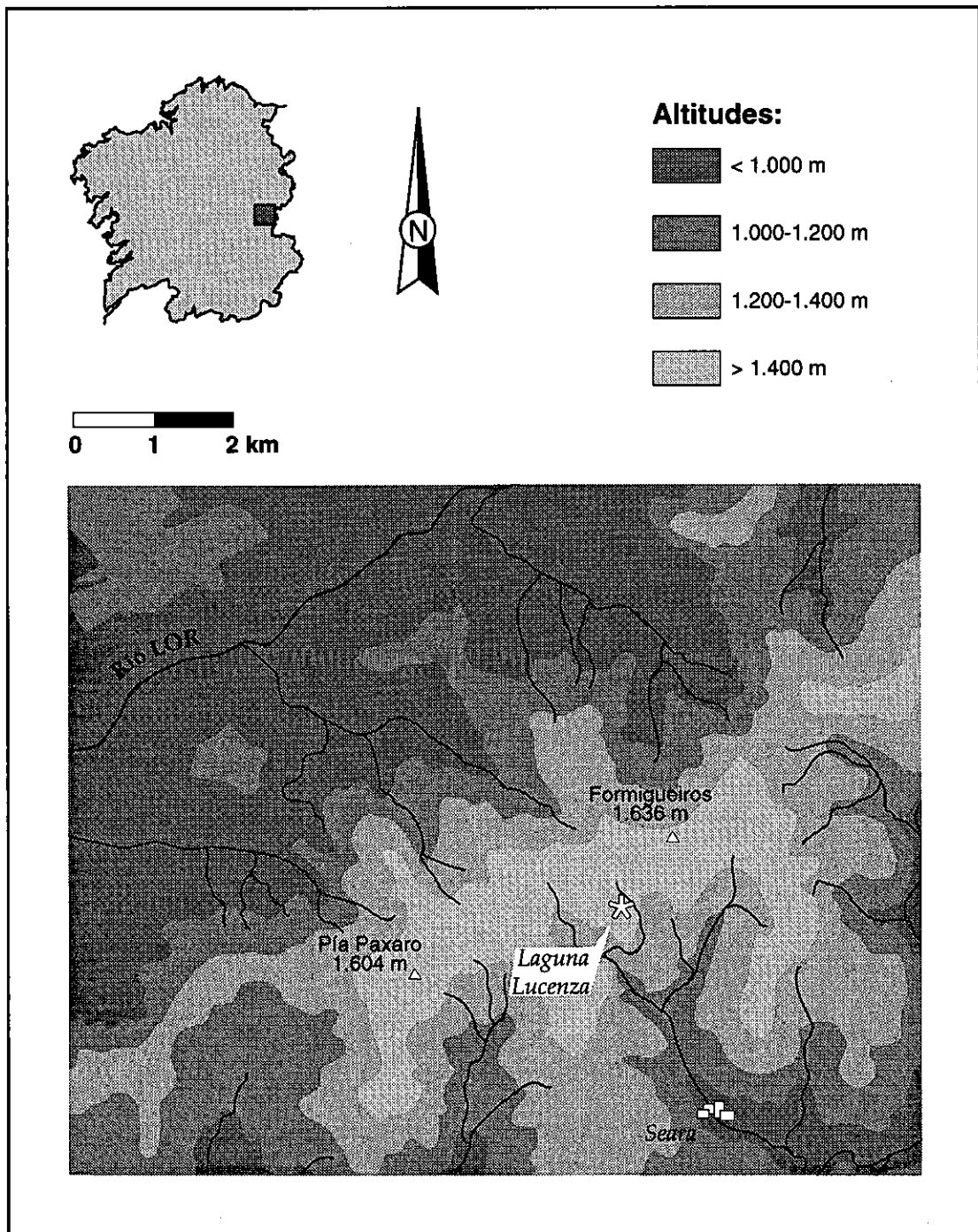


Fig. 2.- Localización del registro estudiado en la Sierra del Courel (Lugo, NW de la Península Ibérica)

La penillanura baja aparece cubierta por sedimentos oligocenos y pliocenos (Gutián Ojea *et al.*, 1982).

Geomorfológicamente, Hernández Pacheco (1949) diferencia cuatro tipos de países:

- Penillanura de cumbres, limitada a las zonas más altas y constituyendo, según diversos autores, los residuos de una extensa superficie de erosión terciaria.

- Penillanura inferior, coincidente con la "superficie fundamental" de Nonn (1966), oscilando aquí sus altitudes entre 900 y 1.000 m

- Penillanura baja, situada entre 650 y 750 m, ligeramente inclinada hacia el oeste y separada de la anterior por un marcado escalón, consecuencia de la gran fractura occidental.

- País de valles, formado por un conjunto de valles encajados que se inician en la Penillanura inferior y en la Penillanura baja.

Sin duda, el rasgo geomorfológico más importante de estas Sierras es la existencia de huellas de glaciario. Este fenómeno ha sido estudiado desde antiguo (Hult, 1899), llegando a identificarse varios conjuntos glaciares (Vidal Romaní & Santos Fidalgo, 1994).

Climatológicamente, la zona se puede dividir en tres subzonas (Carballeira *et al.*, 1982):

- Zona alta, superior a los 1.200 m y que coincide aproximadamente con la "penillanura de cumbres". La temperatura media anual es inferior a 8°C y es en la que se sitúan los perfiles que estudiaremos más adelante.

- Zona media, entre 400 y 1.200 m, presenta una temperatura media anual que oscila entre 8 y 12°C.

- Zona baja, con relieves inferiores a los 400 m. La temperatura media anual es superior a los 13°C.

Pese al carácter continental que, generalmente, se le aplica a toda la Sierra, el complejo relieve determina la aparición de microclimas cuyas características pueden desviarse de este carácter continental general (Aira Rodríguez, 1986). Así, en las zonas

de menor altitud se acusa el carácter mediterráneo con sequía estival acusada y oscilación térmica media anual relativamente elevada ($>17^{\circ}\text{C}$), las zonas medias presentan un clima intermedio entre mediterráneo y marítimo fresco con el régimen pluviométrico más regular del territorio y una amplitud térmica baja, y en las zonas de mayor altitud se observa un aumento de las precipitaciones hacia el oeste, disminuyendo la amplitud térmica anual y la sequía estival. Los veranos son frescos, con temperaturas medias mensuales inferiores a los 15°C y media de las máximas inferior a 20°C . Las precipitaciones, concentradas en otoño e invierno, oscilan entre los 800 mm anuales en las zonas inferiores y más de 2.000 mm anuales, en las zonas más elevadas. Podemos concluir, por tanto, que la zona de estudio, incluida dentro de la región eurosiberiana, tiene una gran influencia oceánica.

Los suelos presentan perfiles de escaso desarrollo, siendo los de tipo Ranker y Litosol, los más abundantes en toda la Sierra. Gleysoles e Histosoles aparecen en zonas deprimidas que permiten la acumulación, así como Fluvisoles en las zonas de fondos de valle. En lugares bien drenados y de escasa pendiente, se localizan algunos Cambisoles. El predominio de los procesos erosivos sobre los de edafogénesis y las condiciones climáticas adversas, parecen ser los factores que limitan el desarrollo de suelos de mayor profundidad (Aira Rodríguez, 1986).

Desde el punto de vista de la vegetación, la posición fronteriza de esta Sierra entre las dos grandes unidades corológicas (Eurosiberiana y Mediterránea) se traduce en la existencia de una flora mixta, con predominio de la Eurosiberiana, mundo al que pertenece. Dentro de éste se integra en la provincia corológica Cántabro-Atlántica, más concretamente en el Sector Galaico-Portugués, Subsector Juresiano-Queixense (Izco Sevillano, 1987).

Según Izco Sevillano (*in* Guitián Ojea *et al.*, 1982), la clímax territorial es un melojar de la *Holco-Quercetum pyrenaicae* con algunas zonas reducidas, en cotas altas de las laderas norte, al carballar montano (*Vaccinio-Quercetum roboris*); la vegetación arbórea riparia, correlacionada con las clímax anteriores, estará constituida por alisedas (*Osmundo-Alnion*) en situaciones normales y avellanedas o fresnedas (*Polysticho-Fraxinetum*) y abedulares (*Luzulo-Betuletum celtibericae*) en las estaciones altas, frías y con mayor precipitación. Queda muy poco de estos bosques

naturales debido a la acción humana y a las condiciones climáticas y edáficas no demasiado apropiadas a su regeneración.

Las quemadas reiteradas para la obtención de pastos han determinado la extensión y dominio de los matorrales, hoy en día la formación vegetal más extendida.

Morla Juaristi (1985), ha distinguido aquí varios tipos:

- Matorrales termófilos de los valles inferiores, con neta influencia atlántica. Se trata de jarales en los que abundan *Cistus ladaniferus*, *Cistus salviifolius* y *Halimium umbellatum*.

- Matorrales mesofíticos que ocupan la mayor parte del territorio. Son brezales y brezal-jarales dominados por *Chamaespartium tridentatum*, *Halimium alyssoides* y *Erica umbellata*. En zonas encharcadas aparece *Erica tetralix*, *Calluna vulgaris* o *Genista anglica*.

- Matorrales orófilos, sobre suelos relativamente profundos de las zonas más elevadas, dominados por *Genista cinerea* subsp. *obtusiramea*, acompañada de *Calluna vulgaris* y *Erica cinerea*.

- Xesteiras o matorrales retamoides que aparecen en los bosques aclarados o terrenos de cultivo abandonados. En suelos poco profundos domina *Cytisus multiflorus*, mientras que en suelos más desarrollados lo hace *Genista florida* subsp. *polygaliphylla*.

- En los cantiles graníticos de la zona montañosa elevada aparecen comunidades de caméfitos pulvulares espinosos (Costa Tenorio *et al.*, 1992).

En el estrato herbáceo, *Agrostis curtisii* es dominante. Aparte de los pastos de la alianza *Agrostion castellanae* que conviven con brezales y piornales blancos en la zona media, el hombre ha conseguido prados permanentes mediante el riego, sobre todo en vaguadas y fondos de valle (Izco Sevillano, *in* Guitián Ojea *et al.*, 1982).

La vegetación acuática estaría formada por las comunidades de las riberas de los ríos (*Galio broteriani-caricetum fuscae*) y las de brañas (Alianza *Ericion tetralicis*), que poseen neto carácter atlántico.

El cuadro de vegetación de este macizo se completa con una serie de pastos anuales, comunidades rupícolas, nitrófilas, etc. hasta una docena de clases fitosociológicas, aunque con mucha menor trascendencia en la composición paisajística.

1.1.2.1.- SELECCIÓN DE LAS LOCALIDADES

Con el conocimiento previo de los estudios polínicos efectuados en esta zona (Menéndez Amor, 1971; Aira Rodríguez, 1986) se inició, en 1991, una campaña de prospección de la zona.

Nuestro objetivo era localizar las zonas más idóneas para obtener información, por un lado geomorfológica (cronología de la deglaciación), y por otro lado, paleobotánica y paleoclimática (secuencia de instalación de la vegetación y, por tanto, clima, después de la retirada de los hielos).

Después de un completo estudio geomorfológico de la zona, con la localización, por fotointerpretación y sobre el terreno, de las posibles zonas de sedimentación, se utilizó en ellas la sísmica de refracción para la localización de los puntos con mayor espesor de sedimento y, por tanto, susceptibles de aportar una información más completa.

Después del detallado estudio de las diferentes posibilidades, se seleccionaron cuatro localidades para su estudio polínico (fig. 3): Turbera H, Fraga, As Aguilladas y Castelo Cerveira. Todos los sondeos se sitúan en el cuadrante inferior derecho de la Hoja 227. Manzaneda (IGME, 1981a).

A lo largo de la gran cuenca del valle glaciar del Cenza y siguiendo un gradiente altitudinal, se han efectuado los tres primeros sondeos (fig. 3).

- El perfil H se encuentra en el término municipal de Vilariño de Conso, en la margen izquierda del río Cenza. Al pasar el lugar denominado Los Cerzos Grandes, nos encontramos con un pequeño valle lateral por el que discurre un arroyuelo, en cuya margen izquierda se sitúa el depósito estudiado. Se encuentra a 1.310 m de altitud y está rodeado por elevaciones que no alcanzan los 1.400 m.

- Fraga. Se encuentra en el término municipal de Manzaneda, a unos 2 km del sondeo anterior remontando el curso principal del Cenza. Se encuentra en una zona

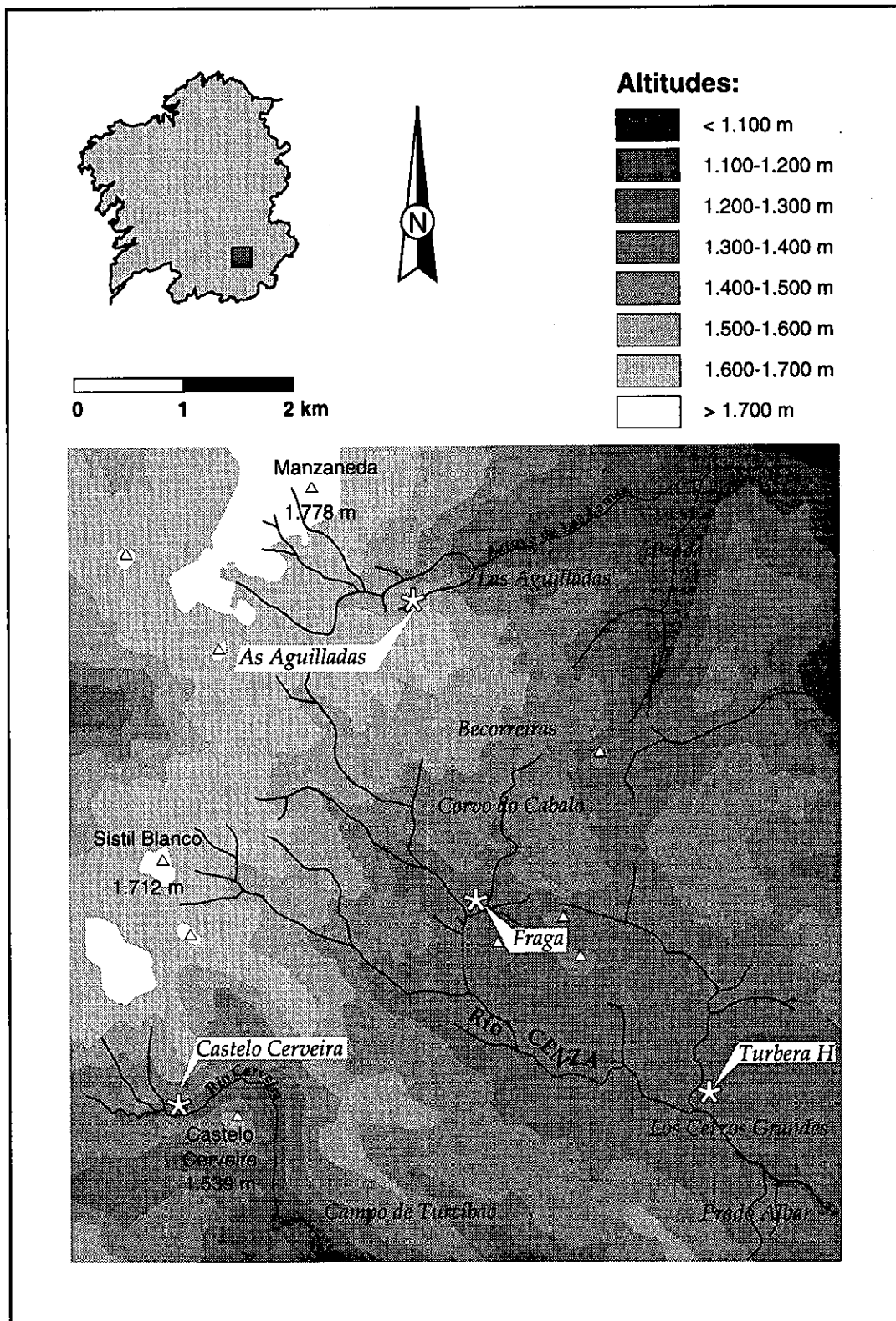


Fig. 3.- Localización de los registros estudiados en la Sierra de Queixa (Ourense, NW de la Península Ibérica)

llana, a 1.360 m de altitud y está rodeada por importantes elevaciones que superan los 1.400 m, excepto en su parte sur.

- As Aguilladas. Se encuentra al norte de Fraga, a unos tres kms de éste. Se sitúa a 1.580 m de altitud y en el mismo municipio que el anterior. Se trata de una pequeña turbera próxima al curso del Arroyo de Las Lamas y al lugar del que hemos tomado el nombre, rodeada por alturas que alcanzan los 1.650 m, excepto por su parte noreste, por la que discurre el citado arroyo.

- Castelo Cerveira, al suroeste de los dos anteriores, se encuentra en el término municipal de Chandrexa de Queixa. Se trata de un corte en el río Cerveira, situado en las proximidades de Castelo Cerveira (1.539 m) a 1.380 m de altitud, marcando Castelo Cerveira el límite sur con el municipio de Vilariño de Conso (fig. 3). Se encuentra rodeado de alturas comprendidas entre 1300 y 1600 m, estando las menos elevadas al Este de la zona.

Se estudió un último sondeo denominado Becorreiras del que se incluye, únicamente, la datación absoluta obtenida, ya que el registro polínico fue muy incompleto, dada la naturaleza detrítica del material muestreado.

2.- SÍNTESIS BIBLIOGRÁFICA

El clima del planeta ha sufrido variaciones a lo largo de los tiempos geológicos (Duplessy & Ruddiman, 1984). En particular, durante el Pleistoceno, tuvieron lugar una serie de oscilaciones climáticas en número superior a quince. Durante ellas, las condiciones climáticas en la superficie de la Tierra se alternaron desde condiciones similares a las actuales, hasta otras de frío extremo, en las que el descenso de la temperatura provocado por diversas razones (climáticas, astronómicas, etc.) dieron lugar a una expansión de las zonas frías, sobre todo en el Hemisferio Norte de la Tierra (Vidal Romaní, 1992).

En esos momentos, las precipitaciones en forma de nieve en vez de fundirse inmediatamente, o en el plazo de unos meses, como ocurre en el momento actual en la mayoría de los casos, se acumularon en forma sólida durante años sobre la superficie de la tierra. Esto permitió que la nieve contase con tiempo suficiente para transformarse en hielo, que se mantuvo en estado sólido durante miles de años. Los movimientos de estos hielos acumulados en grandes volúmenes, han dado lugar a una de las dinámicas erosivas más enérgicas que han actuado sobre la superficie de la Tierra en los tiempos más recientes.

La mayor parte del Hemisferio Norte ha sido afectada por la erosión producida por los hielos o se halla recubierta por sedimentos que éstos arrastraron o empujaron en su movimiento. Además, la acumulación de agua en forma sólida en la superficie de la Tierra, ocasionó un descenso en el nivel del mar modificando la línea de costa, con los consiguientes cambios en el clima (Vidal Romaní, 1992).

En Galicia el efecto de los hielos cuaternarios también se ha dejado sentir. El glaciario cuaternario presenta aquí aparatos glaciares de reducidas dimensiones que posee como peculiaridad su baja altura y su situación más occidental con respecto al glaciario europeo (Vidal Romaní, 1989). Hult (1899) es el primer autor que se refiere a la existencia de glaciario en Galicia. Hasta casi medio siglo después no hay más noticias de fenómenos glaciares en Galicia. A partir del trabajo de Hernández Pacheco (1949), los estudios de estos procesos se han desarrollado hasta la actualidad y han sido numerosos autores los que han dado testimonios de ello (Nonn, 1966;

Hernández Pacheco, 1957; Schmidt-Thomé, 1973; 1978). Estos tres últimos autores asignan una edad würmiense para la mayoría de los depósitos de origen glaciar o aún rissienne, aunque no existen criterios para verificar estos datos (Vidal Romaní, 1989).

En líneas generales se han estudiado las siguientes zonas de Galicia desde el punto de vista de los fenómenos glaciares (fig. 4): Ancares (Pérez Alberti, 1990; Pérez Alberti *et al.*, 1993; Pérez Alberti *et al.*, 1995b; Rodríguez Guitián *et al.*, 1996a; Valcárcel Díaz *et al.*, 1996), Courel (Stickel, 1929; Nussbaum & Gigax, 1953; Herail, 1984; Guitián Ojea, 1985; Vidal Romaní *et al.*, 1991; Vidal Romaní, 1992; Vidal Romaní *et al.*, 1992; Pérez Alberti *et al.*, 1993; Rodríguez Guitián *et al.*, 1996b), Xurés (Schmidt-Thomé, 1978; Martínez de Pisón & Arenillas Parra, 1984; Vidal Romaní *et al.*, 1990a, 1990b; Brum Ferreira *et al.*, 1992), Queixa-Invernadoiro (Hult, 1899; Hernández Pacheco, 1949; Fernández Bollo, 1951; Hernández Pacheco, 1957; Pérez Alberti, 1979, 1990; Vidal Romaní & Santos Fidalgo, 1994; Vidal Romaní *et al.*, 1995), Trevinca (Pérez Alberti, 1990) y Xistral (Stickel, 1929; Pérez Alberti *et al.*, 1995a).

Recientemente, se ha hecho una síntesis bastante incompleta de los estudios de glaciario y periglaciario en Galicia (Valcárcel Díaz, 1996). Nosotros nos centraremos aquí en la evolución de los estudios de glaciario que han tenido lugar en dos Sierras de Galicia: la Sierra del Courel y la Sierra de Queixa-Invernadoiro.

2.1.- LOS PROCESOS GLACIARES EN LA SIERRA DEL COUREL

La Sierra del Courel (Lugo-León), se halla situada al SE de la provincia de Lugo (fig. 1), abarcando una superficie de unos 400 km² en la que destacan relieves con alturas máximas de 1.636 m (Formigueiros); Pía Páxaro (1.604 m); Porto Mourelo (1.518 m); Campo de Abedual (1.416 m) y Pico Boi (1.455 m). A uno y otro lado de estas alineaciones se reconocen una serie de aparatos glaciares, de corto desarrollo, tal vez debido a los fuertes gradientes topográficos existentes (Guitián Ojea, 1985).

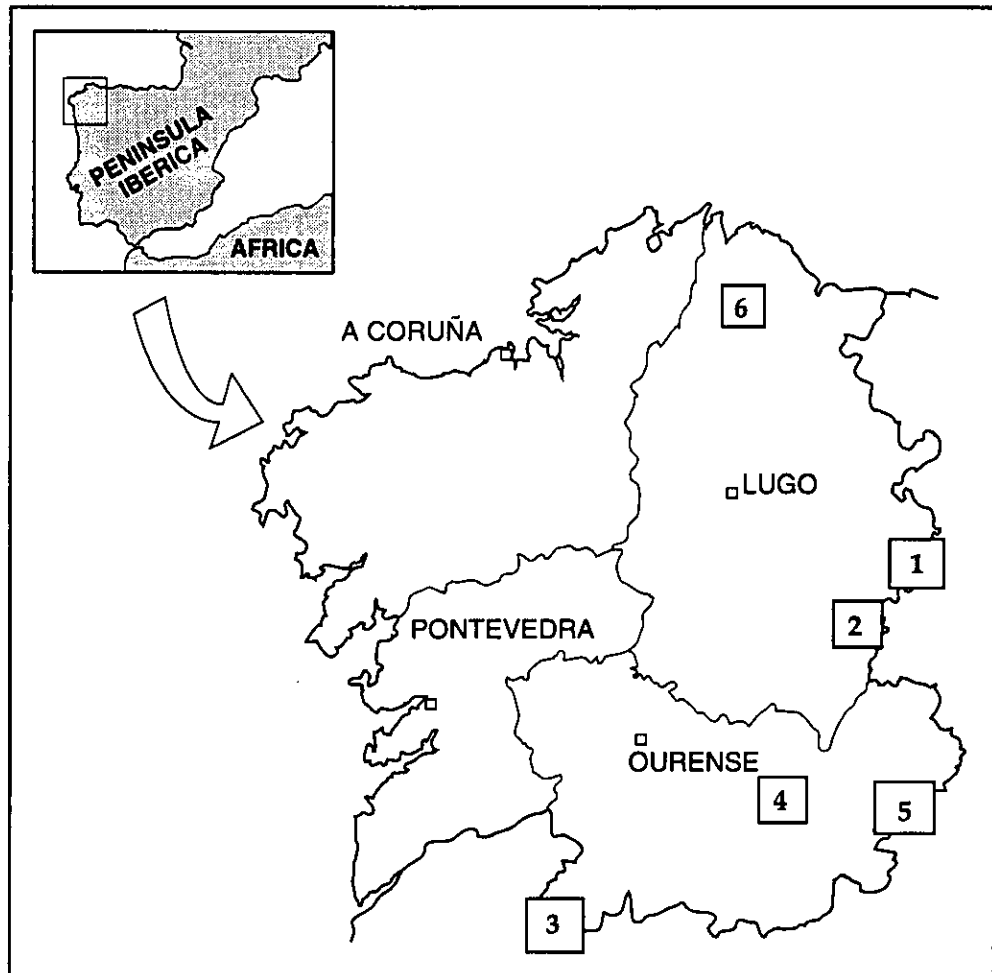


Fig. 4.- Localización de los macizos montañosos donde se han descrito procesos glaciares en Galicia.

1, Ancares; 2, Courel; 3, Xurés; 4, Queixa; 5, Trevinca; 6, Xistral

El primer autor que llama la atención sobre la existencia de glaciario en la zona es Stickel (1929), quien aventura la posibilidad de la existencia de fenómenos glaciares en O Courel, basándose simplemente en criterios topográficos y de altura, aunque no llega a describir en su trabajo forma alguna.

Más adelante, Nussbaum & Gigax (1953), describen ya de una forma más pormenorizada la existencia de huellas de procesos glaciares en O Courel. Así, estos autores dicen que han observado la existencia de morrenas terminales procedentes de Vilarbacú, a 1.180 m y a 1.240 m, y más arriba a 1.400 m y 1.450 m. Las morrenas forman el umbral del fondo de los circos glaciares. Según estos hechos, el límite de las nieves se encontraba a 1.350-1.400 m durante la máxima extensión de estos glaciares locales; otros aparatos han dejado también restos característicos sobre la vertiente NO de la misma Sierra. A pesar de estas referencias previas de Stickel (1929) y Nussbaum & Gigax (1953), el glaciario de la Sierra del Courel queda ignorado durante mucho tiempo. Así, en la carta geológica de Cuaternario de Europa (B.G.R. & UNESCO, 1979) no aparece señalado glaciario en esta zona y Herail (1984) hace únicamente una referencia puntual del mismo.

El siguiente trabajo en el que se retoma el tema de glaciario de O Courel es en el de Guitián Ojea (1985). Si bien esencialmente vuelven a repetirse las ideas avanzadas por otros autores, se añaden nuevas observaciones. Según Guitián Ojea (1985, pág. 26): *"... hemos comprobado la presencia de estas morrenas y la existencia de bloques erráticos en la zona de Villarbacú pero creemos que la máxima actividad se ha desarrollado en la divisoria de la cordillera, donde hacia el NO existen una serie de circos orientados en esta dirección, la más favorable para la conservación de los hielos, ocupados en la actualidad por bosques autóctonos que forman las devesas de Rogueira, Romeor, Riocereija y Fontefermosa, sin que se hayan localizado hasta ahora formaciones morrénicas, desaparecidas probablemente debido a la gran pendiente de estas laderas. Fenómenos análogos parecen observarse en el nacimiento de Río Pequeño en Piedrafita y Devesa de la Escrita..."*

"... En la vertiente SO, entre Porto Mourelo y Formigueiros, se encuentra la Laguna de Lucenza, cuya morfología glacial es evidente y su situación colgada sobre el valle superior de Seara acredita un circo glacial. Aguas abajo de este valle se encuentra el pueblo

de Seara, en la cabecera de un valle en artesa, por el que discurre el Río Selmo, que en la altura del pueblo de Vieiros desciende bruscamente en una cascada hacia Ferramulín.

En el límite S de este valle, precisamente en el lugar en que la carretera penetra en el valle por un collado, hemos identificado, a la derecha de la carretera, dos niveles de cantos rodados y bloques erráticos (pórfidos y granitos), sobre las pizarras de base, cuya única explicación posible sería una morrena terminal que conectaría el valle de Seara con el río Soldón actual. Según esta interpretación, la morfología actual se produciría por una captura del lago glaciar de Seara por el río Selmo al elevarse suficientemente los hielos y abrirse camino hacia Vieiros, debido al obstáculo de la morrena a la que se hace referencia más arriba."

Aira Rodríguez (1986) y Aira Rodríguez & Guitián Ojea (1986a) se limitan a sintetizar los conocimientos hasta el momento, sin aportar nuevos datos. Tampoco en la síntesis a escala 1: 1.000.000 (Vidal Romaní, 1989), se aportan datos nuevos sobre el glaciario de la zona, aunque se afirma la existencia de huellas de glaciario fósil en puntos determinados de Courel.

Posteriormente, Pérez Alberti (1990), menciona el glaciario de O Courel señalando únicamente la existencia de glaciario en puntos aislados de la Sierra: "*.. los únicos rasgos glaciares se encuentran hacia el Este, en las cabeceras del río Soldón. Concretamente en el sector comprendido entre el Pico Formigueiros (1.648 m) y el Pia Paxaro (1.600 m). Se trata de pequeños circos glaciares emplazados a unos 1.400 m de altitud en los que no se han observado restos morrénicos. Hay, sin embargo, un hecho a nuestro entender de gran importancia: el papel jugado por la topografía anterior y sobre todo por el contexto estructural. Las cabeceras del Río Soldón cortan perpendicularmente a los estratos que tienen una inclinación de unos 20 grados. Debido a ello se han engendrado valles disimétricos con unas laderas, las meridionales, cortadas a pico y otras, las septentrionales, con una inclinación de 20 grados. Esta configuración, junto con la fuerte diaclasación de los materiales estratificados, ha favorecido el ensanchamiento de las diaclasas por el hielo y su arrastre posterior en un caso y la caída de bloques por gelifracción, en otro. Además ha engendrado formas cerradas sobre las que se han instalado los hielos que, una vez desaparecidos, han dado paso a pequeños lagos como el de la Lagoa Luzenza. No creemos como tradicionalmente se ha dicho (Guitián et al., 1986), que la Lagoa Lucenza sea un lago de sobreexcavación glaciar sino que su origen está íntimamente ligado al contexto estructural, aunque no podamos desdeñar el papel de lijado de los hielos. En este sector oriental hay que continuar investigando para llegar a comprobar si existen o no*

morrenas en alguno de los valles. En la Sierra del Courel no se han observado por el contrario, huellas glaciares en su sector occidental..."

Vidal Romaní *et al.* (1991) realizan una síntesis de los trabajos existentes hasta el momento y matizan ciertas interpretaciones. Aportan una cartografía de la zona en la que se representan los circos y las crestas morrénicas identificadas al SW de Formigueiros. Los autores interpretan la Laguna de Lucenza como un lago de sobreexcavación glaciar que forma parte de un pequeño conjunto de circos glaciares, en los que se pueden reconocer conjuntos asociados de morrenas bien conservadas.

Vidal Romaní (1992) y Vidal Romaní *et al.* (1992) retoman el tema del glaciario en O Courel, aunque sin aportar cartografía. Proponen la existencia de un desarrollo de glaciares de circo y formas mixtas o de transición al periglaciario, como los glaciares de név y encuentran el límite más bajo alcanzado por los hielos a 700-900 m. La Laguna de Lucenza se correspondería con una depresión glaciocárstica debida a la acción de sobreexcavación de los hielos y a la disolución por las aguas de ablación sub y yuxtaglaciares.

Pérez Alberti *et al.* (1993) presentan una cartografía geomorfológica de uno de los valles de esta Sierra, el Valle de A Seara, en el que se señalan circos, morrenas y amplias zonas de till. Proponen la existencia de varios tipos de sistemas glaciares en esta Sierra (Sistemas glaciares complejos con lenguas coalescentes; Glaciares simples con cabecera y lengua bien desarrollada en Fonteformosa y Ferreirós de Arriba; Glaciares de circo con lenguas incipientes en el Anfiteatro de la Devesa da Rogueira), aunque sin explicar la dinámica general de los procesos glaciares en la zona. A falta de dataciones absolutas, atribuyen al Würm dichos depósitos y admiten que el máximo glaciar se produjo hace 18.000 años BP. Finalmente, Rodríguez Guitián *et al.* (1996b) cartografían de nuevo el valle anteriormente citado y proponen la existencia, durante el máximo, de un sistema glaciar complejo, de tipo alpino, atribuyendo la fusión total de los hielos entre los 16.000-10.000 años BP.

2.2.- LOS PROCESOS GLACIARES EN LA SIERRA DE QUEIXA-INVERNADOIRO

La Sierra de Queixa-Invernadoiro se localiza en la provincia de Ourense (fig. 1). Las mayores altitudes corresponden a Cabeza de Manzaneda (1.778 m) en la parte norte del macizo y Seixo (1.707 m) situado en la zona meridional del mismo, culminando con los Montes de Invernadoiro.

Es Hult (1899) el primer autor que se refiere al glaciario en estas Sierras gallegas, aunque sin aportar cartografía alguna. Casi medio siglo después, Hernández Pacheco (1949), sin conocer el trabajo de Hult (1899), se refiere puntualmente al glaciario cuaternario en Sierra de Queixa y tampoco aporta cartografía alguna: *"Por su destacada altitud, por la gran precipitación recibida a lo largo del año, en parte debida a nevadas importantes en las alturas y por el largo periodo de nivación supongo que pudieran existir restos de erosión glaciario, fraguada durante los periodos álgidos del glaciario cuaternario"*.

El autor cita a Fernández Bollo como primer observador de depresiones a manera de pequeños circos glaciares así como la comprobación de claras señales de morfología glaciario en las vertientes E y SE de la Sierra, donde nacen los arroyuelos y regatos que dan origen al Cenza.

Hernández Pacheco (1949), observa dos pequeñas depresiones o circos y cerrándolos, un doble anfiteatro morrénico situado entre 1.500 y 1.600 m de altitud. Admite formas erosivas y depósitos de origen glaciario en la alta cabecera de las Riveras de Cernada y Berganzo (al SE), en las laderas de la Sierra, en zonas que quedan por encima de los 1.500-1.600 m. Sería, por tanto, la Sierra de Queixa, la que nos ofrece el glaciario más occidental y el nivel más bajo de los campos morrénicos en el NW Peninsular. La influencia de los vientos dominantes, según el autor, hace que las laderas de más insolación, sean las que ofrecen huellas glaciares más desarrolladas.

Años más tarde, Fernández Bollo (1951), da a conocer algunos datos del área adyacente a Sierra de Queixa (Sierra del Invernadoiro). Tampoco aporta cartografía del área descrita, limitándose a la descripción de formas y depósitos. Años más tarde, Hernández Pacheco (1957), trata de forma pormenorizada el glaciario y

realiza una primera cartografía del glaciario del área. Reitera la importancia del glaciario en esta zona, pese a su "localidad", por ser tan occidental y por ocupar altitudes inferiores a 1.800 m. El autor delimita dos áreas glaciadas independientes: una correspondiente al área de Invernadoiro y la otra a la Sierra de Queixa. Las señales son más evidentes en las zonas graníticas (zona septentrional del macizo de Queixa) que en los materiales pizarrosos (montes de Invernadoiro), donde la morfología glaciario se ha perdido, en gran parte debido a la intensa acción erosiva de los cursos de agua.

Es de destacar también que son las laderas S y SE las que presentan formas glaciares más desarrolladas, hecho que concuerda con las Sierras de Gerês (Coudé-Gaussen, 1978) y Sierra Segundera (Stickel, 1929) lo cual, se atribuye al efecto de los fuertes vientos dominantes durante el Cuaternario, de dirección N-NW que arrastrarían la nieve acumulada en el replano cumbreño hacia estas laderas. La misma observación fue realizada por Viers (1971), en los Pirineos orientales.

En Invernadoiro, los hielos ocuparon una extensión de 5 km² y Hernández Pacheco (1957), señala la existencia de hasta 9 circos glaciares, con sus correspondientes conjuntos de morrenas laterales y frontales y lenguas inferiores a 1 km de longitud. En Queixa, la extensión máxima alcanzada por los hielos era de unos 22 km² e identifica además hasta 18 circos glaciares, de los que partirían lenguas de diferentes extensiones, siendo la mayor la correspondiente al Glaciario del Cenza, con una longitud máxima de unos 8 km. Este glaciario presenta los complejos de morrenas mejor desarrollados. Hernández Pacheco (1957), basándose en el grado de conservación de los depósitos distingue dos fases principales de avance glaciario y una de retroceso, esta última de escasa entidad, a las que asigna una cronología Mindel, Riss y Würm, respectivamente. De forma confusa alude a la existencia de fases glaciares aún más antiguas, de las que según él existen indicios, si bien no menciona ni en que consisten ni en donde se localizan.

Otros autores, Schmitz (1969); Pérez Alberti (1979); Tricart & Pérez Alberti (1989), inciden, aunque muy tangencialmente, en el tema del glaciario en el NW de la Península Ibérica, sin aportar nuevos datos a los de Hernández Pacheco (1957). Algunos de estos autores (Schmitz, 1969), aventuran para estos episodios

glaciares globalmente una edad Würm, aunque sin dataciones absolutas, señalando que las únicas evidencias de glaciaciones prewürmienses en Galicia, se sitúan en las partes más altas de Sierra Segundera y Montes del Malevo, no identificándolas en Sierra de Queixa.

Vidal Romaní (1979), afirma que en Galicia no se conservan huellas de frío más que a partir del Riss. Pérez Alberti (1982) siguiendo a Hernández Pacheco (1957), habla de una glaciación rissense desmantelada por una würmiense, aunque todos los indicios apuntan a considerar el Würm como el momento de acción de los hielos. La cartografía regional (IGME, 1981a) no hace más que situar las formas principales, sobre todo depósitos, sin dar mayores precisiones, excepto su localización basándose en Hernández Pacheco (1957).

En el trabajo de Pérez Alberti (1990), vuelven a retomarse en parte los datos anteriores (Pérez Alberti, 1982; Tricart & Pérez Alberti, 1989), a los que se añade una cartografía geomorfológica a escala 1: 100.000 de parte del área Queixa-Invernadoiro.

Los autores citados hacen referencia en sus trabajos a la disimetría en el desarrollo de los aparatos glaciares preferentemente hacia el S, lo que tanto Hernández Pacheco (1957), como Tricart & Pérez Alberti (1989) y Pérez Alberti (1990), achacan a causas climáticas o de orientación, o aún a la influencia del viento en los aportes de nieve al área de acumulación y formación del hielo. Este mismo hecho se ha interpretado de forma distinta para otros sistemas glaciares del NW peninsular. La morfología preglaciar es la que determina la posibilidad de conservación de la nieve y su transformación en hielo. Según esto, el desarrollo disimétrico, con orientación preferente al S de los aparatos glaciares, se debería, no exclusivamente a razones de orientación, sino a la existencia de superficies donde pudiera acumularse la nieve, transformarse en hielo y dar lugar a glaciares (Vidal Romaní *et al.*, 1990a, b).

La relación entre procesos de alteración del sustrato, sobre todo en Sierra de Queixa y los procesos de acumulación y erosión glaciares en esa misma área es puesta de manifiesto por Tricart & Pérez Alberti (1989) y Pérez Alberti (1990), que marcan amplias superficies recubiertas de alteritas graníticas, o aún de formas residuales (tor), no afectadas por el paso de los hielos y sin embargo degradadas por

periglaciarismo. Justifican la supervivencia de las alteritas a la erosión glaciár por el efecto protector de la nieve, pero achacan a la intensa erosión postglaciár el desmantelamiento de los depósitos glaciares, enormemente degradados en la actualidad.

Pérez Alberti & Guitián Rivera (1992), presentan una cartografía geomorfológica del borde noroccidental del área glaciada de Sierra de Queixa (complejo glaciár de As Lamas-Prada) que, sin embargo, no añade modificaciones sustanciales a la información previa.

Posteriormente, Pérez Alberti *et al.* (1993) presentan una síntesis de los aspectos más relevantes del glaciárismo en las sierras gallegas.

Vidal Romaní & Santos Fidalgo (1994) y Vidal Romaní *et al.* (1995) presentan una completa cartografía del área, en la que se identifican las formas, depósitos y lineamientos cartografiados, estableciendo, a la vista de los rasgos glaciares, el límite máximo alcanzado por los hielos durante el máximo glaciár, así como las etapas de deglaciación que se han conservado hasta hoy.

2.3.- EL DESARROLLO DE LOS ESTUDIOS PALINOLÓGICOS EN GALICIA

Relacionada con el glaciárismo y como herramienta para estudiar la evolución del clima y de la vegetación surge la palinología.

El ya clásico trabajo de Bellot Rodríguez & Vieitez Cortizo (1945), primer trabajo polínico de Galicia y de la Península Ibérica, sin ser un estudio propiamente polínico, utiliza la palinología para determinar la invasión de *Pinus pinaster* sobre la eliminación del típico bosque caducifolio de Galicia.

Posteriormente los trabajos de Margalef (1956a, 1956b y 1959) en sedimentos marinos nos facilitarán alguna información sobre el desarrollo del clima, sobre todo en lo que a temperaturas y precipitaciones se refiere, a lo largo del Holoceno.

En Galicia, desde el trabajo pionero de Bellot Rodríguez & Vieitez Cortizo (1945), se han estudiado un buen número de secuencias, desde el punto de vista

polínico, con el fin de conocer la evolución de la vegetación y, por tanto, del clima, desde la última fase fría hasta la actualidad (Delibrias *et al.*, 1964; Nonn, 1966; Menéndez Amor, 1969, 1971, 1975; Menéndez Amor & Florschütz, 1961, 1963; Jato Rodríguez, 1974; Jato Rodríguez & Vázquez Varela, 1972; Torras Troncoso, 1982; Saa Otero, 1985; Díaz-Fierros *et al.*, 1979; Saa Otero & Díaz-Fierros, 1983, 1985, 1986, 1988; Saa Otero & Díaz Losada, 1989; Aira Rodríguez, 1986; Van Mourik, 1986; Törnqvist, 1986; Törnqvist & Joosten, 1988; Törnqvist *et al.*, 1989; Ramil Rego, 1990, 1992; Santos Fidalgo, 1993; Maldonado Ruíz, 1994; Ramil Rego *et al.*, 1995; Allen *et al.*, 1996, entre otros). Como anteriormente se ha dicho, la mayoría de los trabajos carecen de una cronología fiable, bien por la ausencia de dataciones absolutas o bien porque éstas se han efectuado en materiales removidos o deslizados, poniendo en duda la interpretación de los mismos.

Si nos ceñimos a nuestra área de estudio, los estudios polínicos efectuados son escasos (Menéndez Amor, 1971; Torras Troncoso, 1982; Aira Rodríguez, 1986; Maldonado Ruíz, 1994), y corresponden, con una sola excepción perteneciente al Tardiglaciario (Maldonado Ruíz, 1994), a la evolución postglaciario de la Sierra de Queixa-Invernadoiro y de la Sierra del Courel.

Menéndez Amor (1971) realizó dos sondeos en Sierra de Queixa. Para el primero de ellos (Cheira de Piedrahíta), obtuvo una edad de 7.760 ± 100 BP y 7.630 ± 80 BP. Se trata de un paisaje de pradera de montaña, en el que destaca la escasez de árboles y la poca variación de las especies forestales, siendo *Quercus* el árbol dominante. Las gramíneas son el principal componente del estrato herbáceo junto con ciperáceas y ericáceas. En el segundo sondeo (Cheira de las Lagunas), no se efectuaron dataciones. Presenta similares características al anterior, con escasez de especies forestales, aunque con abundantes ericáceas. La autora atribuye la secuencia al Atlántico.

Torras Troncoso (1982) estudió en esta Sierra un perfil representativo de las turberas ubicadas en las altas cumbres de la Sierra de Queixa (Perfil 2.304) y un suelo policíclico (Perfil 1.305), ambos sin dataciones. En el primero de ellos destaca la gran cantidad de polen, siendo poco abundantes los árboles y jugando ericáceas, gramíneas y ciperáceas un papel importante. La autora descarta una deforestación

debida a actividades agrícolas, dada la ausencia casi total de táxones indicadores, y la atribuye al pastoreo de diente de alta montaña. Basa su cronología en la comparación de esta secuencia con la de Buelna (Menéndez Amor & Florschütz, 1961), atribuyéndole una edad de formación de 2.000 años.

El segundo se trata de un suelo policíclico crioturbado de la penillanura de cumbres, cuya formación atribuye a un periodo periglacial pre-würmiense, atestiguado por la presencia de *Betula* y *Pinus* a esos niveles y apoyándose en los criterios macro y micromorfológicos (Sanmamed Fernández, 1978).

Aira Rodríguez (1986), estudia cinco perfiles de suelos y cinco muestras puntuales en Sierra de Queixa, situándose la mayoría de ellas, fuera de la zona glaciada (fig. 5). Tampoco efectuó dataciones, haciendo las siguientes estimaciones: El perfil 2034 atribuido al Subatlántico, el 2028 al Subboreal, 2026 al Atlántico/Subboreal y 2036 y 2038 al Preboreal/Boreal.

El perfil 2036, se corresponde con el suelo policíclico estudiado por Torras Troncoso (1982), cuya formación la autora había atribuido a un periodo periglacial pre-würmiense. Aira Rodríguez (1986), por el contrario, estima una edad Preboreal/Boreal para el mismo, argumentando que los espectros polínicos podrían ser relativamente más recientes que los rasgos morfológicos descritos por Sanmamed Fernández (1978) y Torras Troncoso (1982), que podrían ser prewürmienses y würmienses.

La misma autora estudia en O Courel tres secuencias: Laguna Lucenza, Seara I y Seara II. Son éstos los únicos datos sobre la paleovegetación de esta Sierra hasta la actualidad y se reducen al análisis del sondeo de la Laguna de Lucenza (Referencia 2040), situada en la vertiente suroeste de la Sierra y al de los perfiles de Seara I y II (Referencia 2047 y 2048, respectivamente), localizados en el límite meridional del valle de Seara.

Lucenza se caracteriza por la abundancia de polen arbóreo y cuenta con una datación ^{14}C a la profundidad de 450 cm (8.540 ± 100 BP; Ny-1065). La autora basa su cronología en la comparación con la Laguna de las Sanguijuelas (Menéndez Amor y Florschütz, 1961). Según ello, la zona I pertenecería al Boreal (*Betula* y

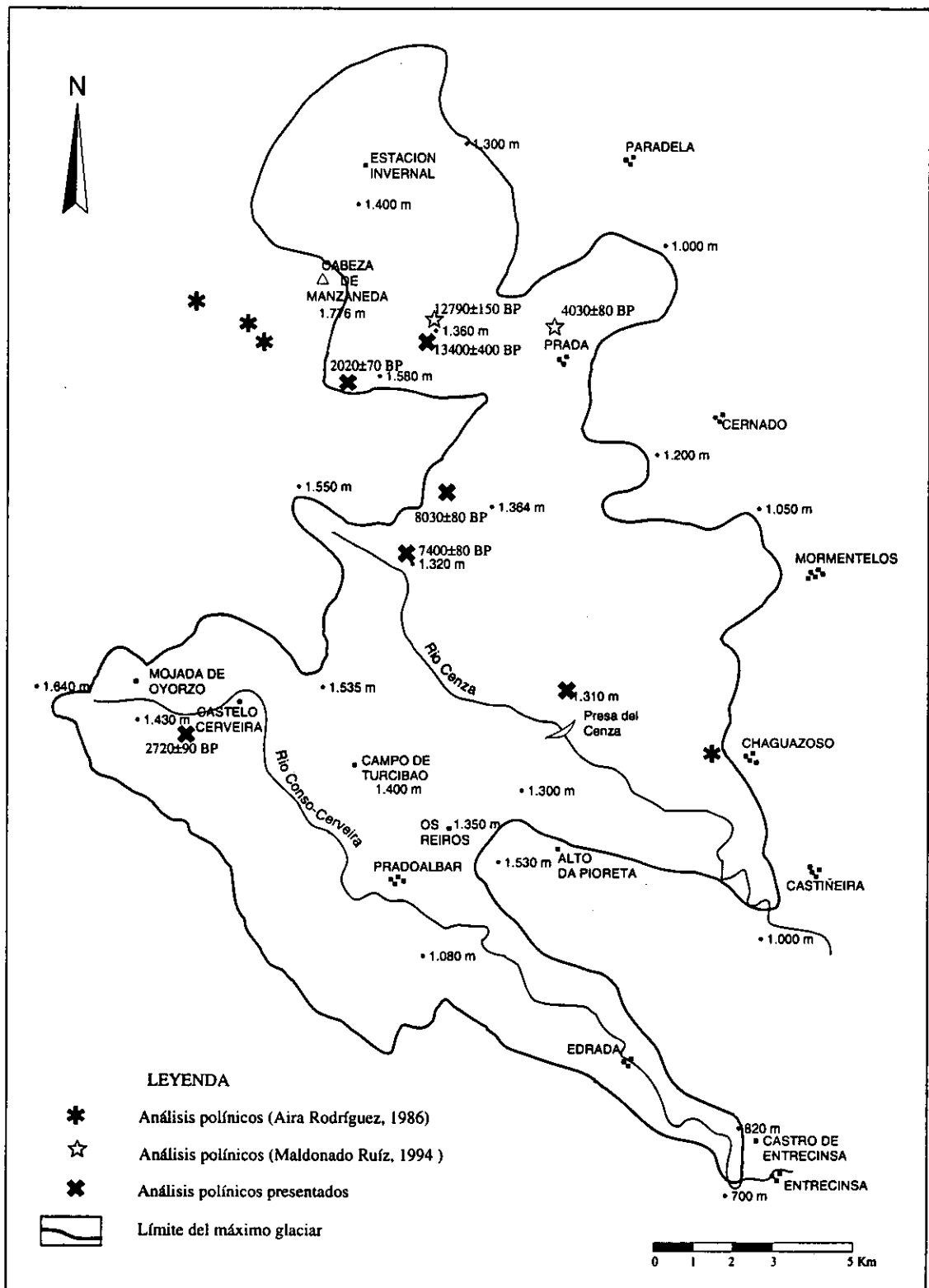


Fig. 5.- Límite del máximo glaciar y localización de los principales sondeos efectuados en la Sierra de Queixa

Pinus, acompañados de *Quercus* y escasos *Corylus*); zona II, importante aumento de *Corylus* (junto con *Ulmus* y *Quercus*) que marcarían la transición al Atlántico; el Subboreal (zona III) estaría caracterizado por aumento de *Betula* y disminución de *Quercus* y *Corylus* y, en el Subatlántico, se reflejaría un nuevo incremento de *Quercus* y de *Betula*. La autora establece la correlación con los dos perfiles de suelos (Seara I y Seara II), atribuyéndoles edades Preboreal y Subatlántica, respectivamente.

Todos estos diagramas se caracterizan por su riqueza arbórea, que prácticamente no cambia a lo largo del Holoceno, así como por los escasos indicios de actividad humana.

La autora concluye que, de manera general, la vegetación y, por tanto, el clima de la parte oriental de Galicia ha tenido una evolución similar a la del resto de la región, aunque con ciertas diferencias. *Pinus* estaría mejor representado en la Sierra de Queixa que en la del Courel, sería, por tanto, más abundante en la zona interior de Galicia. *Betula* presenta porcentajes similares en ambas Sierras, con máximo en Preboreal y Subboreal, siendo uno de los principales táxones arbóreos, al contrario de lo que ocurre en la costa. *Corylus* tiene su mayor desarrollo durante el Atlántico, aparece y retrocede antes en la Sierra de Queixa que en la Sierra del Courel. *Quercus*, a partir del Subboreal, tiene la misma representación en ambas Sierras, pero anteriormente estuvo mejor representado en Courel, alcanzando su máximo durante el Boreal. *Alnus* es escaso en ambas zonas y *Ulmus* solamente se detecta en pequeña cantidad en Courel. Las herbáceas están principalmente representadas por gramíneas, ericáceas y compuestas.

Los datos aportados en este trabajo permitirán una nueva y completa interpretación de este registro.

Maldonado Ruiz (1994) estudia dos sondeos en el valle de Las Lamas de la Sierra de Queixa. La laguna de Las Lamas, que comprende los últimos 13.000 años y presenta siete dataciones ^{14}C , y Prada que abarca los últimos 4.500 años y que presenta dos dataciones ^{14}C .

La laguna de Las Lamas es la secuencia más continua de referencia de estas Sierras, lo suficientemente datada como para permitir su comparación con otros macizos cercanos.

De su detallado estudio concluye el autor que la retirada de los hielos en esta Sierra se produce con anterioridad a 13.000 años BP y en dos etapas, distinguiéndose un único periodo templado, enmarcado por dos estadios fríos y secos. La expansión arbórea Tardiglaciario está precedida de un aumento de formaciones arbustivas y la existencia de Dryas Reciente entre 11.000 y 10.100 años BP, es indiscutible.

La existencia de refugios de táxones arbóreos en las proximidades, parece ser, según el autor, responsable de la rápida instalación de los bosques que se produce durante el Tardiglaciario. *Pinus* y *Betula* serán los primeros en instalarse, seguidos de *Quercus* y *Corylus*. Alrededor de 6.500 años BP el robledal retrocede frente al abedular, sin que pueda concluirse con certeza si este retroceso se debe a la acción humana, a cambios climáticos o a ambos. Hacia 4.000 años BP se hace patente la deforestación antrópica mediante el empleo del fuego.

3.- MATERIAL Y MÉTODOS

3.1.- GEOMORFOLOGÍA

La metodología de trabajo utilizada se puede sintetizar como sigue:

Con posterioridad a una revisión exhaustiva de toda la bibliografía conocida hasta el momento sobre el tema, se ha procedido a un estudio por fotointerpretación de toda el área, a partir de foto aérea a escala 1: 18.000, cartografiando todos los indicios observables tales como formas, alineaciones y depósitos, así como lineamientos de posible interés.

A continuación, se ha realizado una cartografía extensiva de campo, comprobándose los datos identificados por fotografía aérea y eliminando, de la cartografía previa, aquellos datos que no se correspondían con la realidad.

El resultado se proyectó sobre una topografía de la zona realizada, por restitución aérea de la misma foto, a escala 1: 20.000, realizándose una interpretación de la dinámica glacial en el área de trabajo.

Se ha realizado una campaña de trabajos de campo para la identificación de las formas, depósitos y lineamientos cartografiados por foto aérea. Durante esta etapa se ha realizado una campaña de sondeos de todas las áreas de depósito señaladas en la cartografía previa, recogiendo muestras para su análisis sedimentológico y palinológico, en su caso.

3.2.- PALINOLOGÍA

3.2.1.- OBTENCIÓN DE LOS SONDEOS

Los registros sedimentarios fueron obtenidos con diferente tipo de metodología, dependiendo de la disponibilidad del sedimento. En todos los casos se ha utilizado una sonda, excepto en el registro denominado Castelo Cerveira, en el que se ha aprovechado un corte vertical.

Los modelos de sonda son variados y sus ventajas e inconvenientes han sido ampliamente comentados (Coûteaux, 1962; Beaulieu & Reille, 1978; Moore *et al.*, 1991). En este trabajo se han utilizado dos tipos de sonda, ambas manuales: la

sonda Rusa (Jowsey, 1966) y la sonda Eijkelkamp (Vergne, 1987). Donde fue posible, se utilizó un corte vertical, tomando las precauciones adecuadas (Dupré Ollivier, 1988).

La sonda Rusa, se ha utilizado para dos de los sondeos aquí presentados (Laguna Lucenza y As Aguilladas). Su facilidad de transporte y su relativa hermeticidad hacen de ella un aparato de gran fiabilidad. Se ha utilizado un modelo de esta sonda que consta de un portamuestras hemisférico de 50 cm de largo y 4 cm de diámetro. Los sondeos se efectuaron tomando muestras alternativas en paralelo en dos perfiles con un cierto espesor de solapamiento y separados unos centímetros, con el fin de evitar, en lo posible, la contaminación de las muestras. Es conveniente que los sondeos se tomen próximos para impedir diferencias en la sedimentación (Peñalba, 1989).

Una vez recuperada la muestra, se realiza una descripción visual del sedimento "*in situ*", tomando nota de los cambios más llamativos. A continuación, cada sección de 50 cm, se monta sobre tubos de PVC previamente etiquetados, se introducen en bolsas de plástico, se sellan y se embalan a pares para evitar en lo posible la alteración de la muestra durante su transporte al laboratorio.

Cuando nos encontramos con niveles de arena o detríticos no traspasables con la sonda Rusa y en los que no era aconsejable la excavación de una zanja, se ha utilizado un modelo de sonda Eijkelkamp (Vergne, 1987). Con esta sonda se han obtenido dos de los registros aquí presentados (Turbera H y Fraga). El portamuestras de esta sonda es similar al de la sonda Rusa, no obstante, presenta el inconveniente de que las muestras no se obtienen en una cámara hermética, como en el caso anterior. Es necesario, por ello, aumentar las precauciones a la hora de la toma de muestras, para evitar la contaminación.

Por último, se ha obtenido un sondeo (Castelo Cerveira) a partir de un corte vertical. La dureza del terreno impidió la utilización de una sonda, por lo que la recogida de muestras se hizo aprovechando un corte del terreno. Evidentemente, se eligió la zona del corte donde la bioturbación era menor, es decir, evitando agujeros de insectos, raíces o cualquier otro tipo de remoción.

Las muestras se toman con una media caña, en sentido horizontal, después de la previa limpieza del corte, y eliminando la parte exterior para evitar, en lo posible, la contaminación de la muestra. Ya en el campo, debido al tipo de extracción, es aconsejable almacenar una parte del sedimento, en todos los intervalos de muestreo efectuados, en tubos plásticos de fondo cónico previamente marcados, para efectuar directamente la extracción de los palinomorfos. El resto del material se guarda, en bolsas de plástico correspondientemente etiquetadas, por si fuese necesario.

Todos estos pasos contribuyen a impedir las contaminaciones, conservar la humedad y facilitar el transporte y almacenamiento del material muestreado.

En todos los casos se han hecho varias catas, previas a la obtención del sondeo definitivo, con el fin de encontrar el sedimento más adecuado para el análisis polínico.

3.2.2.- TOMA DE MUESTRAS

El examen y muestreo del sedimento se realizó a partir de uno de los sondeos. En primer lugar se compuso el sondeo para tomar las fotos necesarias y hacer una nueva descripción visual del sedimento. Normalmente se anotan todas las observaciones sobre una cinta de papel milimetrado que permite una reproducción a escala de la secuencia.

A partir del examen visual y del contenido en materia orgánica de las secuencias, se determinaron, en primer lugar, los niveles que serían datados y se procedió a la preparación de las muestras y su envío al laboratorio. Una vez confeccionado un primer diagrama, normalmente se hacen necesarias un mayor número de dataciones, para precisar la edad de ciertos acontecimientos botánicos. Las dataciones se efectuaron siguiendo dos técnicas: el método ^{14}C convencional y el método ^{14}C por acelerador de masas (AMS) (Geyh & Schleicher, 1990).

La ventaja de la segunda técnica reside, fundamentalmente, en que se pueden hacer las medidas de muestras de pequeña talla, del orden de un miligramo o menos, con lo que es también muy importante para datar sedimentos poco orgánicos. El tamaño de la muestra vendrá determinado por el contenido en carbón, el grado de preservación, contaminación, etc. (Geyh & Schleicher, 1990). El método normal

requiere mayor cantidad de muestra, varios gramos, con lo que el espesor datado será mayor, a no ser que se disponga de una sonda con un diámetro importante o de varios sondeos, aunque este último punto tiene sus inconvenientes, ya que dos sondeos muy próximos pueden tener variaciones en cuanto a la sedimentación (Peñalba, 1989). La superioridad del método AMS viene dada, por el hecho de que se necesitan solamente 0,5 mg de carbón y 1h para obtener una datación con la misma precisión que con el método clásico, usando varios gramos y más de 30h. Evidentemente, el inconveniente es su alto coste.

3.2.3.- EXTRACCIÓN DEL POLEN

Posteriormente se pasa a la toma de muestras para el análisis polínico. La malla de muestreo es, en general, de 5 ó 10 cm según la potencia del sondeo y según los objetivos de la investigación. En nuestro caso se han utilizado mallas de 2.5, 5, 10 e incluso más centímetros, dependiendo de las circunstancias. Después de la obtención de un primer diagrama, se hace necesaria, normalmente, la toma de muestras de niveles intermedios para precisar la dinámica de la vegetación o la existencia de hiatos.

La extracción de la muestra se hace con una jeringuilla calibrada, después de haber limpiado minuciosamente las zonas superficiales y periféricas, con vistas a eliminar los restos de contaminación, y de haber anotado la profundidad que le corresponde. La muestra debe tomarse, si es posible, de la parte central del sondeo, donde la alterabilidad será mínima. La cantidad de material tomado por muestra, depende de la naturaleza del mismo, según la presumible riqueza polínica. Normalmente en la turba un volumen de 1 cm³ suele ser suficiente, aumentando la cantidad inicial si la muestra se hace más mineral. En las arcillas, normalmente muy pobres en contenido polínico, se hace necesario duplicar e incluso triplicar el volumen de sedimento destinado a este fin.

Para la extracción de los palinomorfos el espesor de sedimento tomado fue, normalmente, de 1 cm y el volumen de 1 cm³. Una vez individualizadas, se procedió al tratamiento de las muestras con el fin de lograr preparaciones adecuadas para el examen cualitativo y cuantitativo al microscopio óptico. Las muestras son sometidas a los tratamientos físicos y químicos, cuyo objetivo es eliminar la mayor

cantidad posible de material no esporopolínico, sin dañar a éste. Para ello se disolverá el sedimento, cuidadosamente deshecho, con los ácidos y bases necesarias. Entre cada manipulación se separará el reactivo del material tratado por centrifugación/decantación. El método de extracción es fundamental para el éxito del estudio, y los tratamientos son distintos dependiendo de la naturaleza de cada muestra. Al igual que durante el muestreo, en el laboratorio habrá que tomar las máximas precauciones para evitar posibles contaminaciones con pólenes actuales.

Los métodos propuestos son numerosos y variados (Sittler, 1955; Sáenz, 1978; Faegri & Iversen, 1989; Moore *et al.*, 1991; etc.); aunque los puntos básicos sean los mismos, se han introducido modificaciones, según los sedimentos y los laboratorios, que procuran mejorar los resultados obtenidos y ganar tiempo.

Para la preparación de las muestras de los registros aquí presentados, se ha seguido el tratamiento detallado en Santos Fidalgo (1993), y que aparece resumido en la figura 6.

Cada etapa de la manipulación va seguida de una centrifugación durante 10 minutos y a 3.000 r.p.m.

Cuando se ha hecho alguna observación al MEB, se ha tomado una alícuota de una preparación paralela, después de los tamizados y antes de la estabilización del resto. No obstante, a no ser que un taxon sea muy abundante, su localización es muy difícil y azarosa (Visset, 1979).

3.2.4.- MEDIDAS VOLUMÉTRICAS DE LOS RESIDUOS Y ELABORACIÓN DE LAS PREPARACIONES MICROSCÓPICAS

El residuo, con glicerina pura fenolada, se recoge midiendo su volumen con una pipeta automática de puntas plásticas desechables. De cada una de estas diluciones se hizo una preparación de chequeo, con el fin de determinar la dilución adecuada para el examen microscópico definitivo de la muestra.

Para el montaje de las preparaciones microscópicas se extendieron 50 µl de la suspensión glicerinada sobre un portaobjetos destinado a la observación microscópica. Se les superpone un cubreobjetos de 24 x 50 mm, trazando dos líneas con histolaca (LMR) en sentido longitudinal, y se dejan secar. En el momento del

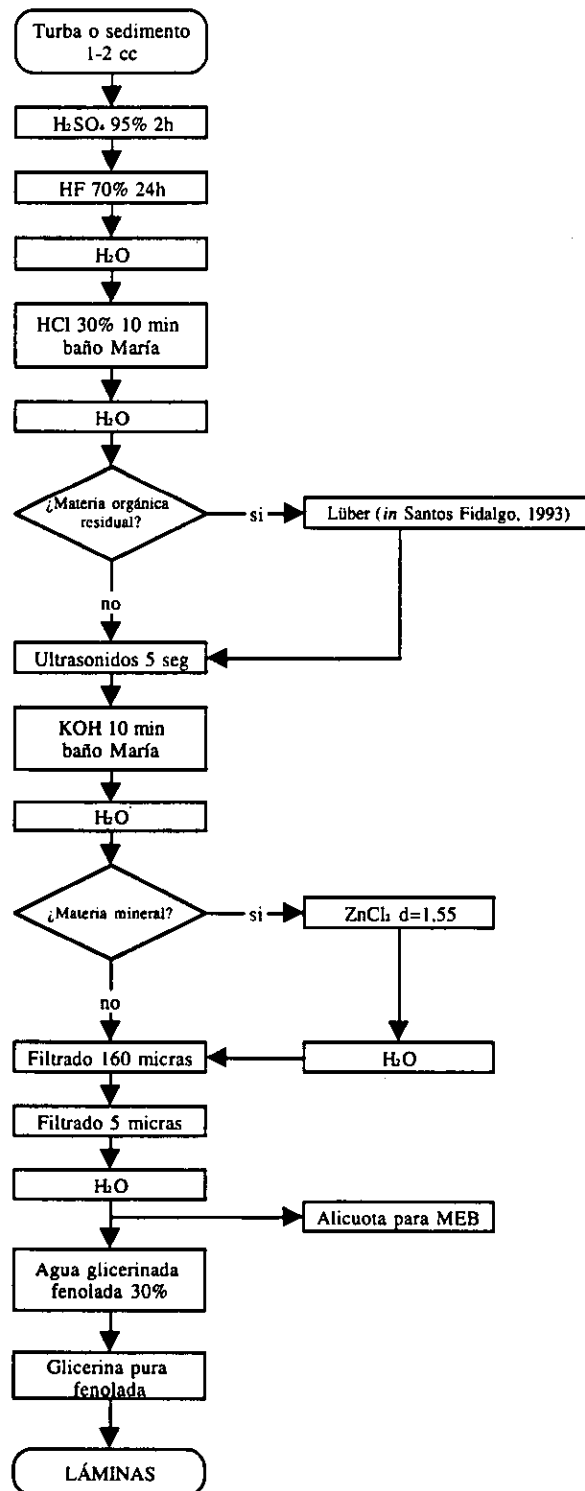


Fig. 6.- Tratamiento de las muestras para la obtención de las preparaciones microscópicas

montaje, se superpone otra línea con histolaca, cuyo fin es que el espacio entre porta y cubre sea suficiente para permitir el movimiento de los granos de polen y facilitar así su determinación. Posteriormente se sellan los bordes con la misma histolaca, consiguiéndose finalmente preparaciones móviles.

En los casos en que fue posible (As Aguilladas), se hizo la preparación de los musgos actuales que se encontraban sobre la turbera. El tratamiento utilizado se resume en la figura 7.

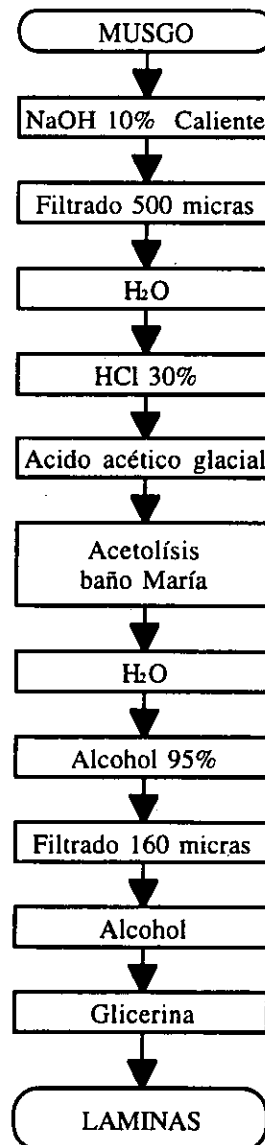


Fig. 7.- Tratamiento de los musgos para la obtención de las preparaciones microscópicas

3.2.5.- OBSERVACIÓN MICROSCÓPICA Y RECuento ESPOROPOLÍNICO

La identificación y recuento de los granos de polen y esporas se ha hecho con la ayuda de un microscopio Nikon Labophot 2-A, equipado con oculares de 10X y objetivos con aumentos de 20X, 60X y 100X, por barrido de la lámina según transectos paralelos y longitudinales, más o menos separados según la riqueza polínica, con el objetivo de 60X. Para la determinación de algunos pólenes problemáticos o en mal estado se utilizó el objetivo de 100X con aceite de inmersión y, en todos los casos, ha sido suficiente una preparación por muestra. Se anotan, para cada espectro polínico, el número de granos de polen contados y el número de líneas recorridas. Estos datos sirven para el cálculo posterior de la concentración polínica o número de granos de polen por volumen conocido de sedimento.

Para la determinación de los palinomorfos se siguieron principalmente las claves de Erdtman (1986); Faegri & Iversen (1989); Moore *et al.* (1991); Valdés *et al.* (1987), así como las claves de *The Northwest European Pollen Flora I-VI* (Punt, 1976; Punt & Clarke, 1980, 1981, 1984; Punt *et al.*, 1988 y Punt & Blackmore, 1991). También se ha podido disponer de una fototeca y de dos completas palinotecas de referencia, la del Laboratorio de Palinología de la Universidad Paul Sabatier de Toulouse (Francia) y la nuestra propia.

Para poder interpretar los valores de los distintos táxones, el número de granos de polen contados debe de ser importante. En nuestro caso, el número total de granos (PA+PNA) contados por muestra, se sitúa normalmente entre 300 y 400 (así como un mínimo de 20 táxones diferentes). Este número parece ser estadísticamente suficiente para dar un espectro polínico representativo de la composición florística del nivel analizado, cuyo conjunto aparece bastante rápidamente. Después de haber contado un número suficiente de granos de polen, se hace una lectura rápida de la lámina con el objetivo de 20X para determinar aquellos pólenes no observados en el recuento y que, aunque escasos, están presentes en el sedimento, y cuya significación ecológica puede ser muy importante.

También es importante tener en cuenta las partículas que, procedentes de la combustión de material carbonáceo, son depositadas y, en condiciones favorables, pueden ser preservadas en los sedimentos a lo largo de los tiempos geológicos (Tolonen, 1986). Los restos de carbón en lugares de incendio pueden ser analizados y así obtener información del tipo de vegetación existente alrededor de asentamientos recientes y de las relaciones del hombre prehistórico con su entorno. En condiciones favorables, los análisis de carbones nos dan importante información acerca de los incendios ocurridos en el pasado en cada área y pueden ser usados como indicadores paleoclimáticos (Sánchez Goñi, 1996).

Según Moore *et al.* (1986), aún se conoce muy poco acerca de la relación entre éstos y la intensidad y/o frecuencia de los incendios, ya que dichas partículas pueden tener distinta procedencia, pero se supone normalmente que la elevada frecuencia o intensidad de los incendios, queda reflejada en los sedimentos por estas partículas.

Los investigadores han desarrollado una completa metodología para la obtención, recuento y representación de estas partículas, haciendo incluso grupos según los tamaños de las mismas, aunque se cuestiona bastante la utilidad de usar más de dos o tres clases de tamaño, dada la cantidad de tiempo que se consume en análisis de rutina (Tolonen, 1986).

Otro método más rápido y simple desarrollado por Clark (1982), consiste en calcular únicamente el área total que ocupan las partículas por unidad, sin tener en cuenta el número o clases de tamaño de las mismas. Los resultados se expresarían en partículas por cm³ de sedimento.

Las láminas preparadas para el análisis polínico, nos servirán también para el análisis de las partículas de carbón (Berglund & Ralska-Jasiewiczowa, 1986). En nuestro caso, y como una primera aproximación, únicamente se han observado con el objetivo de 20X y se han anotado sus abundancias, en términos relativos. Para ello se ha utilizado una escala de abundancias de la siguiente forma: Ausentes, Escasos, Regularmente presentes, Abundantes y Muy abundantes, representada en los diagramas polínicos en una columna y con sus respectivas tramas.

3.2.6.- CÁLCULO DE LA FRECUENCIA POLÍNICA ABSOLUTA

La concentración polínica se expresa aquí en número de granos de polen por cm³ de sedimento. Esta puede ser calculada para el conjunto de los táxones o para cada uno de ellos. La frecuencia polínica absoluta nos va a permitir obtener datos de la densidad de la cobertura vegetal, así como del número medio de granos de polen y de las especies contenidas en la muestra, sabiendo que partimos de un volumen de muestra conocido. No obstante, las curvas de concentración polínica deben ser interpretadas con prudencia, ya que dependen de la velocidad de sedimentación y de las condiciones de esta sedimentación.

Para el cálculo de la concentración polínica, se utilizó el método propuesto por Cour (1974), que utiliza los siguientes datos: volumen de muestra (en μ l) depositado entre porta y cubreobjetos, volumen total de muestra recogido después de la dilución, longitud vista por el objetivo (número de transectos leídos multiplicado por el diámetro de campo del objetivo utilizado) y longitud media de la zona del portaobjetos que ocupa la muestra.

3.2.7.- REPRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados son expresados por dos tipos de diagramas polínicos: los de frecuencias relativas y los de concentración.

3.2.7.1.- CÁLCULO DE LOS PORCENTAJES: ESPECTRO Y DIAGRAMA POLÍNICO

3.2.7.1.1.- Espectro polínico

Los porcentajes han sido calculados con respecto a la suma total (T), que agrupa los pólenes de árboles (AP: Arboreal Pollen) y el resto de los pólenes (NAP: Non Arboreal Pollen): $T = AP + NAP$

Las esporas de filicales, los pólenes de higrófilas, acuáticas e indeterminables han sido excluidos de la suma total, para tener en cuenta únicamente la vegetación terrestre y su evolución, sin los cambios de porcentajes debidos a la producción polínica de las plantas de medios húmedos, pero sus porcentajes son calculados con respecto a T. En el caso de las esporas, parece lógico disociarlas del conjunto de los pólenes de árboles y herbáceas, debido a su esporulación irregular.

En el caso de higrófilas y acuáticas, porque estas plantas pueden polinizar directamente al medio de sedimentación, lo que nos indicaría un aporte muy local y una sobrerrepresentación. En ambos casos, pueden enmascarar la representación arbustiva o herbácea.

Los porcentajes de todos los táxones de un nivel analizado, representan un espectro polínico.

3.2.7.1.2.- Diagrama polínico

Para la elaboración del diagrama de frecuencias relativas, se representan todos los táxones encontrados siempre en el mismo orden y en curvas continuas a lo largo de la profundidad del registro. La escala de porcentajes es la misma para todos. La escala de profundidades es relativa.

Los táxones arbóreos se representan en el diagrama según su pertenencia a un piso bioclimático o a un cortejo florístico, apareciendo como últimas especies forestales, las introducidas o cultivadas. Las herbáceas se ordenan por orden de afinidad ecológica o por cortejo florístico representativo de un medio determinado. Las esporas se sitúan a la derecha del diagrama, a continuación de los táxones marcadores de la actividad antrópica. Posteriormente se incluyen las acuáticas y, a continuación, los granos de polen indeterminables. En este último grupo se han incluido los granos de polen rotos y corroídos, sin ensayar otro tipo de clasificación (Delcourt & Delcourt, 1980).

Los granos de polen que no aparecen en el recuento, pero sí en la lectura posterior de la lámina, también se representan en el diagrama. Se les da el valor 0,1 (sólo a nivel de presencia-ausencia) y en el diagrama polínico aparecerán representados como puntos, en el lado negativo.

Haciendo la separación entre táxones arbóreos y herbáceos, la relación AP/T (polen arbóreo/total) nos da una idea aproximada del recubrimiento forestal. Sin embargo, debe interpretarse siempre con precaución, ya que no se tienen en cuenta las sobrerrepresentaciones de ciertos táxones y los aportes polínicos lejanos. En este apartado es necesario hacer algunas consideraciones al respecto. Según Heim (1970), la relación AP/T constituye un criterio cómodo y útil para caracterizar la tasa de

forestación de una región. Así, para los paisajes forestales, la relación AP/T es generalmente superior al 60%, e inferior al 50% para los paisajes deforestados.

En el caso de cubiertas forestales, los valores medios de la relación AP/T de los robledales están comprendidos entre 81 y 91%, y los de los pinares, entre 57 y 91%. Para los paisajes deforestados, las tasas de forestación más débiles se notan en el caso de matorrales/brezales, campos y praderas, donde la relación AP/T es inferior al 32% (Heim, 1970).

Sabemos además que la composición de la "lluvia polínica" es función de varios parámetros: una producción polínica que varía según las especies y su representación en la cubierta vegetal, los agentes de transporte y el área de sedimentación estudiada (Jacobson & Bradshaw, 1981). Cuando las cuencas de sedimentación son muy pequeñas, como ocurre en nuestro caso, reciben aportes principalmente de origen local, siendo mayor la influencia regional en cuencas de sedimentación de grandes dimensiones (Bonny, 1976, 1978; Peck, 1973).

Las distorsiones que pueden existir entre la cobertura vegetal y su representación por las "precipitaciones" polínicas han sido estudiadas por diversos autores (Heim, 1962, 1970; Cour, 1974; Huntley & Birks, 1983) y se detecta muy bien en el análisis polínico de musgos, donde se puede comprobar cómo estos representan la "lluvia polínica" actual.

Uno de los problemas más importantes que surgen, es la sobrerrepresentación de ciertos táxones. Las causas de esta sobrerrepresentación son variadas: superproducción, fuerte diseminación polínica relacionada incluso con la propia morfología del grano de polen, etc. Es el caso típico de *Pinus* (Heim, 1962, 1970), este taxon, según la mayoría de los autores está sobrerrepresentado. Heim (1970) concluye que hay una buena representación de *Pinus* en los pinares, pero una sobrerrepresentación fuera de estas zonas. En otros casos se trata de un aporte local del polen, caso típico de las *Cyperaceae* (Huntley & Birks, 1983), cuyos elevados porcentajes indican un aporte muy local que normalmente enmascara la representación de los otros táxones y dificulta, por tanto, la zonación polínica así como la comparación con otras muestras u otros sondeos.

En el caso de *Quercus*, los estudios efectuados no permiten concluir nada acerca de la infra o suprarrepresentación de las diferentes especies de este taxon, debido a la dificultad de poder determinar estos táxones a nivel específico. Los pólenes de *Juniperus* están, en general, infrarrepresentados. *Betula* está bien o sobrerrepresentado. El carácter ambígamo de *Tilia* hace que esté fuertemente infrarrepresentado en los diagramas polínicos, mientras que Poaceae, está correctamente representado cuando se trata de paisajes abiertos, por el contrario, aparece infrarrepresentado en las zonas forestales. Evidentemente, las condiciones ecológicas también tienen gran influencia sobre la producción polínica.

En cuanto a los índices de actividad antrópica, los cambios de la cubierta vegetal inducidos por las actividades humanas, se traducen generalmente en los diagramas polínicos por un fuerte descenso de los táxones arbóreos en beneficio de los táxones de herbáceas heliófilas, reflejando una mayor o menor apertura del medio. No obstante, ciertos táxones herbáceos están estrechamente ligados a la presencia del hombre, así como a las actividades pastorales (Behre, 1981). Pueden aparecer en los diagramas polínicos antes de los índices de una deforestación.

Cuando el volumen tomado inicialmente es conocido, como en nuestro caso, se puede obtener también la Frecuencia Polínica Absoluta (o número de granos de polen por centímetro cúbico de sedimento), ésta se expresa a la derecha del diagrama y nos permitirá interpretar la variación de las cantidades esporopolínicas emitidas por la vegetación circundante. Además, se puede obtener también la Frecuencia Polínica Absoluta de cada taxon, y así comprobar si sus porcentajes se corresponden con su presencia real. En este aspecto y, como comentaremos más adelante, la sedimentación va a jugar también un papel muy importante. Normalmente se representan las concentraciones polínicas de los táxones arbóreos y herbáceos más representativos. Estos valores, asociados a la relación AP/T nos dan información más precisa sobre tasas de recubrimiento o abundancias reales de ciertos táxones.

La concentración polínica total aparece al lado de las frecuencias relativas, en todos los diagramas. Se han preferido los histogramas, a las curvas continuas para su representación.

No obstante, en un diagrama polínico se expresan también otro tipo de datos, tales como las dataciones, litoestratigrafía, zonas polínicas, etc.

La información, en nuestros diagramas polínicos, se ha presentado en el siguiente orden, aproximándonos al modelo que sugieren Berglund & Ralska-Jasiewiczowa (1986):

- Litoestratigrafía. Esta columna, resulta en muchos casos muy interesante para explicar cambios en las concentraciones polínicas que se relacionan con cambios en las condiciones de sedimentación.

- Dataciones ^{14}C en años BP sin calibrar, en el intervalo de profundidad correspondiente.

- Columna de carbones.

- Escala de edad estimada, cuando se dispone de más de una datación en el mismo sondeo.

- Profundidad en cm.

- Curvas de valores de los táxones, agrupados según se comentó anteriormente, así como la relación AP/T.

- Curva de concentración polínica total.

- Zonas polínicas, nombradas con un código de letras y numeradas desde la base. Los límites entre las zonas están representados por líneas continuas horizontales y los de subzonas por líneas discontinuas.

3.2.7.2.- ZONACIÓN POLÍNICA

El análisis del contenido polínico de la secuencia de muestras obtenida en cada registro sedimentario permite reconstruir los principales acontecimientos en la historia de la vegetación local y regional.

En este trabajo, la presentación descriptiva de los datos se apoya en el concepto de zona polínica. La zonación de los diagramas polínicos es un aspecto del análisis paleoecológico a la vez importante y problemático; no es un fin en sí mismo, sino una técnica que persigue unos objetivos concretos. Con una zonación se pretende,

normalmente, facilitar la descripción y comparación de los resultados. Estudios que se realicen a escala local necesitarán un mayor detalle en el análisis y en la zonación, que los que se planteen en un ámbito más regional (Birks & Birks, 1980). El número de unidades que se pueden llegar a diferenciar depende de la intensidad con la que se haya desarrollado el análisis, principalmente de la cantidad de muestras estudiadas y de la resolución taxonómica conseguida.

Ha sido frecuente que el uso transformase lo que se había definido originalmente como una biozona en una cronozona o una unidad con una determinada significación climática (Birks & Birks, 1980). El concepto de zona polínica corresponde a una zona de conjunto o cenozona "assemblage zone" (Montserrat Martí, 1992).

La información litoestratigráfica no debe usarse en la definición de las zonas polínicas, puesto que formalmente se han de definir a partir de su contenido en restos de origen biológico (zona de conjunto o cenozona) (Birks & Gordon, 1985).

Esta división en zonas polínicas resulta de las variaciones importantes de los porcentajes de uno o de varios táxones (Berglund, 1986). Otra cuestión importante de la zonación, son los límites de las zonas polínicas. Estos han de definirse de forma clara, y supondrán una ruptura, más o menos fuerte, en la variación de los porcentajes de los táxones más representativos, aparición o desaparición de un taxon, etc. Las variaciones de los porcentajes deben ser superiores al 5% (Berglund, 1986), aunque, en el caso de táxones con un significado ecológico importante, pueden ser tenidas en cuenta variaciones menores.

La zonación puede ser efectuada usando el método tradicional o utilizando métodos numéricos (Berglund & Ralska-Jasiewiczowa, 1986). El desarrollo de métodos de análisis multidimensional está siendo muy usado para efectuar zonaciones (Birks & Gordon, 1985) y no cabe duda de que es un método bastante objetivo.

Una de las técnicas más usadas, es el Análisis de Componentes Principales (PCA), ampliamente comentado por Pimentel (1979); Birks & Berglund (1979); Birks & Gordon (1985) y Huntley & Birks (1983), entre otros. Mediante este análisis, las variables originales son transformadas a otro conjunto de variables

denominadas componentes principales. Éstos, son una combinación lineal de las variables originales y se caracterizan por no estar correlacionados entre sí, de manera que pueden ser interpretados independientemente.

Los componentes principales se ordenan de acuerdo con el porcentaje de varianza que explican, siguiendo un orden decreciente. Hay tantos componentes principales como variables originales, de manera que la suma de los porcentajes de varianza explicada por cada uno de ellos es el 100%.

No obstante, esta técnica relativamente moderna, tiene muchos inconvenientes, ya que, por ejemplo, es un modelo diseñado para tratar datos que se relacionan linealmente entre sí y en el que la utilización de porcentajes no sería, por tanto, correcta. De todas formas es un método práctico y el único método de análisis multidimensional que se ha ensayado en este trabajo.

Siguiendo a Montserrat Martí (1992) y Maldonado Ruíz (1994), se seleccionaron los táxones de cada secuencia con una frecuencia de aparición en los espectros superior al 10%. De entre éstos se han desechado los que no consiguen superar alguna vez el valor del 2%.

Se ha realizado el análisis de componentes principales con estos táxones más abundantes. Los análisis se realizaron en un Macintosh IIsi utilizando el programa Systat 5.2 para la obtención de la matriz de datos y el Statview 4.01 para la representación de la carga de los espectros en los tres componentes.

La definición de las zonas polínicas se ha realizado dando prioridad a la curva del primer componente. En algún caso, como por ejemplo, en el registro de Castelo Cerveira, se tuvo también muy en cuenta el segundo componente, ya que absorbía casi el mismo porcentaje de varianza que el primero. Se seleccionaron los segmentos donde varían perceptiblemente (zonas de cambio) o permanecen estables. Cuando se ha considerado necesario, también se han utilizado las variaciones del segundo y tercer componente para definir subzonas. Evidentemente, este paso no carece de subjetividad, aunque la posibilidad de reducción a tres variables, el conocimiento de la varianza de cada curva y la aplicación de una metodología, limita mucho las opciones subjetivas del analista.

La zonación con PCA se ha examinado detenidamente, se ha comparado con la zonación tradicional y se ha visto que, aunque la subjetividad es alta, se pierde información. Táxones muy importantes ecológicamente no se reflejan en este análisis, debido a su escasa presencia y además, la utilización de una matriz de correlación basada en porcentajes, no es adecuada, ya que el aumento o disminución del valor de un determinado taxon influye en los demás porcentajes. Por todo ello, en este trabajo, se ha desechado este tipo de análisis y se ha preferido utilizar la metodología tradicional.

En el apartado descriptivo, la presentación de los resultados sigue la siguiente estructura:

- Nombre de la zona polínica, formado por un código de letras (normalmente las iniciales del nombre del registro) y numeradas de forma creciente desde la base.
- Táxones más importantes de la zona considerada (por orden de abundancia decreciente).
- Profundidad en la que se observa.
- Edad estimada (o absoluta si se dispone de datación en la zona de cambio).
- Características diferenciales de la zona polínica. Porcentajes de abundancia de los táxones más importantes. Valor de la concentración polínica y de los cambios más importantes que experimenta.
- Descripción de las subzonas, cuando existen. En este caso, la presentación descriptiva de los datos sigue el mismo esquema que para las zonas polínicas, excluyéndose la edad estimada y añadiendo al número de la zona, tantas letras como número de subzonas, siguiendo el orden alfabético.
- Por último, táxones marcadores del límite superior de las zonas polínicas.

3.3.- TRATAMIENTO INFORMÁTICO DE LOS DATOS

Para el tratamiento de la información disponible se ha utilizado un ordenador (Apple Macintosh LC475), dotado de un procesador Motorola MC68040 a 25 MHz, 20 MB de memoria RAM, disco duro de 160 MB y emulador de coprocesador matemático incorporado.

Los programas utilizados incluyen, procesador de textos (Microsoft Word 6.01), base de datos (Filemaker Pro 2.0), hoja de cálculo (Microsoft Excel 4.0), dos programas de estadística (Statview 4.01 y Systat 5.2), dos programas de gráficos (Delta Graph Pro 3 y MacFlow 3.5.2) y dos programas de dibujo (Adobe Illustrator 3.2 y Canvas 3.5).

4.- RESULTADOS

Los resultados que aquí se presentan se han agrupado en los siguientes apartados:

4.1.- GEOMORFOLOGÍA

4.2.- DATACIONES ABSOLUTAS

4.3.- ANÁLISIS POLÍNICOS

En primer lugar se presentan los resultados obtenidos del estudio geomorfológico del área de trabajo, así como los criterios de selección de los sondeos y la asociación de los mismos al contexto geomorfológico-glaciar en el que se enmarcan. En el siguiente apartado se enumeran las dataciones absolutas obtenidas en el presente estudio. A continuación se describen los resultados de los análisis polínicos efectuados, en los que se incluyen una breve descripción de cada sondeo, así como las características sedimentarias más destacables. Finalmente, se presentan los modelos cronológicos adoptados y la zonación polínica correspondiente a cada uno de los sondeos, junto con la interpretación de los mismos.

Los diagramas polínicos de porcentajes se han reunido a modo de anexo al final de este trabajo. No obstante, para facilitar la lectura del texto, se presentan en éste diagramas polínicos de porcentajes resumidos. Se incluyen también en el texto diagramas de concentración polínica de los táxones seleccionados para la zonación.

4.1.- GEOMORFOLOGÍA

4.1.1.- SIERRA DEL COUREL

Morfológicamente, la Sierra del Courel está constituida por una cresta montañosa con alineación NE, formada por pizarra, cuarcitas y calizas fuertemente fracturadas y falladas. Entre el sistema de fracturas destacan fallas paralelas a la dirección antes reseñada, a favor de las que se desplazan los ríos Lor, Selmo y Soldón, cuyas redes de drenaje definen la morfología, en planta, de la Sierra.

Las cumbres del Alto do Boi (1.778 m), Pía Páxaro (1.607), Porto Mourelo (1.518 m) y Formigueiros (1.638), son las que definen los puntos más altos de esta zona (fig. 8). Las fuertes pendientes topográficas que caracterizan la Sierra del Courel y la inexistencia de grandes superficies planas o con relieves de escasa pendiente, son la característica común en toda el área, y han determinado, junto con la litología predominante de pizarras, la tipología de los glaciares que se desarrollaron aquí durante el Pleistoceno. En efecto, si por una parte las fuertes pendientes impiden la acumulación de grandes espesores de nieve y por tanto, inhibirían la formación del hielo, por otra la fragmentación y alteración de las pizarras va a proporcionar a los hielos y a las aguas de ablación, materiales fácilmente movilizables que justifican la escasez de acumulaciones importantes observadas por todos los autores en esta zona.

Pérez Alberti *et al.* (1993) y Rodríguez Guitián *et al.* (1996b), describen, fundamentalmente, formas de dudosa interpretación y depósitos que nunca han sido datados y por tanto se les atribuye una discutible cronología. Aún sin negar la existencia de un desarrollo de glaciario en esas zonas, sí conviene aclarar que contrastan mucho, las dimensiones y la dinámica propuesta por algunos autores (Rodríguez Guitián *et al.*, 1996b) y los volúmenes de depósitos encontrados. Es por esta razón, por la que el esquema propuesto en esta Tesis Doctoral es mucho más modesto. En cualquier caso el estudio palinológico corresponde claramente, tanto se acepte uno u otro esquema, a una etapa postglacial u Holocena, geomorfológicamente tardía, lo que viene corroborado por las dataciones absolutas que se han realizado.

De acuerdo con estos datos, y basándonos en la cartografía de depósitos y formas claramente comprobadas (fig. 8), podemos decir que en esta zona sólo son claramente reconocibles los conjuntos morrénicos que delimitan pequeños glaciares de circo que se han denominado en función de su proximidad a poblaciones o puntos topográficos significativos como Glaciar de Soldón, Valmarín, Cu de Gato, Carballón, Seara, Lucenza, Pallosa Sur, Pallosa Norte, Visuña, Corvos, Ceramo, Formigueiros Sur, Rogueira, Ferreirós, Vilarbacú y Campo del Abedul (fig. 9). El recorrido, durante el máximo, de cada uno de estos glaciares se puede presumir de 1 km de largo, aproximadamente, aunque los restos y depósitos más claros que se conservan de ellos, corresponden a la fase de glaciares de circo con pequeñas morrenas agrupadas

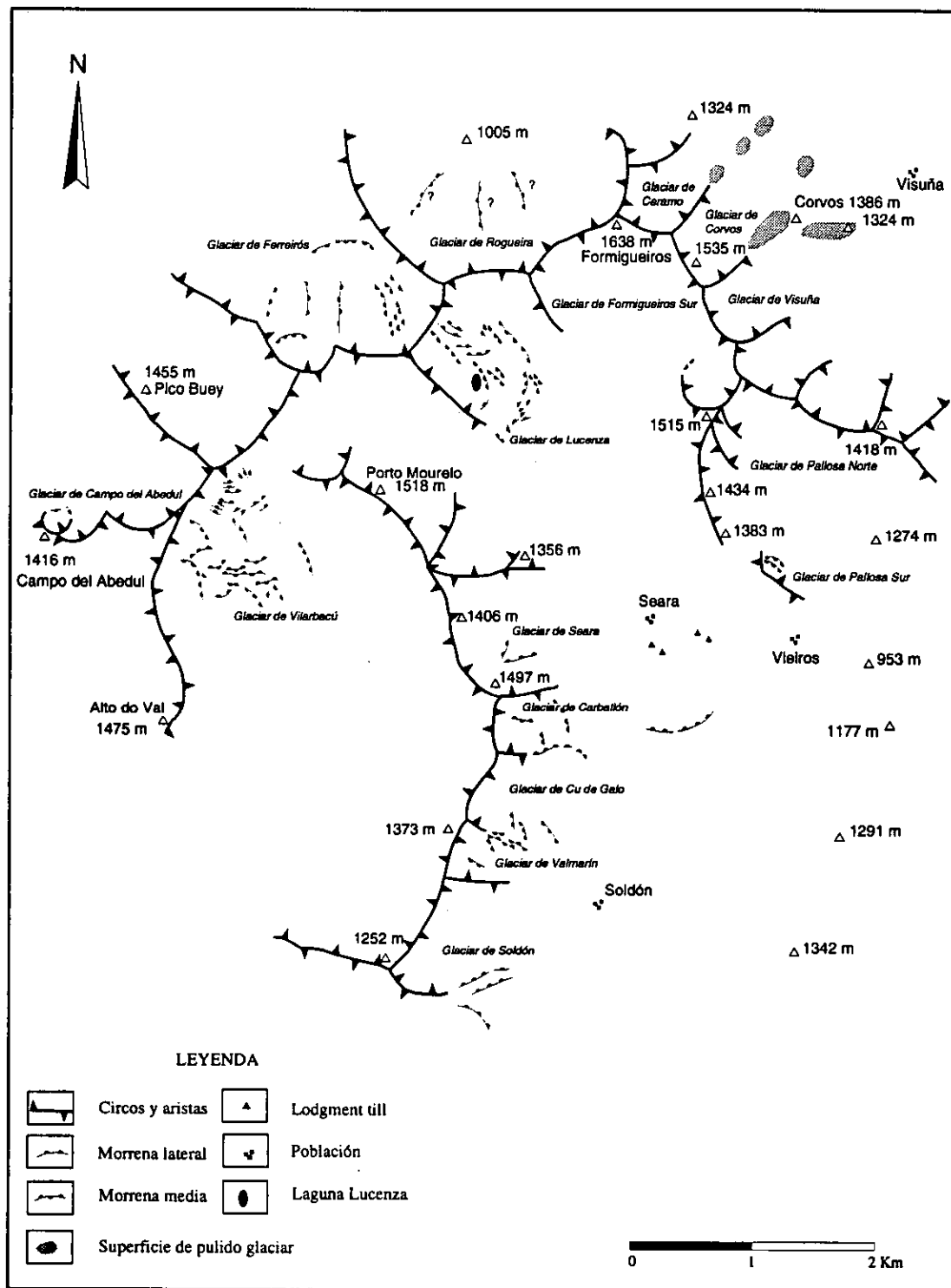


Fig. 8.- Distribución espacial de los rasgos morfológicos y sedimentarios de origen glaciar en la Sierra del Courel (sector Formigueiros)

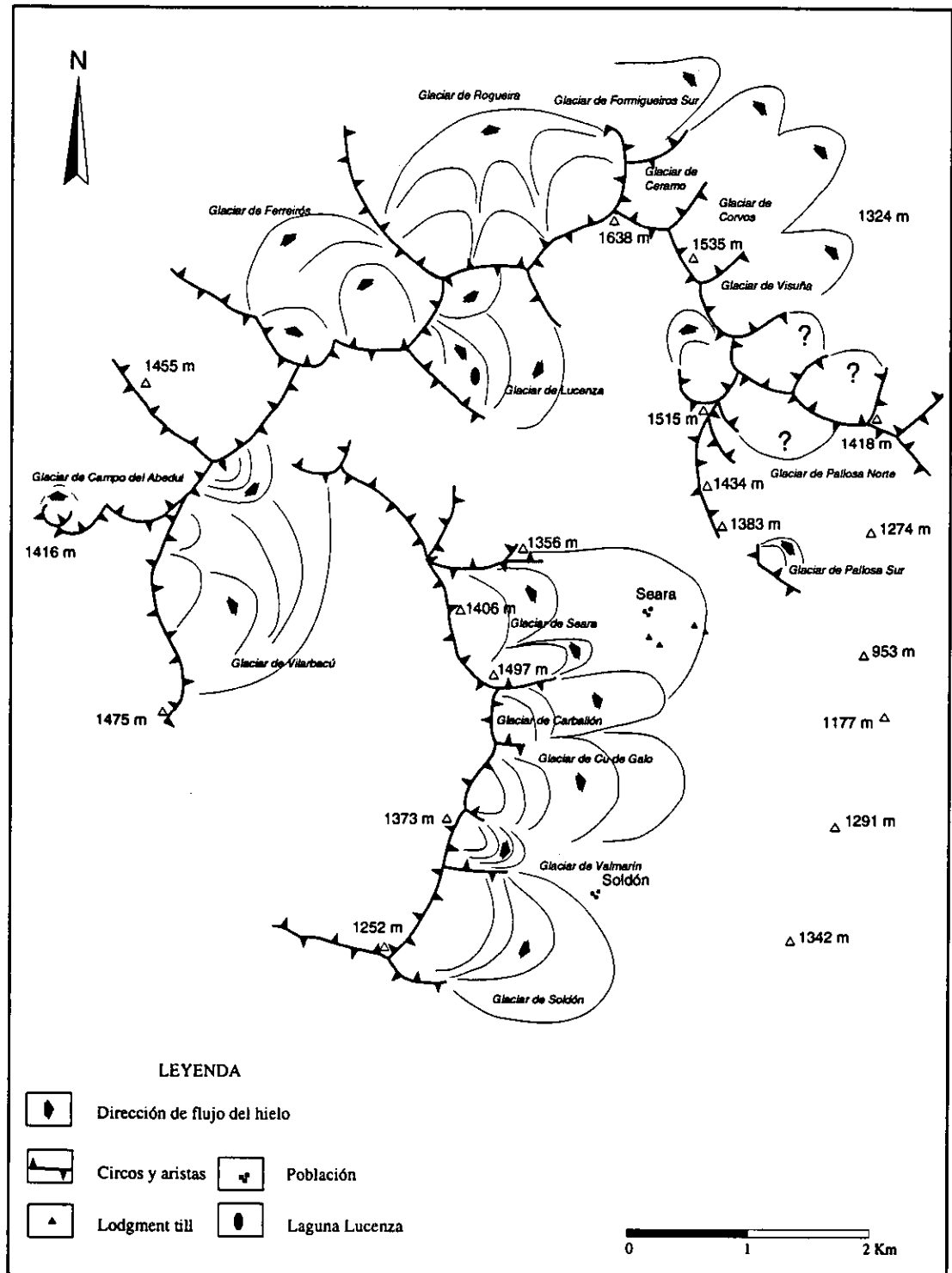


Fig. 9.- Reconstrucción del máximo glaciar en la Sierra del Courel (sector Formigueiros), (modificado de Rodríguez Guitián *et al.*, 1996)

alrededor de la cubeta de sobrecavación, que sólo en un caso, ha evolucionado después a una laguna (Laguna Lucenza). Esto no niega el que pueda haber existido un mayor desarrollo de los aparatos glaciares, aunque, en el momento actual no parece probado, en nuestra opinión. Es difícil establecer, como en el caso del siguiente sistema glaciado (Sierra de Queixa-Invernadoiro), un grado detallado en la dinámica glaciaria finpleistocena, ya que la ausencia de depósitos o formas claras inequívocas por una parte y, la cortedad de la secuencia estudiada por otra, nos impide mayores detalles.

4.1.2.- SIERRA DE QUEIXA-INVERNADOIRO

4.1.2.1.- DATOS GEOMORFOLÓGICOS Y SEDIMENTOLÓGICOS

4.1.2.1.1.- Formas de origen glaciario

Existen en el área estudiada formas erosivas y acumulativas, asociadas o no a éstas, de origen glaciario (fig. 10). La erosión glaciaria en los casos gallegos, presenta unas características muy específicas (foto 1). Duración e intensidad del glaciario cuaternario en Galicia fue muy limitada y por ello las formas resultantes son formas primarias (Vidal Romaní, 1989), es decir, debidas a la explotación, por la erosión glaciaria, de superficies previas de rotura y deformación tectónicas. Formas habitualmente descritas en otros paisajes rocosos glaciados como rocas aborregadas, drumlins, o superficies de pulido glaciario, en Sierra de Queixa pueden ser más dudosas en cuanto a interpretación, y no se considerarán aquí, pues a pesar de su reconocido origen glaciario, existe una clara utilización por el hielo de la fábrica o sistemas de discontinuidades de la roca. Esto hace muy discutible en algunos casos la utilización aislada de pruebas morfológicas. Por ello sólo tomaremos en cuenta las formas asociadas a sedimentos de origen glaciario y glaciario (Lundqvist, 1988).

De acuerdo con esto distinguimos, por criterios puramente morfológicos, los siguientes tipos de formas acumulativas: morrenas frontales y laterales (foto 2), morrenas acanaladas (fluted moraines) y morrenas de fondo (ground moraines).

Morrenas frontales y laterales

Corresponden a una situación perimetral con respecto al área glaciada, y en su mayor parte representan la etapa de avance máximo de los hielos en la zona. El

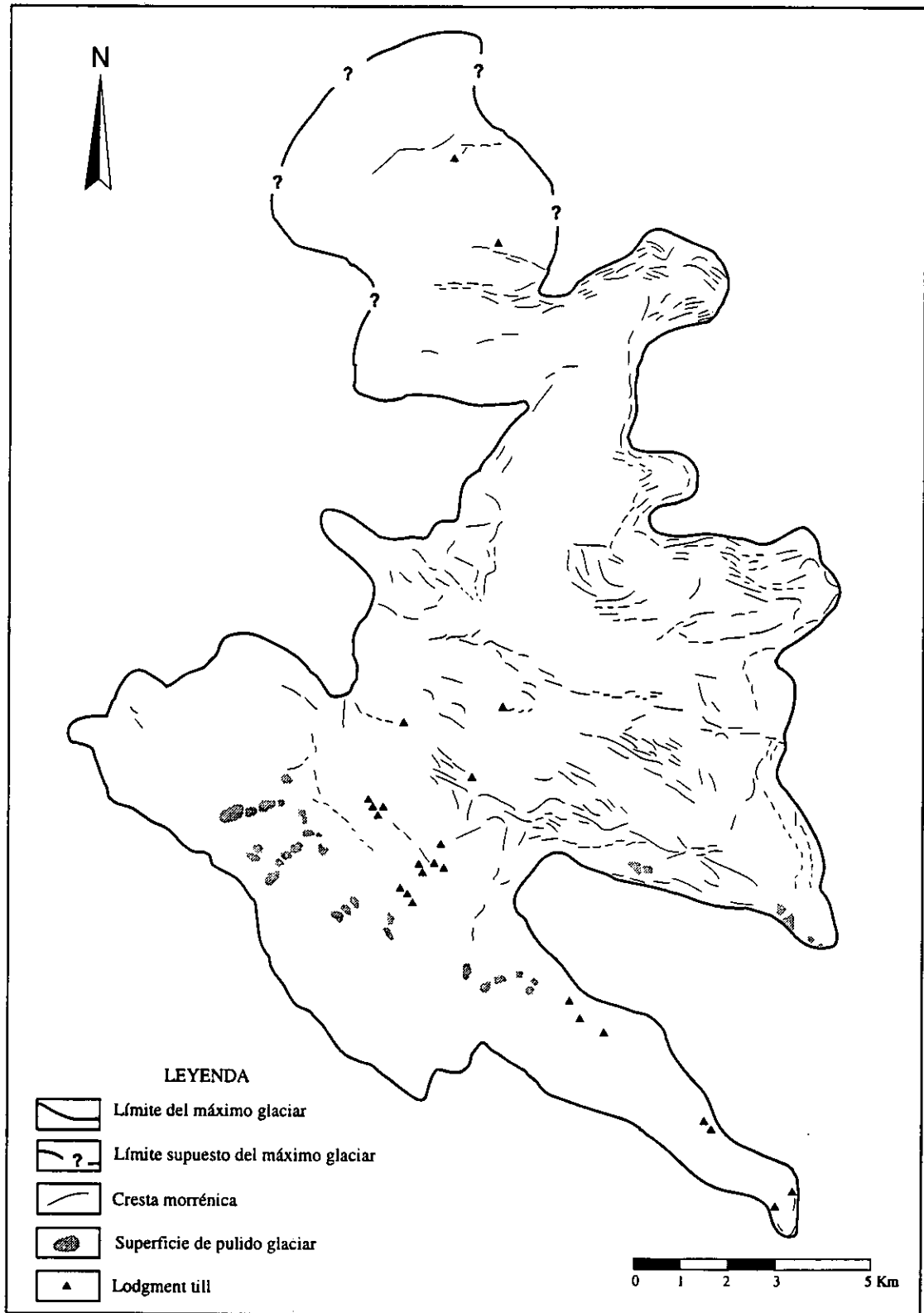


Fig. 10.- Distribución espacial de los rasgos morfológicos y sedimentarios de origen glaciar en la Sierra de Queixa



Foto 1.- Aspecto general del arco morrénico frontal de Chaguazoso (Sierra de Queixa, Ourense)

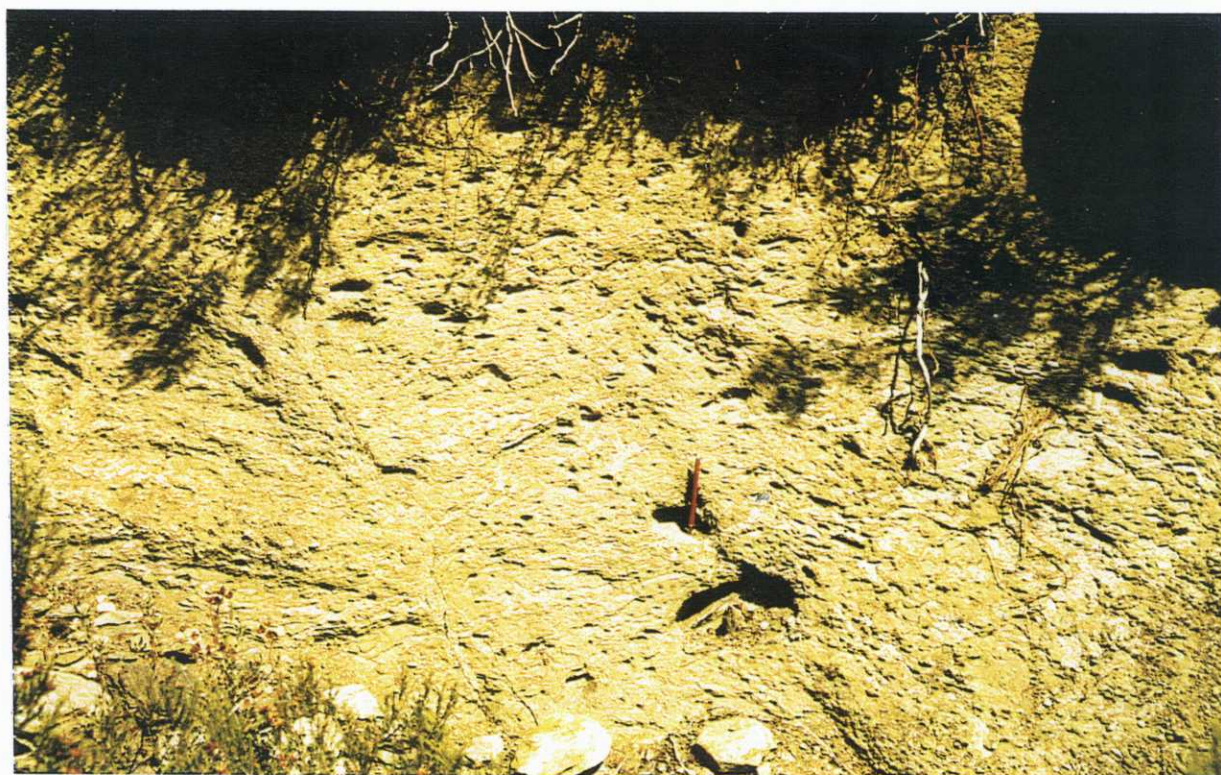


Foto 2.- Afloramiento del till de deformación en Os Reiros (Pradoalbar, Invernadoiro, Ourense)

mejor ejemplo corresponde al complejo morrénico terminal de los valles de Prada y Mormentelos (fig. 10). Dado que no existen buenos cortes sedimentarios en este tipo de depósito-forma se han identificado sólo en base a su morfología o a su disposición perceptible a veces tan sólo en la foto aérea.

Morrenas acanaladas (fluted moraines)

Corresponden a un tipo de formas erosivas desarrolladas sobre depósitos glaciares, esencialmente morrenas de fondo (ground moraines) (foto 2). Se trata de alineaciones de surcos y/o crestas, con o sin núcleo rocoso, que puede aparecer pulido y estriado por el hielo. Se sitúan siempre en zonas interiores del área glaciada y corresponden a la etapa de máxima extensión glaciaria. Su alineación es ortogonal a la de las morrenas frontales. El único criterio para su identificación es el morfológico.

Morrenas de fondo (ground moraines)

Son, sin duda, de todas las formas glaciares, las que presentan una mayor extensión areal así como una morfología menos diferenciada. El paisaje que da este recubrimiento de depósitos es muy regular destacando tan sólo, sin ordenación aparente, los grandes bloques característicos de los depósitos supraglaciares. Tan sólo existe un caso de buen afloramiento en este tipo de depósitos, el corte de la presa del Cenza en las cercanías de Chaguazoso (fotos 3 y 4).

Morrenas supraglaciares

Asociadas estratigráficamente a las morrenas de fondo y con una morfología poco diferenciada y significativa. Su característica más distintiva es la presencia de grandes bloques de granito o pizarra dispersos, sobre todo en zonas de escaso relieve.

4.1.2.1.2.- Sedimentos glaciares y glaciogénicos

Nos vamos a referir a continuación a todos los tipos de facies sedimentarias asociadas a fenómenos glaciares o glaciogénicos, pero sin morfología asociada. Los buenos afloramientos son escasos, pero su estudio sedimentológico permite establecer características genéticas y secuencia relativa de deposición, en el tiempo y en el espacio. Las facies más frecuentes corresponden a distintos tipos de till,

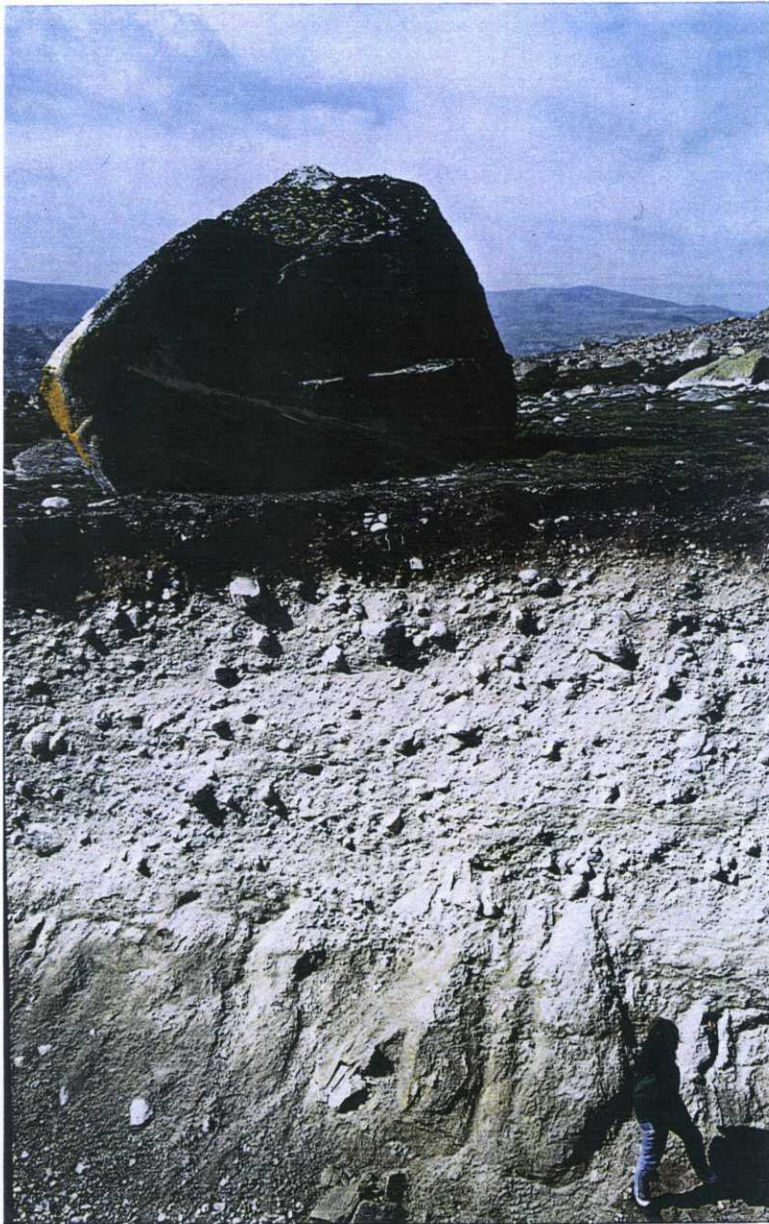


Foto 3.- Corte transversal en la secuencia glacial de Sierra de Queixa. En la base aflora el sustrato rocoso alterado, a media altura el till de acreción, en la parte superior el till de fusión subglacial. Del till supraglacial se reconocen únicamente algunos de los grandes erráticos.



Foto 4.- Canal subglaciar excavado en el till de acreción en el corte de la presa del Cenza (Sierra de Queixa, Ourense)



Foto 5.- Complejo del valle glaciar de Castelo Cerveira. La red fluvial actual se ha encajado en los depósitos subglaciares correspondientes a la etapa final del desarrollo glaciar en Invernadoiro.

aunque en algunos casos se han podido identificar depósitos glaciogénicos (fluvioglaciares y fluviolacustres). Hasta el momento no se han realizado estudios micromorfológicos de estos depósitos ni morfoscopía de granos de cuarzo, siendo los criterios seguidos para su identificación únicamente de campo. De acuerdo con ellos, según los criterios de Dreimanis (1988), hemos identificado las siguientes facies de sedimentación:

- Till de acreción (lodgment till)
- Till de fusión subglacial (subglacial melt-out till)
- Till de deformación (deformational till)
- Till supraglacial de ablación
- Depósitos fluvioglaciares
- Depósitos fluviolacustres

4.1.2.1.3.- Línea de avance máximo de los hielos

Se han seleccionado los mejores afloramientos que representan la evolución del sistema glaciar de Queixa-Invernadoiro. Para ello se han utilizado criterios múltiples. La delimitación de áreas aún recubiertas por el manto de alteritas de aquellas que no lo están y la existencia de formas etche primarias (vasque, tor, etc.) se han demostrado como el mejor criterio para definir, con un margen de error de orden métrico, el avance de los hielos (fig. 11). En otras áreas (Serra de Gerês, Portugal Norte) este mismo criterio ha sido aplicado con éxito (Vidal Romaní *et al.*, 1990a, b).

Los mantos de alteritas o aún las formas etche pueden aparecer no sólo por debajo, topográficamente, del límite de máximo avance, sino también por encima de éste. Además de este tipo de criterios, la localización de afloramientos de till de alojamiento (lodgment till) se ha demostrado decisiva para determinar una posición de avance del frente glaciar.

A continuación se describen los afloramientos más característicos de sedimentos glaciares y glaciogénicos.

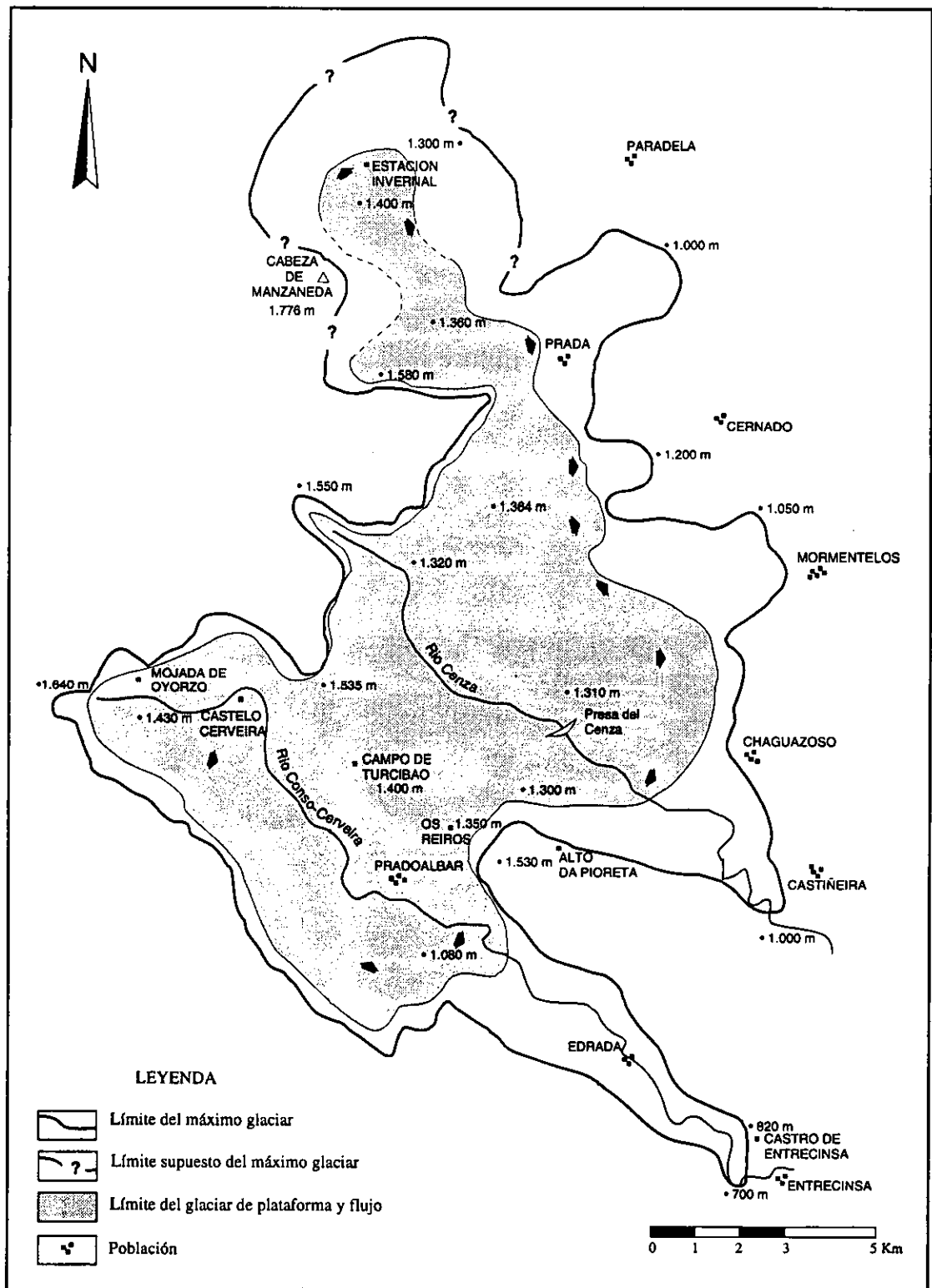


Fig. 11.- Reconstrucción del glaciar de plataforma y direcciones de flujo de la Sierra de Queixa, durante la fase de máximo glaciar

Afloramiento de Os Reiros

Se trata de un till de alojamiento situado topográficamente (1.350 m), por encima de Pradoalbar (1.080 m) (fig. 10), corresponde a un sedimento con una fábrica bien marcada de matriz limo-arenosa muy compacta con pequeñas lascas de pizarra intercaladas, con su dimensión planar según el plano s-c del sedimento (foto 3). Ocasionalmente se distinguen cantos mayores, subangulosos, facetados y de superficie pulida y estriada típica de los cantos glaciados. El sedimento presenta un elevado grado de alteración con una tonalidad amarillo verdosa muy clara.

Afloramiento de Majada de Oyorzo

Situado en el nacimiento del río Cerveira-Conso (1.430 m) (fig. 10), presenta un aspecto muy similar, fuertemente foliado con matriz limo arenosa y abundantes cantos estriados y facetados de pizarra y cuarzo, siendo la única diferencia con el afloramiento anterior, un menor grado de alteración.

Afloramiento de la Presa del Cenza

Se sitúa a 1.340 m de altura (fig. 10). Es sin duda el mejor afloramiento de todos los conocidos. Para la construcción de una presa, se ha excavado una trinchera de profundidad variable, entre 1 y 5 m, en la que aflora una secuencia de depósitos muy completa. En la base, un till de deformación con un espesor de unos 10 cm, que se dispone directamente sobre la roca (granito), muy pulimentada y estriada. Se trata de un material limo-arenoso, de grano muy fino y un color verdoso. Los planos de foliación de la matriz se adaptan a las irregularidades del sustrato, que se inyecta en las grietas del mismo. Por encima se dispone, con un espesor variable, un till de alojamiento de matriz arcillo arenosa, en el que predominan los granos de cuarzo. El depósito es matriz soportado en algunos puntos, mientras que en otros es clasto soportado. El espesor de esta unidad es variable entre 0.7 y 3 m. Hacia el techo de la secuencia, la unidad representada corresponde a un till de fusión subglaciar (subglaciar melt-out till), en el que aparecen frecuentes restos de canales rellenos de gravas y arenas bien estratificadas, gradadas y muy limpias, con frecuencia deformadas por glaciectónica (foto 4). Por encima se dispone ya la última unidad que interpretamos como un till supraglaciar de ablación representado por hasta 0.5 m

de arenas y arcillas poco compactas, así como grandes bloques erráticos de granito con textura clasto soportada y un bajo grado de compactación. No presentan una fábrica sedimentaria clara, ni existe colmatación por arcillas de los poros del sedimento como ocurría en las unidades inferiores.

Complejo del valle alto del Río Conso-Cerveira

Representa una fase tardía en el glaciario de Queixa-Invernadoiro. Es sin duda el afloramiento más completo de todos los conocidos hasta el momento (foto 6). Situado a unos 1.430 m de altura (fig. 10), se desarrolla sobre un sustrato metamórfico (pizarras).

Se trata de una secuencia de unos 20 m de espesor medio que, de abajo arriba, permite el reconocimiento de las siguientes unidades: una unidad basal, de la que tan sólo son visibles los 3 ó 4 metros finales, y que identificamos como un till de acreción muy compacto. La matriz del depósito es limo-arcillosa y en ella se distinguen además pequeñas lascas de pizarra, orientada según los planos de fábrica del sedimento. Sobre ella, en discordancia gradual se dispone otra unidad identificada por nosotros como un till de fusión subglaciar (subglacial melt out till), en el que se intercalan niveles limo arcillosos con niveles de gravas y niveles arenosos. A veces pueden aparecer clastos aislados de pizarra o cuarcita, pero siempre soportados por la matriz. El conjunto se halla claramente replegado con pliegues monoclinales de vergencia hacia el W, que es la dirección de avance del glaciar. Estos pliegues se manifiestan de manera diferente en función de la vergencia de los materiales afectados. En los materiales limo arenosos y en los pequeños lentejones de arena se trata de deformaciones continuas y bien definidas. En los niveles de gravas o paquetes de detríticos de granulometría mayor, la deformación ha dado lugar a un "boudinage" de los materiales más competentes que en algunos puntos llega a producir imbricación de los "boudins". Se ha producido una cementación por óxidos de Fe de estos tramos más detríticos, aparentemente con posterioridad a la deformación.

Por encima de este till deformado por glaciotectónica se sitúa ya un till supraglaciar muy desmantelado por la posterior erosión de ladera. Estratigráficamente encima de este till supraglaciar se dispone un paquete de sedimentos fluvio-glacio-lacustres que indican el fin de la actuación de los procesos glaciares en esta zona. Se

trata de una pequeña unidad de 0.8 m de espesor que debuta en la base con un contacto erosivo sobre el till de fusión supraglacial (supraglacial melt-out till). Está constituida por 0,3 m de alternancia de gravas, arenas y arcillas en las que se distinguen estructuras cruzadas con imbricación de los clastos y que a techo presenta estructuras de carga en el contacto con la unidad superior. Encima hay hasta 0,5 m de arcillas arenosas laminadas de color verde grisáceo. Cierra la serie unos 20 cm de depósitos de vertiente que se apoyan en discordancia sobre la unidad inferior.

Complejo terminal del Castro de Entrecinsa

Es sin duda el afloramiento más conflictivo, aunque también uno de los de mayor interés ya que es el que permite situar la cota más baja (820 m) (fig. 10), alcanzada por los hielos glaciares durante el máximo local, para la Sierra de Queixa-Invernadoiro (foto 7). De él sólo se reconocen dos afloramientos, muy mal conservados, y cuya característica más importante es la heterometría del sedimento con grandes bloques de granito, pizarra y cuarcita, sobre sustrato granítico. En los huecos dejados por los clastos de mayor tamaño se puede reconocer una matriz arcillo-arenosa con pequeños cantos y gravas rodadas junto a clastos angulosos en los que a veces se pueden reconocer morfologías de cantos glaciados estriados. La foliación de esta matriz indica la existencia de una deformación que interpretamos como de origen glaciar. Se trata de un till de alojamiento, parcialmente removido y que señalaría una etapa de avance. Por delante de este afloramiento y recubriendo toda la ladera hasta el fondo del valle actual existe una acumulación anómala de bloques, interpretada como los restos de la morrena terminal de la lengua glaciar del río Conso. La altura del depósito, 120 m por encima del fondo del valle actual, permite descartar que los materiales rodados que se mezclan con los depósitos subglaciares correspondan a una terraza fósil del río Conso. Por su disposición espacial corresponderían, obviamente, a sedimentos de canales subglaciares (melt out subglacial till) y con menos probabilidad a cursos yuxtaglaciares. Todo ello hace que se descarte que se trate de una terraza antigua del río Conso.



Foto 6.- Corte del complejo glaciar terminal de Entrecinsa (Invernadoiro, Ourense)

4.2.- DATACIONES ABSOLUTAS

Las dataciones absolutas han sido realizadas en el Laboratorio de Isótopos Ambientais (referencia ICEN) de Sacavém (Portugal), para el caso de las dataciones radiocarbono convencionales y en el Tandem Laboratory (referencia Ua) de la Universidad de Uppsala (Suecia), para las realizadas mediante la técnica del acelerador de masas.

No se ha rechazado ninguna datación, ya que no hay ningún indicio para ello. El sustrato calcáreo de la Sierra del Courel, no parece haber planteado problemas de envejecimiento de las fechas obtenidas (Olsson, 1986), más bien al contrario, aunque esto será tratado con detalle en el apartado correspondiente.

La naturaleza silíceo del sustrato en la Sierra de Queixa, descarta la posibilidad de una contaminación de las muestras con carbono inorgánico, con el consiguiente envejecimiento de las dataciones (Olsson, 1986). Tampoco hay indicios de inversión de edades.

Siguiendo las reglas de nomenclatura aprobadas en la 12ª Conferencia Internacional sobre el Radiocarbono (Trondheim, 1985), las dataciones se expresan siempre en años BP, acompañadas por la referencia del laboratorio en el que se han efectuado. Cuando los sedimentos son posteriores a los 7.000 años ^{14}C BP, debe hacerse la calibración de las mismas (Olsson, 1986; Bartlein *et al.*, 1995), las fechas de radiocarbono calibradas deben de ir acompañadas de los símbolos cal BC, cal AD o cal BP, según el caso y referir siempre la curva de calibración utilizada.

En nuestro caso la calibración de todas las dataciones aquí presentadas se ha hecho siguiendo la curva de Stuiver & Reimer (1993).

En la tabla 1 se presentan los resultados de las dataciones ^{14}C obtenidas en cada uno de los registros estudiados en el presente trabajo. La información se presenta teniendo en cuenta los siguientes puntos: nombre del sondeo, profundidad y, por tanto, espesor del nivel datado, material, referencia del laboratorio en el que se ha efectuado la datación, datación radiocarbono en años ^{14}C BP con su correspondiente error, dataciones calibradas (cal BC ó cal AD) y la desviación del ^{13}C en milésimas.

Sondeo	Prof. (cm)	Mat. datado	Referencia laboratorio	Edad años (BP)	Edad calibrada (BP)	Edad calibrada (AD(+); BC (-))	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
LUC	30	SL	Ua-10832	2235±70	2351-2052	-401 -102	-26,77
LUC	111	SL	Ua-10833	4075±75	4735-4409	-2785 -2459	-27,64
LUC	150	SL	Ua-10141	4110±60	4734-4503	-2784 -2553	-29,10
LUC	182	SL	Ua-10834	5310±65	6209-5935	-4259 -3985	-28,74
LUC	300-313	SL	ICEN-1253	7180±140	8195-7661	-6245 -5711	-30,35
LUC	400	SL	Ua-10142	8350±80	9485-9185	-7535 -7235	-30,32
LUC	440	SL	Ua-10143	8950±85	10047-9807	-8097 -7857	-29,12
LUC	460-470	SLM	ICEN-1252	8990±400	10975-9204	-9025 -7254	-29,28
FRAG	155-170	SL	ICEN-932	8030±80	9047-8571	-7097 -6621	-26,77
AGUI	30-40	T	ICEN-1026	Moderno			-25,80
AGUI	95-105	T	ICEN-1025	550±130	717-304	+1233 +1646	-25
AGUI	168-178	T	ICEN-1024	2020±70	2141-1818	-191 +132	-26,69
CC	175	T	ICEN-1043	2720±90	3075-2710	-1125 -760	-26,30
BEC	200-208	SL	ICEN-931	7400±80	8336-7992	-6386 -6042	-28,06
LG	843-851	SL	GIF-9152	13400±400	17004-14815	-15054 -12865	

Tabla 1.- Lista de dataciones ^{14}C obtenidas. El intervalo de edades calibradas se ha calculado con una probabilidad del 95,4% (2 sigma)

LUC, Laguna Lucenza; FRAG, Fraga; AGUI, As Aguilladas; CC, Castelo Cerveira; BEC, Becorreiras; LG, Laguna Grande

SL, sedimento lacustre; SLM, sedimento lacustre masivo; T, turba

4.3.- ANÁLISIS POLÍNICOS

Se presentan en este apartado los datos de la obtención de los registros en cada una de las localidades, profundidad alcanzada, intervalos de muestreo, espesor y volumen de muestra tomados, así como las características sedimentarias más destacables.

A continuación se expone el modelo cronológico adoptado para la estimación de la edad de la secuencia.

Se presenta también la zonación polínica, la cual nos permitirá facilitar la descripción y la comparación de los resultados. La definición de las zonas polínicas ha sido ampliamente comentada en el capítulo anterior, por lo que nos limitaremos a exponer los resultados de las mismas.

Finalmente, se presenta una breve interpretación de cada diagrama junto con una figura en la que se relacionan litoestratigrafía, presencia de carbones, zonas polínicas, edad estimada, profundidad, relación AP/T y concentraciones polínicas totales (figs. 12, 18, 23, 28 y 34).

4.3.1.- LAGUNA LUCENZA

Se trata de una laguna de origen glaciario colmatada (foto 7), que posee una cuenca de recepción pequeña y sin drenar, permaneciendo casi todo el año encharcada con una lámina de agua (pH: 7), de unos 50 cm. El sustrato está formado por esquistos carbonosos.

La vegetación higrófila está dominada por *Fontinalis* y *Callitriche* sp., presentando también en la superficie del agua *Ranunculus fluvialis* s. l. En el borde de la laguna aparecen ejemplares de juncáceas (*Juncus effusus*) y de salgueiros (*Salix atrocinerea*).

La vegetación de los alrededores está constituida por un denso matorral de ericáceas, xesteiras, carqueixa y ejemplares aislados de salgueiros fundamentalmente, encontrándose también algún pie aislado de abedul, más abundante valle arriba.



Foto 7.- Vista general de Laguna Lucenza (Sierra del Courel, Lugo) en su estado actual

4.3.1.1.- DESCRIPCIÓN DEL SONDEO

La laguna no queda libre de agua hasta finales del verano, época elegida para la realización del sondeo. El muestreo de esta laguna se llevó a cabo en la parte central, cuando se hallaba totalmente seca. Para la obtención del registro se utilizó una sonda Rusa.

Se efectuó un primer sondeo, en dos agujeros alternativos en paralelo, y con un espesor de solapamiento de 10 cm, alcanzándose una profundidad de 490 cm. A partir de aquí nos encontramos con un nivel de arcillas, cuya compactación nos impidió continuar el sondeo.

Con el fin de obtener material suficiente, tanto para el análisis polínico como para efectuar las dataciones, se tomó un nuevo sondeo en dos agujeros alternativos, aunque esta vez sin solapar, alcanzándose en esta ocasión 457 cm. Al final aparecen de nuevo las arcillas compactas grisáceas, y puede observarse la misma secuencia sedimentaria, aunque ligeramente comprimida. Los sondeos se tomaron

muy próximos, para evitar, en lo posible, diferencias en la sedimentación, que pudieran falsear los datos.

El análisis polínico se efectuó en el sondeo que presentaba mayor espesor de sedimento (490 cm), así como las dataciones, reservando el otro por si fuera necesario para confirmaciones posteriores o para completar las dataciones radiométricas.

En principio, la toma de muestras para el estudio palinológico se hizo cada 10 cm, sin descartar la posibilidad de reducir dicho intervalo si fuese necesario, con el fin de precisar la dinámica de la vegetación o la existencia de hiatos. De hecho, en la parte inferior de este sondeo, en el último metro de sedimento, se muestreó con un intervalo de 5 cm y en los últimos 20 cm, las muestras fueron tomadas cada 2,5.

Desde el punto de vista litoestratigráfico, el sedimento presenta bastante uniformidad. En la figura 12, se pueden observar las características más destacables. Esquemáticamente se pueden distinguir: un nivel de arcillas compactas gris-azuladas en la parte inferior, un paquete de limos y arcillas muy orgánicos y con diversos cambios de color y textura, a lo largo de la mayor parte del registro, un horizonte limoso orgánico con algunas raíces muy finas y un horizonte arcilloso muy orgánico con raíces frecuentes, en el techo de la secuencia.

4.3.1.2.- CRONOLOGÍA

Se presentan en este apartado los criterios adoptados para la estimación de la edad en los niveles estudiados.

Se han hecho nueve dataciones por ^{14}C utilizando distinta metodología. Dos de ellas han sido obtenidas mediante el método convencional (referencias ICEN). Las siete dataciones restantes se han hecho por acelerador de masas (referencias Ua). Únicamente en una de las muestras, la más profunda (483 cm) no se ha podido obtener la fecha ^{14}C ya que el sedimento carecía de materia orgánica. En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos para cada datación.

Para la estimación de la edad de la secuencia se ha hecho un modelo cronológico estimado ajustado mediante una función polinomial (fig. 13), con el fin de suavizar los bruscos cambios de pendiente obtenidos con una interpolación lineal entre

Laguna Lucenza (1.420 m)

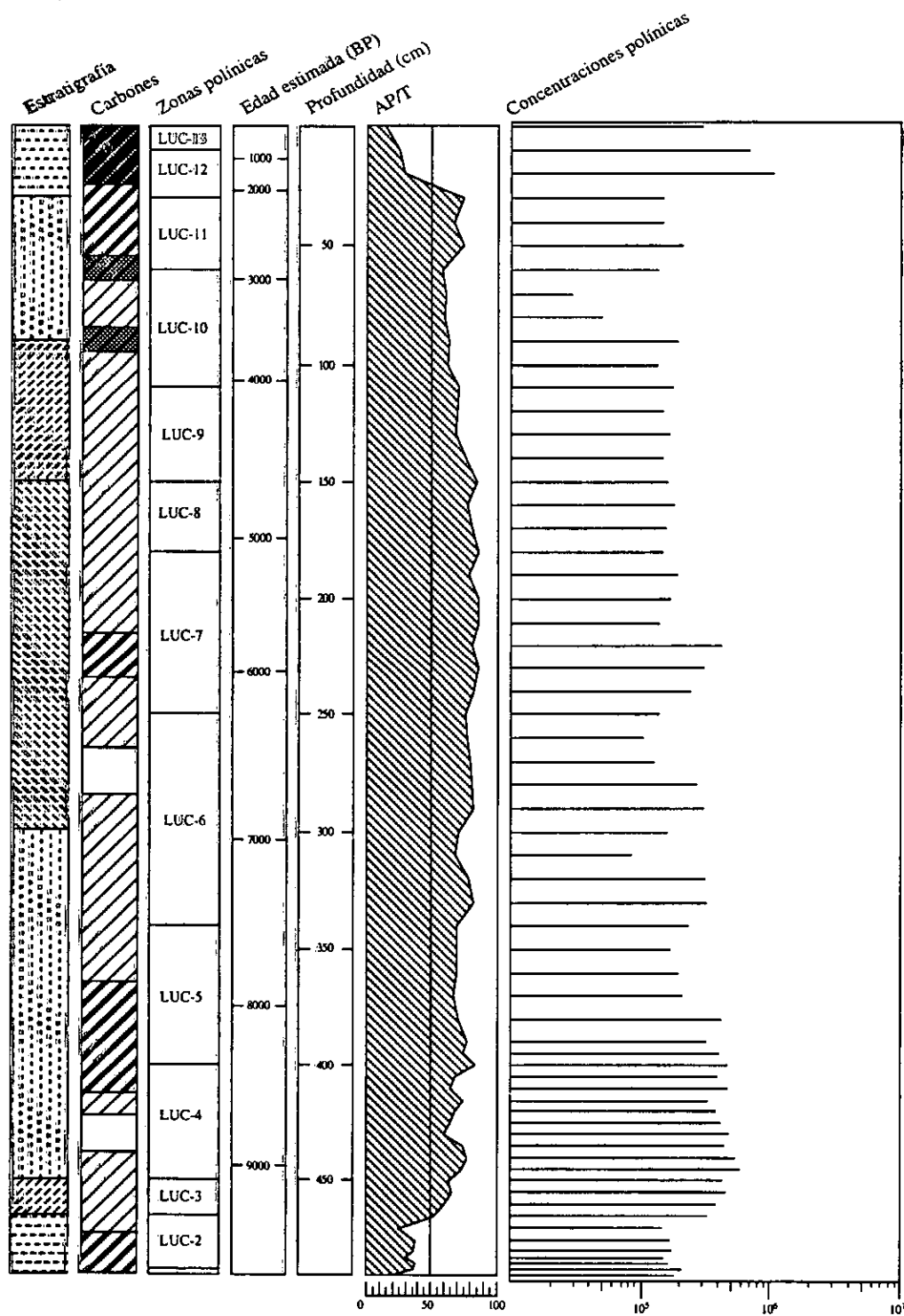


Fig. 12.- Laguna Lucenza: Biozonación, cronología y características del sedimento

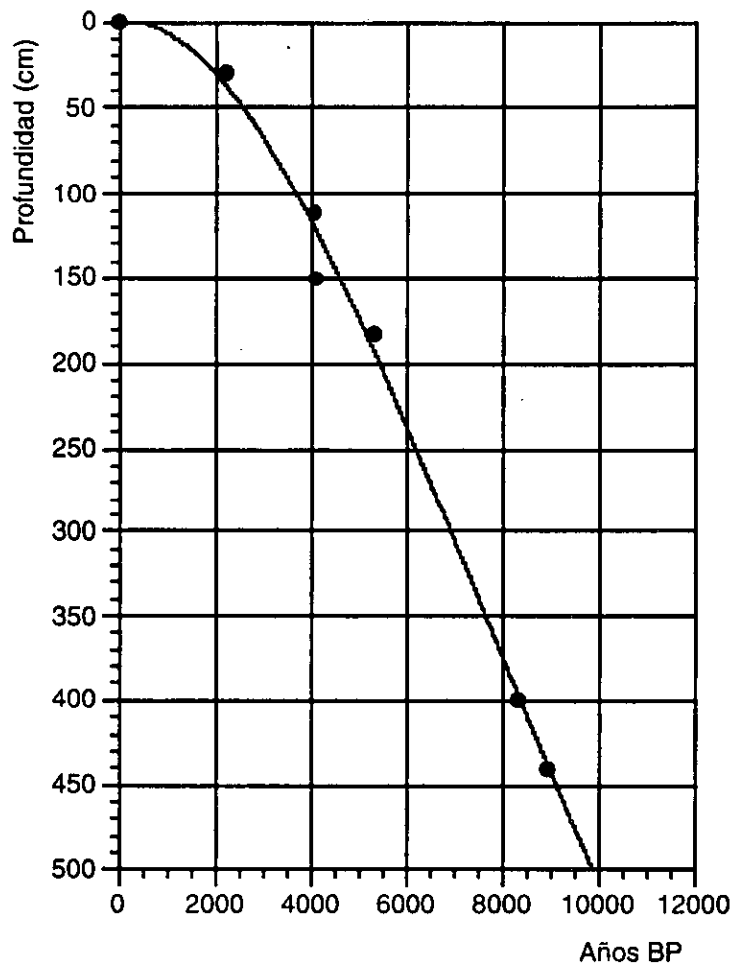


Fig. 13.- Modelo cronológico estimado para la localidad de Laguna Lucenza

cada dos dataciones. Para ello se han tenido en cuenta únicamente las dataciones efectuadas por acelerador de masas, dado que son la mayoría, son las más precisas y con el fin de uniformizar los datos. No obstante, las dos dataciones restantes, efectuadas por el método convencional, se ajustan bastante bien al citado modelo.

En todo caso, en una primera estimación de la edad de la secuencia, se podría intuir únicamente que la datación más profunda (8.990 ± 400 años B.P en el intervalo 460-470 cm), sería la que menos se ajusta y no parece corresponderse muy bien con la anterior (8.950 ± 85 BP a 440 cm) que, por otra parte, nos ofrece mayor fiabilidad fundamentalmente por la precisión del material datado, lo que unido a la magnitud del error de la primera, a causa del bajo contenido en materia orgánica, nos podría indicar que está ligeramente rejuvenecida. Los datos polínicos nos ayudarán a confirmar o rechazar esta hipótesis.

La relativa homogeneidad en el sedimento nos ha hecho suponer que no se hayan producido grandes cambios en las condiciones hidrodinámicas de la laguna y por tanto en las tasas de sedimentación. Se ha asignado una edad 0 al inicio del registro, ya que no se aprecian signos de erosión en una cuenca de recepción de reducidas dimensiones y con escaso drenaje. La tasa de sedimentación media de este registro es de 0,05 cm/año. No obstante, las tasas de sedimentación entre niveles datados va a variar mucho, con intervalos que van desde 0,01 hasta 1,1 cm/año.

En la figura 13 se representa el modelo cronológico adoptado a partir de las dataciones obtenidas por AMS.

A pesar de la naturaleza calcárea del sustrato de la zona donde se ha efectuado este sondeo, no parece detectarse alteración o envejecimiento de las muestras por carbono inorgánico (Olsson, 1986), así como tampoco parecen detectarse inversiones en las edades, lo cual no es de extrañar si tenemos en cuenta la separación de las muestras datadas.

Por otra parte, los datos polínicos no reflejan que haya habido un envejecimiento de las dataciones. En el diagrama polínico se observa la sucesión característica de táxones para este periodo, y su correlación con los resultados de otras localidades demuestra que no están envejecidas.

4.3.1.3.- ZONACIÓN POLÍNICA

El diagrama polínico de este sondeo (figs. 14 y 15) se caracteriza por un lado, por la abundancia de palinomorfos que aparecen a lo largo de todo él, y por otro lado, por la buena conservación que éstos presentan si exceptuamos los centímetros inferiores, correspondientes sedimentológicamente a las arcillas gris-azuladas ya descritas, en las que se acusa un importante porcentaje de indeterminables. Este porcentaje se corresponde, fundamentalmente, con granos de polen rotos y deteriorados, que imposibilitaron su identificación. La riqueza polínica encontrada se ve reflejada también en las concentraciones polínicas (figs. 14, 15, 16 y 17).

La evolución de los táxones más abundantes y significativos, nos ha permitido diferenciar las siguientes zonas polínicas:

LUC-1. Zona polínica de Poaceae y *Pinus*

(490 a 487,5 cm. Edad estimada (fig. 13): > 9.750 años ¹⁴C BP)

Esta breve zona polínica inicial, se caracteriza por la escasa cubierta arbórea existente. Si exceptuamos los centímetros superiores, es la zona polínica que presenta el porcentaje más bajo de táxones arbóreos de todo el diagrama polínico (oscilando entre el 20 y el 36% del polen total). Este periodo se caracteriza además por la neta dominancia del polen de *Pinus* (18-31%) que además es en esta zona donde presenta sus mayores porcentajes.

Por el contrario, el polen no arbóreo presenta elevados valores (63 a 80%) dominado por Poaceae, que también alcanza aquí porcentajes muy elevados (46%). Le acompañan otros táxones indicadores de medios abiertos tales como *Artemisia*, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Asteroideae y Cichorioideae que, sin ser muy abundantes (en ningún caso sobrepasan el 6%), presentan aquí sus valores más elevados.

Los otros dos únicos táxones arbóreos que tienen una cierta presencia son *Betula* y *Quercus* que, con valores muy bajos (2%), ya están presentes desde este periodo. El resto de los táxones arbóreos (*Corylus* y *Ulmus*) aparecen de manera esporádica. Por el contrario, los pólenes de *Quercus* y *Betula* aquí presentes, se pueden traducir, como se verá más adelante, en el principio de la colonización del

Laguna Lucenza, Sierra del Courel (1.420 m)

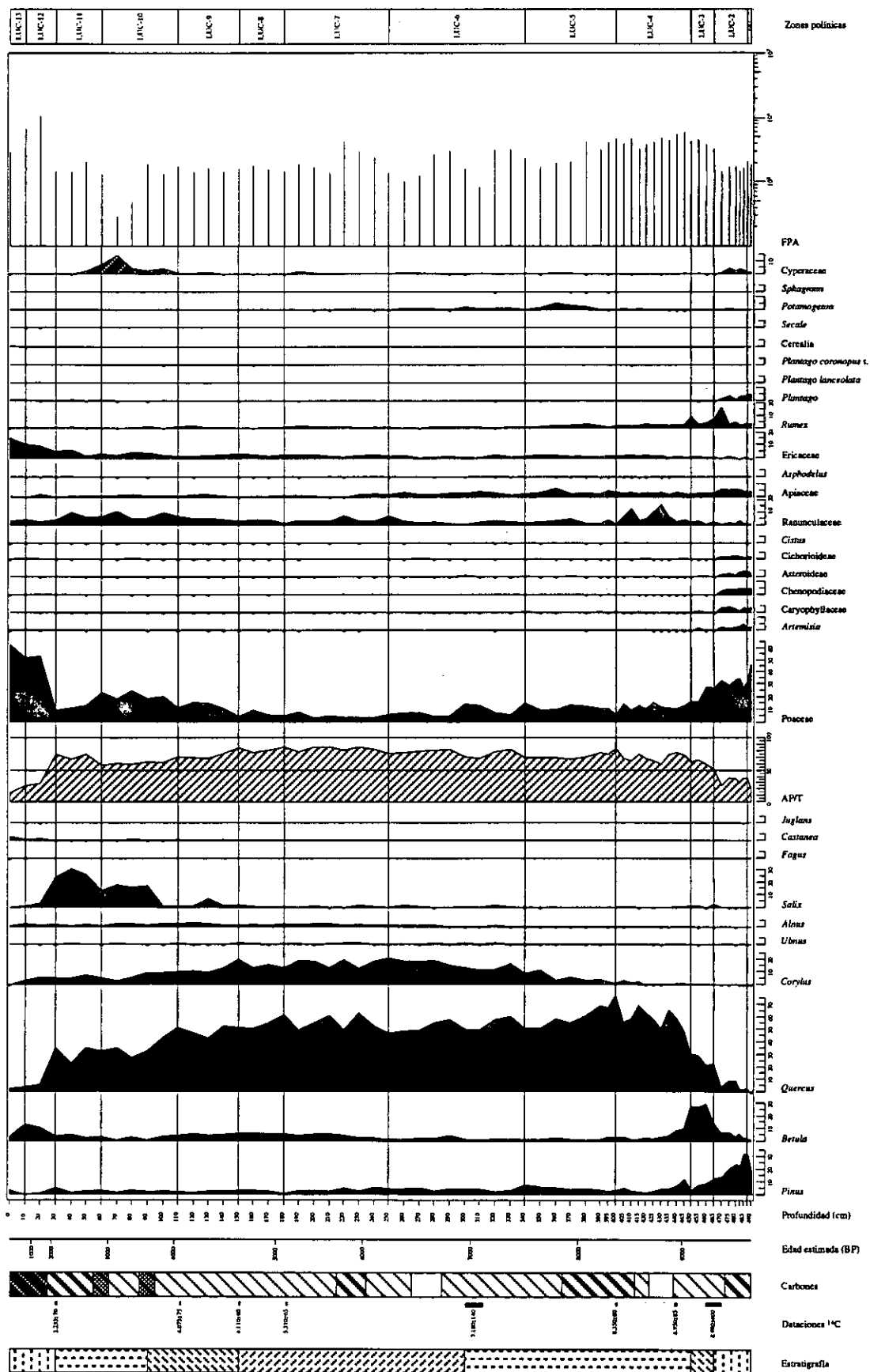


Fig. 15.- Diagrama polínico de Laguna Lucenza (taxones seleccionados)

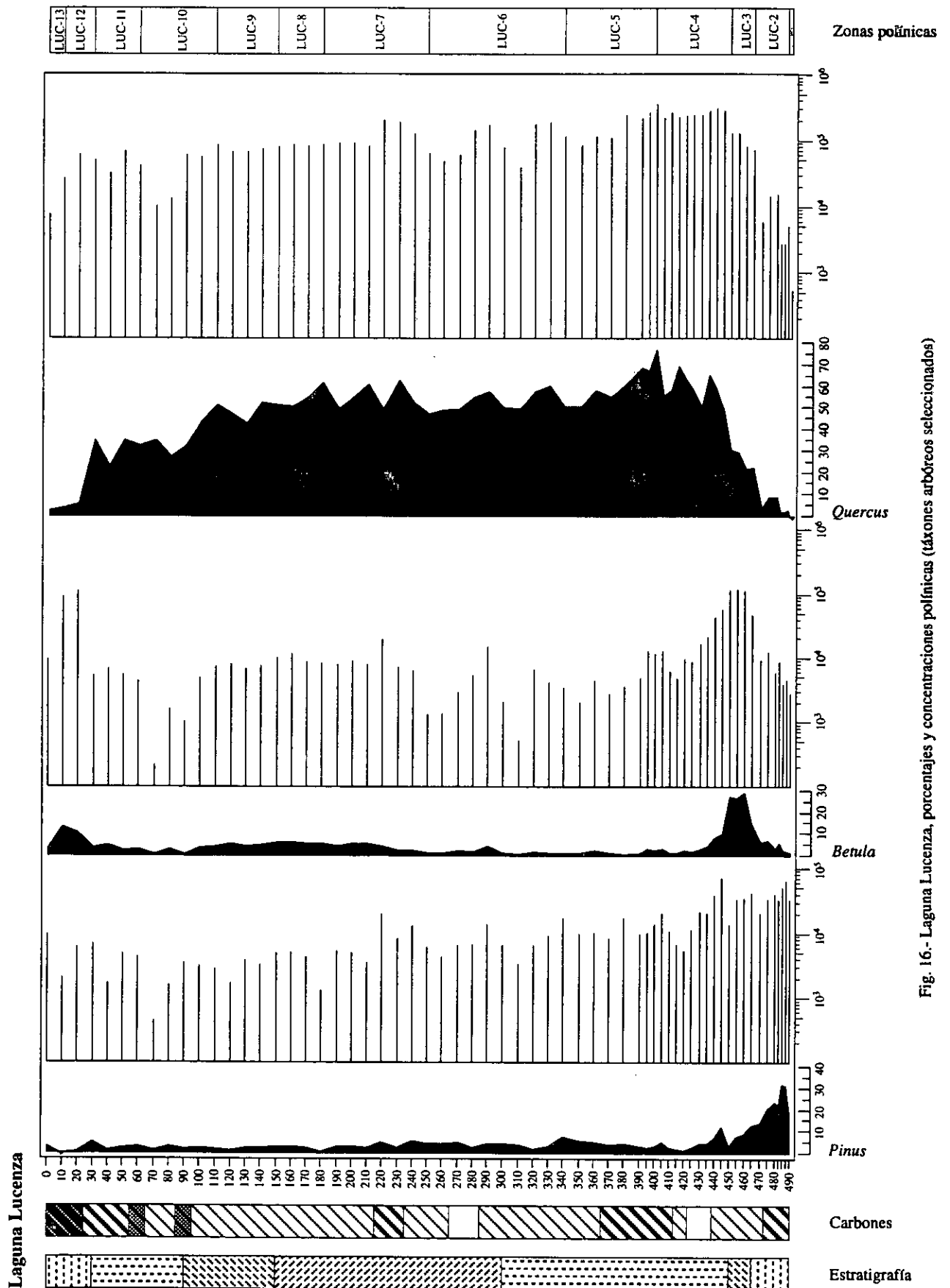


Fig. 16.- Laguna Lucenza, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones arbóreos seleccionados)

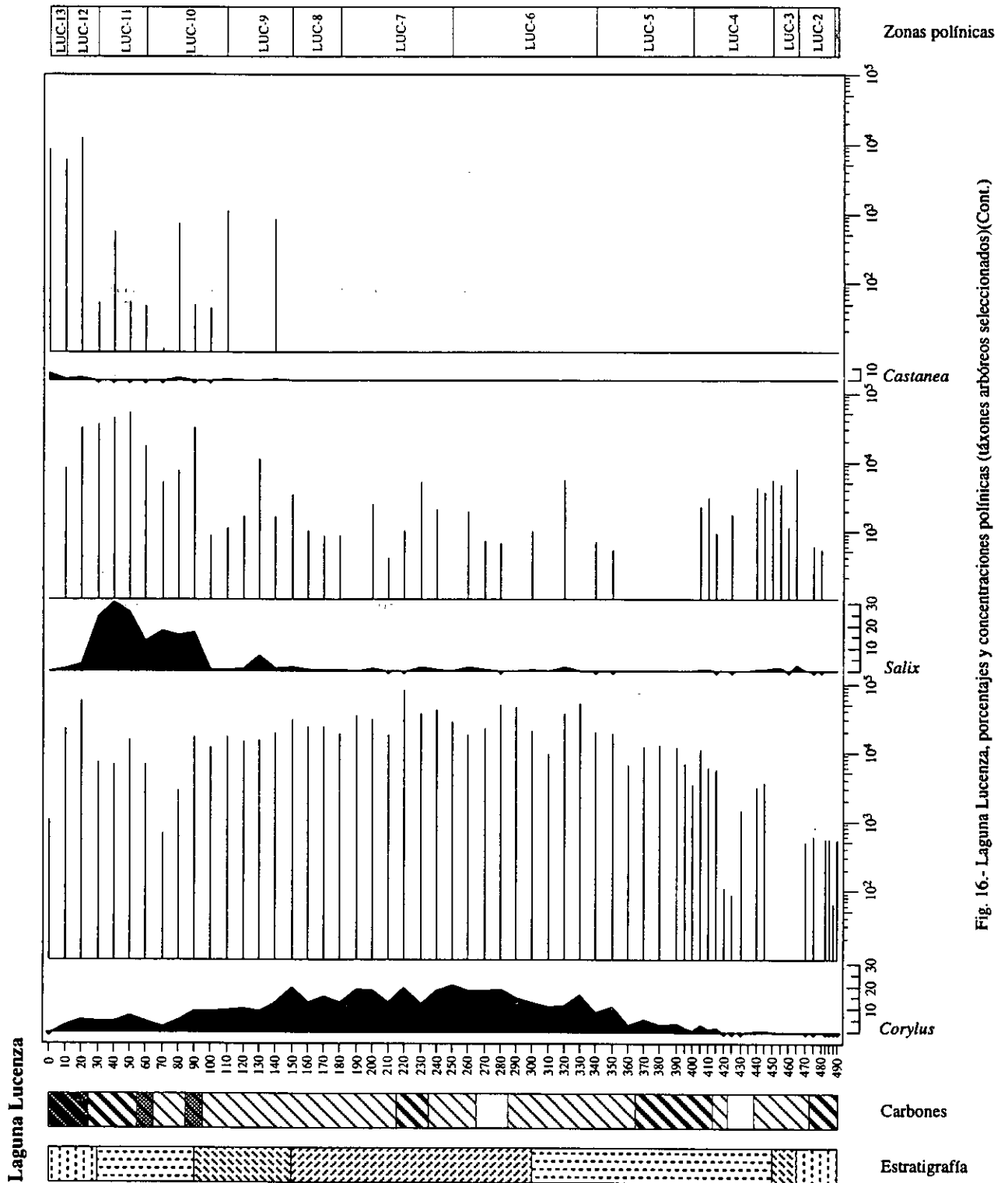


Fig. 16.- Laguna Lucenza, porcentajes y concentraciones polínicas (taxones arbóreos seleccionados)(Cont.)

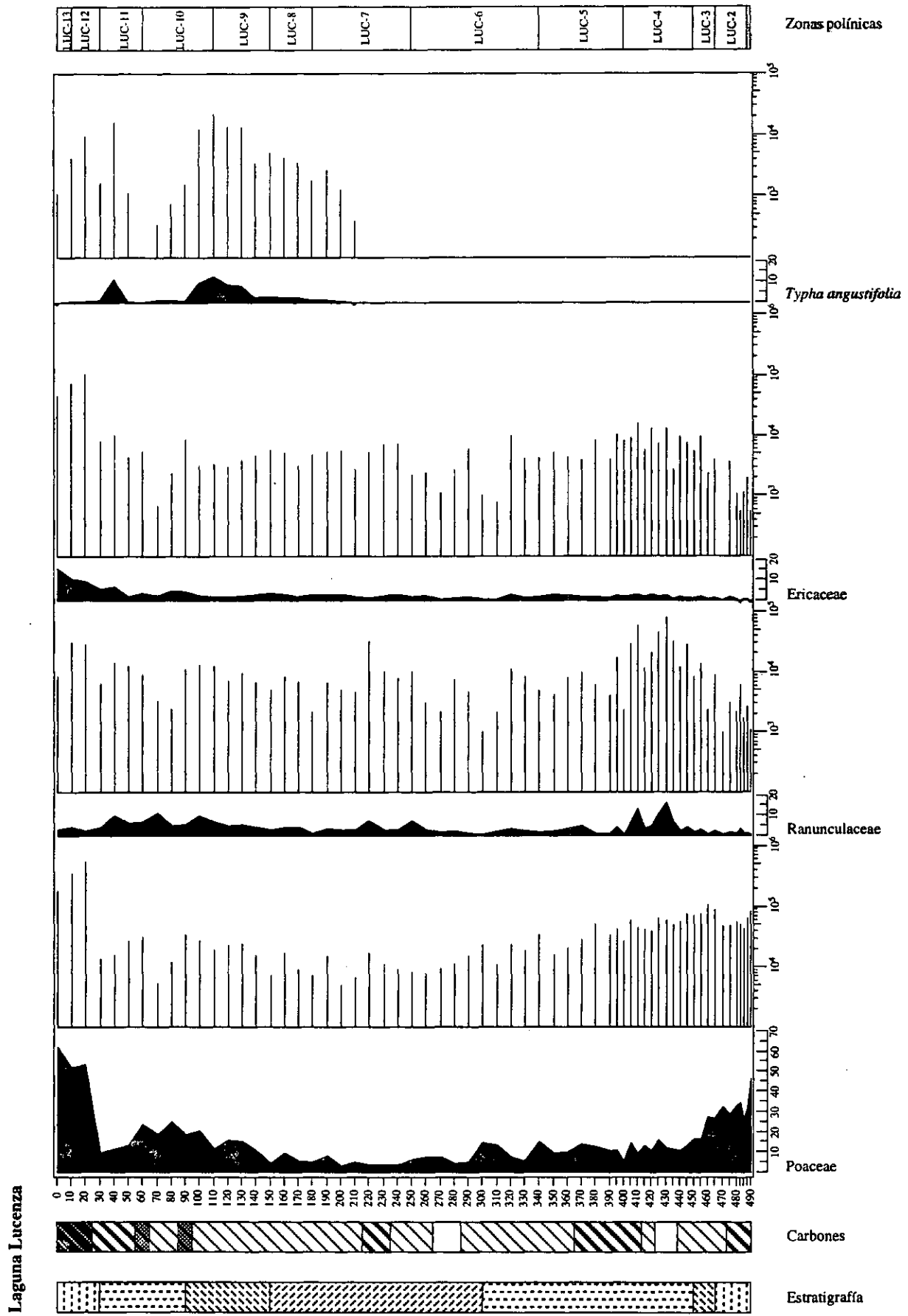


Fig. 17.- Laguna Lucenza, porcentajes y concentraciones polínicas (taxones herbáceos seleccionados)

medio, aunque los bajos valores de la relación AP/T (20 a 38%) nos indican, por el momento, una cubierta vegetal abierta, tanto local como regional.

Rumex y *Apiaceae* están presentes en esta zona, ya con valores apreciables (3 y 4%, respectivamente). *Plantago* presenta en esta zona sus porcentajes más elevados (5%). La presencia de *Ericaceae* es escasa, no llegando al 1% y de manera esporádica aparecen *Rosaceae*, *Filipendula* y *Rubiaceae*.

Las acuáticas presentan bajos porcentajes en esta zona, estando representadas por algunas *Ranunculaceae* y *Cyperaceae*.

Las concentraciones polínicas totales (figs. 14 y 15) parecen corresponderse con la escasa cubierta vegetal existente, mostrando valores relativamente bajos (180.000 granos de polen/cm³ de sedimento). Si tenemos en cuenta que *Poaceae* y *Pinus* son los dos táxones dominantes y la gran polinización y diseminación del segundo, podemos hacernos una idea bastante clara de la apertura del paisaje en esta zona. No obstante, la concentración polínica puede depender también de la velocidad de sedimentación.

El límite superior de esta zona está caracterizado por la disminución del polen de *Poaceae*, *Pinus* e incremento de *Quercus*.

LUC-2. Zona polínica de *Poaceae*, *Pinus*, *Quercus* y *Betula*

(487,5 a 465 cm. Edad estimada (fig. 13): > 9.750-9.325 años ¹⁴C BP)

En esta zona polínica se produce una recuperación de la cubierta arbórea, superándose al final de la fase el 50%. *Quercus* y *Betula* serán los dos táxones arbóreos que contribuirán a ello, junto con *Pinus* que, aunque reduce significativamente sus porcentajes a lo largo de esta zona perdiendo importancia en el conjunto de la vegetación, sus valores absolutos se mantienen todavía elevados. El resto de los táxones arbóreos se presentan esporádicamente, si exceptuamos *Salix* que inicia en esta zona su curva continua.

Aparecen en esta zona los primeros pólenes de *Alnus* y *Oleaceae*.

El resto de los táxones arbóreos no experimentan grandes cambios con respecto a la zona anterior, aunque tanto *Ulmus* como *Frangula alnus* presentan valores ligeramente superiores.

El estrato herbáceo presenta modificaciones importantes. Mientras que las poáceas descienden y se estabilizan con valores en torno al 30%, *Artemisia*, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Asteroideae, Cichorioideae y *Plantago* mantienen valores similares a los de la zona anterior, para desaparecer o estar presentes anecdóticamente al final de la misma y a lo largo del resto del diagrama polínico.

Rumex presenta en esta zona los porcentajes más elevados de todo el diagrama polínico (6%) y Apiaceae y Ericaceae aumentan ligeramente (6 y 2%, respectivamente), completando el estrato herbáceo.

Ranunculaceae aumenta también ligeramente, al igual que las esporas. Cyperaceae sufre un aumento progresivo, alcanzando el 5%, para disminuir, hasta aparecer de manera anecdótica al final de la zona. Hay que destacar también aquí la primera aparición puntual de *Potamogeton* (1%).

El comienzo de la colonización del medio parece evidente y, por otra parte, tanto el ligero aumento de Ranunculaceae y Cyperaceae, como la aparición de *Potamogeton*, indican una cierta vegetalización de la laguna, lo que reafirmaría la hipótesis de la aparición de condiciones locales favorables.

Las concentraciones polínicas totales mantienen bajos valores, recuperándose al final de la zona.

El límite superior vendrá marcado por el aumento de *Quercus* y *Betula* y por la reducción de los porcentajes de *Artemisia*, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Asteroideae y Cichorioideae.

LUC-3. Zona polínica de *Betula*, *Quercus*, Poaceae y *Pinus*

(465 a 450 cm. Edad estimada (fig. 13): 9.325-9.100 años ¹⁴C BP)

Se produce en esta zona un cambio en la evolución de la vegetación, manifestado por un aumento importante de los valores de polen arbóreo que llegan a superar el 66%. Ello es debido al incremento de *Quercus* (4 a 30%) y *Betula* (6 a 27%).

Por el contrario, *Pinus* experimenta un descenso gradual, pero considerable, presentando al final de la fase un porcentaje del 3%.

Juniperus, que había aparecido puntualmente en LUC-1, presenta al final de esta zona sus porcentajes más elevados (1%), para desaparecer posteriormente.

El otro taxon que va a sufrir un marcado descenso será Poaceae que descenderá hasta el 16%.

Rumex continúa presentando porcentajes relativamente elevados, con un máximo absoluto a 450 cms. Esporádicamente aparecen de nuevo Rosaceae, Rubiaceae y, por primera vez, Campanulaceae y *Centaurea*.

Los pólenes de los táxones herbáceos mesohigrófilos tales como, Apiaceae, Ericaceae y *Rumex*, podrían tener una presencia local, ya que son táxones con una débil diseminación polínica y que nos confirmarían la mejora climática iniciada en la fase anterior y una cierta evolución de los suelos.

Cyperaceae presente sólo esporádicamente, desaparecerá al final de la fase. Ranunculaceae aumenta ligeramente.

Todos estos cambios reflejan una importante colonización arbórea, el paso a condiciones más favorables para el desarrollo de la vegetación, con probable incremento de las precipitaciones, aunque la presencia todavía de porcentajes importantes de Poaceae parece indicar que el paisaje es abierto y la colonización lenta.

El importante aumento de las concentraciones polínicas totales confirma esta evolución de la cubierta vegetal, que podría convertirse en más densa, aunque este fenómeno, puede estar ligado en parte a un descenso de la velocidad de sedimentación.

El límite superior de esta fase, vendría marcado fundamentalmente por el retroceso del abedul y por el fuerte incremento que experimenta *Quercus*, así como por el inicio de la presencia regular de *Corylus*.

LUC-4. Zona polínica de *Quercus*, Poaceae, Ranunculaceae y *Corylus*

(450 a 400 cm. Edad estimada (fig. 13): 9.100- 8.350 años ¹⁴C BP)

Se caracteriza esta fase por la neta dominancia de los pólenes de *Quercus* y por la presencia regular de *Corylus*.

El porcentaje de polen arbóreo, que había iniciado su ascenso en la fase anterior, se estabiliza con valores elevados (entre el 59 y el 83%) y está constituido casi exclusivamente por *Quercus* que se consolida aquí y presenta en esta zona los porcentajes más elevados de todo el diagrama polínico con valores del 77%.

Por el contrario, los porcentajes de los dos táxones arbóreos pioneros disminuyen. *Betula*, inicia en esta fase su brusco descenso, pasando del 27% al final de la fase anterior, al 2% al final de ésta. *Pinus* continúa el descenso gradual iniciado ya en la fase anterior, presentando su máximo absoluto a 445 cms. En la segunda mitad de esta zona, ambos táxones se estabilizan con valores bajos, en torno al 2% de media.

Es importante señalar el inicio en esta zona polínica de la curva constante de *Corylus*, que alcanza ya valores del 3%.

El resto de los táxones arbóreos presentan aquí un comportamiento similar a la zona anterior. Únicamente destacar la desaparición de Oleaceae y *Juniperus* en estos espectros y la aparición anecdótica de *Ephedra fragilis* t.

Poaceae y Ranunculaceae son los táxones herbáceos característicos de esta zona. Poaceae se mantiene con valores constantes a lo largo de esta fase (alrededor del 12%), sufriendo un descenso al final de la misma. Ranunculaceae presenta en esta zona polínica sus valores más elevados, con dos picos de 17 y 13%, para iniciar un acusado descenso al final de la misma hasta valores inferiores al 1%.

Apiaceae y Ericaceae sufren un ligero aumento, mientras que *Rumex*, relativamente abundante en la zona anterior, pierde aquí importancia y se mantiene con valores constantes pero bajos (2 al 4%).

Potamogeton aparece en la mayoría de los espectros, llegando a superar en algunos casos el 1%.

Asphodelus hace su aparición en esta fase de manera anecdótica así como *Plantago coronopus*. Destacar la presencia, por primera vez en el diagrama, de *Sanguisorba minor* y *Sphagnum*.

Las concentraciones polínicas totales mantienen valores elevados y constantes a lo largo de esta fase, lo que parece confirmar el paso a condiciones climáticas favorables para un aumento de la densidad arbórea y producción polínica.

El final de esta fase estará caracterizado por la disminución de los porcentajes de *Quercus* y por el aumento de *Corylus* (porcentajes y concentraciones polínicas).

LUC-5. Zona polínica de *Quercus*, *Poaceae* y *Corylus*

(400 a 340 cm. Edad estimada (fig. 13): 8.350-7.506 años ¹⁴C BP)

El comienzo de este periodo, representado por 60 cm de espesor, se caracteriza por el aumento de los pólenes de *Corylus* (1 a 11%). El ligero retroceso que se produce al final de la fase no se corresponde con sus valores absolutos, que siguen aumentando.

Caracteriza también a esta zona la breve recuperación que sufre *Pinus* (2 a 7%) y la presencia regular de *Ulmus*.

En contrapartida, se produce una disminución de los elevados porcentajes de pólenes de *Quercus* (77 a 50%), sin que esto impida que siga siendo, al igual que en la fase anterior, el taxon dominante. Esta disminución de los valores de *Quercus* hará que la relación AP/T presente también un ligero descenso en esta zona.

El estrato arbóreo es, por tanto, importante y estará dominado por *Quercus* y *Corylus*.

Asimismo se caracteriza este periodo por la estabilidad de la curva de *Betula*, así como por la presencia, más continuada que en la fase anterior pero sin llegar a haber una curva continua, de pólenes de *Salix*, *Frangula*, *Alnus* y *Ulmus*, estos dos últimos muy indicativos.

Con respecto al PNA, pese a la ligera disminución de los valores absolutos de *Poaceae*, su importancia en el conjunto de la vegetación se mantiene durante este periodo, alcanzando en final de fase uno de sus máximos.

Las ranunculáceas, abundantes en la zona anterior, pierden aquí importancia, aunque sus valores siguen siendo elevados, alcanzando en algún espectro

los 16.000 granos de polen/cm³. Los helechos tienen una presencia relativa importante y aparece *Sphagnum*. Cyperaceae y sobre todo *Potamogeton* (6%) sufren en esta fase un ligero incremento, lo que nos indica la evolución del medio lacustre. Las higrófilas están aquí relativamente bien representadas.

Apiaceae también mantiene valores elevados y Ericaceae y *Rumex* se estabilizan, descendiendo ligeramente el último, al final de la fase. Continúa en esta fase la presencia, de manera puntual, de *Asphodelus*. Aparece *Pedicularis*.

Las concentraciones polínicas totales acusan un ligero descenso en esta fase, seguramente influidas por *Quercus*.

El límite superior está marcado por el incremento de los porcentajes de *Corylus*, *Ulmus*, *Alnus*, *Salix* y por el comienzo de sus curvas continuas, así como por la disminución de *Pinus*.

**LUC-6. Zona polínica de *Quercus*, *Corylus*, Poaceae y *Ulmus*
(340 a 250 cm. Edad estimada (fig. 13): 7.506-6.255 años ¹⁴C BP)**

El siguiente periodo representado por 90 cm de espesor se caracteriza fundamentalmente por el inicio de la curva continua de *Ulmus*.

El resto de los táxones arbóreos se estabilizan o sufren ligeras variaciones. *Pinus* que había tenido una recuperación en LUC-4, alcanzando al final de la fase porcentajes superiores al 7%, desciende y se estabiliza aquí con valores medios inferiores al 4%. *Betula* y *Frangula* mantienen los bajos valores de la zona anterior. *Salix* sufre una ligera recuperación en esta zona y aparecen, de manera anecdótica, *Fraxinus* y Oleaceae.

Quercus continúa en esta fase su ligero descenso gradual iniciado en LUC-4, lo que es aprovechado por *Corylus* para aumentar progresivamente y alcanzar al final de la fase su máximo (21%). Esto nos indica que, al menos localmente, estamos ante un bosque mixto de *Quercus* y *Corylus*.

Se inicia también en esta zona la curva continua de *Alnus*, aunque el polen de aliso aparece mucho antes, estando presente de manera esporádica casi desde el principio del diagrama.

En el estrato herbáceo, las gramíneas pierden importancia y, aunque mantienen valores altos al principio de fase, posteriormente sufrirán un acusado descenso (14 a 6%).

El descenso de Poaceae, junto con el incremento de los porcentajes de *Corylus*, van a hacer que la relación AP/T aumente en esta fase.

El resto de las herbáceas se mantienen con porcentajes similares a los de la zona anterior. Únicamente Liliaceae y *Pedicularis* aumentan ligeramente. *Rumex* continúa el descenso iniciado en la fase anterior, llegando incluso a desaparecer en algún espectro. Las esporas se hacen más patentes en esta zona y *Potamogeton* descende, pero sigue representando la flora higrófila, junto con los bajos porcentajes de Cyperaceae. Las ranunculáceas descienden ligeramente, acusando un aumento importante al final de la fase.

Las concentraciones polínicas totales en esta zona tienden a la baja, aunque presentan valores muy irregulares que oscilan entre 315.000 y 102.000 granos de polen /cm³ de sedimento con un mínimo de 81.000.

El límite superior de esta fase está caracterizado por la recuperación de *Quercus* y *Betula* y por el descenso de *Corylus* y Poaceae.

LUC-7. Zona polínica de *Quercus* y *Corylus*

(250 a 180 cm. Edad estimada (fig. 13): 6.255-5.235 años ¹⁴C BP)

Se registran en esta fase los porcentajes de PA más altos de todo el diagrama polínico alcanzando en algún espectro el 87%. El taxon que más va a influir en este aumento va a ser *Quercus* que después del descenso en LUC-4 y LUC-5 sufre aquí su última recuperación, alcanzando al final de la fase el 62%.

Contribuye también a ello Poaceae, que presenta en esta fase los porcentajes más bajos de todo el diagrama polínico, para iniciar posteriormente su recuperación definitiva.

El resto de los táxones arbóreos experimentan ligeras modificaciones. *Corylus* se estabiliza en esta fase presentando sus mayores valores medios y su máximo absoluto a 220 cms.

Alnus presenta en esta fase su curva continua que, aunque con bajos valores (alrededor del 2%), se mantendrá hasta la superficie. Este taxon, junto con los bajos porcentajes de *Ulmus*, parece completar el *Quercetum mixtum*, ante la ausencia de otros táxones característicos del mismo, tales como *Tilia*.

Betula, se estabiliza después de sufrir un ligero aumento hasta el 6%. *Salix* mantiene los bajos valores de la zona anterior y *Pinus* experimenta un descenso gradual, alcanzando en final de fase uno de sus valores más bajos (0,92%). *Frangula* y Oleaceae también están presentes.

El estrato herbáceo, además de las gramíneas, estará dominado por Ranunculaceae que después del aumento sufrido al final de LUC-5 se estabiliza en esta fase. Apiaceae disminuye y Ericaceae y *Rumex* aumentan ligeramente. *Artemisia*, Caryophyllaceae, Asteroideae y Cichorioideae, aumentan su presencia.

Destaca en esta zona el aumento que sufren los porcentajes de esporas, tanto monoletes como triletes, así como la desaparición definitiva de *Potamogeton*. La segunda mitad de la fase estará caracterizada por la recuperación que sufre Cyperaceae y por la aparición de *Typha angustifolia*.

Las concentraciones polínicas totales, presentan, al igual que en la fase anterior valores irregulares, que van desde el máximo de 416.000 granos de polen /cm³ de sedimento a 220 cms de profundidad, hasta el mínimo de 135.000 en el espectro consecutivo.

El retroceso del roble y el aumento del resto de los táxones arbóreos, además de Poaceae, marcarán el límite superior de esta fase.

**LUC-8. Zona polínica de *Quercus*, *Corylus*, Poaceae y *Betula*
(180 a 150 cm. Edad estimada (fig. 13): 5.235-4.110 años ¹⁴C BP)**

Esta breve zona polínica se caracteriza, a grandes rasgos, por el descenso de *Quercus*, aumento de *Corylus* y una cierta estabilización de los valores de los restantes táxones.

Las concentraciones polínicas totales, no van a experimentar grandes cambios, sino que también acusan la citada estabilización. La relación AP/T comienza a descender.

Quercus, que había alcanzado uno de sus máximos al final de la fase anterior (62%), comienza aquí su progresivo descenso (51%).

Contrariamente, *Corylus* aumenta ligeramente sus valores alcanzando porcentajes superiores al 19% al final de la fase. Este será el último pico de *Corylus*, ya que a partir de esta fase inicia su progresivo descenso hasta la superficie.

Betula mantiene los valores alcanzados en la zona anterior. *Pinus* y *Salix* aumentan ligeramente y *Alnus* y *Ulmus* no experimentan cambios con respecto a la anterior fase.

Poaceae inicia en esta fase su lenta recuperación, aunque al final de la misma sufre una disminución de sus porcentajes. Ericaceae también se recupera. A partir de esta fase se observa la presencia regular de *Cistus*. Apiaceae y *Rumex* disminuyen ligeramente, mientras que las esporas, *Typha* y las ranunculáceas aumentan. Cyperaceae, que había sufrido una recuperación al final de la fase anterior, aparecerá en ésta de manera anecdótica.

Las concentraciones polínicas totales alcanzan un valor medio de 160.000 granos de polen /cm³ de sedimento.

El límite superior de esta fase se caracteriza por la brusca disminución de *Corylus* y el aumento de las poáceas.

LUC-9. Zona polínica de *Quercus*, Poaceae, *Corylus*, *Typha* y *Castanea*

(150 a 110 cm. Edad estimada (fig. 13): 4.110-4.050 años ¹⁴C BP)

En esta zona el componente arbóreo experimenta una ligera caída (70%). La mayoría de los táxones arbóreos sufren un descenso aquí, sobre todo *Corylus* (19 a 9%). *Alnus*, sin embargo, sufre una ligera recuperación al igual que *Salix* que presenta en esta zona uno de sus picos (7%). Sin embargo, la característica más destacada de esta zona polínica es la aparición de *Castanea*.

El estrato herbáceo está compuesto fundamentalmente por las gramíneas que sufren en esta zona un aumento importante (4 a 15%). *Artemisia*, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Asteroideae y Cichorioideae aparecen de manera

esporádica. *Rumex* se mantiene en porcentajes similares a la zona anterior y Apiaceae aumenta ligeramente.

El estrato arbustivo está compuesto casi exclusivamente por Ericaceae, que mantiene los valores en torno al 2% de media.

La vegetación de la laguna experimenta cambios importantes en esta zona polínica. *Typha angustifolia* va a ser la protagonista indiscutible. Su aparición en LUC-6 y posterior desarrollo en LUC-7 va a culminar en esta zona polínica con la consecución de sus porcentajes más elevados al final de la zona (13%). Ranunculaceae sufre también un importante aumento y Cyperaceae comienza su nueva e importante expansión al final de esta zona.

Las concentraciones polínicas totales se mantienen más o menos constantes y no varían demasiado con respecto a la zona anterior, en torno a 154.000 granos de polen /cm³ de sedimento.

El límite superior de esta zona estará marcado por la caída de *Quercus*, el aumento de Poaceae, Cyperaceae y, sobre todo, por el inicio de la curva continua de *Castanea*.

**LUC-10. Zona polínica de *Quercus*, Poaceae, *Salix* y *Castanea*
(110 a 60 cm. Edad estimada (fig. 13): 4.050-2.915 años ¹⁴C BP)**

Continúa aquí la caída de polen arbóreo, iniciada en la zona anterior. Los porcentajes de *Quercus* experimentan un importante descenso (43 a 32%) al igual que el resto de los táxones arbóreos, con excepción de *Salix* que experimenta un ascenso muy importante en esta zona y que se culminará en la siguiente.

Por el contrario las herbáceas ganarán aquí espacio, superando el 40%. De nuevo el taxon característico va a ser Poaceae cuyos valores medios superarán el 20%. El 20% restante estará formado por las acuáticas y arbustos. Ericaceae experimenta en esta zona un ligero aumento de sus porcentajes.

Se produce en esta zona una caída importante de los porcentajes de *Typha*. Esta va a ser sustituida por Cyperaceae, que alcanza en esta zona sus máximos valores, con un pico del 14%. La caída de *Typha*, frente al desarrollo local de

Cyperaceae, parece indicar que la laguna se seca ligeramente, pasando a una turbera de ciperáceas.

Las concentraciones polínicas totales experimentan en este periodo un fuerte descenso, alcanzando el mínimo de todo el diagrama polínico (28.700 granos de polen /cm³ de sedimento) a 70 cm. Al final de la fase sufren una importante recuperación.

El límite superior de esta zona se fijará por el aumento de *Salix*, filicales y la disminución de Poaceae.

LUC-11. Zona polínica de *Quercus*, *Salix* y Poaceae
(60 a 30 cm. Edad estimada (fig. 13): 2.915-2.235 años ¹⁴C BP)

Se caracteriza esta zona por la recuperación que sufre el polen arbóreo. En general todos los táxones arbóreos sufren un aumento más o menos acusado (porcentajes y concentraciones polínicas), pero será *Salix* el que lo hará de forma más determinante. Este taxon alcanza en esta zona los valores más altos de todo el diagrama polínico (31%).

Poaceae (9%) desciende de forma considerable en esta zona polínica (porcentajes y concentraciones polínicas) y Ericaceae continúa aumentando progresivamente, superando el 5% al final de fase. Tanto el considerable descenso de las gramíneas, como el paulatino aumento de las ericáceas, viene confirmado por sus valores absolutos.

La vegetación de laguna experimenta en esta fase un nuevo cambio. Frente a la disminución de las ciperáceas y ranunculáceas, se produce un nuevo desarrollo de *Typha*. Las esporas aumentan en esta zona de manera considerable alcanzando su máximo en 32%.

Las concentraciones polínicas totales se recuperan en esta zona y mantienen valores constantes a lo largo de toda ella, en torno a los 150.000 granos de polen/cm³, de media.

El límite superior de esta zona vendrá marcado por el importante aumento de las gramíneas y de *Betula*, y descenso definitivo de *Quercus*, *Salix* y filicales.

LUC-12. Zona polínica de Poaceae, *Betula*, Ericaceae, *Castanea*, *Juglans* y *Secale*

(30-10 cm. Edad estimada (fig. 13): 2.235-745 años ¹⁴C BP)

A partir de esta fase se inicia un brusco cambio en el conjunto de la vegetación. El porcentaje de la relación AP/T que refleja la tasa de forestación, disminuye fuertemente (75 a 25%), y traduce la acción importante del hombre sobre el medio. Se acusa una caída definitiva de los táxones arbóreos. De manera general todos disminuyen local y regionalmente, si exceptuamos *Betula* que aumenta (3 a 13%) y *Castanea*.

Pólenes de *Juglans* aparecen aquí de manera esporádica indicando la puesta en cultivo, próxima a asentamientos humanos, de este taxon.

Poaceae aumenta aquí considerablemente (53%), lo mismo que Ericaceae (10%), lo que nos reflejará la apertura del medio y/o su desarrollo local. Apiaceae sufre aquí una ligera recuperación.

Se produce un retroceso de táxones higrófilos, desapareciendo unos y tendiendo a disminuir otros. Helechos y *Typha* tienden a disminuir.

Zona caracterizada también por la aparición de nuevos táxones (*Secale*) marcadores de la actividad antrópica.

Las concentraciones polínicas totales experimentan un fuerte aumento, alcanzando en medio de esta fase los valores más elevados del diagrama polínico. Al final de la fase se produce un descenso de las mismas que continuará en la fase siguiente.

La aparición de *Fagus* y la disminución de *Betula* marcarán el límite superior de esta zona.

LUC-13. Zona polínica de Poaceae, Ericaceae, *Fagus* y *Cerealia*

(10-0 cm. Edad estimada (fig. 13): 745-0 años ¹⁴C BP)

Esta breve fase final es muy característica, dada la cantidad de modificaciones que se producen, tanto en los táxones arbóreos como en los herbáceos y arbustivos.

Se acusa en esta fase la continuación de la deforestación. El polen arbóreo alcanza aquí los valores mínimos de todo el diagrama polínico, siendo herbáceas y arbustivas las que van a dominar el paisaje.

La acentuada caída del polen arbóreo lo sitúa a 10 cms en un valor del 14%, inferior incluso al de los cms iniciales del sondeo. Los dos únicos táxones arbóreos que experimentarán aquí un ligero ascenso van a ser *Pinus* y *Castanea*.

Evidentemente lo más significativo de esta zona es la aparición de *Fagus*, por primera vez en el diagrama polínico y de manera totalmente anecdótica. Sólo se han encontrado dos granos de polen. La aparición de polen de *Fagus* caracteriza esta fase.

Estas importantes deforestaciones han favorecido la instalación de paisajes de pradera y de landas de Ericaceae que se pueden observar actualmente.

Poaceae alcanza en esta zona sus máximos valores (62%) al igual que Ericaceae (16%). Cerealia alcanza aquí el 0,74%, al igual que *Plantago*.

Se produce un aumento de esporas, *Plantago* y *Apiaceae*, mientras que *Ranunculaceae* disminuye ligeramente.

4.3.1.4.- INTERPRETACIÓN

Se puede observar que la correlación de las señales obtenidas en la figura 12, es bastante alta. El nivel correspondiente a las arcillas gris-azuladas (LUC-1 y LUC-2), que corresponderían a la fase de sedimentación inicial luego de la desaparición de los hielos, se corresponde con las menores concentraciones polínicas, así como con los valores más bajos del polen arbóreo. La recuperación de la concentración polínica total iniciada al final de LUC-2 y culminada en LUC-3 se corresponde con la colonización del medio por los táxones arbóreos. La concentración polínica total presenta valores irregulares hasta llegar a LUC-10, donde se inicia un descenso de las mismas que se corresponde con un descenso en la cubierta arbórea y con dos niveles en los que las partículas carbonosas son abundantes (figs. 14 y 15). En LUC-11 y LUC-12 la concentración polínica total se recupera coincidiendo con el predominio de los táxones herbáceos y arbustivos y la presencia regular de carbonos.

Finalmente (LUC-13) desciende, alcanzándose el mínimo de polen arbóreo y presentándose los carbones, por primera vez, muy abundantes.

Ni los cambios sedimentarios ni la presencia de carbones parecen correlacionarse con el resto de las señales aquí registradas (fig. 12), si acaso las condiciones de sedimentación parecen haber influido únicamente en la base de la secuencia.

El diagrama nos muestra un claro predominio del polen arbóreo, siendo *Quercus* el taxon característico, precedido por *Pinus* y *Betula* primero, y acompañado por *Corylus*, posteriormente. Los táxones arbustivos y herbáceos sólo cobran importancia al principio y al final de la sedimentación, facilitándonos importante información sobre la dinámica de la vegetación.

Las zonas polínicas LUC-1 y LUC-2 nos muestran una cubierta vegetal local muy abierta. En LUC-1 se observa el final de una fase con poáceas muy abundantes, importantes porcentajes de polen de *Pinus* y presencia de táxones de medios abiertos tales como *Artemisia*, Caryophyllaceae, Chenonopodiaceae, Cichorioideae, etc. Las concentraciones polínicas totales presentan bajos valores que pueden ser achacados al tipo de sedimento, a los procesos de sedimentación o a la tasa de deposición. Las bajas concentraciones polínicas se corresponden con una zona de bajo contenido en materia orgánica que probablemente reflejaría una baja actividad biológica en el lago debida a las bajas temperaturas del agua y escasa cubierta vegetal en las proximidades del mismo y probablemente también en la región. De hecho las acuáticas son escasas.

Los tipos polínicos sugieren la existencia de comunidades de medios abiertos y frías condiciones, en las que *Pinus* parece claramente alóctono. El bajo contenido en materia orgánica puede significar la ausencia de vegetación local y, sin embargo, transporte regional. Por sus porcentajes y por sus concentraciones polínicas, *Pinus* estaba probablemente presente en la región. El resto de los táxones arbóreos (*Corylus* y *Ulmus*) aparecen de manera esporádica proviniendo, sin duda, de zonas alejadas donde las condiciones climáticas eran mucho más favorables para su desarrollo.

En LUC-2, *Pinus* y Poaceae presentan todavía valores elevados. *Artemisia*, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae y Cichorioideae mantienen sus bajos porcentajes y el desarrollo local de Cyperaceae parece indicar el inicio de la colonización del medio. *Quercus* y *Betula* comienzan a desarrollarse. Las concentraciones polínicas totales continúan siendo muy bajas y los carbones aparecen regularmente presentes, indicando quizás incendios naturales muy puntuales.

El cambio más importante ocurre en el comienzo de LUC-3, acusándose un desarrollo general de la vegetación así como el aumento de materia orgánica en el sedimento, y el aumento considerable de las concentraciones polínicas totales. Todo esto nos indica una expansión regional y local con colonización de las zonas abiertas. Táxones mesófilos y termófilos se expanden a partir de aquí. *Betula* tiene un breve desarrollo en esta fase, normal dado su carácter colonizador y *Quercus* comienza aquí su expansión. Al mismo tiempo, los táxones herbáceos antes significativos, disminuyen o desaparecen y los táxones mesohigrófilos confirmarían, con su presencia local, la mejora climática.

Todos estos cambios reflejan una importante colonización arbórea, el paso a condiciones más favorables para el desarrollo de la vegetación, con probable incremento de las temperaturas y precipitaciones. No obstante, la presencia todavía de porcentajes importantes de Poaceae parece indicar que la colonización es lenta.

El aumento de la relación AP/T y de la concentración polínica total (figs. 14 y 15) nos indica el comienzo del periodo postglaciar, sin que parezca que la velocidad de sedimentación haya influido en las concentraciones polínicas.

LUC-3 puede considerarse el principio del Holoceno, perteneciendo LUC-1 y LUC-2 al Dryas Reciente.

En LUC-4 los valores de *Quercus* (porcentajes y concentraciones polínicas) siguen aumentando, lo que sugiere que las condiciones ecológicas regionales continúan siendo favorables para la expansión de este taxon. A la expansión de *Quercus* se añade posteriormente la de *Corylus*. Las elevadas y constantes concentraciones polínicas confirman el paso a condiciones favorables para un aumento de la densidad arbórea, que se mantendrán hasta prácticamente LUC-8.

En LUC-5 se observa una evolución del medio lacustre con desarrollo de *Potamogeton*. No obstante, una recuperación de *Pinus* y Poaceae, unida a un descenso de *Quercus* parece indicar un ligero recrudescimiento de las condiciones climáticas, aunque la presencia regular de partículas carbonosas en estas dos últimas zonas polínicas nos hacen pensar en un incendio natural como posible causa de estos cambios.

En LUC-7 y LUC-8 la aparición de *Typha* correspondiéndose con la desaparición de *Potamogeton*, nos hace pensar en el relleno y colonización de la laguna. La presencia de *Artemisia*, Cichorioideae, así como el aumento de Poaceae y *Betula* preceden a la caída de la cubierta forestal. La presencia de la curva continua de *Alnus* indica su presencia en lugares húmedos o bordes de arroyo.

El descenso definitivo de la cubierta arbórea se produce a partir de LUC-8 junto con la presencia regular de *Cistus*, aparición de *Castanea* y la colonización local de *Salix*, en relación con un aumento de la humedad.

La presencia humana se deja notar muy poco en esta Sierra y únicamente en los centímetros superiores aparecen los típicos táxones indicadores de actividad antrópica.

En LUC-10 y LUC-11 continúa la caída del polen arbóreo, a excepción de *Salix*, que aumenta localmente, seguramente como consecuencia de cambios hidrológicos. La caída inicial de *Typha* frente al desarrollo local de Cyperaceae parece indicar que la laguna se seca ligeramente. No obstante, pronto las ciperáceas serán sustituidas de nuevo por *Typha*, acompañada de importantes valores de esporas. El mínimo de concentraciones polínicas que se da en LUC-10 no parece relacionarse con cambios sedimentarios, que no aparecen reflejados en el sondeo (fig. 12). En estas dos zonas polínicas los carbones se presentan ya abundantes, indicando seguramente la acción del hombre sobre el medio, utilizando los incendios para la creación de espacios cultivables.

En LUC-12 y LUC-13 se produce, aparentemente, un brusco cambio en el conjunto de la vegetación sin cambio sedimentario apreciable (fig. 12). No obstante, hay que tener en cuenta los aportes locales (*Salix*), que pueden enmascarar. De hecho,

mientras que las gramíneas (porcentajes y concentraciones polínicas) vuelven a tener un papel fundamental en la composición del paisaje, las concentraciones polínicas de *Quercus* descienden muy suavemente (aumentando incluso a 20 cm), al contrario de lo que ocurre con sus porcentajes. La caída del PA junto con los elevados valores de Poaceae y también de Ericaceae, reflejan la apertura del medio, aunque las gramíneas pueden indicar su desarrollo al nivel de la laguna. Las abundantes partículas carbonosas confirman la presencia de incendios. La deforestación es evidente y aparecen plantas cultivadas (*Secale*, *Juglans*, etc.).

4.3.2.- TURBERA H

Esta pequeña turbera se corresponde con una pequeña laguna de obturación lateral del glaciar del Cenza. La vegetación circundante está representada por Ericaceae, Poaceae, *Calluna* y *Cistus*, estando los árboles ausentes.

4.3.2.1.- DESCRIPCIÓN DEL SONDEO

Esta turbera presentaba sedimentos con un componente detrítico-arenoso muy alto, lo que impidió la extracción de un testigo continuo utilizando la sonda Rusa, por lo que la toma de muestras se ha efectuado con una sonda manual Eijkelkamp.

Después de hacer varias catas para determinar el espesor del sedimento, se hizo la extracción en la zona más profunda, alcanzándose 180 cm. Los quince primeros centímetros correspondientes al suelo actual, fueron desechados por presentar abundantes raíces y escasa consolidación. Las muestras fueron tomadas a distintos intervalos de muestreo dependiendo de la naturaleza del sedimento. En la parte superior y, como consecuencia del elevado componente detrítico, el muestreo se realizó cada quince centímetros aproximadamente, mientras que en la parte inferior, y en una primera aproximación, las muestras fueron tomadas con un intervalo menor, cada diez centímetros. Finalmente, en esta última zona, el muestreo se llevó a cabo cada cinco centímetros, para precisar la dinámica de la vegetación, dada la relativa abundancia de palinomorfos y el buen aspecto que presentaba el sedimento.

Desde el punto de vista litoestratigráfico se diferencian claramente dos niveles (fig. 18), un nivel inferior constituido por un sedimento limo-arcilloso muy orgánico, aunque bastante mineral y un nivel superior formado, fundamentalmente,

Turbera H (1. 310 m)

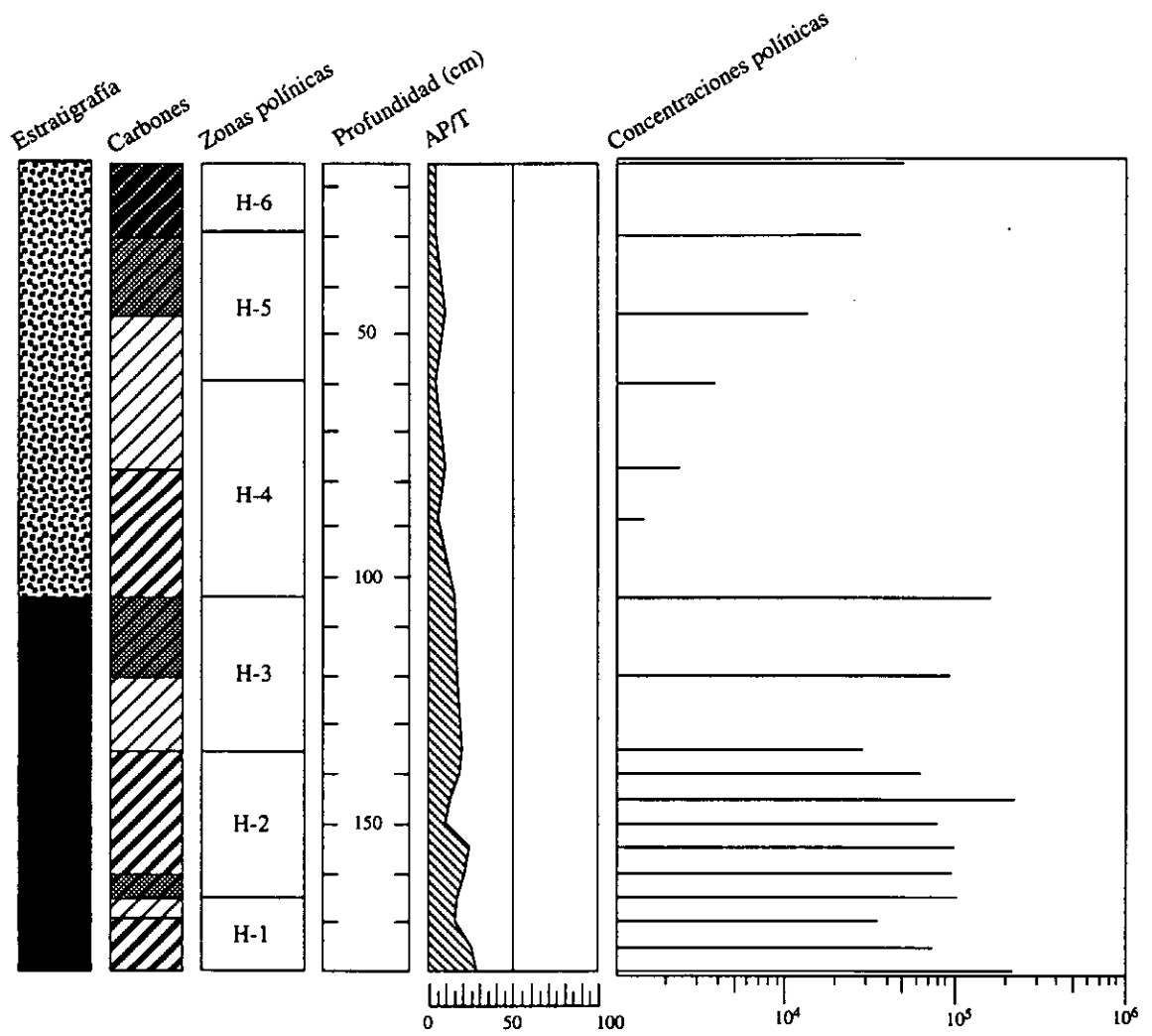


Fig. 18.- Turbera H: Biozonación y características del sedimento

por arenas con un elevado contenido en materia orgánica.

4.3.2.2.- CRONOLOGÍA

Para estimar la edad de este sondeo, a falta de una datación absoluta que nos lo permita situar correctamente en el tiempo, nos basamos en criterios polínicos. Se recurrió a la comparación de los resultados obtenidos en otros sondeos de este trabajo y otros, con características palinológicas muy similares.

Teniendo en cuenta las limitaciones que esto supone, pensamos que esta atribución cronológica podría ser válida, al menos para una primera aproximación.

En un estudio preliminar de esta turbera (Santos Fidalgo, 1992), se suponía que ésta se había desarrollado durante el Subatlántico. Posteriormente (Vidal Romaní & Santos Fidalgo, 1994), los datos geomorfológicos y el detallado estudio de los diagramas polínicos realizados en zonas próximas por otros autores (Menéndez Amor, 1971; Aira Rodríguez & Guitián Ojea, 1986b, c), sugerían una cronología ligeramente más antigua, situándola al final del Subboreal.

Si comparamos el diagrama polínico obtenido en esta turbera con el diagrama de Castelo Cerveira, donde se dispone de un mejor control cronológico, observamos una buena correspondencia en el desarrollo de ambos. Aparecen prácticamente los mismos táxones y en porcentajes muy similares. Incluso se puede observar que el sondeo de la turbera H es más completo, tanto en profundidad como en la zona superior, ausente, por otra parte, en Castelo Cerveira.

Para la estimación aproximada de la edad de esta secuencia, y no sin cierto escepticismo aunque la correspondencia parece muy clara, se asigna el mismo modelo de sedimentación que para Castelo Cerveira. Se toman, fundamentalmente, como puntos de referencia los porcentajes de los táxones, las concentraciones polínicas y, sobre todo, el marcado cambio sedimentológico.

4.3.2.3.- ZONACIÓN POLÍNICA

En base a la composición y desarrollo de los elementos que componen el paisaje, se han distinguido las siguientes zonas polínicas (figs. 19 y 20):

Turbera H. Sierra de Queixa (1.310 m)

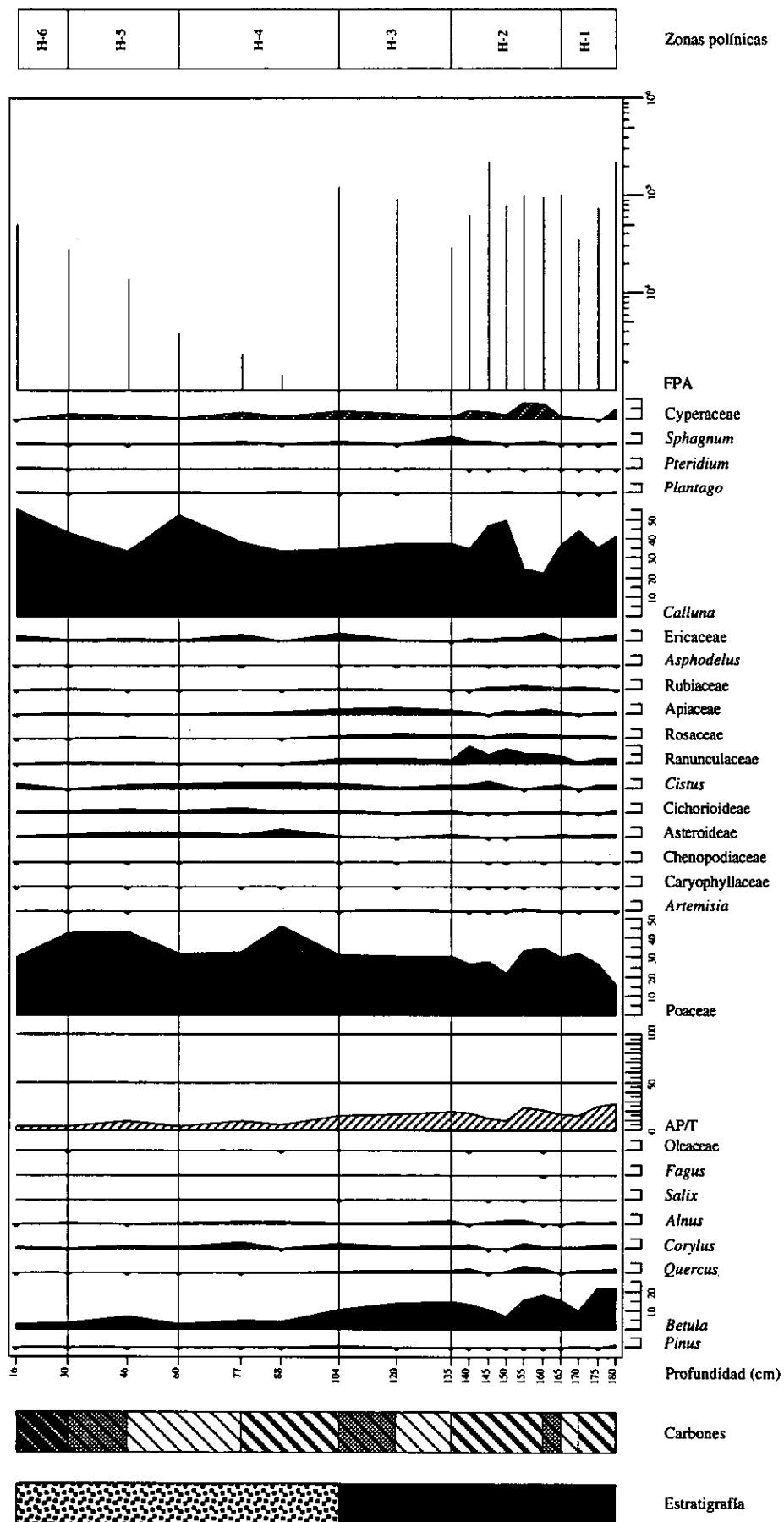
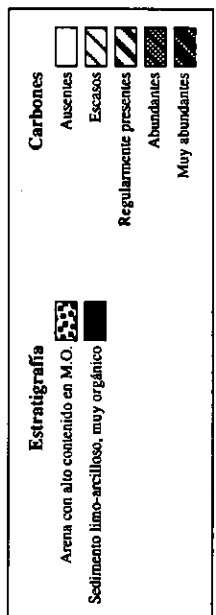


Fig. 20.- Diagrama polínico de Turbera H (táxones seleccionados)



H-1. Zona polínica de *Calluna*, Poaceae y *Betula* (180 a 165 cm)

Esta primera zona polínica presenta el porcentaje de polen arbóreo más alto de todo el diagrama, no obstante su valor medio se sitúa en torno al 21%.

Betula es el taxon mejor representado (17%), pero también están presentes aquí *Quercus*, *Corylus*, *Alnus* y *Pinus*, aunque sus valores no llegan a alcanzar, en ningún caso, el 3%.

El porcentaje de polen no arbóreo, es ya aquí bastante elevado, con un valor medio del 78%. Entre los arbustos, domina *Calluna* (40%), y entre las herbáceas, Poaceae (26%). Los otros táxones con cierta representación son: Ranunculaceae (3%), Ericaceae (2%), Asteroideae y Rosaceae (1%). *Asphodelus* aparece ya desde el principio del sondeo, aunque con valores inferiores al 1%.

Las acuáticas existentes en esta zona polínica (Cyperaceae, Ranunculaceae y *Sphagnum*), comienzan a cobrar aquí relativa importancia.

La concentración polínica total de esta zona (figs. 19 y 20) presenta valores elevados, con un valor medio de 105.000 granos de polen/cm³ de sedimento. No obstante, se produce un decrecimiento de las concentraciones polínicas, para luego sufrir una recuperación al final de la zona. Si observamos las concentraciones polínicas de los principales taxones arbóreos (fig. 21), este decrecimiento se ve reflejado en todos ellos, excepto en *Pinus*, en el que se produce un ligero aumento.

El límite superior estará marcado por el descenso de *Calluna* y por el aumento de Cyperaceae, Ranunculaceae y *Sphagnum*.

H-2. Zona polínica de *Calluna*, Poaceae, *Betula*, Ranunculaceae y Cyperaceae (165 a 135 cm)

La media de los porcentajes de polen arbóreo experimenta un ligero descenso (17%), aunque presenta en esta zona un importante pico de 25%. *Betula* sigue siendo el taxon dominante (13%) y los táxones acompañantes son los mismos que los de la zona anterior. Únicamente destacar la aparición en esta zona de *Salix* y Oleaceae, y la presencia puntual y única de *Fagus*.

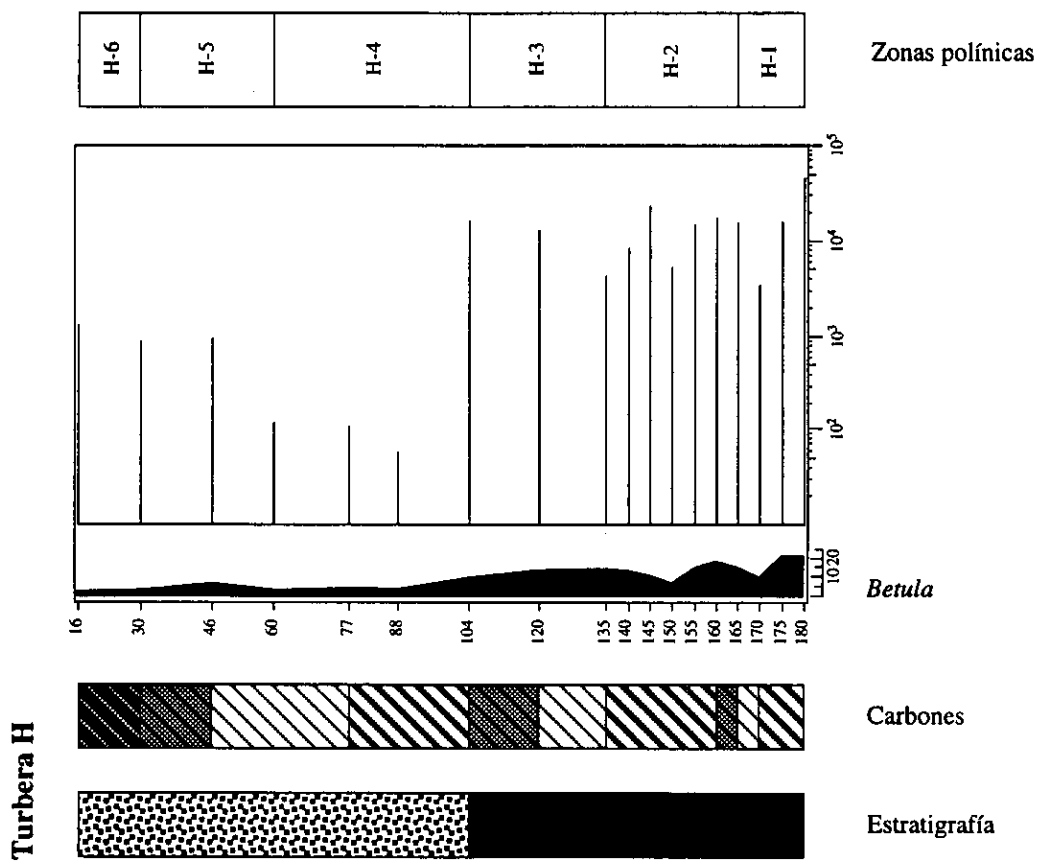


Fig. 21.- Turbera H, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones arbóreos seleccionados)

Poaceae y *Calluna* siguen presentando valores importantes, medias de 29 y 36% respectivamente. Cyperaceae alcanza sus máximos valores (6,8%), así como Ranunculaceae (8,4%) y *Sphagnum* (2%). Es importante destacar también la evolución opuesta de los porcentajes de Cyperaceae y *Calluna*, Poaceae y *Calluna* así como la de *Calluna* y *Betula*.

Se registra en esta zona una relativa estabilización de la concentración polínica total, con valores elevados (97.000 granos/cm³) encontrándose en esta zona el máximo de todo el diagrama con 219.000 granos de polen/cm³ de sedimento.

El descenso de *Betula* y estabilización de Poaceae y *Calluna*, marcarán el límite superior de esta zona.

H-3. Zona polínica de *Calluna*, Poaceae, *Betula* y Cyperaceae (135 a 104 cm)

El porcentaje de polen arbóreo inicia en esta zona un suave pero continuado descenso, en concreto es el polen de abedul el que va a disminuir (12%), junto con *Quercus* y *Alnus*. Por el contrario el avellano experimentará un ligero aumento. *Salix* desaparecerá aquí.

Otra característica de esta zona es la estabilización de los elevados valores de Poaceae y *Calluna*, así como la disminución de Cyperaceae y Ranunculaceae, y ligero aumento de otras herbáceas: Rosaceae (2,6%), Apiaceae (3,2%) y Rubiaceae (2,7%), que alcanzan su máximo en esta zona.

La concentración polínica total experimenta un ligero aumento con respecto a la zona anterior, media de 125.000 granos/cm³.

Límite superior: Descenso de *Betula*, Cyperaceae y Ranunculaceae. Aumento de Poaceae, Asteroideae y *Scabiosa*.

H-4. Zona polínica de *Calluna* y Poaceae (104 a 60 cm)

El porcentaje de polen arbóreo continúa el descenso iniciado en la zona anterior y alcanza aquí uno de sus mínimos (4%). Ello es debido de nuevo, al descenso de *Betula* (hasta el 3%). *Quercus* también desciende, desapareciendo incluso

en algún espectro, mientras que *Corylus* y *Alnus* aumentan ligeramente.

Asteroideae (3,7%) y Cichorioideae (2,3%) alcanzan en esta zona los máximos porcentajes, lo mismo que *Plantago* (0,6%) y *Scabiosa* (2,9%). Aumento de *Calluna*, *Cistus* y Poaceae.

Los táxones acuáticos pierden aquí importancia.

La concentración polínica media de esta zona es la más baja de todo el diagrama, situándose en 2.500 granos/cm³.

La recuperación de *Betula* y Poaceae y la disminución de *Calluna*, marcarán el límite superior.

H-5. Zona polínica de Poaceae y *Calluna*

(60 a 30 cm)

Los táxones arbóreos están en esta zona representados casi únicamente por *Betula*, que incrementa ligeramente sus valores. *Corylus* y *Alnus* disminuyen ligeramente y *Quercus* y *Pinus* se encuentran dentro de la categoría de los muy raros.

Poaceae aumenta sus porcentajes significativamente (de 32 a 44%) en contraposición con *Calluna* que sufre una disminución importante de los mismos (de 53 a 34%) y una posterior recuperación (44%). Asteroideae, Cichorioideae y *Cistus* mantienen valores del orden del 3%.

El resto de los táxones aparecen de forma esporádica, si exceptuamos Ericaceae. Cyperaceae sufre una ligera recuperación, alcanzando el 3%.

Con respecto a la concentración polínica total (figs. 19 y 20), los valores medios experimentan una subida importante con respecto a la zona polínica anterior (20.000 granos/cm³), a pesar de que en los primeros centímetros de la zona sus valores sean inferiores.

Límite superior: Descenso de Poaceae y Cyperaceae. Aumento de *Calluna*, *Cistus* y Ericaceae.

H-6. Zona polínica de *Calluna* y *Poaceae* (30 a 16 cm)

En esta breve y última fase se producen cambios importantes en la composición de la vegetación. El AP presenta los menores porcentajes de todo el diagrama polínico (4%), así como *Betula* (3%), que incluso aquí sigue siendo el único taxon arbóreo con cierta presencia.

Se produce un aumento importante de táxones arbustivos (*Ericaceae* y, sobre todo, *Calluna*) y una disminución de los herbáceos (*Poaceae*, fundamentalmente). Las ciperáceas pierden de nuevo importancia.

La concentración polínica total continúa su recuperación (49.000 granos/cm³). Esta recuperación se refleja en la mayoría de los táxones, e incluso en aquellos, como *Poaceae* (fig. 22), en el que parecía disminuir.

4.3.2.4.- INTERPRETACIÓN

A la vista del diagrama polínico de este registro se puede observar que el paisaje es muy abierto durante toda la época representada, con *Poaceae*, *Calluna* y *Cistus* como táxones más característicos.

Los porcentajes de polen arbóreo son muy bajos a lo largo de todo el perfil (figs. 19 y 20). Es importante destacar como *Betula* aparece representado en todo él, siendo el taxon característico, y el descenso progresivo que sufre hacia la superficie. El resto de los árboles están muy poco representados, lo que nos indica que no se encuentran en las proximidades de la turbera, sino que son aportes regionales, dado su fuerte grado de polinización. Destacar también que el número de indeterminables es muy elevado, hecho explicado por las condiciones de sedimentación.

El diagrama muestra la relación que existe entre la sedimentología y la destrucción por el hombre. Este provoca la existencia de medios abiertos, en los que se acentúa la erosión (transporte y sedimentación de arena) que produce, o destrucción del polen (concentraciones polínicas bajas), o su conservación diferencial (aumento del número de pólenes indeterminables, rotos y estropeados).

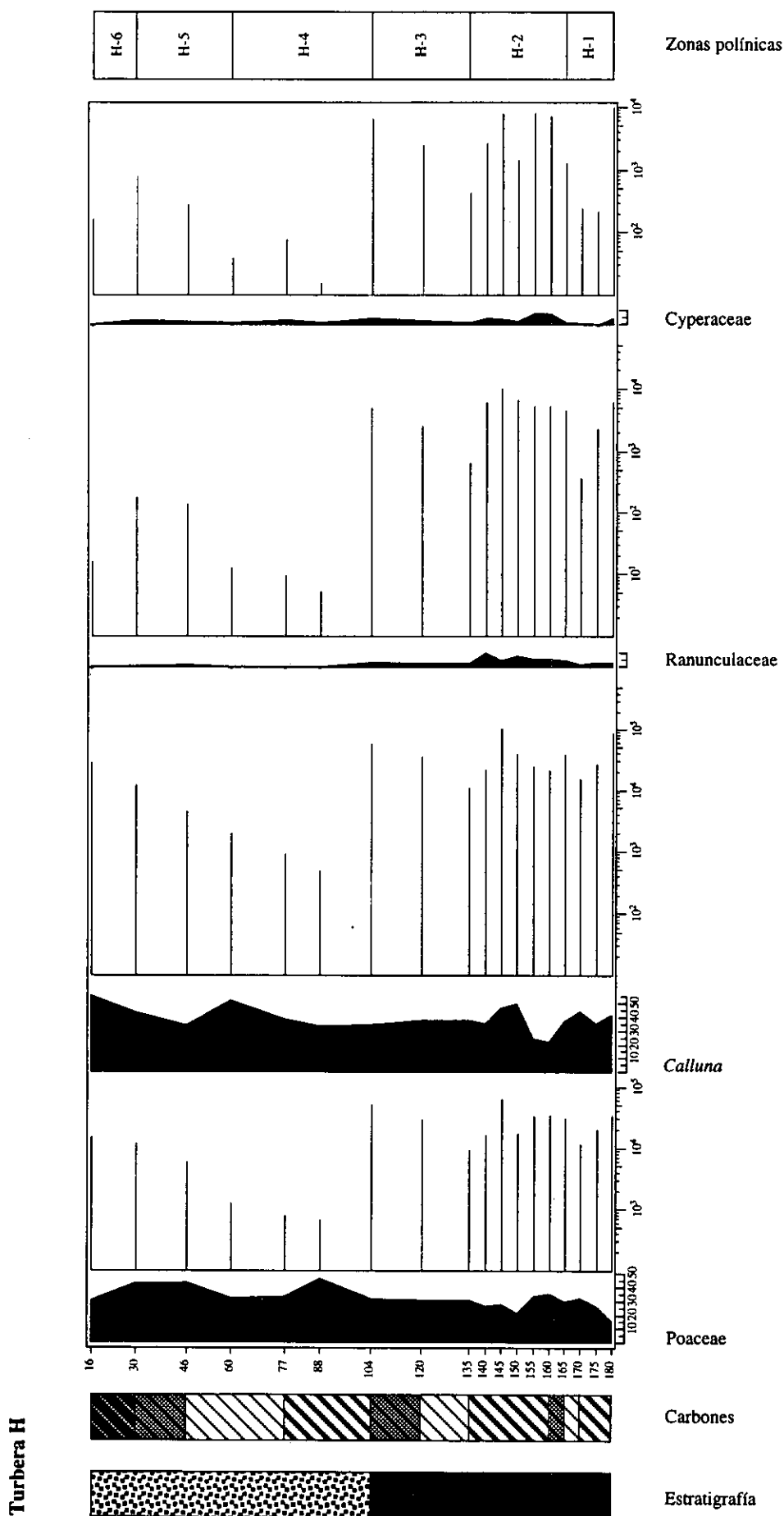


Fig. 22.- Turbera H, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones herbáceos seleccionados)

Las dos grandes unidades litoestratigráficas diferenciadas (fig. 18) corresponden a dos etapas bien diferenciadas en la evolución de la laguna: una basal donde predominan los procesos de decantación en régimen de baja energía, y una superior en la que parecen reactivarse los procesos erosivos, aumentando el tamaño de las partículas.

Interpretando que la base de la secuencia corresponde al desarrollo de una pequeña turbera en una situación adyacente al río Cenza, el tramo detrítico superior se interpretaría como el cese de funcionalidad de aquella, bien por drenaje de la pequeña cuenca, bien por progradación de los depósitos detríticos desde el borde de la pequeña cubeta hasta el centro.

El cambio en el régimen de sedimentación, puede deberse o bien a un cambio climático natural, correspondiente a un periodo con incremento de precipitaciones, o bien a un cambio en la dinámica superficial de la zona, inducido por el hombre, a causa, por ejemplo, de la destrucción de la cubierta vegetal. La segunda parece ser la hipótesis correcta.

En la figura 18 se han representado las principales características del registro analizado. Podemos observar una alta correlación entre las características del sedimento, las zonas polínicas, la relación AP/T y la concentración polínica.

Aunque desde el punto de vista sedimentológico se han diferenciado sólo dos grandes unidades, la variación de la concentración polínica nos indica otros posibles cambios en las condiciones de sedimentación, que no aparecen reflejados en el sedimento.

Las zonas polínicas H-1, H-2 y H-3, presentan las concentraciones polínicas más elevadas, así como los porcentajes más elevados de polen arbóreo y se correlacionan perfectamente con las características sedimentológicas del registro.

En la parte superior (H-4 y H-5), es más difícil de precisar esta relación debido al poco detalle del análisis en los niveles de la secuencia de naturaleza detrítica. No obstante, se puede observar como se modifica ligeramente la composición de la lluvia polínica, el sedimento se hace más detrítico y se produce una disminución muy brusca de la concentración polínica, así como un mayor porcentaje de granos de polen

indeterminables, al menos en H-4. La relación entre la energía del medio y la concentración polínica parece bastante clara.

Posteriormente (H-6), la concentración polínica aumenta progresivamente, sin que pueda apreciarse ningún cambio en la columna estratigráfica (fig. 18). Sin embargo, se da el mínimo de polen arbóreo y se aprecia que los carbonos, presentes en mayor o menor medida a lo largo de todo el registro, son aquí muy abundantes.

Se pueden distinguir dos grandes etapas en el desarrollo de esta turbera:

En la primera de ellas (H-1, H-2 y H-3), *Betula* es el único taxón arbóreo con cierta representación, lo que indicaría su proximidad a la turbera. *Cyperaceae* y *Ranunculaceae*, alcanzan también aquí sus mayores porcentajes. Aparecen también especies indicadoras de degradación, de una fase de antropización, tales como *Asphodelus*, *Artemisia*, *Plantago*, *Chenopodiaceae* y algún grano de *Rumex*. Desde el principio de la sedimentación se puede ver la presencia de taxones ruderales (*Chenopodiaceae*, *Artemisia*, ...) así como la ausencia de plantas cultivadas, lo que parece indicar que la degradación es debida al pastoralismo.

Ya desde un punto de vista más local, se observa también en este periodo una evolución opuesta de los porcentajes de *Cyperaceae* y de *Calluna*; el aumento de *Cyperaceae* debe de estar provocado por una variación en el nivel de la capa freática que dió lugar a un aumento de la humedad. El desarrollo de estas condiciones húmedas, ha propiciado, por el contrario, el descenso de *Calluna*. El *Sphagnum*, típico de turberas y de zonas húmedas, también se desarrolla en esta etapa.

La presencia irregular pero constante de partículas carbonosas relacionadas con incendios a lo largo de estas tres zonas (fig. 18), nos hace pensar en el uso del fuego por parte del hombre para el aprovechamiento del terreno, que en este caso podría ser, más que para el cultivo, para aprovechar los rebrotes para el ganado, práctica muy común aún hoy en día en la zona.

La segunda etapa (H-4, H-5 y H-6), se caracteriza por un descenso en el polen arbóreo y por una disminución generalizada de las concentraciones polínicas (figs. 19 y 20). El paisaje abierto aparece dominado aquí por especies heliófilas, tales como *Asteroideae*, *Cichorioideae* y matorral de *Cistus*. *Scabiosa* se desarrolla

también sobre la turbera. Esta fase corresponde a una presión de pastoralismo, que vendría marcada también por el descenso de la cobertura arbórea. La abundante presencia de carbones en H-6, parece confirmar la teoría de las quemadas parciales del matorral para el aprovechamiento ganadero.

Si relacionamos la imagen de la vegetación degradada que nos ofrece el diagrama polínico y la de la vegetación actual, observamos que son muy próximas, lo que nos ayuda a suponer que estamos ante una turbera reciente.

4.3.3.- FRAGA

Esta turbera se encuentra situada en una gran depresión de sobreexcavación glaciaria situada al pie de los relieves que dominarían el casquete glaciario de Chaguazoso en el máximo glaciario y los escarpes rocosos que definirían los circos glaciares, en la etapa final de los glaciares de la Sierra de Queixa. La situación de la turbera en el interior del arco morrénico frontal más tardío, nos permite asegurar que se desarrolló en el periodo postglaciario, una vez que la ablación hubo finalizado. Existe, sin embargo, como en todos los casos, un decalaje entre la desaparición de los hielos y el inicio de la turbera que aparece representado por el detrítico fluvio-glaciario desde la base (etapa inmediatamente postglaciaria) y el depósito de turba, que correspondería a una etapa posterior a la desaparición del glaciario.

4.3.3.1.- DESCRIPCIÓN DE SONDEO

Para efectuar la toma de muestras de esta turbera se ha utilizado de nuevo la sonda manual Eijkelkamp, debido a que la parte superior presentaba una elevada proporción en la componente arenosa-detrítica del sedimento, que ha impedido que el sondeo se hiciese con la sonda Rusa.

Antes de la toma de muestras definitiva se hicieron varias catas, alcanzándose distintas profundidades de sedimento. Finalmente, se hizo la extracción en la parte más profunda, llegando a 230 cm de espesor e interrumpiéndose el sondeo por la presencia de arenas finas muy lavadas, que se asocian a un freático que impide el paso de la sonda si no hay un revestimiento del sondeo. De éstos, se hizo el estudio polínico en los primeros 175 cm, ya que a continuación, y hasta 230 cm, aparecía un fuerte detrítico que terminaba con la presencia de las arenas antes mencionadas. A

continuación, aparecía la roca. Los diez primeros centímetros correspondientes al suelo actual, fueron desechados por presentar abundantes raíces y escasa consolidación.

Las muestras fueron tomadas cada diez centímetros, a excepción de la última en la que se redujo el intervalo a cinco cm, ya que la correspondiente al próximo intervalo coincidía con un nivel detrítico.

Desde el punto de vista litoestratigráfico se diferencian claramente los siguientes niveles (fig. 23): en la parte final, aproximadamente a 230 cm, se observan las arenas finas lavadas, a continuación y hasta 170 cm nos encontramos con un nivel arenoso casi carente de materia orgánica, que ha impedido la realización del estudio polínico. Contrastando con éste y hasta los 100 cm aparece un nivel limo-arcilloso negro muy orgánico. A continuación el sedimento comienza una transición hasta el detrítico que aparecerá a los 60 cm, para pasar al suelo con abundantes raíces.

4.3.3.2.- CRONOLOGÍA

En la tabla 1 se muestra la datación ^{14}C obtenida, por el método clásico, para la secuencia sedimentaria de Fraga, junto con la edad calibrada (Stuiver & Reimer, 1993).

Para la estimación aproximada de la edad de esta secuencia, se ha supuesto, un modelo de sedimentación lineal entre la datación obtenida (8.030 ± 80 años BP, ICEN-932) y el nivel superficial, al que se le asigna una edad 0. Esta cronología, como siempre que se dispone de una sola datación, debe ser tomada con precaución, aunque, habida cuenta de la génesis de la turbera, parece plenamente válida.

Como veremos posteriormente, la cronología de los acontecimientos más significativos deducida a partir de este modelo lineal se correlaciona bastante bien con otros registros en los que se dispone de un mejor control cronológico.

Si asignamos una edad cero al nivel superficial, la tasa de sedimentación media es de 0,02 cm/año, lo que supone que cada muestra comprende aproximadamente 50 años y la separación entre ellas es de aproximadamente 500 años.

Fraga (1.360 m)

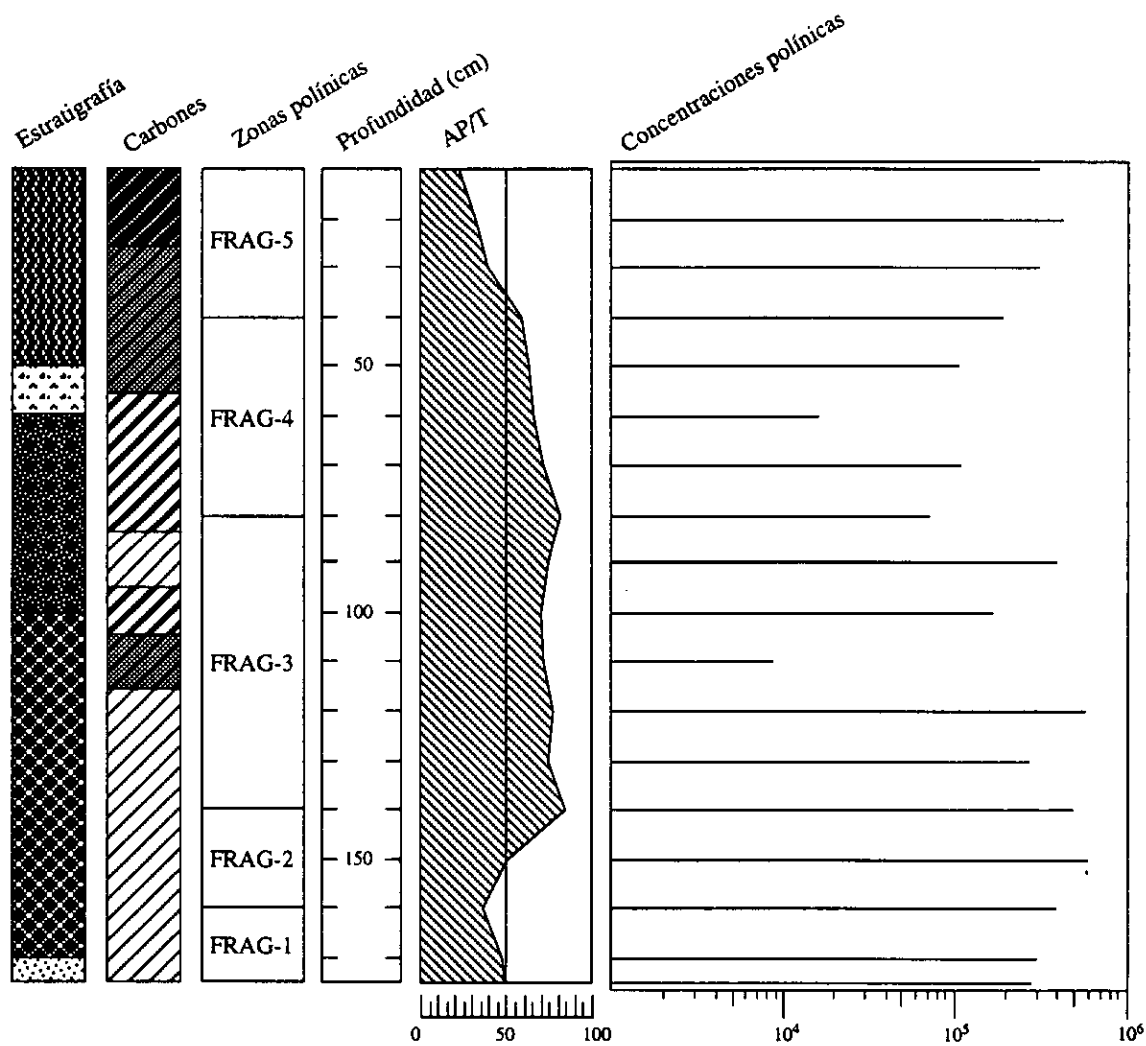


Fig. 23.- Fraga: Biozonación y características del sedimento

4.3.3.3.- ZONACIÓN POLÍNICA

Las variaciones de los táxones más significativos nos permitirán hacer la subdivisión en las siguientes zonas polínicas (figs. 24 y 25):

**FRAG-1. Zona polínica de Poaceae, *Betula*, Apiaceae y *Pinus*
(175 a 160 cm)**

Esta primera zona polínica presenta uno de los valores más bajos de polen arbóreo de todo el diagrama, aunque sus porcentajes se sitúan en un valor medio del 45%.

El árbol mejor representado aquí va a ser el abedul con un valor medio del 28%. A continuación y con valores inferiores está *Pinus*. Este taxon, presenta en el principio de la zona sus mayores valores (15%), para descender al 3% al final de la misma.

Desde el principio del diagrama, y con bajos valores (2-3% de media), aparecen también *Quercus*, *Corylus* y *Salix*. Puntualmente aparecen *Juniperus*, *Fraxinus* y *Carpinus*.

El polen no arbóreo (50-64%), está dominado por las gramíneas, que junto con Apiaceae alcanzarán el 43% de media. El porcentaje restante estará representado por Asteroideae, Resedaceae, Ericaceae y *Calluna*, que no suelen alcanzar el 2% de media.

Les acompañan, con valores inferiores, una veintena de táxones entre los que podemos destacar *Artemisia*, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Cichorioideae, Rosaceae, Rubiaceae y Campanulaceae. Es importante destacar la presencia también puntual en todos los espectros de *Asphodelus*, así como la aparición, únicamente en esta zona, de *Plantago*.

Las acuáticas están aquí poco representadas, Cyperaceae no llega al 1% y Ranunculaceae presenta valores siempre inferiores al 2%.

La concentración polínica total de esta zona es elevada situándose a una media de 327.000 granos de polen/cm³ de sedimento (figs. 24 y 25).

Fraga. Sierra de Queixa (1.360 m)

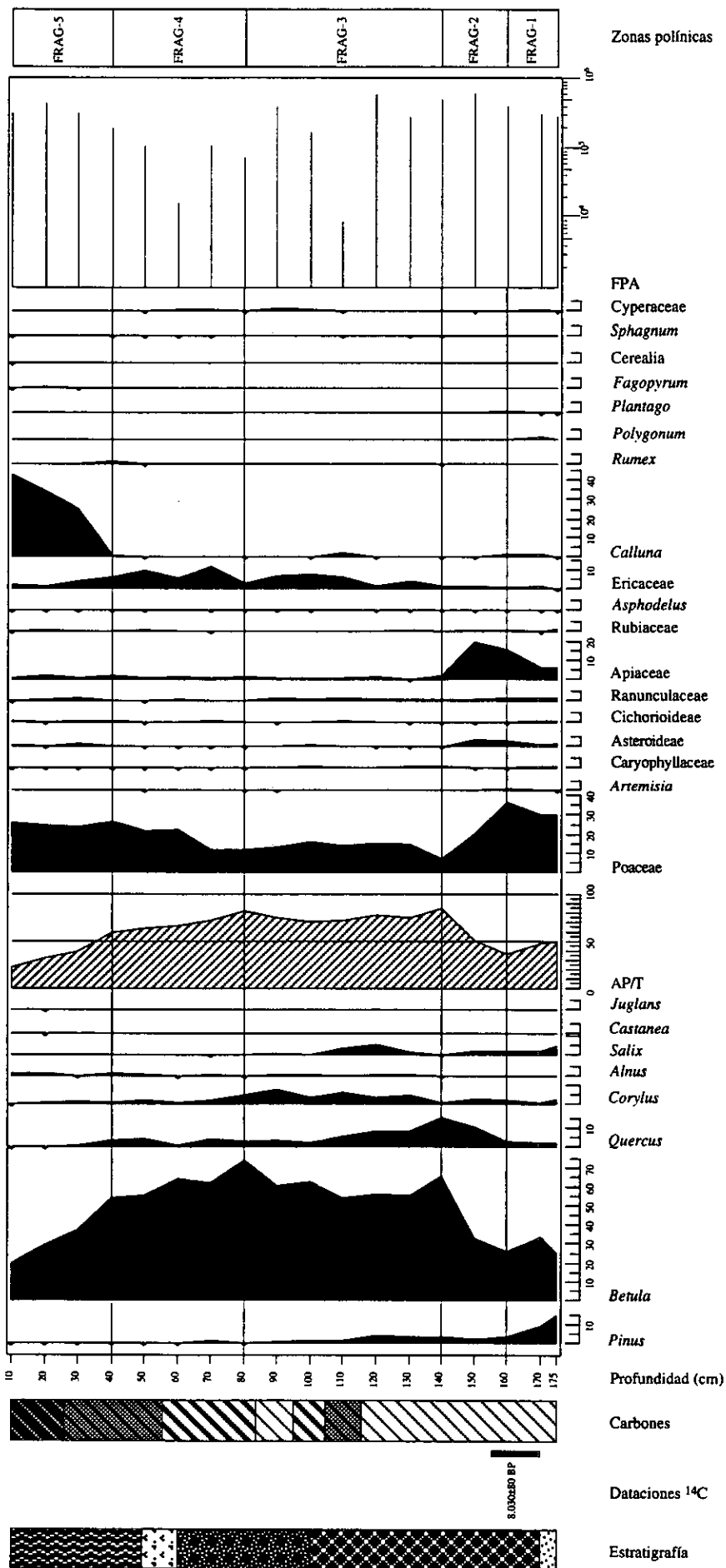
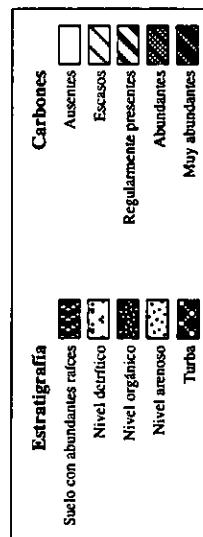


Fig. 25 - Diagrama polínico de Fraga (táxones seleccionados)



El límite superior de esta zona polínica, vendrá marcado por el brusco descenso de Poaceae y por el aumento de *Betula* y *Quercus*.

**FRAG-2. Zona polínica de *Betula*, Poaceae, *Quercus* y Apiaceae
(160 a 140 cm)**

Se produce en esta zona una importante recuperación del porcentaje de polen arbóreo, alcanzando el valor más alto de todo el diagrama polínico (85%). Esto se debe fundamentalmente al aumento de *Quercus* y *Betula* y a la disminución de Poaceae. Si en la zona anterior eran *Betula* y *Pinus* los dos árboles mejor representados, en esta nueva zona, el segundo será sustituido por *Quercus*.

El abedul, ya importante desde el principio de la sedimentación, alcanza aquí uno de sus máximos porcentajes (65%), así como su máximo absoluto. Lo mismo le ocurre al roble que alcanza sus valores máximos en esta zona (15%). Por el contrario *Pinus*, que había sido relativamente importante al principio de la zona anterior, se mantiene con bajos valores, del orden del 3%. La pérdida de importancia de este taxon en el conjunto de la vegetación, no impide que sus valores absolutos acusen en esta zona una recuperación.

Tanto *Corylus* como *Salix*, mantienen los bajos valores de la zona anterior, si acaso descendiendo ligeramente.

Con respecto a las herbáceas, el acusado descenso de Poaceae hasta su mínimo (del 36 al 6%) y el de Apiaceae (del 19 al 2%) es lo más destacable. Aparece *Cistus* por primera vez. Se mantienen Rubiaceae, Caryophyllaceae, Asteroideae, Cichorioideae, Ericaceae y *Asphodelus* y desaparecen en esta zona algunos táxones tales como *Artemisia*, Chenopodiaceae, Rosaceae, Resedaceae y Campanulaceae.

Ranunculaceae y Cyperaceae, al igual que en la zona anterior, siguen teniendo baja representación.

La concentración polínica total aumenta sustancialmente en esta zona, presentando una media de 549.000 granos de polen/cm³ de sedimento, y alcanzándose el máximo de todo el sondeo con 604.000 granos de polen/cm³.

La aparición de *Alnus*, disminución de *Quercus*, aumento de *Corylus* y *Ericaceae*, así como la estabilización de la relación AP/T, marcarán el comienzo de la siguiente zona.

FRAG-3. Zona polínica de *Betula*, *Poaceae*, *Corylus*, *Quercus* y *Ericaceae*
(140 a 80 cm)

En esta zona polínica de 60 cms de espesor, la relación AP/T mantiene valores altos pero relativamente constantes, oscilando entre el 70 y el 80%.

Destaca en esta zona, la aparición de *Alnus*, con porcentajes muy bajos (inferiores al 1%). Será de nuevo el abedul el taxon más importante aquí, cuyos valores oscilarán entre el 55% y el 74% al final de la fase, constituyendo este último valor, su máximo.

El resto de los táxones arbóreos también experimentan cambios importantes. *Quercus*, después de alcanzar su máximo en la zona anterior, desciende progresivamente en esta zona hasta alcanzar el 3%. *Pinus* también desciende hasta aparecer únicamente de manera esporádica.

Corylus y *Salix*, por el contrario, aumentan, alcanzando en esta zona polínica sus mayores valores, 8% y 5%, respectivamente. Presencia única y puntual de *Ilex*.

Dentro del polen herbáceo, será de nuevo *Poaceae* el taxon más importante, que, después de sufrir una ligera recuperación, estabilizará sus valores en torno al 14%. Por otra parte, el estrato arbustivo estará dominado por *Ericaceae* que sufre un importante aumento alcanzando el 8%. *Calluna* también aumenta ligeramente en esta zona, superando en algún espectro el 2%.

El resto de los táxones no presentan modificaciones importantes, si exceptuamos el ligero aumento que sufren algunas acuáticas (*Ranunculaceae* y *Cyperaceae*) y la aparición de *Sphagnum*.

Las concentración polínica total se presenta muy irregular en esta zona, alcanzándose valores muy altos (579.000 granos de polen/cm³ de sedimento) y también el mínimo (8.690 granos de polen/cm³ de sedimento) a 110 cms.

El descenso de *Betula* y la recuperación de Ericaceae, marcarán el límite superior de esta zona polínica.

**FRAG-4. Zona polínica de *Betula*, Poaceae y Ericaceae
(80 a 40 cm)**

Se caracteriza esta zona polínica por el progresivo descenso que sufre el polen arbóreo (71 a 60%), en favor del polen no arbóreo, que sufrirá un aumento del 29 al 40%.

El descenso gradual pero continuado del abedul (del 74 al 54%) será el que más va a afectar a este fenómeno, junto con el de *Corylus*, cuyo porcentaje no alcanzará el 1% al final de la fase.

Pinus seguirá apareciendo de manera esporádica y *Salix* desaparecerá al principio de la fase.

Alnus se recupera muy ligeramente al final de la fase (superando el 1%) al igual que *Quercus*, cuyos valores medios serán del 4%.

Los estratos herbáceo y arbustivo, seguirán dominados, al igual que en la zona anterior, por Poaceae y Ericaceae, respectivamente. No obstante, los valores de sus porcentajes experimentarán cambios importantes. Poaceae sufrirá un progresivo aumento hasta alcanzar el 27% y Ericaceae, aunque con un valor medio similar al de la zona anterior, presenta un máximo superior al 12%.

Rumex, presente sólo anecdóticamente en FRAG-3, reaparece aquí por última vez, superando el 1%.

No se detectan cambios significativos en el resto de los táxones, si acaso la desaparición en este nivel de Cyperaceae.

La concentración polínica total tiende a aumentar, con una media de 106.000 granos de polen/cm³ de sedimento y un mínimo de 16.000 (figs. 24 y 25).

El límite superior estará marcado por el descenso del polen arbóreo, *Betula* fundamentalmente, y por el brusco desarrollo de *Calluna*.

FRAG-5. Zona polínica de *Calluna*, *Betula* y *Poaceae* (40-10 cm)

En esta última zona se produce un drástico cambio en el diagrama polínico, caracterizado por un fuerte aumento del estrato arbustivo y el consiguiente descenso del polen de los árboles. De hecho, es la zona que presenta los valores más bajos de polen arbóreo de todo el diagrama polínico, pasando de un 40 a un 22%.

Los cambios más importantes a este nivel, como puede apreciarse en las figuras 24 y 25, son el descenso de los porcentajes de *Betula* (del 37 al 20%), *Quercus*, *Corylus* y el aumento de *Alnus*. Es importante destacar la presencia puntual en esta zona de *Castanea* y *Juglans*.

Los arbustos conforman el grupo dominante. *Calluna* se expande espectacularmente, alcanzando al final de la fase el 43%. Ericaceae sigue también presente (con un valor medio del 3%), aunque sufre un ligero descenso.

El estrato herbáceo estará dominado por *Poaceae*, que después de la importante recuperación de la zona anterior, mantendrá aquí unos valores medios del 25%. Completarán el estrato *Apiaceae*, *Asteroideae* y *Cichorioideae* con valores inferiores al 2%.

Aparecen otros táxones marcadores de la acción antrópica, tales como *Fagopyrum*, *Cerealia* y *Urticaceae*.

Las acuáticas se desarrollan bien aquí, representadas fundamentalmente por *Callitriche* que hace aquí su aparición con valores elevados, superiores al 4% de media. También estarán presentes *Sphagnum* y *Ranunculaceae*, este último acusando una ligera recuperación.

La concentración polínica aumenta considerablemente con respecto a la zona anterior, con valores medios de 350.000 granos de polen/cm³ de sedimento.

4.3.3.4.- INTERPRETACIÓN

En la figura 23 se han representado las principales características del registro analizado. Podemos observar una alta correlación entre las características del sedimento, las zonas polínicas, la relación AP/T y la concentración polínica.

Los procesos por los cuales esta turbera se ha desarrollado, parecen corresponderse con los ocurridos en la turbera H, aunque, evidentemente, con una diferente cronología. Teniendo en cuenta únicamente la parte con contenido esporopolínico (10-175 cm), nuevamente se diferencian dos claras etapas en la evolución de la laguna, la inferior en la que predominan los procesos de decantación de partículas de pequeño tamaño y la superior en la que los procesos erosivos parecen reactivarse. Si consideramos que el nivel limo-arcilloso inferior corresponde al desarrollo de una pequeña turbera, el tramo detrítico superior se podría interpretar como el cese de funcionalidad de la misma.

Las causas que provocan este cambio en el régimen de sedimentación pueden ser varias, un cambio climático natural, correspondiente a un periodo con incremento de precipitaciones y, por tanto, reactivación de los procesos erosivos, o bien a un cambio en la dinámica superficial de la zona, inducido por el hombre.

Las zonas polínicas FRAG-1, FRAG-2 y FRAG-3, presentan las concentraciones polínicas más elevadas de todo el registro y se correlacionan perfectamente con las características sedimentológicas del mismo (fig. 23). No obstante, hay un nivel en FRAG-3 (110 cm), en el que la concentración polínica sufre un marcado descenso. Este descenso no parece estar relacionado con cambios en el sedimento, sin embargo, se corresponde perfectamente con un nivel en el que los carbones son abundantes.

En FRAG-4 la concentración polínica presentan valores inferiores. La relación de este descenso con las características sedimentológicas parece clara, además, en la curva AP/T se observa el comienzo de la degradación de la cubierta vegetal. El espectro que presenta la concentración polínica más baja aquí (60 cm), se puede correlacionar perfectamente con el nivel detrítico de la columna litoestratigráfica (fig. 23).

Posteriormente, la concentración polínica sufre una recuperación en FRAG-5, mientras que se modifica ligeramente la composición de la lluvia polínica y el PA disminuye progresivamente hacia la superficie y, de nuevo, se aprecia que los carbones, presentes a lo largo de todo el registro, son aquí muy abundantes.

La característica fundamental de este diagrama polínico es la gran abundancia de polen arbóreo existente a lo largo de todo el perfil, superando el 85% a 140 cm de profundidad. *Betula* es el taxon más característico y abundante.

Los porcentajes del polen no arbóreo más abundantes se encuentran en el nivel basal, compuesto, fundamentalmente, por elevados valores de Poaceae, y en el nivel superior, donde herbáceas y arbustos alcanzan sus máximos y el polen arbóreo tiende a disminuir. No obstante, la disminución tan acusada de los porcentajes de algunos taxones arbóreos como *Betula*, no se corresponden con la evolución de sus concentraciones polínicas, que no es tan acusada (fig. 26).

Según la datación efectuada esta turbera se desarrolló hace al menos 8.000 años (8.030±80 BP, ICEN-932), correspondiendo a la evolución postglacial de la vegetación.

En FRAG-1 parecemos estar asistiendo a una leve recuperación del estrato arbóreo, después de una posible predominancia de *Pinus* y otros táxones acompañantes, indicadores de medios abiertos. Esta recuperación se refleja en FRAG-2 por una evolución de la cubierta vegetal y colonización forestal del medio, así como un aumento general de la producción polínica unida probablemente a condiciones favorables. *Alnus* hace aquí su primera aparición, por tanto, con posterioridad a los 8.000 años BP.

FRAG-3 refleja el desarrollo general de la vegetación regional y local y la colonización de los espacios abiertos. Todos estos cambios nos indican el paso a condiciones más favorables para el desarrollo arbóreo, con probable incremento de las precipitaciones. Las concentraciones polínicas mantienen sus elevados valores al principio de FRAG-3, no obstante el descenso que se produce a 110 cm se relaciona con una disminución de táxones arbóreos y aumento de Poaceae, Ericaceae y *Calluna*, al menos localmente, sin que se observe cambio sedimentario. Todo esto unido al aumento de las partículas carbonosas, podría ser el resultado de la existencia de incendios puntuales, bien naturales o bien inducidos por el hombre.

En FRAG-4 asistimos al inicio de la deforestación junto con el descenso de las concentraciones polínicas (figs. 26 y 27) en relación clara con un cambio en las

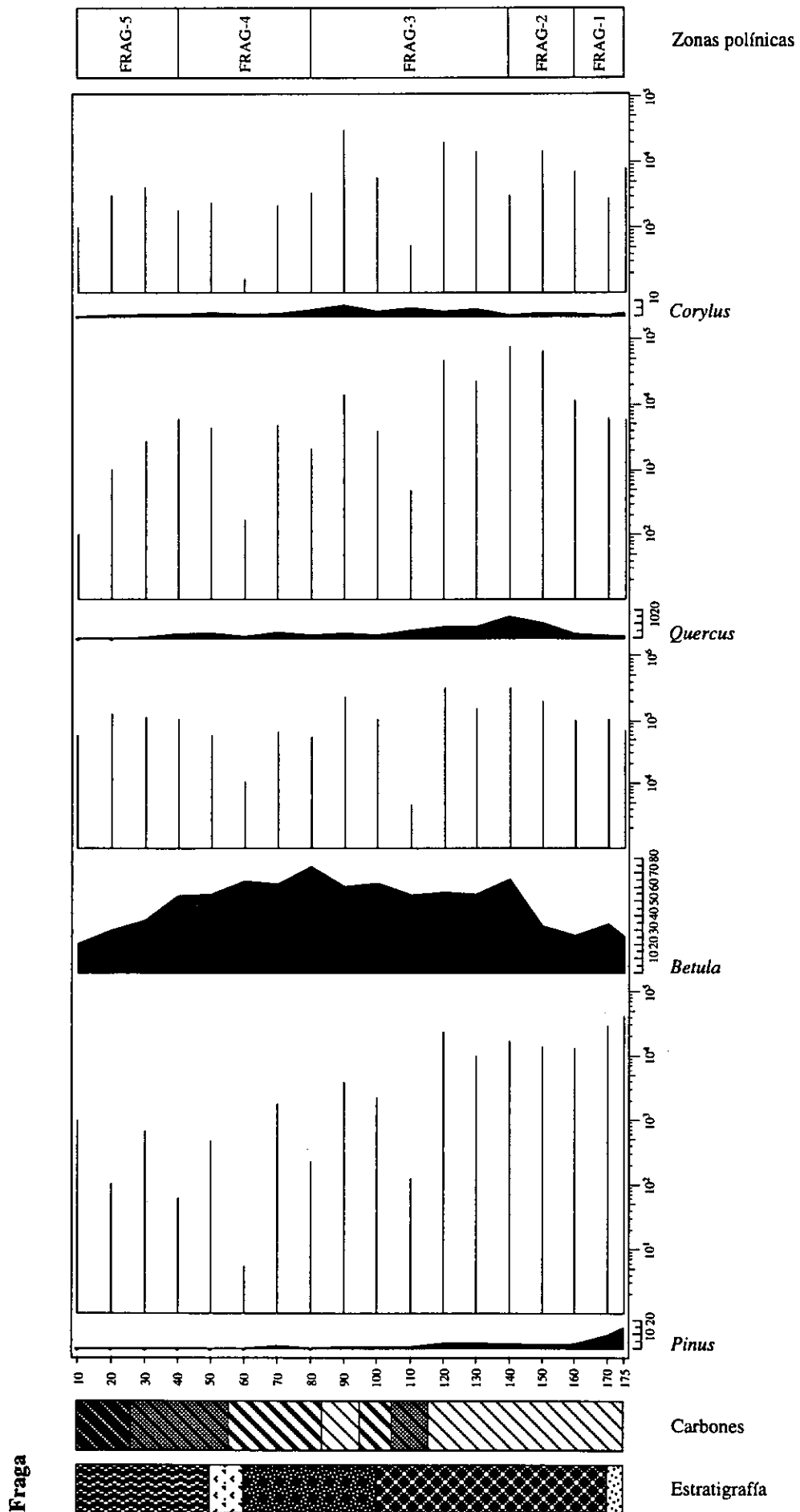


Fig. 26.- Fraga, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones arbóreos seleccionados)

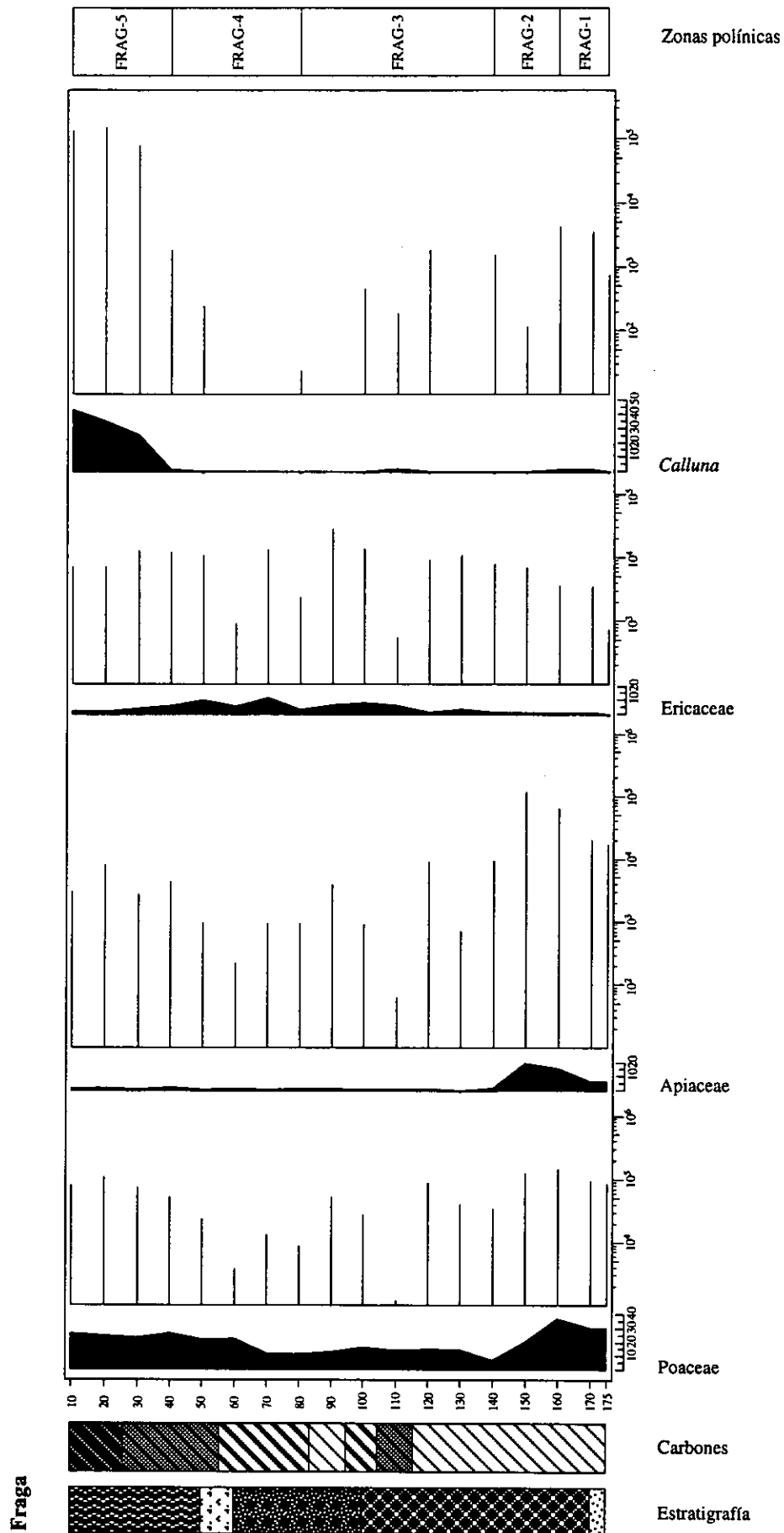


Fig. 27.- Fraga, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones herbáceos seleccionados)

condiciones de sedimentación. El espectro correspondiente a 60 cm se corresponde con un nivel detrítico en el que los carbones comienzan a ser abundantes.

En FRAG-5 la recuperación de las concentraciones polínicas va unida a un aumento de la colonización herbácea y arbustiva (*Poaceae* y *Calluna*) y a un aumento considerable de las partículas carbonosas en el sedimento que nos indicarán la presencia de incendios inducidos por el hombre, bien para la obtención de terrenos cultivables, o, más localmente, para la obtención de brotes tiernos para el ganado, cultura que sigue actualmente en práctica en la zona.

4.3.4.- AS AGUILLADAS

La turbera de As Aguilladas se halla situada por encima del área glaciada, de manera que puede afirmarse que nunca hubo desarrollo de glaciario en esa parte de la Sierra, fundamentalmente en base a la existencia de alteritas preglaciares ya notadas por otros autores (Tricart & Pérez Alberti, 1989). Se dispone en una estrecha fisura E-W en el granito que en parte aparece fosilizado en algunos puntos por los depósitos periglaciares que caracterizan la etapa tardía (fase glaciares rocosos de Bordonau i Ibern, 1992) alrededor del inicio del Holoceno. La edad máxima obtenida en el sondeo hace sospechar en la existencia de fenómenos erosivos posteriores a esta fase.

4.3.4.1.- DESCRIPCIÓN DEL SONDEO

Se trata de una pequeña turbera en la que, antes de la toma definitiva de las muestras para el estudio polínico, se hicieron varias prospecciones, alcanzándose profundidades comprendidas entre 160 y 180 cm. Las muestras fueron tomadas en la zona que poseía mayor espesor de sedimento (180 cm).

El muestreo de esta turbera se realizó con una sonda Rusa, se tomaron dos sondeos paralelos, con un espesor de solapamiento de 5 cm. Las muestras para el análisis polínico fueron tomadas cada 10 cm. La muestra superficial (0 cm) se corresponde con el polen procedente de los musgos que viven actualmente en la superficie de la turbera.

Se obtuvo, por tanto, un sondeo de 180 cm de espesor en el que, desde el punto de vista litoestratigráfico, no se aprecian cambios significativos. Se trata de un

sedimento uniforme y oscuro, compuesto por turba de ciperáceas, fundamentalmente (fig. 28).

4.3.4.2.- CRONOLOGÍA

En el sondeo de As Aguilladas se han obtenido tres dataciones ^{14}C por el método clásico, cuyos resultados, junto con las edades calibradas (Stuiver & Reimer, 1993), figuran en la tabla 1.

La estimación de la edad de la secuencia (fig. 29) se ha realizado mediante la interpolación lineal entre cada dos dataciones. Se ha supuesto una sedimentación lineal, teniendo en cuenta la uniformidad del sedimento y los escasos cambios palinológicos y de concentración polínica. En todo caso, la compactación puede ser el factor que impida que la relación profundidad/edad sea constante, produciendo una disminución de la tasa de sedimentación, en la mitad inferior del registro.

Si asignamos una edad cero al nivel superficial, la tasa de sedimentación media es de 0,08 cm/año, lo que supone que cada muestra comprende aproximadamente 12 años y la separación entre ellas es de aproximadamente 125 años.

No obstante, la obtención de las tres dataciones nos permite afinar más en la tasa de sedimentación de los intervalos comprendidos entre ellas. La tasa de sedimentación entre el nivel superficial y la segunda datación obtenida por radiocarbono (550 ± 130 años BP a 100 cms) es de 0,18 cm/año, lo que supone que cada muestra comprende 5 años y la separación entre ellas 55 años, aproximadamente. Entre esta segunda datación y la siguiente (2.020 ± 70 años BP a 173 cms), la tasa disminuye considerablemente, siendo de 0,05 cm/año. Esto supone que cada muestra comprendería 20 años y la separación entre muestras 200 años.

4.3.4.3.- ZONACIÓN POLÍNICA

Se observa la división del diagrama polínico en dos zonas claras (figs. 30 y 31): una inferior con marcado predominio de *Betula* y otra superior en la que *Pinus* se desarrolla considerablemente, frente al descenso del taxon anterior. Las variaciones de los porcentajes de ambos táxones a lo largo del diagrama, así como la aparición de

As Aguilladas (1. 580 m)

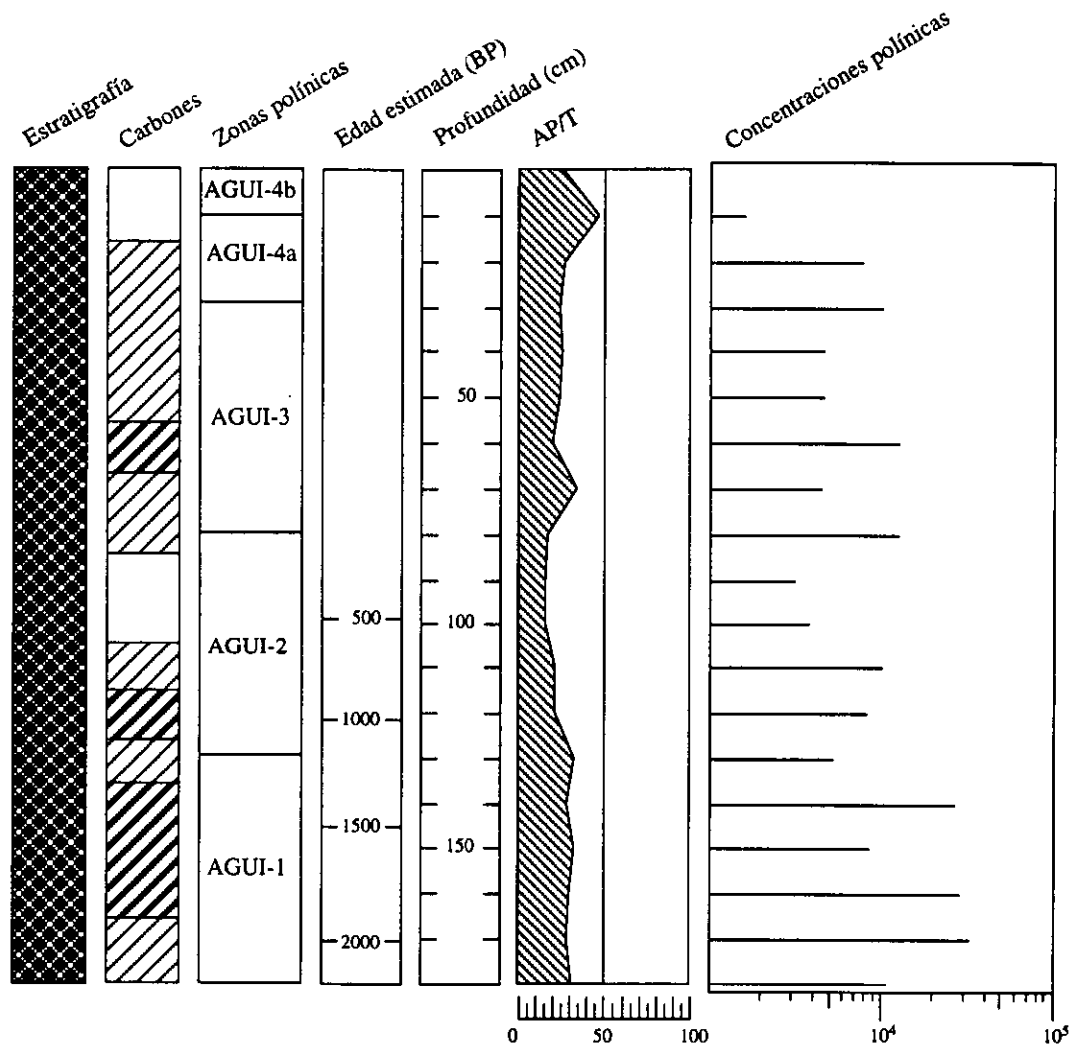


Fig. 28.- As Aguilladas: Biozonación, cronología y características del sedimento

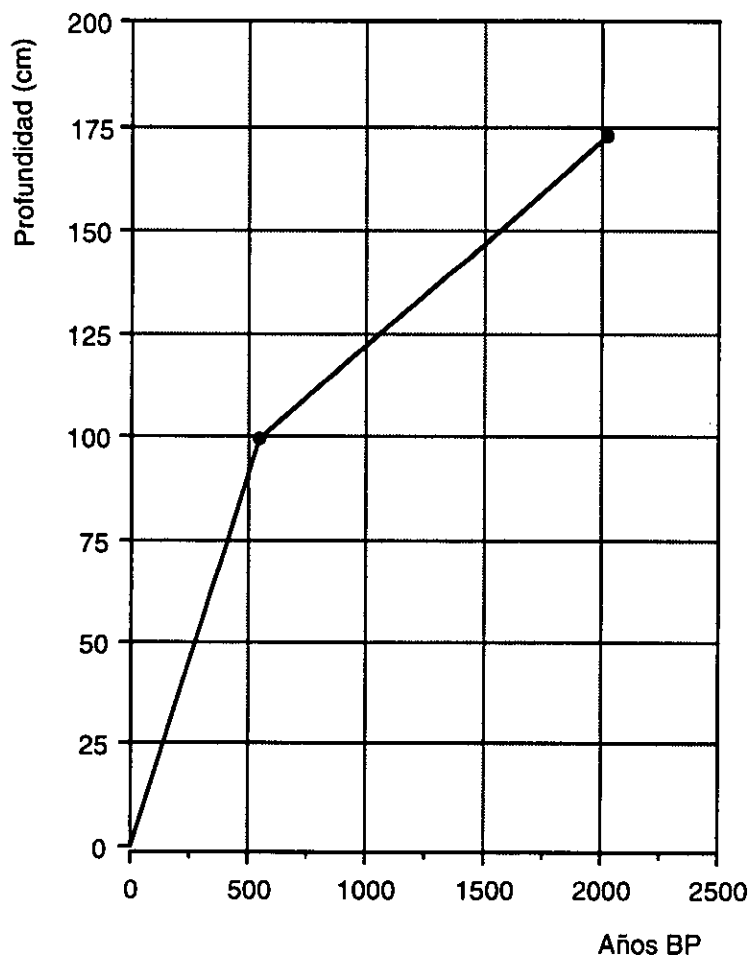


Fig. 29.- Modelo cronológico estimado para la localidad de As Aguilladas

As Aguilladas. Sierra de Queixa (1.580 m)

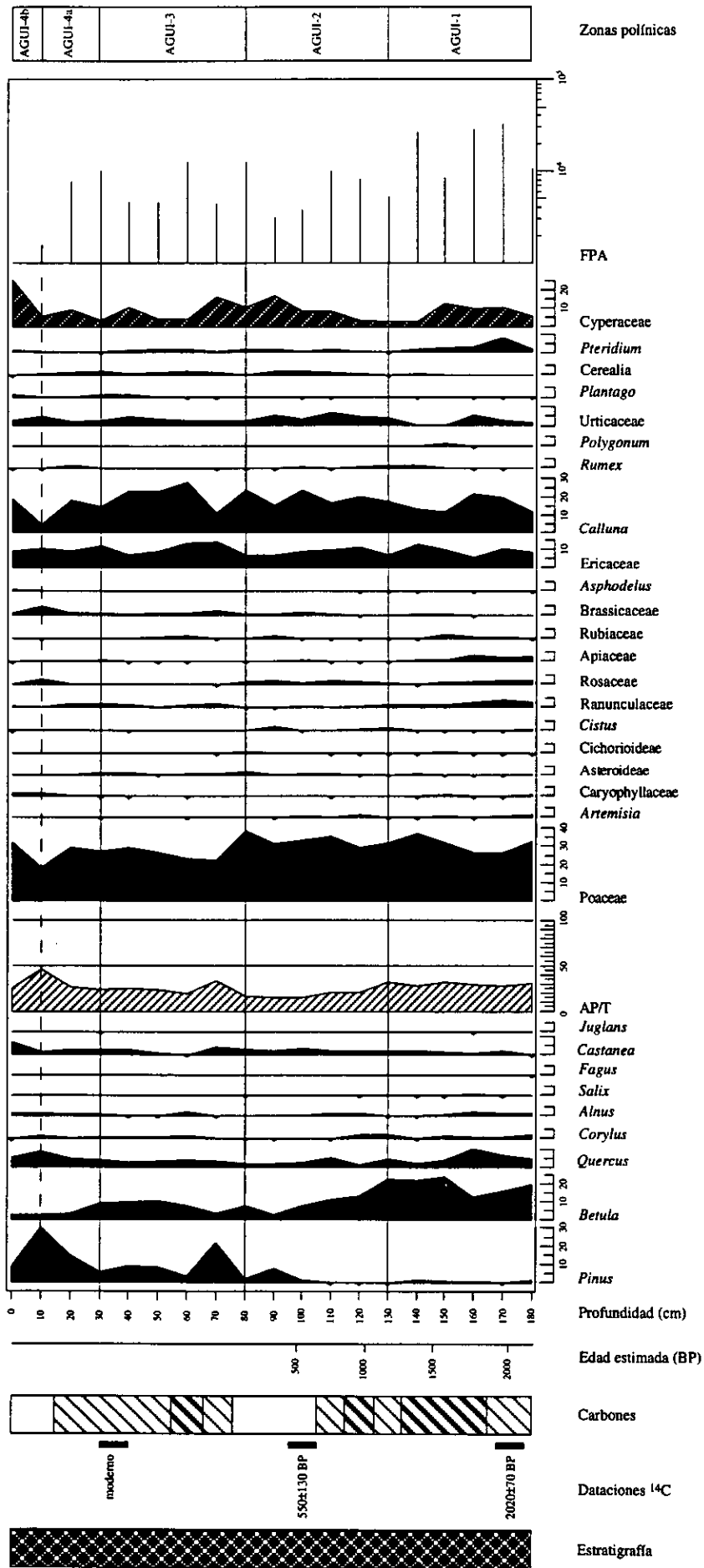
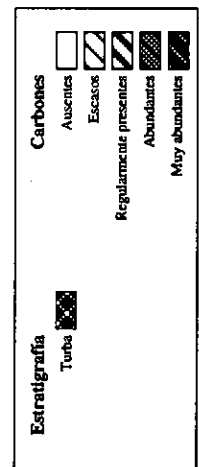


Fig. 31.- Diagrama polínico de As Aguilladas (táxones seleccionados)



otros indicadores, nos han permitido diferenciar cuatro zonas polínicas y dos subzonas.

AGUI-1. Zona polínica de Poaceae, *Betula* y *Calluna*

(180 a 130 cm. Edad estimada (fig. 29): 2.150 a 1.150 años ¹⁴C BP)

Esta primera zona polínica se caracteriza por presentar los porcentajes de polen arbóreo más altos de todo el diagrama polínico (figs. 30 y 31). No obstante, el porcentaje es bajo (media del 30%) y es aportado en su mayoría por *Betula* (19%). El otro taxon arbóreo significativo aquí, será *Quercus*, con valores medios del 5%.

Con porcentajes inferiores aparecen otros táxones tales como *Corylus*, *Alnus*, *Pinus* y *Castanea*. De forma anecdótica aparece *Salix* y hay otros táxones que aparecen únicamente en esta zona y ni siquiera en todos los espectros polínicos, es el caso de *Juniperus*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Fagus* y *Juglans*.

El porcentaje de polen procedente de arbustos y herbáceas es, ya en esta primera fase, bastante elevado, con un valor medio del 70%. Poaceae, dentro de las herbáceas, y *Calluna*, dentro de los arbustos, son los dos táxones mejor representados (31 y 16% respectivamente). Las ericáceas también presentan valores significativos (9%). Con valores inferiores cabe destacar Rosaceae, Apiaceae, Campanulaceae, Urticaceae y la aparición de Cerealía al final de la zona polínica. Esporas monoletes y *Pteridium*, presentan aquí sus máximos. Son también importantes las acuáticas. Ranunculaceae presenta valores inferiores al 3%, pero son los máximos y Cyperaceae supera el 7% de media.

Esta zona presenta la concentración polínica total más alta de todo el diagrama polínico, con una media de 18.000 y un máximo de 32.000 granos de polen/cm³ de sedimento.

El descenso del polen arbóreo y el aumento de Labiatae, *Cistus* y Cerealía, marcarán el límite superior de esta zona.

AGUI-2. Zona polínica de Poaceae, *Calluna* y Cyperaceae**(130 a 80 cm. Edad estimada (fig. 29): 1.150 a 440 años ¹⁴C BP)**

La característica que permite independizar esta zona, con respecto a la anterior, es el descenso del porcentaje de polen arbóreo (18%) y el aumento que experimentan táxones tales como *Cistus*, Urticaceae y Cerealia.

En concreto el polen procedente de *Betula* (porcentaje y concentraciones polínicas) (fig. 32) es el que va a disminuir considerablemente, pasando de 19 a 9% de media. *Quercus*, *Corylus* y *Alnus* también disminuyen ligeramente, siendo *Castanea* el único taxon que se estabiliza. Destacar la aparición de unos granos aislados de Oleaceae en esta zona polínica y el desarrollo de *Pinus*, que comienza aquí a cobrar importancia.

El porcentaje de polen procedente de arbustos y herbáceas aumenta (82%), siendo, de nuevo, Poaceae y *Calluna* los dos táxones más abundantes, junto con Ericaceae. El resto de los táxones no experimentan cambios significativos, si exceptuamos Cerealia (que llega a superar el 2%), Labiatae y Brassicaceae.

Ranunculaceae disminuye y Cyperaceae aumenta, superando el 9% de media.

En cuanto a la concentración polínica total (figs. 30 y 31), hay que señalar el descenso que sufre, cayendo a 8.000 granos/cm³.

El final de esta fase se caracteriza por el aumento de *Pinus* y el descenso de Poaceae.

AGUI-3. Zona polínica de Poaceae, *Calluna*, Ericaceae y *Pinus***(80 a 30 cm. Edad estimada (fig. 29): 440 a 165 años ¹⁴C BP)**

El porcentaje de polen arbóreo se recupera ligeramente en esta zona polínica (25%). Esto es debido fundamentalmente a *Pinus*, que llega a alcanzar una media del 10%. *Betula* también se recupera ligeramente, al igual que *Quercus*. El resto de los táxones arbóreos no experimentan cambios significativos.

Se produce en esta zona una reducción importante del porcentaje de polen de Poaceae, que pasa del 34% en la zona anterior, al 26% en ésta. *Calluna* disminuye

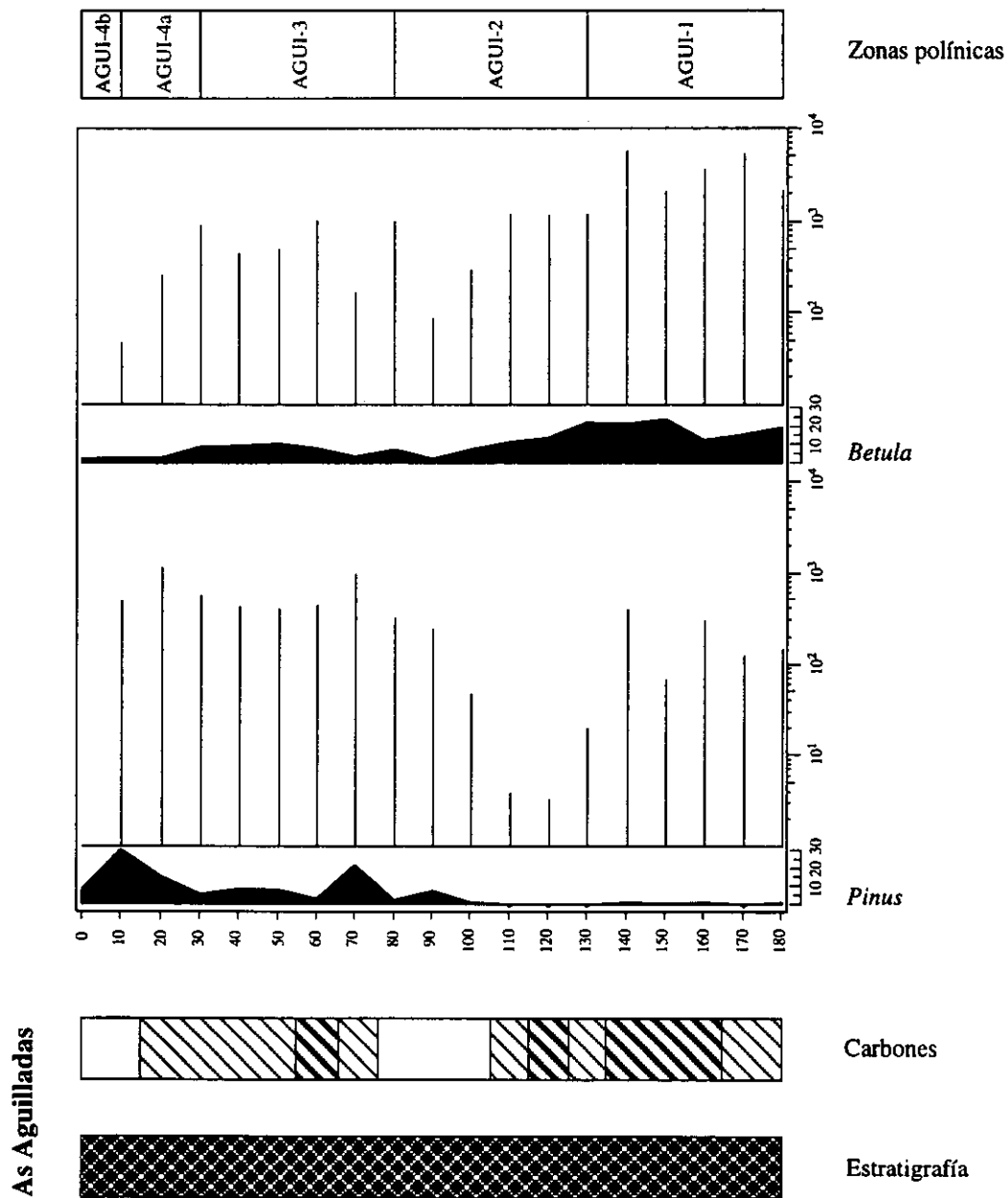


Fig. 32.- As Aguilladas, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones arbóreos seleccionados)

ligeramente, sin embargo las ericáceas aumentan. También desciende Cyperaceae. Se observa una relación directa entre los valores de los táxones.

La concentración polínica total sigue descendiendo paulatinamente, presentando valores inferiores a los de la zona anterior, con una media de 7.000 granos/cm³.

El límite superior de esta zona polínica vendrá marcado por el aumento de *Pinus* y la disminución de *Betula*.

AGUI-4. Zona polínica de Poaceae, *Pinus*, *Calluna* y Cyperaceae

(30 cm a la superficie. Edad estimada (fig. 29): 165 años ¹⁴C BP al presente)

La recuperación del polen arbóreo es la característica que permite separar esta zona de la anterior. Se da aquí el máximo, con un pico del 46%. En concreto, *Pinus* (18%) y *Quercus* (6%) serán los dos táxones que contribuirán fundamentalmente a esta recuperación.

Poaceae (27%), *Calluna* (14%) y Ericaceae (10%) completarán de nuevo el estrato herbáceo y arbustivo.

La concentración polínica total sigue descendiendo, hasta caer en una media inferior a 5.000 granos/cm³.

Los cambios de *Pinus*, Poaceae y *Calluna*, nos permiten distinguir dos subzonas.

Subzona AGUI-4a. Poaceae, *Pinus* y *Calluna*

(30-10 cm)

Se alcanzan en esta zona polínica los porcentajes más elevados de polen arbóreo de todo el diagrama, aportado, fundamentalmente, por *Pinus*, que experimenta en esta breve zona un importante aumento, superando sus porcentajes el 30% y obteniendo su máximo absoluto. Mientras que *Betula* inicia en esta zona la disminución definitiva, *Quercus* también experimenta una ligera recuperación llegando a superar el 9%.

Por el contrario los táxones arbustivos y herbáceos experimentan un marcado descenso (porcentajes y concentraciones polínicas) (fig. 33), así como las concentraciones polínicas totales, que presentan en esta zona su mínimo (1.572 granos/cm³).

El brusco descenso del polen arbóreo, en favor del procedente de herbáceas y arbustos, caracterizará la última subzona, junto con el aumento de *Castanea*.

**Subzona AGUI-4b. Poaceae, *Calluna*, Cyperaceae y *Pinus*
(10-0 cm)**

El porcentaje de polen procedente de táxones arbóreos, sufre un fuerte retroceso en la segunda parte de la zona AGUI-4, cayendo hasta un valor medio del 25%, debido, fundamentalmente, al significativo descenso de *Pinus* (9%). El único taxon arbóreo que experimenta una subida es *Castanea*, que alcanzará al final de la zona su máximo (7%).

Por el contrario, los porcentajes de los táxones herbáceos y arbustivos más importantes, van a aumentar, debido, sobre todo, al aumento de Poaceae (32%) y *Calluna* (19%), así como las acuáticas. Cyperaceae alcanzará aquí su máximo, superando el 25%.

4.3.4.4.- INTERPRETACIÓN

Este registro se caracteriza por el predominio de táxones de ambientes abiertos a lo largo de todo el perfil. Ericaceae y *Calluna* mantienen valores elevados a lo largo de todo él, así como Poaceae y Cyperaceae. La abundancia de ericáceas puede estar condicionada por el reducido tamaño de la turbera y, consecuentemente, la proximidad de la vertientes o por haber estado siempre cubierta de estos táxones.

El estrato arbóreo presenta casi siempre valores inferiores al 40%. Los táxones arbóreos más característicos son *Pinus* y *Betula*, que modifican el valor de sus porcentajes en un breve intervalo de tiempo. La escasez arbórea podría ser debida al efecto cuminal o al pastoreo de alta montaña sobre la vegetación.

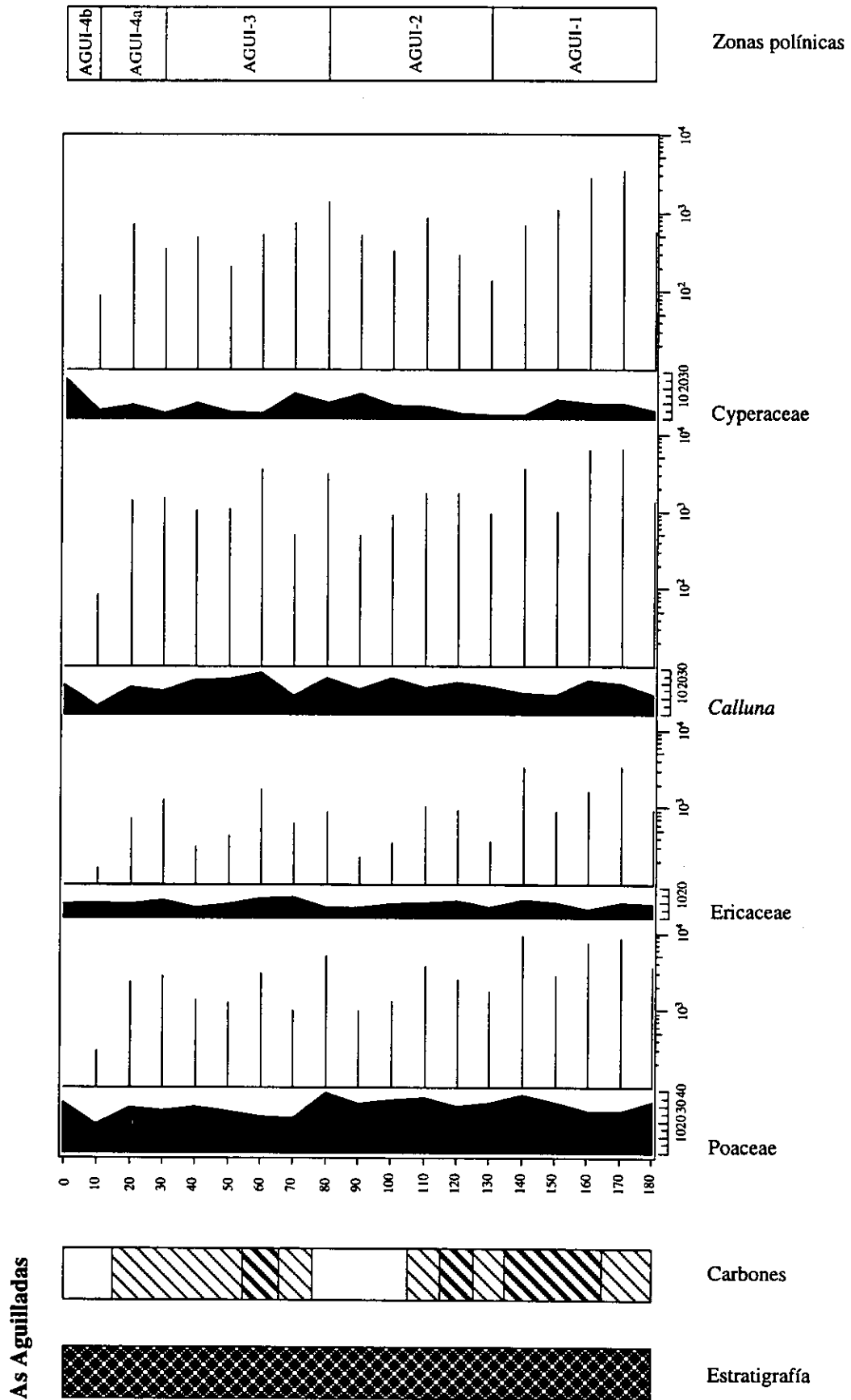


Fig. 33.- As Aguilladas, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones herbáceos seleccionados)

En la figura 28 se incluye la columna litoestratigráfica para este registro sedimentario, así como la columna de carbones, zonas polínicas, edad estimada, profundidad, relación AP/T y concentración polínica total.

A lo largo de todo el sondeo se aprecian los bajos valores del AP que superan en muy pocas ocasiones el 30%, siendo arbustos y herbáceas los grupos dominantes. La concentración polínica presenta valores muy irregulares, aunque se puede observar (fig. 28) que la más elevada se corresponde con la zona polínica AGUI-1.

En la parte inferior del sondeo (AGUI-1 y AGUI-2) se observa un descenso gradual hacia la superficie, tanto de la relación AP/T, como de la concentración polínica. Por el contrario, en la mitad superior (AGUI-3 y AGUI-4), se produce una ligera recuperación del polen arbóreo. Estos cambios no se relacionan con las condiciones de sedimentación (fig. 28).

El paisaje aquí representado se corresponde en principio (AGUI-1 y AGUI-2) con un pastizal de montaña en el que los escasos aportes de polen arbóreo nos indican la lejanía de estos táxones del punto de sondeo. Se desarrollan táxones indicadores de medios abiertos (Poaceae, Ericaceae, *Calluna*) y los abedules aprovechan para desarrollarse. La apertura del paisaje, visible por la relación AP/T está acompañada de herbáceas heliófilas (Asteroideae, Cichorioideae).

La presencia abundante de Cyperaceae al principio de la sedimentación junto con *Alnus*, *Corylus* y *Salix* parece indicarnos una cierta humedad. A continuación la pérdida de acuáticas y el aumento de táxones ruderales (*Cistus*, *Rumex*, Urticaceae y compuestas) podría ser indicativo no sólo de una pérdida de humedad ambiental sino también de una intensificación de la acción del hombre sobre su entorno, como lo prueba la importante presencia de *Castanea*.

La reciente edad de este sondeo (fig. 29) vendrá confirmada por la presencia de táxones indicadores de actividad humana casi desde el principio de la sedimentación. De hecho, los cereales aparecen ya en la primera zona polínica. A continuación se produce un incremento de otros táxones antrópicos y ruderales (Urticaceae, Labiatae, Brassicaceae), siendo el abedul el único taxon arbóreo con cierta

representación. Las partículas carbonosas presentes a lo largo de este sondeo no son, en ningún caso, abundantes y únicamente en AGUI-1 se podrían relacionar con incendios que hubieran tenido lugar en las cercanías de la turbera (fig. 31).

Estas importantes deforestaciones han favorecido la instalación de paisajes de pradera y laderas de Ericaceae que se pueden observar actualmente.

Posteriormente (AGUI-3 y AGUI-4) el pastizal se irá transformando a matorral (descenso de Poaceae y aumento de *Calluna*) con incremento de los valores de *Pinus* y pérdida de importancia del abedul (porcentajes y concentraciones polínicas) (figs. 32 y 33). Los elevados porcentajes de *Pinus* indican la presencia de una nueva vegetación forestal en las proximidades. La recuperación del bosque junto con el incremento de táxones acuáticos nos indica una fase de mayor humedad y el desarrollo local de Cyperaceae en los centímetros superiores, atestigua el desarrollo de la turbera actual.

La acción antrópica enmascararía en mayor o menor medida los cambios climáticos que hubieran podido tener lugar, aunque la variación de los táxones higrófitos indicadores de condiciones de mayor o menor humedad, podrían ser explicados por breves variaciones climáticas (Ruíz Zapata *et al.*, 1995).

4.3.5.- CASTELO CERVEIRA

La secuencia de Castelo Cerveira, no muestreada hasta la base por la carencia de medios adecuados de sondeo, corresponde a un depósito de obturación frontal del llamado glaciar de Majada de Oyorzo. Correspondería a una fase tardía, pero no la final, situada más hacia la cabecera de la Sierra de Queixa-Invernadoiro. El relieve sobre el que se apoya la secuencia estudiada, es un relieve glaciar apenas modificado por la dinámica posterior. En su borde E, se apoya sobre un gran arco morrénico frontal de casi 20 m de altura y en su parte W, lo hace sobre el fondo del valle glaciar que debió funcionar como una pequeña laguna proglaciar en la fase final. La erosión posterior ha desmantelado parcialmente el arco morrénico, pero ha dejado intacta parte de la secuencia lacustre de la que la turbera de Castelo Cerveira, corresponde a la parte superior. El resto aparece por debajo, pero por las razones antes aludidas, no accesible con los medios de los que se disponían.

4.3.5.1.- DESCRIPCIÓN DEL SONDEO

Se trata de un corte vertical en una curva del río del mismo nombre, donde existe una buena profundidad de sedimento, al final de la cual hay un nivel detrítico grueso muy importante. El carácter arenoso de los sedimentos impidió la toma de muestras con la sonda Rusa, e hizo muy laboriosa la toma de muestras con la sonda Eijkelkamp por lo que se aprovechó la existencia de un bancal de terraza excavado por el río para realizar el muestreo.

En principio y dadas las características del sedimento, las muestras se tomaron cada 5 cm en el afloramiento vertical, llegando incluso a tomar algunas bajo la superficie del agua del arroyo. Se despreciaron los 40 cm superiores por corresponder a un nivel detrítico, sin consolidar y con muchas raíces que dificultaban el muestreo. Se llegó a 180 cm de profundidad y las muestras se prepararon finalmente cada 10 cm. Dados los resultados, no hubo necesidad de aumentar el intervalo de muestreo.

Como en el resto de los casos, el espesor de muestra tomado en principio, fue de 1 cm y el volumen tomado inicialmente fue de 1 cm³. No obstante, ante la escasez de palinomorfos, después de un primer chequeo, achacada a las condiciones sedimentarias (sedimento bastante detrítico, con abundantes restos vegetales, al menos en el metro superior) hubo necesidad de duplicar, en todos los casos, el volumen de muestra tomado inicialmente, para obtener las preparaciones adecuadas.

La dificultad del muestreo de la terraza fluvial, tanto en la vertical (con la sonda Rusa o la Eijkelkamp), como en el corte, ha dificultado la elaboración de una columna litoestratigráfica precisa, entre otros datos por la falta de continuidad de la muestra. No obstante, se pueden observar esquemáticamente, tres niveles (fig. 34). El nivel superior de 0-40 cm, en el que no se ha hecho análisis polínico ya que se corresponde con un nivel detrítico, con muchas raíces y que presentaba escasa consolidación y con una parte superficial correspondiente al suelo actual. De 40 a 140 cm aparece un nivel que se corresponde con un sedimento marrón, ya con cierta consolidación y con restos vegetales frecuentes. La parte final del sondeo, 140-180 cm, se corresponde con un sedimento turboso oscuro, perfectamente consolidado y,

Castelo Cerveira (1. 380 m)

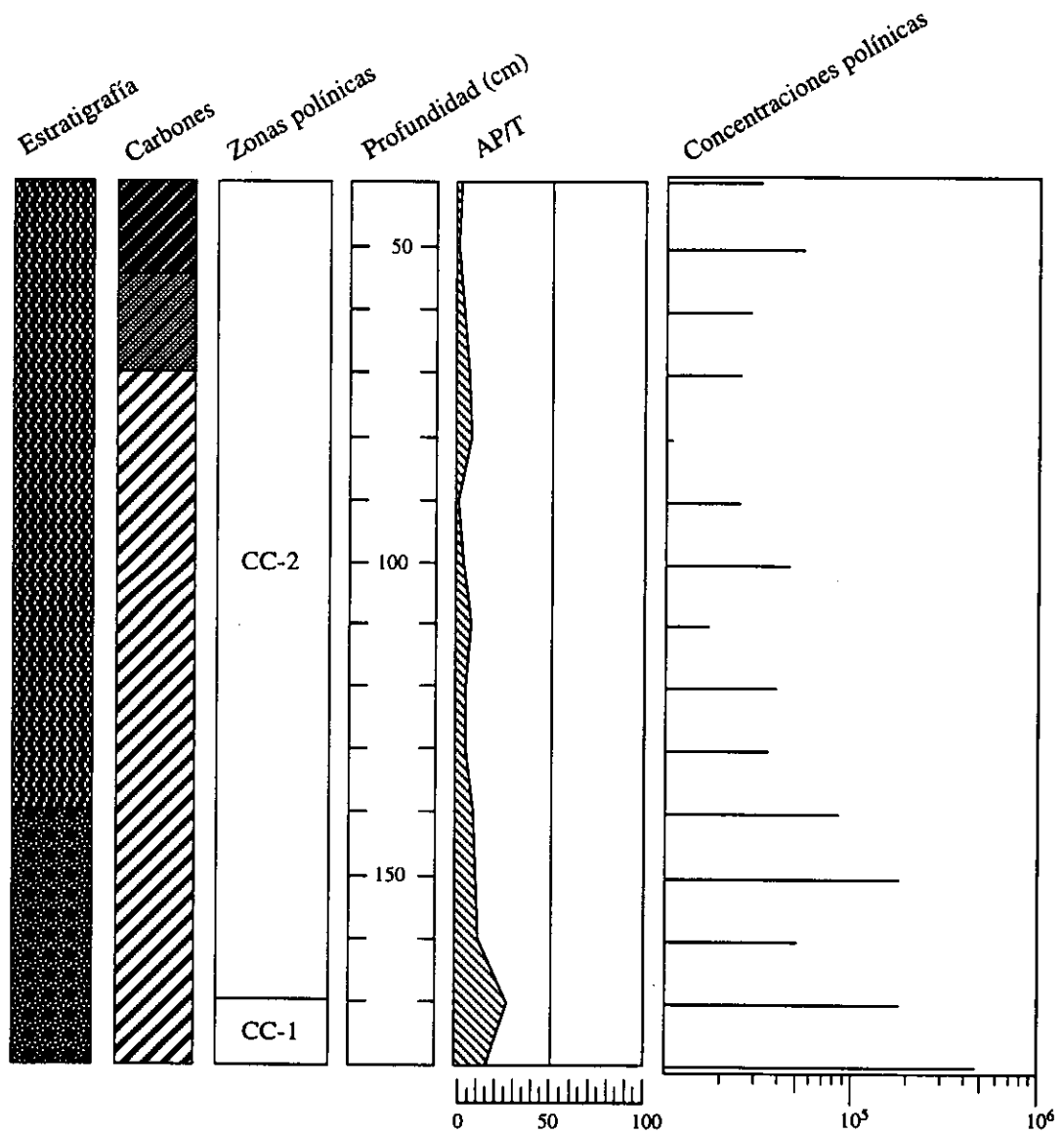


Fig. 34.- Castelo Cerveira: Biozonación y características del sedimento

desde el punto de vista sedimentológico, es el que presenta mejores condiciones para la conservación de los palinomorfos (fig. 34).

4.3.5.2.- CRONOLOGÍA

En la secuencia sedimentaria de Castelo Cerveira se ha obtenido una única datación ^{14}C por el método clásico, cuyo resultado, junto con la edad calibrada (Stuiver & Reimer, 1993), figura en la tabla 1.

Para la estimación de la edad aproximada de la secuencia se ha adoptado un modelo de sedimentación lineal entre la datación obtenida a 175 cm (2.720 ± 90 años BP, ICEN-1043) y el nivel superficial, al que se le asigna una edad 0. Esta cronología, al no disponer de un mayor número de dataciones, debe ser tomada con escepticismo, aunque puede utilizarse como una primera aproximación, si tenemos en cuenta sus limitaciones (cambios sedimentológicos, concentración polínica, compactación del sedimento, etc.). No obstante, la cronología de los acontecimientos más significativos deducida a partir de este modelo lineal coincide con bastante exactitud con otros registros en los que se dispone de un mejor control cronológico.

Se ha supuesto una sedimentación lineal, aunque evidentemente no se puede descartar la posibilidad de diferencias en las tasas de sedimentación, teniendo en cuenta los cambios en el sedimento, así como los cambios palinológicos y de concentración polínica.

Si asignamos una edad cero al nivel superficial, la tasa de sedimentación media es de 0,06 cm/año, lo que supone que cada muestra comprende aproximadamente 15,5 años y la separación entre ellas es de aproximadamente 155 años.

4.3.5.3.- ZONACIÓN POLÍNICA

Las variaciones de los porcentajes de los táxones nos han permitido diferenciar aquí las siguientes zonas polínicas (figs. 35 y 36):

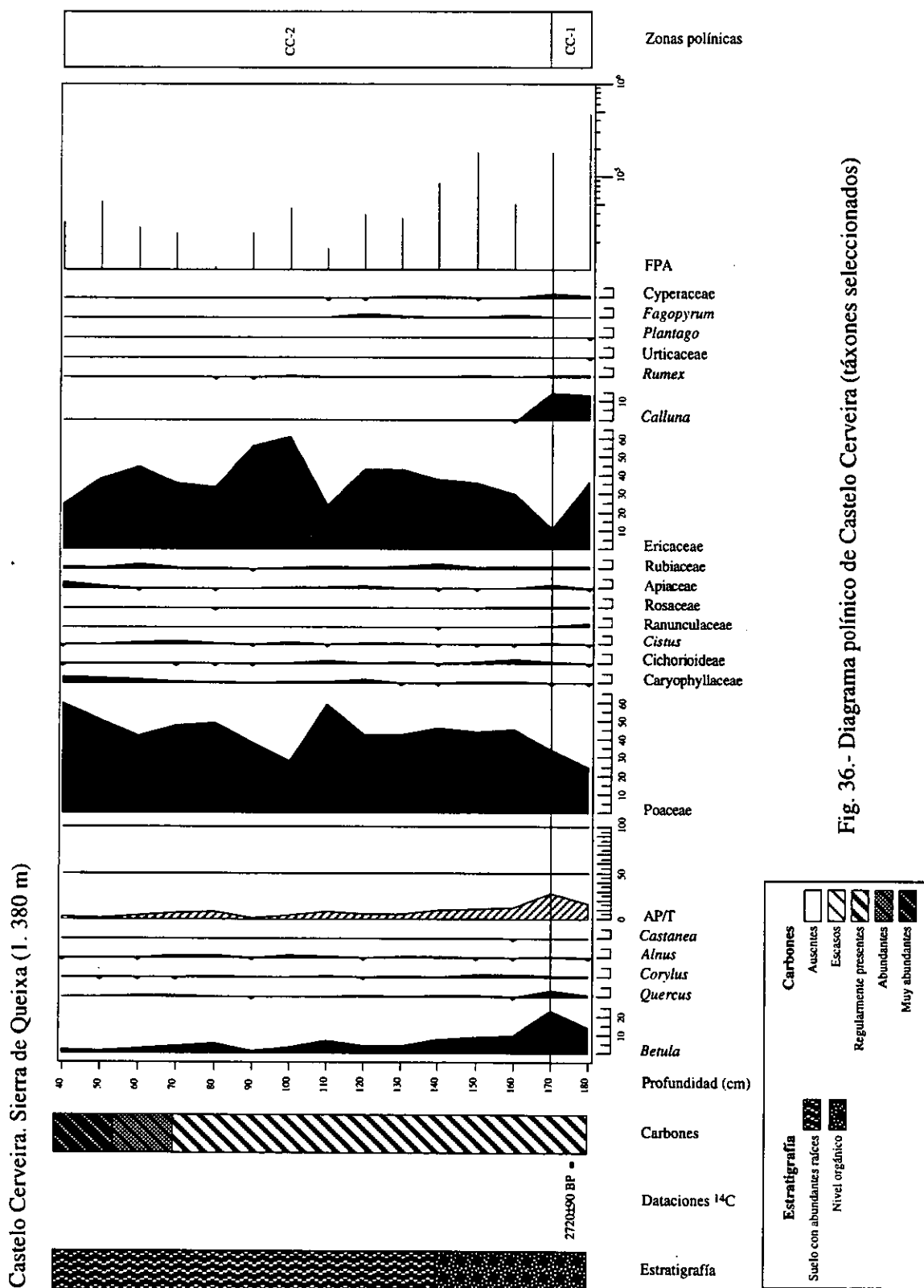


Fig. 36.- Diagrama polínico de Castelo Cerveira (táxones seleccionados)

**CC-1. Zona polínica de Poaceae, Ericaceae, *Betula* y *Calluna*
(180 a 170 cm)**

Se caracteriza esta breve zona polínica inicial por presentar los porcentajes más elevados de polen arbóreo de todo el diagrama polínico, sin ser, a pesar de todo, muy importantes (17-28%).

Llama la atención, fundamentalmente, los porcentajes de *Betula*, en primer lugar porque son los más altos dentro del perfil, aunque existe a lo largo de todo él, y en segundo lugar porque es el único taxon arbóreo con cierta representación. Este taxon incrementa sus porcentajes del 14 al 23%, para luego ir disminuyendo, casi constantemente, hasta la superficie. El otro único taxon arbóreo que merece la pena resaltar aquí, es *Quercus*, comparte dominio con el abedul y presenta también en esta zona sus valores más elevados (3%). Del resto de los táxones arbóreos únicamente destacar su presencia: *Pinus* y *Fraxinus* esporádicamente y *Alnus* y *Corylus* poco abundantes, sin sobrepasar el 1%.

Dentro de las herbáceas destacan, con mucho, Poaceae y Ericaceae. En el caso de Poaceae, se comienza la secuencia con su valor mínimo (24%), para aumentar hasta el 34% en esta zona. Con respecto a Ericaceae, se comienza la secuencia con valores elevados (36%), para luego experimentar un marcado descenso (11%). Es importante tener en cuenta en esta zona polínica los elevados porcentajes de *Calluna*, que llegan a alcanzar el 15%.

El resto de los táxones tienen escasa representación, si exceptuamos Apiaceae y Rubiaceae (2%) y *Rumex* (1%). De forma más ocasional han aparecido Cichorioideae, *Cistus*, Rosaceae y filical monolete. Más raramente se encuentran *Artemisia*, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Asteroideae, Liliaceae y filicales triletas. *Fraxinus*, *Asphodelus*, Boraginaceae, Urticaceae y *Plantago* aparecen únicamente en esta zona polínica.

Cyperaceae y Ranunculaceae, presentan en esta zona bajos valores (sin llegar al 3%), siendo, sin embargo, los más altos de todo el diagrama polínico.

Por último, es importante resaltar los valores moderados, en comparación con el resto del diagrama, de indeterminados e indeterminables, por lo que desde el punto de vista sedimentológico ya se ha comentado.

Se caracteriza, por tanto, esta zona por el desarrollo de *Betula* sobre un fondo de vegetación con marcado predominio de Ericaceae, *Calluna* y Poaceae.

La concentración polínica total (figs. 35 y 36) presenta en esta zona los valores más altos de todo el diagrama polínico (468.000 granos/cm³) con tendencia al descenso (media de 323.000 granos/cm³).

Límite superior: Descenso de *Betula*, *Calluna* y *Quercus*. Aumento de Ericaceae y Poaceae. Presencia de *Fagopyrum*.

CC-2. Zona polínica de Poaceae, Ericaceae y *Betula* (170 a 40 cm)

En los espectros que constituyen esta amplia zona polínica, se inicia el progresivo descenso de la relación AP/T y, como consecuencia, el de los porcentajes de los táxones arbóreos (fig. 34). *Betula*, como taxon principal, inicia en esta zona un progresivo descenso de sus porcentajes, llegando casi a desaparecer. Lo mismo le ocurre a *Quercus*, que ya no llegará a alcanzar el 1%, e incluso dejará de estar presente en los espectros superiores. El resto de los táxones arbóreos no experimentan cambios importantes: *Corylus* y *Alnus* aparecen a lo largo de toda la zona aunque con porcentajes poco significativos y únicamente destacar la aparición puntual de *Castanea* al principio de esta zona polínica, así como la presencia anecdótica de *Pinus* y su posterior desaparición.

El polen no arbóreo, por el contrario, aumenta progresivamente, llegando a constituir casi el 100% del polen identificado. Los cambios que se producen en esta zona polínica son debidos fundamentalmente a las variaciones de los porcentajes de Poaceae y Ericaceae, por lo que no se ha considerado necesario hacer más zonas polínicas.

Esta zona está marcada por los elevados y constantes valores de Poaceae (que oscilan entre 28 y 60%), así como por los de Ericaceae cuyas oscilaciones están normalmente en relación inversa con las del taxon anterior y van desde el 11% hasta el

61%. Es importante destacar que al comienzo de esta zona se produce una brusca disminución y posterior desaparición de *Calluna*. Nos inclinamos a pensar que la abundante presencia de este taxon y posterior desaparición, parece más bien una consecuencia del estado de conservación de los granos de polen, que hacía muy difícil la diferenciación de Ericaceae y *Calluna*, que una desaparición real de dicho taxon en las proximidades de la zona de depósito.

La mayoría del resto de los táxones herbáceos pierden importancia y desaparecen (Rosaceae, *Rumex*, Liliaceae, etc.). Rubiaceae y Apiaceae (4%) son los dos únicos que mantienen sus valores a lo largo de esta zona polínica. Caryophyllaceae y *Cistus* sufren un incremento de sus porcentajes (4 y 1%, respectivamente). Se observan con frecuencia en los espectros Asteroideae, Cichorioideae, *Fagopyrum*, filical monolete y filical trilete y, ocasionalmente, *Artemisia*, Chenopodiaceae, *Sphagnum* y Campanulaceae.

Ranunculaceae y Cyperaceae también desaparecen aquí.

Es importante destacar los elevados porcentajes de indeterminados, pero sobre todo de indeterminables, lo que nos puede dar una idea de las condiciones de sedimentación (figs. 35 y 36).

Las concentraciones polínicas totales descienden considerablemente con respecto a la zona anterior (39.200 granos de polen/cm³ de sedimento, de media).

4.3.5.4.- INTERPRETACIÓN

En la figura 34 se representan las características generales del depósito.

La correlación entre las diferentes señales registradas es muy alta y la variación en la composición de la vegetación y las concentraciones polínicas, se pueden relacionar con cambios sedimentarios. El nivel más orgánico (140-180 cm) es el que presenta mayor concentración polínica total y también mayores porcentajes y concentraciones de polen arbóreo (figs. 35, 36 y 37).

A medida que el sedimento se vuelve más detrítico, la concentración polínica disminuye ostensiblemente y la curva AP/T muestra una degradación de la cubierta vegetal por el avance de la vegetación arbustiva y herbácea. Los carbonos aparecen constantemente a lo largo de todo el sondeo y en los centímetros superiores

Castelo Cerveira

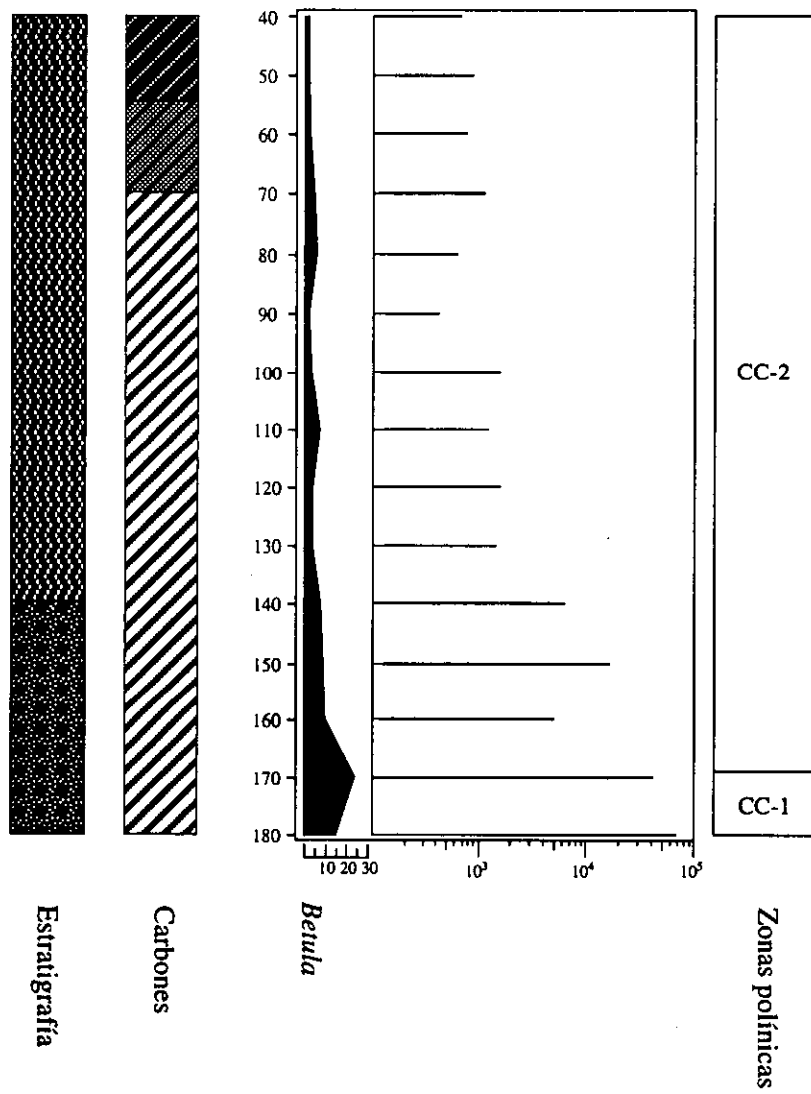


Fig. 37.- Castelo Cerveira, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones arbóreos seleccionados)

llegan a ser muy abundantes, coincidiendo con el mínimo de polen arbóreo y con una ligera recuperación de la concentración polínica (fig. 34).

En esta secuencia, predominan los táxones de espacios abiertos (Poaceae y Ericaceae) con porcentajes y concentraciones polínicas muy elevados (fig. 38), indicativos del fuerte control local.

También son muy importantes los porcentajes de granos de polen que aparecen corroídos o deteriorados, y se han considerado simplemente como indeterminables. Como se sospechaba a partir de las características sedimentológicas del registro, el polen mejor conservado se encuentra en el nivel más orgánico, el nivel inferior.

Otra consecuencia de la mala conservación polínica, es la dificultad que presenta la identificación de ciertos géneros. Concretamente es muy patente en el diagrama en cuestión, el caso de *Calluna*. Identificada sin dificultad en una parte del diagrama, en el nivel más orgánico; su brusca desaparición parece más bien una consecuencia de la dificultad que presentaba su identificación, que de una desaparición real. La interpretación ecológica de las elevadas frecuencias de ericáceas en casos como éste resulta problemática, ya que seguramente *Calluna* vaya ahí incluida, puesto que únicamente en la parte inferior del registro se ha podido identificar sin dificultad.

La intensa deforestación, patente desde el principio de la sedimentación, hace más de 2.700 años BP, parece clara, con valores de polen arbóreo máximos inferiores al 30%, únicamente en la base de la secuencia. *Betula* es prácticamente el único taxon arbóreo con cierta representación sobre un fondo de vegetación con marcado predominio de Ericaceae, *Calluna* y Poaceae. Tanto las características del sedimento como la elevada producción polínica junto con el desarrollo de táxones acuáticos parecen indicar unas condiciones relativamente favorables con ciertas precipitaciones. Esta fase de mayor humedad se correspondería con CC-1.

Posteriormente (CC-2) se observa que la deforestación favorece el desarrollo de Ericaceae como matorral de sustitución del bosque, junto con Poaceae y *Calluna*. Además desaparecen los táxones acuáticos y aumentan las ruderales (Caryophyllaceae, *Cistus*, *Rumex*, compuestas). Todo esto unido a la presencia de

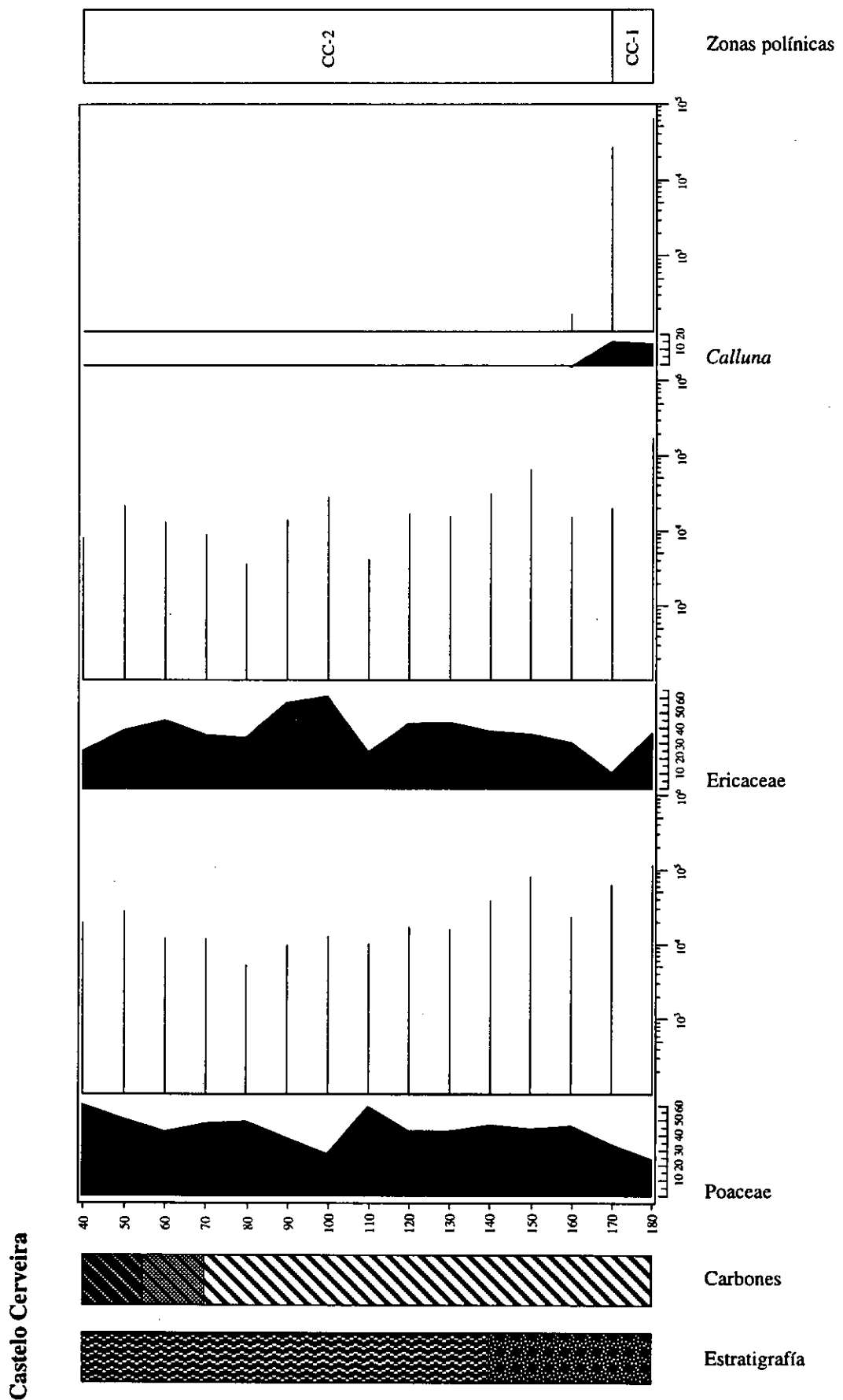


Fig. 38.- Castelo Cerveira, porcentajes y concentraciones polínicas (táxones herbáceos seleccionados)

táxones como *Castanea* o *Fagopyrum* nos indica, no sólo una pérdida de humedad, sino también la acusada acción del hombre sobre el medio.

5.- DISCUSIÓN

Los datos existentes, tanto en los océanos como en las largas secuencias continentales, han permitido establecer una secuencia cronológica global (Ruddiman & McIntyre, 1981a). No obstante, hay que tener en cuenta la inconveniencia de aplicar estos modelos, ya que los factores locales van a jugar un importante papel en las distintas áreas.

En la Península Ibérica concretamente, tanto por la cercanía a refugios, como por la compleja orografía, que debió provocar multitud de situaciones originales en la redistribución de la vegetación tras el máximo glacial (Montserrat Martí, 1992).

En este apartado se examina la información obtenida y se discute la evolución de la vegetación a partir del inicio del funcionamiento de las lagunas de sobreexcavación glacial situadas en las zonas culminantes de las Sierras gallegas (Queixa, Courel), teniendo en cuenta la información existente, así como los factores que pueden provocar variaciones a la hora de intentar reconstruir el desarrollo de la vegetación en el espacio/tiempo.

Por ello, para poder hacer la interpretación, deben de tenerse en cuenta numerosos factores que, evidentemente, provocan desfases en la evolución de la vegetación entre unos diagramas y otros y entre unas zonas polínicas y otras. Uno de los más importantes sería la altitud (Birks, 1973; Watts, 1977). Es evidente que una época fría se reflejará mucho más rápidamente en la caída de polen arbóreo de un bosque que en una zona de mayor altitud, donde las herbáceas son los táxones dominantes. La degradación de la cubierta arbórea de carácter global tampoco se refleja con igual intensidad si la región ya se encuentra deforestada y, además, episodios de deforestación de carácter local (incendios, degradación del suelo, etc.) desencadenan respuestas de la vegetación que presentan dificultades de correlación.

La orientación y el gradiente de oceanidad-continentalidad son otros dos de los factores que influyen (Lamb, 1977; Huntley & Birks, 1983). Zonas de solana y zonas de umbría presentan características distintas para el desarrollo vegetal. El límite del bosque en la actualidad asciende más en las solanas que en las umbrías y disminuye en las regiones oceánicas, situándose más alto en las continentales

(Ellenberg, 1988). El límite del bosque se encontraría a menor altitud en las regiones más fácilmente accesibles a la influencia atlántica y ascendería al aumentar la protección ofrecida por la topografía. La pendiente va a condicionar también el espesor de los suelos y por tanto el desarrollo de la vegetación. Las presencias locales o regionales de los táxones y por tanto su infra o suprarrepresentación en los diagramas polínicos y, por supuesto, las imprecisiones relacionadas con la naturaleza de la propia dispersión polínica, son otros factores fundamentales a la hora de la interpretación.

Mientras que el diagrama de Laguna Lucenza es el más completo y el que dispone de una mejor cronología que nos permitirá hacer comparaciones con otros registros, así como emplearla como secuencia de referencia, los otros cuatro diagramas, con sus respectivas dataciones, nos permitirán o bien confirmar los datos reflejados en el anterior registro o explicar, en la medida de lo posible, los diferentes comportamientos de la vegetación, teniendo en cuenta, como hemos dicho antes, el múltiple número de factores que pueden causar las diferencias, tanto en la composición vegetacional de cada momento, como en las causas que hacen que ese reflejo de la vegetación en el sedimento se manifieste de forma distinta.

La discusión de la información aportada en este trabajo se ha estructurado en cinco apartados. El primero de ellos se centra en intentar reconstruir, a partir de la bibliografía existente, el paisaje durante el máximo glaciario en la Península Ibérica, como punto de partida de los cambios que se producirán posteriormente. Este periodo de máxima extensión de los hielos es asumido entre 60.000-45.000 años BP (Vidal Romaní, 1996), al igual que se deduce para los Pirineos (Bordonau i Ibern, 1992; Serrat *et al.*, 1994) y alejado del máximo propuesto hace 18.000 años BP, para el norte de Europa (Ruddiman & McIntyre, 1981a). En Galicia, los escasos datos existentes para este periodo, dificultarán su interpretación, pero nos permitirán hacer una aproximación a las condiciones que se dieron en esa época.

En los dos apartados siguientes, se revisa la información existente para el Tardiglaciario en la Península Ibérica y ya en relación con los datos aportados en este trabajo se discute la existencia o no de un impacto sobre la cubierta vegetal durante el Dryas Reciente (periodo de retroceso arbóreo con que termina el Tardiglaciario). Se revisa la información existente para este periodo en la Península Ibérica y

especialmente en Galicia, con la que se compara la aportada en este estudio. Se discute la evolución de la vegetación durante el Dryas Reciente, con el fin de sintetizar los cambios paisajísticos que tienen lugar, prestando especial atención a la transición Tardiglaciario-Holoceno.

Posteriormente nos centramos en el estudio del Holoceno, en cómo se produjo la instalación de la cubierta arbórea después del retroceso sufrido por la vegetación a finales del Tardiglaciario, en la época que se podría asimilar con el Dryas Reciente y todos los cambios que la vegetación fue experimentando a lo largo de los distintos periodos del Holoceno. Se revisa la información existente para este periodo y se inserta la procedente de las localidades estudiadas en este trabajo.

Finalmente, en el último apartado se discute la deforestación provocada por el hombre, así como su cronología y se exponen las diferencias más significativas en la evolución de la vegetación en las dos Sierras estudiadas, analizando las causas que pueden provocar la diferente respuesta de la vegetación.

5.1.- EL ÚLTIMO MÁXIMO GLACIARIO

Poca información hay en Galicia sobre el Pleistoceno, con dataciones absolutas o relativas fiables. Hasta el momento, el registro más antiguo en sedimentos marinos corresponde a una datación en la Ría de Vigo (Margalef, 1956b) que tiene 37.000 años BP. Se incluiría en la glaciación definida para los Pirineos españoles que según Serrat *et al.* (1994) queda situada entre los 70.000 y los 10.000 años BP con un máximo glaciario alrededor de los 60.000 años BP y una deglaciación, con una marcada estabilización, hasta los 30.000 años BP y unas fases de glaciares de valle y de altitud, hasta llegar al Tardiglaciario caracterizado por las fases de glaciares rocosos.

La cronología propuesta para los Pirineos, se estima como la más adaptada para el desarrollo del glaciario en Galicia (Vidal Romaní, 1996) (fig. 39) y alejada del máximo propuesto hace 18.000 años BP, para el norte de Europa (Ruddiman & McIntyre, 1981a) y asumido posteriormente para el NW de la Península Ibérica (Maldonado Ruíz, 1994; Pérez Alberti & Ramil Rego, 1996; Allen *et al.*, 1996).

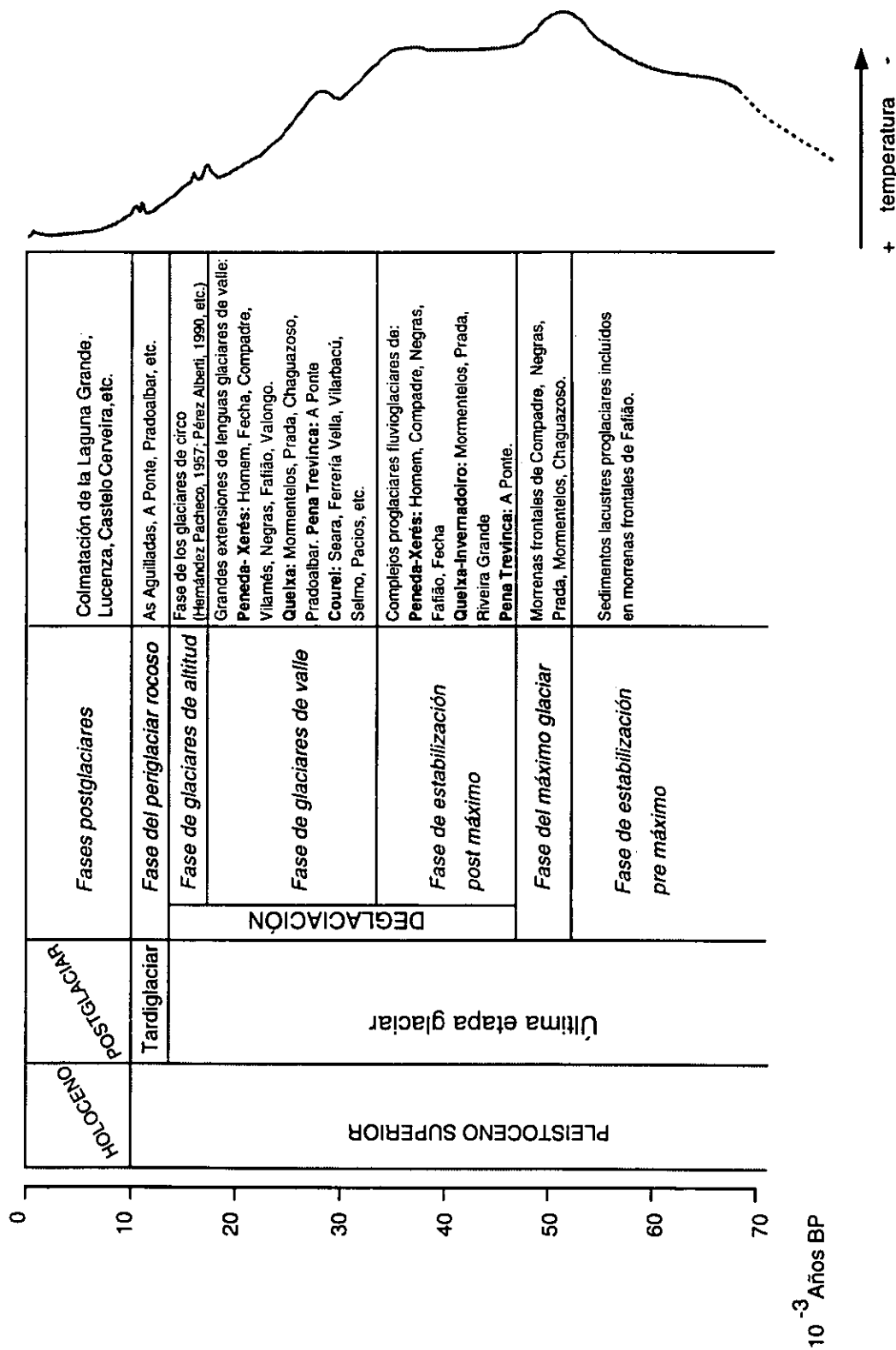


Fig. 39.- Cuadro de correlación de las fases y cronología del último ciclo glaciar en Galicia (adaptado de Bordonau i Ibern, 1992)

En la playa de Area Longa, Mary *et al.* (1977), han datado un nivel de turba en la base de un acantilado, obteniéndose una edad mayor de 35.000 años BP. El 80% del polen es herbáceo (Gramineae, Ericaceae, Cyperaceae), y la presencia de Ranunculaceae y Cyperaceae atestiguan que el ambiente frío general, era húmedo. No obstante, no se puede descartar que la presencia de estos táxones sea debida a un fenómeno de humedad local. Recientes dataciones efectuadas en el estudio físico-químico y mineralógico del depósito de Moucide (Martínez Cortizas *et al.*, 1996) le atribuyen una dudosa cronología pleistocena (entre 35.000 y 45.000 años BP).

Los datos geomorfológicos para esta etapa del desarrollo glaciario, son muy escasos (fig. 39). Según Vidal Romaní (1996), a ella corresponderían los depósitos varvados depositados en pequeñas cubetas de obturación proglaciares como las de Fafião (Serra do Gêrez, Portugal Norte) o en Entrecinsa (Sierra de Queixa-Invernadoiro). Estos sedimentos proglaciares son incorporados a los complejos morrénicos terminales del máximo glaciario pleistoceno (entre 60.000 y 45.000 años BP). A ellos corresponderían los glaciares de Compadre, Homem, Fecha, Vilamés (Serra da Peneda-Gêrez), los glaciares de Prada, Mormentelos, Pradoalvar y Cenza (Sierra de Queixa-Invernadoiro), el glaciario de A Ponte en Pena Trevinca o, finalmente, el glaciario del Selmo, Seara, Vilarbacú, Pacín y Rogueira en Sierra del Courel, entre los más importantes (Vidal Romaní *et al.*, 1990a, b).

La etapa que Bordonau i Ibern (1992) denomina en los Pirineos, como la de los glaciares de altura, se sitúa en Galicia entre 16.000 y 13.000 años BP, es decir, cuando aproximadamente queda libre la Laguna Grande en Sierra de Queixa-Invernadoiro. Esta etapa ha sido definida por los autores clásicos en Galicia como la de los glaciares de circo (Hernández Pacheco, 1957; Fernández Bollo, 1951; Tricart & Pérez Alberti, 1989; Pérez Alberti, 1990).

Finalmente, lo que en el resto de la Cadena Cantábrica, y en especial en los Pirineos, se corresponde con la etapa de los glaciares rocosos, entre 13.000 y 10.000 años antes de ahora, daría lugar en Galicia a fenómenos periglaciares de tanta intensidad, que a veces transicionan a formas vecinas a los glaciares rocosos (Rodríguez Guitián *et al.*, 1996a, b; Pérez Alberti *et al.*, 1993; 1995a, b). En esta etapa debieron dominar en Galicia los fenómenos periglaciares, extendidos no sólo a las

zonas glaciares previas, sino a la mayor parte del territorio, incluidos los bordes costeros.

De todo ello tan sólo existe equivalente en registros de turberas en la etapa que va desde el final del Pleistoceno hasta la actualidad, es decir, unos 14.000 años.

En las dos áreas dónde se sitúa este trabajo se repite el mismo esquema que antes se ha reseñado (fig. 39), adaptándolo del correspondiente a los Pirineos españoles. Tenemos un gran decalaje entre los hechos geomorfológicos que llegan hasta el máximo glacial (60.000-45.000 años BP) y la edad de las turberas más antiguas, aproximadamente 14.000 años BP.

Huelga pues en un trabajo como éste dedicado a la evolución paleobotánica, referirse a él y es por eso que comenzaremos nuestra historia en el Tardiglacial.

5.2.- EL TARDIGLACIAR

El periodo de transición desde las condiciones glaciares a las interglaciares del Holoceno, constituye el Tardiglacial, cuyo inicio es provocado por la retirada del frente polar (Ruddiman & McIntyre, 1981a).

El momento en que se produjo el aumento de temperaturas y precipitaciones que favoreció la reinstalación de la vegetación en zonas anteriormente cubiertas por los hielos, tanto en montañas como en latitudes septentrionales, ha sido motivo de discusión. En Groenlandia se ha datado en 17.000-14.500 BP (Mayewski *et al.*, 1993). En el norte de Europa la primera vegetación se instala hace 14.000 años y en el sur, alrededor de hace 13.500 años BP (Van der Hammen *et al.*, 1971). En el sur de Francia (Les Echets), Beaulieu & Reille (1984) sitúan este aumento hace 15.000 años BP, momento en el que se inicia el Dryas Antiguo, y Jalut (1990) alrededor de 13.500-13.000 años BP. En el sur de Italia (Laghi di Monticchio, Watts *et al.*, 1996), el Tardiglacial comienza hace 12.500 años BP, careciendo de un Dryas Antiguo bien delimitado.

Este periodo de transición ha sido subdividido por diferentes autores en varios estadios e interestadios, cuya cronología ha sido también motivo de discusión

(Nilsson, 1961; Iversen, 1954; Van der Hammen & Vogel, 1966; Mangerud *et al.*, 1974; Van Geel *et al.*, 1989).

En el trabajo clásico de Mangerud *et al.* (1974), el Tardiglaciario comienza hace 13.000 años BP y consta de dos estadios separados por otros dos interestadios (tabla 2), cuyos límites fueron definidos por dataciones radiométricas.

Cronozona	Límite ¹⁴ C
Dryas Reciente	11.000-10.000
Allerød	11.800-11.000
Dryas Antiguo	12.000-11.800
Bølling	13.000-12.000

Tabla 2.- Cronozonas definidas para el Tardiglaciario por Mangerud *et al.* (1974)

Van der Hammen & Vogel (1966), Van Geel *et al.* (1989), Emontspohl & Vermeersch (1991) y Whittington *et al.* (1996) aceptan la existencia de un breve estadio entre el Bølling y el Allerød. Sin embargo, la existencia de este estadio no se confirma en otros países como Noruega (Berglund, 1986), la mayor parte de las Islas Británicas (Watts, 1980), o los Alpes (Welten, 1982). Este último autor propone un modelo con dos estadios separados por un interestadio (tabla 3).

Cronozona	Límite
Dryas Reciente	11.000-10.300
Bølling/Allerød	13.300-11.000
Dryas Antiguo	>13.300

Tabla 3.- Cronozonas definidas para el Tardiglaciario por Welten (1982)

En el sur de Europa se aprecian también dos pulsaciones en la retirada del hielo (Jansen & Veum, 1990), mientras que Watts *et al.* (1996) no distinguen el Bølling y el Allerød en el sur de Italia.

Ruddiman & McIntyre (1981a) establecen el comienzo del Bølling hace unos 13.000 años BP, cuando el aumento de temperaturas de las aguas superficiales del Atlántico Norte favoreció el aumento de las precipitaciones en el continente debido a la formación de borrascas. La rápida respuesta de la vegetación al aumento de humedad produjo una expansión arbórea en toda Europa. En los Alpes el retroceso glaciar ya había comenzado con anterioridad a 13.500 años BP (Coüteaux, 1983). En el sudeste francés el calentamiento comenzó hace 13.000 años con un máximo hacia 12.500 años BP (Guiot, 1987). En las islas Británicas entre 13.300 y 12.500 se registra una mejoría similar (Atkinson *et al.*, 1987). Posteriormente, entre 11.000 y 10.000 años BP aproximadamente, se producirá un empeoramiento climático, conocido como Dryas Reciente, que provocará un retroceso en la expansión arbórea.

El Tardiglaciario es un periodo, en general, mal estudiado en la Península Ibérica y, por consiguiente, en Galicia. Los pocos sondeos de lagos y turberas que comprenden este periodo o se inician en él tales como la Laguna de las Sanguijuelas (Menéndez Amor & Florschütz, 1961), Sanabria (Hannon, 1985), Padul (Pons & Reille, 1988), Quintanar de la Sierra (Peñalba, 1989), Tramacastilla (Montserrat Martí, 1992), Pena Vella (Ramil Rego, 1992), Las Lamas (Maldonado Ruíz, 1994) o Laguna de la Roya (Allen *et al.*, 1996), es la principal causa.

El inicio del Dryas Antiguo, relacionado con el aumento de *Artemisia* (Beaulieu & Reille, 1984), es difícil de caracterizar en la Península Ibérica, por falta de dataciones.

No obstante, en los registros que comprenden este periodo, se observa una relativa homogeneidad en la composición de la vegetación, en la que dominan los táxones heliófilos (*Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, *Rumex*, *Plantago*, etc.), junto con *Juniperus* en las zonas mediterráneas y siendo casi exclusivamente *Pinus* el único representante arbóreo. Pese a la escasez de dataciones, se pueden distinguir el Bølling y el Allerød. En la tabla 4 se presentan algunas dataciones de la Península Ibérica para los límites de las distintas fases tardiglaciares.

Edad	Localidad	Referencia
Dryas Reciente/Preboreal		
10.190±60	Candeeira	Van Knapp & Van Leeuwen (1991)
9.880±60	Redó d'Aigües Tortes	Copons & Bordonau (1996)
9.820±130	Las Lamas	Maldonado Ruíz (1994)
>9.590±120	Pena Vella	Ramil Rego (1992)
Allerød/Dryas Reciente		
11.100±70	Candeeira	Van Knapp & Van Leeuwen (1991)
10.950±90	L. Marinho	Ramil Rego (1993)
10.840±100	Las Lamas	Maldonado Ruíz (1994)
Bølling/Allerød		
11.730±110	Candeeira	Van Knapp & Van Leeuwen(1991)
11.580±110	Las Lamas	Maldonado Ruíz (1994)
Dryas Antiguo/Bølling		
12.790±150	Las Lamas	Maldonado Ruíz (1994)
12.580±330	Sanabria	Hannon (1985)

Tabla 4.- Dataciones ¹⁴C de algunos límites de los diferentes periodos del Tardiglaciari

Es por ello, por lo que consideramos importante la contribución que nuestro trabajo pueda aportar el estudio de este periodo en Galicia. Ni los datos polínicos ni la cronología parecen confirmar que en Laguna Lucenza se desarrolle una importante sección del Tardiglaciari, no obstante el periodo desarbolado con el que se inicia el registro es claramente atribuible a la última fase del mismo, o fase de transición entre unas condiciones glaciares a las postglaciares, típicas del Holoceno. La escasez de polen arbóreo anterior a 9.400 años BP que aquí se produce, puede atribuirse al clásico empeoramiento del Dryas Reciente. Parece que nos encontramos pues aquí con el retroceso de la vegetación de finales de este periodo.

Esta fase correspondería a la etapa final en la deglaciación, que en la Sierra del Courel estaría representada por los rellenos de las cubetas glaciares que, como Laguna Lucenza, señalan la posición de los últimos hielos.

En Laguna Lucenza, las zonas polínicas LUC-1 y LUC-2 preceden claramente a la expansión arbórea holocena. Estas fases con claro predominio de polen no arbóreo parecen corresponder a la última fase del Tardiglaciario, al Dryas Reciente. La presencia de táxones caducifolios (*Quercus*, *Corylus*) indica la persistencia de pequeñas formaciones arbóreas o individuos aislados en áreas de menor altitud, favorecidas por las condiciones morfológicas del medio.

En la Sierra de Queixa-Invernadoiro también estaríamos en la última etapa de la deglaciación. En ella la gran masa de hielo inicial quedaría reducida a pequeños núcleos de hielo y/o nieve individualizados coincidiendo entonces con la etapa de pequeños glaciares señalados por otros autores (Hernández Pacheco, 1957; Pérez Alberti, 1990; Pérez Alberti & Guitián Rivera, 1992). Corresponden a esta etapa final conjuntos de morrenas frontales mal dibujadas pero cartografiables en las cabeceras del Conso y Cenza así como los depósitos de las antiguas cubetas glaciares como Castelo Cerveira, Fraga y Becorreiras (fig. 10). Las diferencias de edad entre los depósitos de estas tres localidades se deben a que, por las dificultades de muestreo, no se ha podido recuperar la totalidad de la secuencia sedimentaria en esas zonas.

Un poco antes del comienzo de esta etapa, comenzaría a funcionar la turbera de la Laguna Grande (Las Lamas), cuya base ha sido datada por nosotros en 13.400 ± 400 años BP (GIF-9152) (Vidal Romaní *et al.*, 1995), que es, hasta ahora, el dato absoluto más antiguo existente para situar cronológicamente la deglaciación cuaternaria en la Sierra de Queixa (fig. 40).

Los datos tardiglaciares para esta Sierra proceden de esta laguna estudiada posteriormente por Maldonado Ruíz (1994). Según el autor, con anterioridad a 13.000 años BP el paisaje dominante era muy abierto, dominando *Pinus* el estrato arbóreo y elevados porcentajes de *Artemisia* y Poaceae. Un breve incremento de matorrales, precede a la expansión arbórea (*Pinus-Betula*) que tendrá lugar hace 12.800 años BP, con la consiguiente disminución de táxones herbáceos. La expansión de los árboles va acompañada de un descenso de herbáceas y arbustivas. Entre 11.500 y 10.800 años

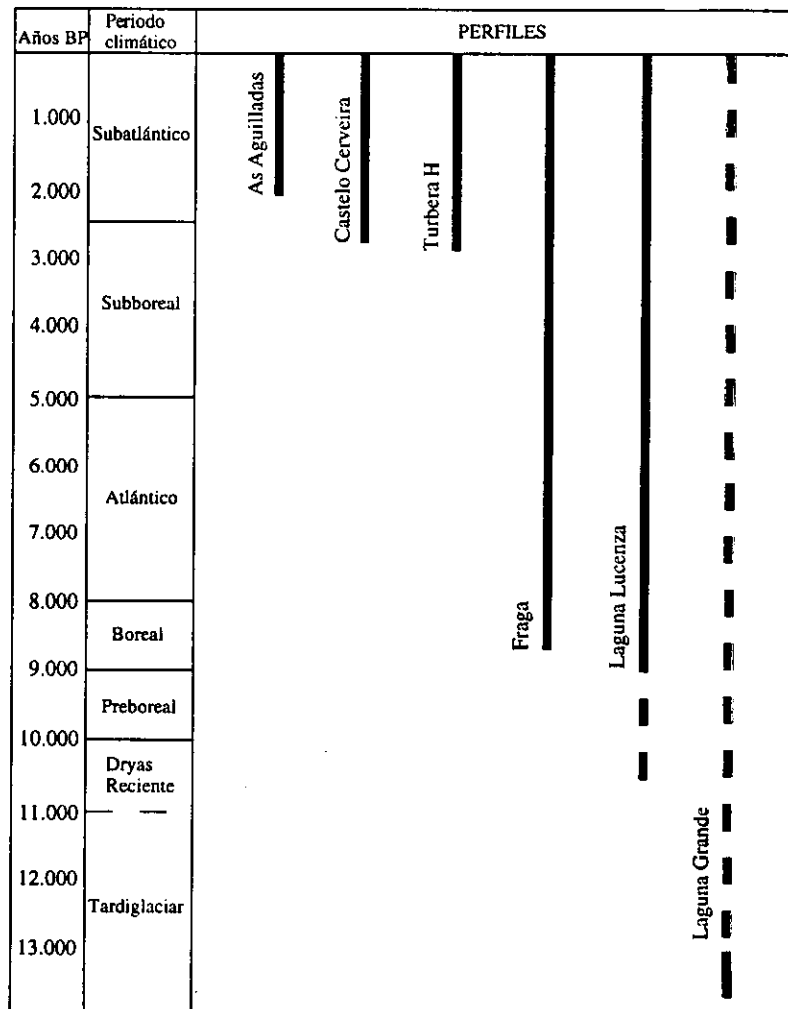


Fig. 40.- Cronología de los datos aportados en el presente estudio

BP, el pinar pierde importancia frente al abedular y se inicia la expansión de *Quercus* por las zonas bajas.

En base a las dataciones radiométricas, Maldonado Ruíz (1994) propone la siguiente cronología para el Tardiglaciario:

Cronozona	Límite
Dryas Reciente	11.000-10.100
Allerød	11.600-11.000
Bølling	12.800-11.600
Dryas Antiguo	>12.800

Tabla 5.- Cronozonas definidas para el Tardiglaciario (Maldonado Ruíz, 1994)

Resumiremos a continuación las principales características de los sondeos peninsulares:

En Sanabria (Menéndez Amor & Florschütz, 1961; Hannon, 1985) se mantienen las condiciones glaciares hasta 13.700 años BP, en que *Betula* se expande y hasta 11.585 años BP domina un paisaje abierto. En Quintanar de la Sierra (Peñalba, 1989, 1994) y Laguna del Hornillo (Gómez-Lobo, 1993) *Juniperus* se expande con anterioridad a 12.500 años para dejar paso a *Pinus*, precedido en Quintanar de la Sierra (Peñalba, 1989, 1994) por un aumento de *Betula*. Posteriormente el desarrollo de *Quercus* y *Corylus* nos indicará la mejoría climática de la segunda mitad del Tardiglaciario.

En los Pirineos el comienzo del Bølling estará marcado por la expansión de *Betula* (Jalut *et al.*, 1992). En los Pirineos Occidentales, el aumento de *Betula* correspondiente al inicio del Bølling tendrá lugar entre 13.250-13.000 años BP. Alrededor del 12.600 el comienzo del Allerød estaría marcado por el desarrollo de *Pinus* (Jalut, 1990). En los Pirineos Centrales, hacia 13.000 BP se produce el desarrollo de *Juniperus* y *Betula* y alrededor de 12.000 la expansión de *Pinus* (Montserrat Martí, 1992). En los Pirineos Orientales, durante el Bølling se expande

Juniperus junto con *Salix*, *Betula* y bajos valores de *Pinus* (Reille, 1990b). En La Borde (Reille, 1990a), el comienzo de la curva continua de *Quercus* se produce hace 12.000 ± 180 años BP. En Banyoles (Pérez-Obiol & Julià, 1994) *Pinus* es el taxon dominante en este interestadio, precedido de un breve aumento de *Betula*.

En Padul (Florschütz *et al.*, 1971; Pons & Reille, 1988) tras una breve fase de pinar, aparece una vegetación dominada por encinas y robles. No se aprecian cambios que permitan distinguir una segunda fase del interestadio Tardiglaciario (Allerød), aunque no se descarta la existencia de un hiato sedimentario.

En Galicia disponemos de muy pocos registros que comprendan este periodo. Un nivel turboso en la playa de Area Longa (Mary, 1989), dió una edad de 16.780 ± 400 años BP, presenta un fuerte predominio de polen no arbóreo (80-90%) dominado por Poaceae y Ericaceae. *Pinus*, *Quercus* y *Alnus* constituyen el escaso estrato arbóreo. Presenta un carácter frío, relativamente húmedo. En otro nivel de turba situado en la parte oriental de la playa, se obtiene una edad de 15.950 ± 300 años BP, con características similares al anterior donde el único taxon arbóreo es *Pinus*, acompañado por importantes porcentajes de Asteraceae, *Helianthemum* y *Plantago*. Esta última datación, así como la que Nonn (1966) obtiene en la turba del valle de Moudide (13.600 ± 450 años BP), junto con los datos polínicos, denotan un frío seco que, según Mary (1989) aparece después de una mejoría templada.

En el depósito palustre costero de Mougás, Nonn (1966) obtiene dos dataciones ^{14}C (18.200 ± 900 y 13.600 años BP). El análisis polínico refleja dos fases secas y frías con una vegetación esteparia, separadas por un periodo intermedio frío y húmedo con desarrollo de vegetación arbórea. Franz (1967), Butzer (1967) y Brosche (1983) obtienen fechas de 40.000 y 18.000 años BP respectivamente. Saa Otero (1985), analiza de nuevo dicho depósito obteniendo un porcentaje arbóreo inferior dominado por *Pinus*, *Alnus* y *Corylus*, dominando claramente Poaceae, Asteraceae y Ericaceae. Los datos reflejan unas condiciones locales condicionadas por la proximidad al mar y en las que los porcentajes de *Alnus* se interpretarían como consecuencia de formaciones arbustivas al borde de la laguna. La cronología de esta secuencia será posteriormente discutida (Peñalba, 1989). Finalmente, Costa Casais *et al.* (1996) obtienen nuevas dataciones (13.700 , 14.100 y 5.500 años BP) y postulan

que la formación total del depósito cubre un amplio rango cronológico cuyo inicio es pleniglaciario. La secuencia costera de Mougás (Nonn, 1966; Saa Otero & Díaz-Fierros, 1986), datada entre 18.200 BP y 13.600 BP muestra una sucesión *Alnus-Pinus* entre dos fases con dominancia de herbáceas. Estas condiciones parecen corresponder al Tardiglaciario, en el que *Alnus* jugaría el papel clásico de *Betula*, con lo que las dataciones serían incorrectas (Peñalba, 1989). Esto viene reforzado además, por el hecho de que en la secuencia de Moucide (Delibrias *et al.*, 1964; Nonn, 1966) un espectro datado también en 13.600 años BP, muestra frecuencias elevadas de *Pinus*, con dominio de Poaceae.

En la Laguna de Antela (Van Mourik, 1986) los niveles más profundos con altas frecuencias de *Pinus*, Poaceae y compuestas, se asocian al Allerød. La baja representación de robles y abedules sugiere unas condiciones de aridez mayor que en los macizos montañosos cercanos (Maldonado Ruíz, 1994).

El diagrama del Tremoal da Pena Vella (Ramil Rego, 1992) se inicia en la fase final del interestadio Tardiglaciario con predominio de táxones caducifolios (*Quercus* y *Corylus*).

5.3.- EL DRYAS RECIENTE Y LA TRANSICIÓN TARDIGLACIARIO-HOLOCENO

En este apartado se describe con detalle la sección correspondiente al Tardiglaciario de Laguna Lucenza, y se discute la existencia o no del Dryas Reciente, periodo de retroceso arbóreo con que termina el Tardiglaciario.

Se revisa la información existente para este periodo en la Península Ibérica y, especialmente en Galicia, con la que se compara la aportada en este estudio. Se discute la evolución de la vegetación durante el Dryas Reciente, con el fin de intentar sintetizar los cambios paisajísticos que tienen lugar.

Entre 11.000 y 10.000 años BP el descenso latitudinal del frente de aguas polares del Atlántico Norte provocó un descenso de temperaturas y precipitaciones en el continente. Este periodo de recrudescimiento climático, tan importante como el del último máximo glaciario, se relaciona con el Dryas Reciente (Ruddiman & McIntyre, 1981a, Duplessy *et al.*, 1992).

Esta fase fría está bien documentada en Escocia y Gran Bretaña, donde se relaciona con el avance de los glaciares (Sissons, 1974; 1979) así como la cubierta de hielo en el W y SW de Escandinavia (Andersen, 1968; Mangereaud, 1980), mientras que en el resto del continente el volumen de las masas de hielo se mantiene constante. Este acontecimiento fue registrado recientemente en el centro y sur de Italia (Leroy *et al.*, 1996; Watts *et al.*, 1996). No obstante, la causa o causas que provocaron este frío evento, es todavía materia de debate (Zahn, 1992; Goslar *et al.*, 1995; Vernal *et al.*, 1996).

En nuestra área de estudio, probablemente durante el Dryas Reciente se produciría una pausa en la extinción generalizada de los hielos, con la pervivencia de masas locales en las exposiciones más favorables.

Las nuevas condiciones provocaron una rápida respuesta de la vegetación. La reducción de los táxones arbóreos y el aumento de las herbáceas marcan este periodo con precisión (Pons *et al.*, 1987).

El retroceso en la expansión de los árboles es evidente en el norte y noroeste de Europa donde los bosques se abrieron siendo sustituidos por matorrales y pastizales (Watts, 1980). La caída de polen arbóreo define, por tanto, este periodo, aunque los factores ya comentados van a hacer que la respuesta de la vegetación a estos cambios sea desigual.

En Galicia la reanudación del frío podría provocar una reactivación de los procesos periglaciares generándose por un lado nuevos depósitos del tipo coladas de bloques, morrenas de névé, glaciares rocosos, etc. y por otra los antiguos sufrirían fenómenos de gelifración, generándose nuevas formas como pequeños nichos o líneas de piedras (Pérez Alberti & Ramil Rego, 1996).

Si tenemos en cuenta el modelo cronológico adoptado en la localidad de Laguna Lucenza (fig. 13), el retroceso de la cubierta arbórea que se produce con anterioridad a 9.325 años BP correspondería a una etapa final del denominado Dryas Reciente (LUC-1 y LUC-2). La compactación del sedimento en esta zona final ha impedido la obtención de una muestra de la totalidad de la secuencia sedimentaria, en la que, probablemente, el Tardiglacial estaría totalmente representado.

La naturaleza del sedimento, por otra parte, ha impedido datar con exactitud el comienzo de su desarrollo, dado que la zona basal presenta aproximadamente 25 cm de arcillas con escaso contenido en materia orgánica.

Se han efectuado dos dataciones, una a 483 cm y otra entre 460-470 cm, que presentan algunos inconvenientes. En la primera de ellas no se ha obtenido la materia orgánica suficiente para efectuar la datación, y en la segunda (8.990±400 años BP, ICEN-1252) el escaso contenido en materia orgánica ha obligado a tomar un espesor de sedimento considerable, lo que ha dado lugar a la obtención de una datación con un error de 400 años.

El periodo desarbolado con el que se inicia el diagrama de Laguna Lucenza (LUC-1), perfectamente reflejado en la relación AP/T (20%), parece corresponderse con esta fase. Con independencia de la clásica cronología, se aprecian las características que definen a este periodo, tales como escasa cubierta arbórea dominada casi exclusivamente por *Pinus* y elevados porcentajes de Poaceae que junto a la presencia de táxones heliófilos esteparios como *Artemisia*, Chenopodiaceae, *Rumex*, *Plantago* o Asteroideae nos indican un paisaje muy abierto. Los táxones anteriormente mencionados no presentan elevados porcentajes, debido probablemente a la influencia oceánica. Destacar también el comienzo de la presencia continua de *Quercus*.

LUC-1 nos muestra esta fase en la que dentro del estrato arbóreo es únicamente *Pinus* el taxon con cierta significación. Sus valores porcentuales y su excelente polinización, nos indican la apertura del paisaje. La aridez, y por supuesto el frío, pudieron ser los factores limitantes que impidieran la expansión de los bosques (la aridez impediría el desarrollo de los árboles en zonas bajas y el frío frenaría el ascenso en busca de mayores precipitaciones). Podríamos pensar en la edafología como un tercer factor, no obstante los táxones pioneros en la colonización (*Juniperus*, *Betula* y *Pinus*) no necesitan suelos profundos, como se demuestra actualmente. Este periodo desarbolado es claramente atribuible a la última fase del Tardiglaciario y en estos momentos, el límite del bosque estaría a una altitud inferior a la de la laguna (1.420 m).

En LUC-2 se mantienen casi las mismas condiciones que en la zona anterior, evidenciándose una disminución de los valores de *Pinus* y *Poaceae*, mientras que *Betula* y *Quercus* aumentan ligeramente y los táxones heliófilos mantienen su baja presencia. *Corylus*, *Ulmus* y *Alnus* están presentes esporádicamente y *Salix* aumenta ligeramente. Todo esto parece confirmar que el Dryas Reciente no fue tan duro aquí como se puede pensar en el Norte.

La presencia puntual en LUC-1 de *Quercus* y el débil desarrollo en LUC-2, tiene una significación climática y probablemente indicaría la existencia de refugios en las proximidades, ya que la situación del límite altitudinal del bosque en estos momentos debía de estar por debajo de Laguna Lucenza. El recrudescimiento climático de este periodo, reflejado en los sondeos del Atlántico Norte (Bard *et al.*, 1987), debe de estar aquí atenuado, lo cual es lógico si tenemos en cuenta el carácter meridional.

Podemos deducir, por tanto, que con anterioridad a 9.325 años BP el paisaje dominante en la Sierra del Courel se caracterizaría por la escasa presencia de táxones arbóreos y presencia de elementos estépico, dominados por *Poaceae*. La baja concentración polínica de las zonas LUC-1 y LUC-2 en relación con la concentración del resto del diagrama (fig. 12) así lo parece atestiguar, reflejando sin duda la escasa cubierta vegetal. Se trataría de un paisaje abierto, en el que seguramente el límite altitudinal del bosque estaría por debajo de la laguna.

La casi total desaparición posterior de estas características y la rápida colonización arbórea, nos permiten pasar ya a las primeras fases del Holoceno.

Este periodo desarbolado es claramente atribuible a la última fase del Tardiglaciario. Condiciones climáticas frías y relativamente secas que provocan que especies de alta montaña que se habrían refugiado en zonas superiores o claros rocosos, recuperen parte del espacio perdido. Aunque los pinos son importantes porcentualmente, los valores absolutos indican una baja representación. La escasa adaptación de estos pinares a las condiciones climáticas oceánicas que se instalan en estas montañas en una fase media del Tardiglaciario (aprox. 11.600 años BP) podría ser la causa de la progresiva pérdida de importancia de los pinares en el noroeste de la Península Ibérica acentuándose a lo largo de todo el Holoceno (Costa Tenorio *et al.*,

1990), o bien podría achacarse a un problema de competencia, debido a que las condiciones climáticas fueran más favorables al desarrollo del robledal.

La dificultad para la obtención de dataciones en la base de la secuencia, condicionada por las características del sedimento, impide situar con precisión, por el momento, los límites de este periodo.

5.3.1.- EL DRYAS RECIENTE EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

En la Península Ibérica la presencia o ausencia del Dryas Reciente ha sido motivo de amplias discusiones (Pons *et al.*, 1987; Jalut *et al.*, 1988; Turner & Hannon, 1988; Peñalba, 1989, entre otros).

Son bastante numerosas las localidades en las que esta fase aparece reflejada: Laguna de Antela (Van Mourik, 1986), Padul (Pons & Reille, 1988), Quintanar de la Sierra (Peñalba, 1989, 1994), Charco de Candeeira (Van der Knapp & Van Leeuwen, 1991), Laguna del Hornillo (Gómez-Lobo, 1993), Lagoa de Marinho (Ramil Rego, 1993), Banyoles (Pérez-Obiol & Julià, 1994), Laguna de la Roya (Allen *et al.*, 1996), etc.

Sendos hiatos sedimentarios hacen desaparecer las fases iniciales del Holoceno en la Laguna de Antela (Van Mourik, 1986) y en Padul (Pons & Reille, 1988); no obstante con anterioridad a este hiato se puede observar una fase esteparia relacionable con el Dryas Reciente y que, en el caso de la turbera de Padul (Pons & Reille, 1988), finaliza hace 10.000 años BP.

En Quintanar de la Sierra (Peñalba, 1989) y Charco de Candeeira (Van der Knapp & Van Leeuwen, 1991), la caída del polen arbóreo y el incremento de táxones heliófilos se producirá entre 10.650-10.000 años BP y 11.100-10.190 años BP, respectivamente, mientras que en Laguna de la Roya (Allen *et al.*, 1996), tendrá lugar entre 10.732-9.853 años BP.

Mientras que en la Laguna del Hornillo (Gómez-Lobo, 1993), la ausencia de dataciones impide precisar con exactitud el claro momento de descenso arbóreo, en la Lagoa de Marinho (Ramil Rego, 1993), este detrimento se produce con posterioridad a 10.950 años BP, acompañado de un aumento de Poaceae y *Artemisia*.

En los Pirineos, el Dryas Reciente, marcado en la vertiente mediterránea por un fuerte desarrollo de *Artemisia* (Jalut, 1977; 1990; Reille, 1990a); es de difícil caracterización en la vertiente Atlántica en la que Jalut (1990) encuentra dificultades para reconocer un Dryas Reciente basándose en la evolución de la curva de *Artemisia*. No obstante en el diagrama de Biscaye (Mardonès & Jalut, 1983), la caída de la riqueza polínica, la disminución de los porcentajes de abedules y pinos y el débil aumento de gramíneas y *Artemisia* marcan un episodio que se correspondería con esta fase (10.860 años BP).

En Banyoles (Pérez-Obiol & Julià, 1994) se evidencia también el detrimento del polen arbóreo y la apertura del paisaje.

En los montes cantábricos: Laguna de las Sanguijuelas (Menéndez Amor & Florschütz, 1961), Lago de Ajo (Watts, 1986) el Dryas Reciente no está bien delimitado. Sólo la datación de 10.210 BP establece el Dryas Reciente para la secuencia de Riofrío (Menéndez Amor & Florschütz, 1963) mientras que en la laguna de La Mata (Belet, 1993), este periodo es claro.

Por el contrario, Turner & Hannon (1988) postulan la falta de evidencias sobre la existencia del Dryas Reciente en el noroeste de la Península Ibérica, basándose en los diagramas de Lago de Ajo y Sanabria. Según los citados autores la posición del frente de aguas polares permitiría la existencia de unas condiciones oceánicas que explicarían la ausencia de esta fase. Además, la baja altitud y la existencia de refugios para el noroeste peninsular explicarían la enorme importancia del robledal en la última parte del Tardiglaciario. No obstante, el recrudescimiento climático ha sido señalado para localidades de menor altitud y continentalidad que Lago de Ajo y Sanabria (Ramil Rego *et al.*, 1993), por lo que, la anterior hipótesis debe descartarse.

Peñalba (1989) sugiere que la ausencia del Dryas Reciente en la mayoría de las secuencias de los Pirineos Occidentales estaría relacionada con la falta de sedimentación, originada por las condiciones desfavorables que provoca la aridez en este periodo, mientras que su inexistencia en el Pantano de Sanabria se explicaría por un hiato durante el inicio de la curva de *Quercus* y en Lago de Ajo, estaría relacionada con los errores en las dataciones ¹⁴C realizadas. Nuevos análisis y reconstrucciones

paleoclimáticas efectuadas en ambas localidades (Allen *et al.*, 1996), han permitido esclarecer estas conclusiones. Mientras que en Sanabria se detecta un rejuvenecimiento de las dataciones por contaminación con material orgánico reciente, en Lago de Ajo se observa un envejecimiento de las mismas, achacado al "hard water error".

Reille (1990a) defiende que el detrimento térmico de este periodo puede provocar únicamente un débil descenso en el límite superior del bosque, mientras que Jalut *et al.* (1992) señalan las diferencias del impacto del Dryas Reciente en las dos vertientes de los Pirineos y la dificultad de obtener una buena cronología para situar esta fase correctamente, particularmente a causa del "plateau" en las dataciones ^{14}C .

El estudio de un mayor número de registros permitirá precisar las reconstrucciones paleoclimáticas de este periodo (Beaulieu *et al.*, 1994).

5.3.2.- EL DRYAS RECIENTE EN GALICIA

Pocas son las secuencias gallegas que presentan este periodo. De manera general Van Mourik (1986), postula para esta fase un fuerte desarrollo de polen herbáceo (Poaceae, Asteraceae, Ericaceae) en un paisaje desarbolado en el que los elementos heliófilos y xerófilos típicos de otras secuencias del NW de Europa están ausentes o muy débilmente representados. Los porcentajes de *Pinus* y *Quercus*, acompañados en menores proporciones por *Betula*, *Alnus*, *Salix*, *Corylus*, *Carpinus* y *Castanea* dominan el estrato arbóreo. La vegetación adquiere un carácter estepario, estableciéndose para la zona interior de Galicia, una asociación de carácter seco (Poaceae-*Artemisia*-Asteraceae) que contrasta con la asociación húmeda (Poaceae-Asteraceae) definida para el Norte.

En el diagrama de Pena Vella (Ramil Rego, 1992) el descenso de polen arbóreo que se produce con anterioridad a 9.590 años BP es atribuido al empeoramiento del Dryas Reciente. Se observa el retroceso de táxones arbóreos mesófilos y una ligera expansión de pinos y abedules. La importancia de Poaceae, *Calluna* y otras ericáceas, junto a la ausencia de *Artemisia* y la escasez de chenopodiáceas indicarían unas condiciones húmedas en zonas costeras del noroeste, en contraste con el periodo de aridez del resto de la península. Estos brezales pudieron

desempeñar un importante papel en el paisaje de las tierras bajas del norte y noroeste en los periodos fríos y húmedos del último glaciador.

En el diagrama de Las Lamas (Maldonado Ruíz, 1994), se confirma la existencia e importancia del Dryas Reciente en Galicia. El fuerte retroceso de la cubierta arbórea en el periodo comprendido entre 10.840 y 9.820 años BP así lo atestigua. El descenso de la cubierta arbórea va acompañado por la caída de la concentración y tasa de sedimentación polínica, con lo que el límite altitudinal del bosque en este momento debió de estar por debajo de la altitud de la laguna de Las Lamas (1.360 m). Los pinos son los únicos táxones arbóreos que dominan porcentualmente, pero sus valores absolutos indican su baja representación. Por el contrario, las especies de alta montaña, refugiadas probablemente en zonas superiores o claros rocosos, dominan el estrato herbáceo.

En Laguna Lucenza, se confirma también la existencia del Dryas Reciente. Nuestro trabajo contribuye a descartar, la hipótesis propuesta por Turner & Hannon (1988) según la cual la fuerte influencia Atlántica en este territorio enmascara el empeoramiento climático del final del Tardiglaciador, al considerar un mayor carácter oceánico en Sanabria y Lago de Ajo. En todo caso, esas condiciones oceánicas, explicarían la escasez de chenopodiáceas y artemisias. Critican la existencia de esta fase en la turbera de Padul en base a la ambigüedad de las fechas obtenidas y a que las variaciones climáticas durante el Tardiglaciador en el norte de Africa fueron mucho más atenuadas, con lo que no pudieron ser el determinante de los cambios de vegetación. La falta de expresión de Dryas Reciente en las localidades en las que se mantiene un fuerte predominio de *Pinus*, lo relaciona Reille (1990b) con el fuerte desarrollo durante el Allerød de este taxon, que enmascararía esta fase de recrudescimiento climático que, por otra parte, provocaría únicamente un débil descenso en el límite superior del bosque. En las zonas de montaña, como en el caso que nos ocupa, este retroceso sería más acusado, ya que el límite altitudinal pudo descender por debajo de las localidades, registrándose la clara apertura del paisaje (Maldonado Ruíz, 1994).

La transición Tardiglaciador-Holoceno varía ligeramente en estas Sierras. Mientras que en la Sierra de Queixa tendría lugar hace 9.820 ± 130 años BP (Maldonado Ruíz, 1994), en la Sierra del Courel la estimamos aproximadamente a

9.325 años BP. Este retraso de Laguna Lucenza con respecto a Las Lamas podría ser explicado por la diferente continentalidad, por la altitud, por la propia topografía, por errores en las dataciones, etc. Mientras la Laguna de Las Lamas es funcional como cubeta de recepción de sedimentos y polen alóctono, Laguna Lucenza aún puede estar cubierta por el hielo. Esto se deduce a partir de los datos geomorfológicos que hablan de una morrena lateral separando el hielo de la lengua del glaciar de Prada (fig. 10) de la cubeta de sobreexcavación glaciar de la Laguna de Las Lamas. En Laguna Lucenza, la situación en cabecera del relieve de la cubeta glaciar descarta la coincidencia de hielo con el comienzo de la sedimentación, por lo que el registro sedimentario/polen alóctono, comenzaría más tarde que en Las Lamas.

5.4.- EL HOLOCENO

La mejoría climática debida a la retracción del frente polar que se produce durante los últimos 10.000 años BP (Ruddiman & McIntyre, 1981b), marcaría el comienzo del Holoceno. Una mejora de las condiciones climáticas parece evidente. El aumento de la relación AP/T y de la concentración polínica total indica el comienzo del periodo postglaciar. Probablemente al aumento de precipitaciones que se deduce de la evolución de la vegetación, habría que añadir también un aumento de las temperaturas, atribuido generalmente a esta época. Este cambio en las condiciones climáticas conlleva una inmediata respuesta de la vegetación y un desarrollo generalizado de los bosques por toda Europa. No obstante, Guiot *et al.* (1993) predicen condiciones relativamente secas para el NW de la Península Ibérica, durante el comienzo del Holoceno.

Para la discusión de la evolución holocena de la vegetación y con el fin de facilitar las comparaciones con otros sondeos, utilizaremos la cronoestratigrafía propuesta por Mangerud *et al.* (1974), aunque eso signifique que las zonas polínicas locales que se han diferenciado en los depósitos estudiados en este trabajo, coincidan sólo parcialmente con las citadas cronozonas.

5.4.1.- PREBOREAL

El Preboreal (10.000-9.000 años BP), primera cronozona del Holoceno, estaría representada únicamente en el diagrama de Laguna Lucenza (fig. 14) y se correspondería con la zona polínica LUC-3.

Se produce en esta zona un importante cambio en la evolución de la vegetación. El aumento en la concentración polínica total afecta a todos los táxones, lo que significa que ocurre una colonización general. Aunque el polen herbáceo y arbustivo es todavía importante (40-50%) se registra una fase de lenta colonización arbórea marcada por el predominio local de las formaciones de *Betula* y *Quercus*, mientras se produce el detrimento de *Pinus*. El incremento en la concentración polínica de *Betula* y *Quercus* alrededor de 9.300 años BP refleja una fase inicial de establecimiento de estos árboles. Al final de esta fase, *Quercus* aparece ya con porcentajes importantes (20-30%), lo que nos indicaría su instalación a menor altitud. El resto de los elementos arbóreos: *Corylus*, *Alnus*, *Salix* y *Frangula* mantienen una débil representación. Todo ello parece indicar un aumento de la humedad. A pesar del descenso de sus porcentajes, Poaceae mantiene su importante presencia.

La aparición de unas condiciones más favorables parece evidente apoyada, por una cierta vegetalización de la laguna (Ranunculaceae, Cyperaceae, *Potamogeton*). Además la presencia, al menos local, de táxones herbáceos mesohigrófilos (Apiaceae, Ericaceae, *Rumex*, *Plantago*) y el breve aumento de gramíneas, confirmaría esta mejora climática e indicaría un aumento de las precipitaciones.

La evolución de la cubierta forestal, confirmada por el importante aumento de la concentración polínica total (fig. 14), se produciría de la siguiente forma:

Mientras que los pinares pierden importancia desde esta temprana fase holocena, aunque *Pinus* aparezca representado testimonialmente a lo largo de todo el diagrama, el abedul, como buen taxon colonizador y demandante de humedad, tiene una rápida, aunque breve, respuesta (aproximadamente 200 años), lo que hace suponer su cercanía a la laguna. En un primer momento, el abedul, probablemente colonice más rápidamente que el roble, sobre todo en las zonas con suelos todavía pobres. El ascenso de las temperaturas favorecerá progresivamente al roble que se

expandirá por las zonas bajas y, poco a poco, intensificará su presencia. Probablemente el abedul se quede relegado a las zonas más elevadas con temperaturas más bajas y el roble aproveche la mejoría de las condiciones climáticas para desarrollarse.

La expansión de los árboles va acompañada de un descenso de herbáceas y arbustos y no sólo en valores relativos, sino también en frecuencias absolutas, confirmando su menor representación en la cubierta vegetal, en parte por el ascenso de las formaciones desarboladas, y en parte por la sombra producida por los árboles.

El paso de una vegetación abierta de alta montaña a una cubierta forestal es evidente.

En general, todos los táxones que anteriormente nos indicaban medios abiertos, desaparecen o pierden importancia. No obstante, se puede deducir que la colonización se hace de forma lenta y paulatina debido a la presencia todavía importante de Poaceae.

Los sondeos de los que disponemos en la Sierra de Queixa no se inician hasta finales del Boreal, por lo que en ésta y en la siguiente cronozona tomaremos como referencia para nuestras comparaciones, el sondeo Las Lamas (Maldonado Ruíz, 1994), situado a 1.360 m de altitud en esta misma Sierra y que se encuentra en la misma banda altitudinal que los nuestros (entre 1.310 y 1.580 m de altitud). Con independencia de la cronología, la secuencia de instalación de la vegetación de Las Lamas (Maldonado Ruíz, 1994), es muy similar a la de Laguna Lucenza, precedida en la primera por un incremento de gramíneas y otras herbáceas, al igual que ocurre en el macizo central francés (Beaulieu *et al.*, 1988). Al igual que en Laguna Lucenza los porcentajes de polen de abedul dominarían el PA en esta primera fase del Holoceno junto con *Quercus*, perdiendo *Pinus* su protagonismo.

Este desarrollo de *Betula* antes de la expansión del robledal ocurre también en la Serra da Estrêla (Van der Knaap & Van Leeuwen, 1991), así como en Lago de Ajo (Watts, 1986), donde son pinos y abedules los que preceden a dicha expansión. En Sanabria (Hannon, 1985), son los pinares los que cobran mayor importancia, indicando probablemente una mayor continentalidad y mediterraneidad.

En las Sierras septentrionales de Lugo (Ramil Rego, 1992), será *Quercus* el taxon dominante durante la recuperación arbórea, probablemente a causa de la baja altitud.

Este fenómeno está datado en la vertiente norte de los Pirineos alrededor de 9.200 BP (Jalut, 1977). En la Laguna de las Sanguijuelas (Menéndez Amor & Florschütz, 1961) la extensión del *Quercetum mixtum* está datada alrededor de 8.160±190 BP y corresponde a la mitad del Boreal. En Lago de Ajo (Watts, 1986) este acontecimiento tiene lugar alrededor de 12.610 BP, aunque aquí será debido, probablemente, a importantes aportes polínicos lejanos que seguramente falsearán los porcentajes de todos los táxones. Allen *et al.* (1996) han estimado esta fecha en 10.000 años BP.

Los datos paleobotánicos disponibles nos llevan a concluir que las variaciones en la colonización arbórea del inicio del Holoceno van a estar influidas fundamentalmente por la altitud y por el gradiente de oceanidad-continentalidad.

5.4.2.- BOREAL

La siguiente cronozona del Holoceno (Boreal), abarcaría los mil años siguientes (9.000-8.000 años BP), y en ella se obtienen los resultados de la mejora climática iniciada en la fase anterior. La deglaciación provoca un aumento en el volumen de las aguas del Océano Atlántico, esta transgresión marina es reconocida en la Ría de Vigo, entre 8.500-8.000 años BP cuando el mar comienza a cubrir los sedimentos würmienses que se encuentran a -25 m, continuando las temperaturas su ascenso (Margalef, 1956a, b).

Esta etapa estaría representada en Laguna Lucenza (LUC-4), pero también al final de esta fase comienza el desarrollo de otro registro, el de Fraga (FRAG-1).

En Lucenza (Sierra del Courel) se confirma la sustitución del abedular, que se refugiaba en cotas más altas, por un denso robledal (LUC-4) que comienza su importante expansión hasta alcanzar su máximo a 8.350±80 años BP. La alta concentración polínica de *Quercus* (fig. 16) corrobora la importancia del robledal en esta Sierra.

Se inicia también en esta zona la curva constante de *Corylus*, género restringido hoy en día a las zonas más frías de Galicia, que aparece en la antigüedad como consecuencia del lento calentamiento climático (Saa Otero, 1985). Este taxon comienza su desarrollo con bajos valores (5%) y, pese al aumento posterior de sus porcentajes, nunca llegará a ser dominante. Este acontecimiento tendría lugar hace aproximadamente 8.800 años BP aunque la presencia de *Corylus* se puede documentar con anterioridad, siendo en todo caso, sin ninguna duda, anterior a la datación 8.350±80 años BP.

La datación obtenida por Aira Rodríguez (1986) (8.540±100 años BP) parece confirmar su presencia anterior en esta Sierra. De hecho, esta última datación coincide con su expansión, pero ya estaba presente también con anterioridad. No obstante, la cronología de aparición y extensión de *Corylus* será discutida más adelante.

Sin duda, durante este periodo se alcanzaron en la Sierra del Courel las condiciones óptimas para el desarrollo del robledal, que se extendió, junto al avellano, por todas las tierras bajas. La concentración polínica total mantiene valores elevados y constantes. Pinares y abedulares debieron ascender allí donde la altura de las montañas lo permitía o refugiarse en zonas continentales en situaciones favorables.

En la Sierra de Queixa, la evolución de la vegetación al menos en principio, parece seguir la misma pauta que en Laguna Lucenza, aunque con ligeras variaciones, probablemente influidas por la altitud y continentalidad. En el sondeo de Fraga la datación obtenida (8.030±80 años BP) nos permite asignar la primera zona polínica (FRAG-1) a este periodo. Fraga presenta un paisaje abierto al comienzo de la sedimentación (FRAG-1), con *Pinus* y *Betula* como táxones dominantes y bajos porcentajes de *Quercus*. El paisaje reflejado en FRAG-1 es un paisaje relativamente abierto con una baja relación AP/T (40-50%). A la conocida polinización de *Pinus* y *Betula* habría que añadir el importante porcentaje de gramíneas y apiáceas que aparecen en la base del sondeo. *Corylus*, sin embargo, presenta ya su curva continua desde el principio de la sedimentación.

No obstante, frente a los elevados valores de concentración polínica y de tasa de forestación de Laguna Lucenza, parece observarse en Fraga un cierto retraso en

la expansión arbórea de principios del Holoceno, podríamos pensar también en la existencia de un hiato sedimentario, o en la influencia de la tasa de sedimentación, aunque la datación efectuada a ese nivel (8030±80 años BP) hace que estas explicaciones parezcan poco factibles.

La relativa importancia del robledal en Fraga (fig. 24) se contradice con su esplendor en el otro importante sondeo de esta Sierra, Las Lamas (Maldonado Ruíz, 1994). Al igual que ocurre en Laguna Lucenza, el robledal es dominante, por lo que se podría pensar que la persistencia de concentraciones polínicas de *Pinus* sobre *Quercus* y la dominancia de *Betula* en Fraga puede ser debida a una mayor polinización, lo que nos hace pensar en su presencia local o no demasiado alejada de la zona del sondeo.

Si eliminamos los porcentajes de *Betula* del diagrama polínico, se observa una mayor apertura del paisaje, confirmando la presencia local de este taxon.

El mayor desarrollo inicial de *Betula* y *Pinus* que de *Quercus* observado en Fraga en esta fase inicial del Holoceno (fig. 24), ha sido constatado también en otros diagramas polínicos: Riofrío (Menéndez Amor & Florschütz, 1963), Valle de la Nava (Menéndez Amor, 1968), y ha sido achacado a la mayor altitud o continentalidad.

El aumento de la continentalidad, que provocaría un clima más seco hacia el interior y el este podría explicar la importancia de *Pinus* en esta temprana fase del Holoceno en áreas de menor influencia atlántica.

Por su parte, la implantación local del abedul, que invade a menudo los bordes de estos depósitos, puede documentar localmente la existencia de elevados porcentajes de *Betula* en Fraga en un momento en el que los espectros de Las Lamas mantienen el predominio de los porcentajes de *Quercus* y *Corylus*.

También se podría explicar este dominio del abedul por la limitación que las extensas superficies llanas y encharcadas hayan podido ejercer para la expansión del robledal y, sin embargo, no para la del abedul. Esta implantación local del abedul, enmascararía el predominio regional del robledal bien representado en otros sondeos de la Sierra (Maldonado Ruíz, 1994). A todo ello se añadiría la

sobrerrepresentación de táxones herbáceos y arbustivos que enmascararían el dominio que los robles deberían ejercer durante el Boreal y el Atlántico.

Según Ramil Rego (1992), las formaciones de *Pinus/Betula* estarían restringidas a zonas de mayor altitud, superiores a los 1000 m, donde constituirían probablemente el límite superior para las formaciones arbóreas, mientras que el robledal se restringiría a las zonas de menor altitud. No obstante, esto no se cumple en todos los casos, ya que en Las Lamas (1.360 m), los robles serían dominantes.

Aún representando Fraga unas condiciones locales, la invasión del abedul sobre medios lacustres y pantanosos es registrado en otra áreas del norte peninsular; así el detrimento del porcentaje de *Quercus* (8.200±90 años BP) en el Pantano de Sanabria (Turner & Hannon, 1988), coincide con un fuerte aumento de *Betula* y *Pinus*, así como con un aumento de macrorrestos de abedul que también se podrían relacionar con los altos porcentajes de *Betula* (7.830±90 años BP) en la turbera de Los Tornos (Peñalba, 1988,1989).

El desarrollo de *Quercus*, fue mucho más rápido en las localidades con influencia oceánica. En Fraga la mayor continentalidad y la altitud pudieron provocar que el abedul fuera el taxon dominante.

Los robles, en Fraga se mantienen pujantes hasta hace al menos 5.000 años, pero sus bajos porcentajes hacen pensar que probablemente estaban enmascarados y frenados por el abedul, mucho mejor polinizador o que tuvo un papel más importante en cotas elevadas.

Las condiciones más oceánicas de Laguna Lucenza, aunque con mayor altitud pero abrigada por la presencia de cumbres cercanas, parecen permitir la expansión de *Quercus* e incluso su competencia inicial con *Pinus*, mientras que a medida que aumenta la continentalidad y la altitud los abedules van ganando espacio a los robles y son los que tienen un papel más importante.

En general, el dominio del robledal se mantiene en esta época en la mayoría de los sondeos peninsulares con las excepciones antes comentadas.

La expansión de *Quercus* precede claramente en ambas Sierras a la de *Corylus*. El intervalo entre la expansión de estos dos táxones, teniendo en cuenta la

persistencia al comienzo del postglaciar de táxones estépicos, podría relacionarse con la persistencia de condiciones climáticas secas que limitarían la expansión de otros caducifolios como *Corylus* o *Ulmus* (Jalut *et al.*, 1992). De hecho, esta sucesión se confirma en la mayoría de los sondeos peninsulares (Peñalba, 1989). Mougás (Saa Otero, 1985) con una sucesión inversa de estos dos táxones y Puertos de Riofrío (Menéndez Amor & Florschütz, 1963) con un desarrollo sincrónico, serían dos de las excepciones, explicadas por Peñalba (1989) por su proximidad a la costa y por la existencia de un hiato, respectivamente.

En la Sierra de Queixa, la extensión de *Corylus* es situada hacia 7.630 ± 80 años BP (Menéndez Amor, 1971) y alrededor de 8.300 años BP (Maldonado Ruíz, 1994). Nuestros datos confirman su presencia con anterioridad a la datación 8.030 ± 80 años BP, sin poder afinar mucho más.

En la Sierra del Courel sería, según Aira Rodríguez (1986), alrededor de 8.540 ± 100 años BP. Una nueva datación situando su presencia continua anterior a 8.350 ± 80 años BP en Laguna Lucenza parece confirmar su expansión hacia 8.000 años BP en ambas Sierras, siendo, en todo caso, anterior su aparición en la Sierra del Courel, al contrario de lo postulado por Aira Rodríguez (1986).

Las dataciones para este acontecimiento en otros sondeos gallegos y peninsulares, serían las siguientes: anterior a 7.830 ± 75 años BP (Menéndez Amor & Florschütz, 1961) y 7.725 ± 50 BP (Van Mourik, 1986), en Montes del Buio; alrededor de 8.500 BP en Pena Vella y Chan do Lamoso (Ramil Rego, 1992; Ramil Rego & Aira Rodríguez, 1993); 7.830 ± 90 BP en Los Tornos y 8.290 ± 140 BP en Quintanar de la Sierra (Peñalba, 1989, 1994).

Por el contrario, el precoz desarrollo de este taxon en Lago de Ajo (Watts, 1986), hacia 10.000 años BP, es atribuido a la existencia de un hiato sedimentario o a un error en las dataciones producido por el "hard-water error" (Peñalba, 1989).

Mientras que en la mayor parte de la Península Ibérica el desarrollo de *Corylus* tendría lugar hacia 8.000 BP, en los Pirineos (Jalut *et al.*, 1992), se desarrollaría entre 10.000 y 9.000 BP. Según Peñalba (1989), este decalaje cronológico podría explicarse por una migración este-oeste de este taxon. Nosotros

nos inclinamos más a pensar en la persistencia de los árboles en los refugios, como prueban los estudios antracológicos (Uzquiano, 1992).

El retroceso de *Quercus* registrado en varios diagramas polínicos de la Península Ibérica hacia 8.300 años BP: Sanabria (Turner & Hannon, 1988), Laguna de las Sanguijuelas (Menéndez Amor & Florschütz, 1961), Padul (Pons & Reille, 1986, 1988), Lagoa Comprida (Janssen & Woldringh, 1981; Van den Brink & Janssen, 1985), se observa también en nuestros diagramas polínicos.

En Laguna Lucenza (fig. 14) se observa a 8.350 ± 80 BP un descenso de *Quercus* y en general de la concentración polínica total, acompañado de un ligero aumento de Poaceae. En el inicio de Fraga (fig. 24), que podría corresponderse más o menos con esa época los robles, que nunca serán predominantes, tienen también una baja presencia, siendo dominantes las gramíneas.

En el caso de Laguna Lucenza, la presencia de carbones regularmente, podría hacernos pensar en algún incendio natural puntual. Esa explicación sería más difícil de justificar en Fraga, en la que los carbones son escasos en esta zona polínica. Además, la explicación lógica para la coincidencia, en varios diagramas polínicos, de estos acontecimientos, aparentemente locales, sería un episodio climático más general, aunque éste afectaría únicamente a la Península Ibérica.

Una prueba que contribuiría a apoyar la hipótesis de una variación climática general, sería la observación de las curvas del $\delta^{18}\text{O}$ en los foraminíferos del golfo de Gascogne. Duplessy *et al.* (1981) han encontrado hace 8.280 ± 350 años BP una ligera retracción de la curva de *Neogloboquadrina pachyderma*, coincidiendo, por tanto, con la regresión de *Quercus* en los diagramas polínicos. No obstante, esto no sería una prueba concluyente, ya que a la débil disminución de este taxon se une la escasez de sondeos en los que este fenómeno haya sido registrado.

En el Tibet, Van Campo & Gasse (1993) han registrado un episodio seco entre 8.000 y 7.700 años BP que interpretan como un evento similar al Dryas Reciente.

En Las Lamas (Maldonado Ruíz, 1994) no se observa dicho fenómeno que Watts (1986) interpreta como la expresión de un "significant ecological event such

as disease, fire or an unrecognised successional process involving a greater diversity of tree species than are found in northwest Europe”.

Según Peñalba (1994), si este deterioro climático se confirmase a nivel regional, se podría entender el retraso de *Corylus* en su migración este-oeste.

5.4.3.- ATLÁNTICO

Durante el periodo Atlántico (8.000-5.000 años BP), se alcanza el máximo térmico del Holoceno, así como también un máximo en las precipitaciones que pudieron provocar una importante humedad local.

A partir del 6.000 BP, Margalef (1956a) encuentra en la ría de Vigo un claro paralelismo con la sucesión climática del centro y norte de Europa. La temperatura media durante el periodo Atlántico es similar a la registrada en el periodo anterior (Boreal), detectándose una elevada pluviosidad. Huntley & Prentice (1988) estimaron, para el noroeste de la Península Ibérica hace 6.000 años, una temperatura estival superior en 2°C a la temperatura actual y Guiot *et al.* (1993) unas condiciones de mayor sequedad.

En la Sierra del Courel, concretamente en Laguna Lucenza, en la que este periodo comprendería las zonas polínicas LUC-5, LUC-6 y LUC-7 (fig. 14), esta bonanza climática coincide con la época de desarrollo de *Corylus*, sin que ello signifique que el taxon dominante no siga siendo *Quercus*. No obstante, a lo largo de estos 3.000 años la composición de la vegetación experimenta ligeras variaciones.

Ligeramente anterior al inicio de esta cronozona (en el límite de las zonas polínicas LUC-4 y LUC-5) se observa el ya comentado descenso de polen arbóreo, fundamentalmente de *Quercus* (que aún así sigue manteniendo su dominancia), contrastando con una ligera recuperación de *Pinus* y de Poaceae. Esto se podría traducir en un aclarado de los bosques, aunque su explicación no parece fácil. Un enfriamiento en una época cálida y húmeda no parece probable, como tampoco lo sería una actuación humana en una época tan reciente.

Posteriormente, *Quercus* se estabiliza o incluso desciende gradualmente mientras que *Corylus* aumenta progresivamente alcanzando aquí su máximo absoluto, lo que nos indicaría que estamos ante un bosque mixto de *Quercus* y *Corylus*, al

menos localmente. No obstante, los valores de *Corylus* nunca llegarán a ser tan altos como los de *Quercus*, al contrario de lo expuesto por Aira Rodríguez (1986), para este periodo.

La aparición de la curva continua de *Alnus*, junto con los bajos porcentajes de *Ulmus* parecen completar el *Quercetum mixtum*, y confirman el aumento de las precipitaciones. Probablemente la mayor humedad y profundidad de los suelos en los fondos de valle propiciaron el desarrollo de estos dos táxones junto con algunos abedules y sauces, ya que sus bajos porcentajes no parecen indicar que su presencia sea local.

En esta amplia cronozona se produce también una disminución importante de los valores de la concentración polínica que, aunque desde el punto de vista de las condiciones climáticas tampoco parece tener una explicación, ésta se podría encontrar en las condiciones sedimentológicas.

Sin ninguna duda, robles y, en menor medida, avellanos, dominan esta amplia cronozona, observándose únicamente alrededor de hace 6.200 años BP un ligero aumento de *Betula*.

En la Sierra de Queixa, el diagrama de Fraga (fig. 24), que abarca también esta cronozona (FRAG-2 y FRAG-3), nos mostrará que los grandes rasgos de la evolución paleoecológica difieren ligeramente del registro comentado anteriormente (Laguna Lucenza). En esta etapa del Holoceno será el abedul el taxon dominante en este registro, después de que el roble vaya perdiendo paulatinamente importancia.

En Fraga se observa en esta cronozona un aumento considerable del polen arbóreo, alcanzándose los valores más altos de todo el diagrama polínico. No obstante, a diferencia de lo que ocurre en Laguna Lucenza el taxon más abundante va a ser *Betula*, que alcanzará en esta zona su máximo absoluto y relativo, quedándose relegado el roble a una segunda posición, aún presentando en esta zona sus valores más elevados. Las posibles causas de esto, ya han sido comentadas anteriormente.

Si en la cronozona anterior (Boreal), eran *Betula* y *Pinus* los dos árboles mejor representados, en esta nueva zona el segundo será sustituido por *Quercus*. Al igual que en Laguna Lucenza, *Pinus* pierde importancia.

Todos estos fenómenos parecen reflejar en Fraga una evolución de la cubierta vegetal, que se manifiesta por una colonización forestal del medio. El aumento de *Corylus* y *Salix* y la aparición de la curva continua de *Alnus* parecen contribuir a este bosque mixto, que probablemente tendrá un mayor desarrollo en zonas de cotas inferiores.

Al final de la cronozona el abedul va a ganar espacio al roble que disminuye definitivamente, se producirá la estabilización de *Poaceae* y el aumento de *Ericaceae*.

En otro sondeo de esta Sierra, Las Lamas (Maldonado Ruíz, 1994), destaca el dominio de robles en las laderas que rodean la laguna, mientras que en los fondos de los valles debieron desarrollarse formaciones mixtas con abedules, avellanos, sauces, alisos, olmos, etc.

La aparición de *Castanea* está aquí documentada hace 7.000 años BP, sin que aparezca ni en Fraga ni en Laguna Lucenza, en estas fechas.

Alrededor de 6.000 años BP (LAM-7) los abedules rivalizan con los robles y los brezos van ocupando mayor superficie, lo que sugiere un ligero enfriamiento a partir de esta fecha que favorece al abedul, que junto a los brezos ocuparía el espacio que los robles liberaran (Maldonado Ruíz, 1994).

Este acontecimiento se puede correlacionar con lo que ocurre en Laguna Lucenza hace aproximadamente 6.200 años BP. Parece ser que en ambos casos, los abedules se benefician del ligero enfriamiento que según Guiot (1987) se produce en esta fase.

La aparición de la curva continua de *Alnus* tiene lugar en esta cronozona. En el caso de Laguna Lucenza (Sierra del Courel) se puede estimar su aparición hace aproximadamente 7.500 años BP, estando presente con anterioridad, de manera anecdótica. En Fraga (Sierra de Queixa) la aparición de su curva continua es posterior a la datación 8.030 ± 80 años BP. En Las Lamas (Maldonado Ruíz, 1994), la aparición de su curva continua es ligeramente posterior a la datación 7.770 ± 70 años BP, mientras que en esta misma Sierra (Cheira de Piedrahíta) (Menéndez Amor, 1971), la escasa presencia de polen de *Alnus* será posterior a la datación 7.630 ± 80 años BP. No

obstante, tanto en este último sondeo como en Malonga (Menéndez Amor, 1971), la suprarrepresentación de la vegetación de cumbres condiciona el predominio del polen no arbóreo.

En la costa gallega, Mougás (Saa Otero, 1985) presenta fuertes porcentajes de *Alnus*, datados con anterioridad a 9.800 años BP, en contraposición con la mayoría de las dataciones que atribuyen a *Alnus* una extensión más tardía, tales como Los Tornos (Peñalba, 1989), con una presencia posterior a 7.830 ± 90 años BP aunque la curva continua será mucho posterior (4.620 ± 70 BP); así como en Belate (Peñalba, 1989), cuya presencia datará de hace 6.600 ± 80 años BP y su extensión posterior se producirá a 5.900 ± 80 años BP; en Brins (Van Mourik, 1986), su expansión tiene lugar hace 4.870 ± 40 años BP y hace 4.740 ± 40 años BP, en Montes del Buio.

Más al sur las fechas de aparición son anteriores, Lagoa Comprida (Janssen & Woldringh, 1981) hace 9.000 años BP o Padul (Florschütz *et al.*, 1971; Pons & Reille, 1988) hace 10.000 años BP con inicio de su curva continua hacia 8.310 BP.

Con la excepción de Mougás, la aparición de *Alnus* en el norte de la Península Ibérica tendría lugar entre 8.000-7.000 años BP, con un escaso desarrollo posterior en estas Sierras gallegas. Teniendo en cuenta que la mayoría de las series costeras han sido emplazadas por soliflucción ligada a fenómenos de tipo deslizamiento de coladas y a la más que frecuente contaminación por removilización por insectos, esta singularidad podría tener otra explicación.

Ligeramente después de *Alnus* y en esta misma cronozona se inicia también el desarrollo de *Ulmus* en Laguna Lucenza (Sierra del Courel) (fig. 14), presente esporádicamente desde el principio de la sedimentación. En Fraga (Sierra de Queixa) (fig. 24) este taxon no aparece, corroborando los resultados obtenidos por Menéndez Amor (1971) y Aira Rodríguez (1986) en esta Sierra, aunque sí lo hace en Las Lamas (Maldonado Ruíz, 1994), también después de *Alnus*, aunque en porcentajes muy poco significativos.

El inicio de la curva continua de *Ulmus* ha sido datado en los Pirineos Orientales hace aproximadamente 9.000 años BP (La Borde; 9.225±150 años BP) y en los Pirineos Occidentales hace aproximadamente 8.000 años BP (Estarrés; 8.170±80 años BP) (Jalut *et al.*, 1992), mientras que en los Montes Cantábricos ha tenido lugar alrededor de 6.800 BP (Watts, 1986).

En definitiva, se caracterizará esta cronozona por la presencia de condiciones favorables para el desarrollo forestal, destacando la expansión del avellano y bosques mixtos en zonas con mayor influencia oceánica y cotas bajas. Probablemente las zonas de menor altitud estarán ocupadas por un bosque mixto y los avellanos, alisos y sauces se encuentren a lo largo de los cursos fluviales. En estas zonas con mayor influencia oceánica, los robledales se desarrollarán mejor, al menos en la mayoría de la cronozona (Laguna Lucenza), reservando las zonas de cotas superiores o con mayor continentalidad al abedular (Fraga).

5.4.4.- SUBBOREAL

Esta cronozona (5.000-2.500) comprende en Laguna Lucenza (Sierra del Courel) las zonas polínicas LUC-8, LUC-9 y LUC-10. El polen arbóreo, representado fundamentalmente por *Quercus*, comienza su descenso gradual sin que ello signifique un brusco descenso de las concentraciones polínicas (fig. 14). *Pinus* y *Betula* dentro del estrato arbóreo, incrementan ligeramente sus porcentajes, y las gramíneas, dentro del estrato herbáceo, parecen ocupar los claros del robledal sufriendo un importante aumento de sus porcentajes y de sus concentraciones polínicas (fig. 17). *Corylus* disminuye sus porcentajes, reflejando quizás las condiciones frescas que se suponen para este periodo.

Parece clara la existencia de un fenómeno deforestador, debido probablemente a la acción humana, en un momento anterior a la aparición regional de los primeros síntomas de la actividad agrícola, al igual que ocurre en las secuencias polínicas de referencia (Watts, 1986; Turner & Hannon, 1988; Peñalba, 1989, etc.). La existencia, en esta cronozona, de espectros polínicos con abundantes partículas carbonosas parece reflejar los efectos de la acción antrópica sobre el medio, mediante el empleo del fuego con el fin de crear espacios abiertos que favorecieran, en primera instancia, el desarrollo de pastos.

El periodo frío reconocido por Aira Rodríguez (1986) al principio de esta cronozona (5.000 BP), con una caída de los valores de *Quercus* y *Corylus* y aumento progresivo de *Betula*, no se aprecia tan claramente en nuestro diagrama, que por otra parte presenta un muestreo más minucioso con más del doble de espectros polínicos, y un mejor control cronológico. Además, como apunta Maldonado Ruíz (1994), la fuerte deforestación que se aprecia en este periodo enmascararía cualquier cambio climático.

Destacar en esta cronozona los importantes aportes locales de *Salix* que, presente de manera anecdótica desde el principio de la sedimentación, cobra aquí importancia reflejando sin duda su presencia en los alrededores de la laguna, como se demuestra actualmente. Aira Rodríguez (1986), por el contrario, no detecta este taxon hasta mucho después, atribuyéndole una cronología subatlántica.

Castanea aparece de forma regular en Laguna Lucenza desde hace 4.000 años (4.075 ± 75 BP) aunque alcanza su mejor representación en los últimos 2.000 años. Este taxon no aparece en el estudio de Aira Rodríguez (1986) y su aparición relacionada en Galicia con la romanización, queda de nuevo descartada. Su presencia ha sido ya documentada en el Plioceno y Pleistoceno inferior (Menéndez Amor & Florschütz, 1959; Menéndez Amor, 1975).

En Fraga (Sierra de Queixa) esta cronozona estaría representada por la zona polínica FRAG-4, en la que se observa una disminución generalizada de los táxones arbóreos (*Betula*, *Quercus* y *Corylus*), frente al aumento de gramíneas y ericáceas, indicando un progresivo aclarado de la cubierta arbórea.

Un importante cambio parece causar la brusca modificación del estrato arbóreo. La disminución o sustitución del bosque en favor de un medio más abierto dominado por Poaceae, repercute en la naturaleza del sedimento, que se transforma de orgánico a detrítico contribuyendo a la peor conservación de los granos de polen y por tanto a la disminución de la concentración polínica.

Las partículas carbonosas se presentan aquí abundantes. El empleo del fuego por parte del hombre para la obtención de espacios abiertos, podría ser la causa

de este cambio en el paisaje vegetal, con la consiguiente erosión sobre los suelos, en parte condicionada por el aumento de precipitaciones atribuido a esta época.

Al final de este periodo se inician otros dos sondeos en la Sierra de Queixa: Castelo Cerveira (fig. 35) y Turbera H (fig. 19), mostrando en CC-1 (2.720 ± 90 BP), y en H-1 y H-2, el final de esta cronozona con las mismas características definidas anteriormente, escasa cubierta arbórea representada por *Betula* que descende y dominio de herbáceas y arbustos (gramíneas y brezos).

En el diagrama de Las Lamas (Maldonado Ruíz, 1994) se observa también un aclarado del robledal (que es aprovechado por abedules y brezos para iniciar su expansión), así como los primeros efectos de la influencia antrópica mediante el empleo del fuego.

Un nuevo sondeo en la Sierra de Queixa (Prada; Maldonado Ruíz, 1994) muestra un bosque claro de robles y abedules. *Castanea* aparece aquí desde hace 4.000 años BP, al igual que en Lucenza, alcanzando su mejor representación hace 1.000 años. Por el contrario en Fraga sólo aparece puntualmente en la última cronozona del Holoceno.

En esta Sierra, tanto en Las Lamas como en Prada, aparecen ejemplares aislados de *Fagus*, sin documentar, para esta cronozona, en nuestros diagramas polínicos. En Las Lamas hace poco más de 1.000 años BP y en Prada presencia puntual desde hace 4.000 años BP. En Lago de Ajo (Watts, 1986) hace 3.840 años BP y en Quintanar de la Sierra (Peñalba, 1989) hace 3.060 ± 130 BP. Actualmente este taxon aparece únicamente en las montañas más orientales de Galicia (Izco Sevillano, 1987). No obstante, su presencia preholocena en Sanabria (Hannon, 1985) o en el valle de La Nava (Menéndez Amor, 1968) y su aparición en Galicia alrededor de 3.680 ± 35 años BP en Montes del Buido (Van Mourik, 1986) y con anterioridad (entre 5.475 y 3.405 años BP) en Chan do Lamoso (Ramil Rego, 1992) sugieren, según Maldonado Ruíz (1994), la existencia de refugios en la costa cantábrica desde donde se produciría su expansión local a finales del Atlántico y especialmente en el Subboreal, solapándose con la migración este-oeste propuesta por Huntley & Birks (1983). Por otro lado, los trabajos antracológicos (Uzquiano, 1992) demuestran que no ha habido una migración, sino que los táxones se han mantenido en los refugios.

El problema de la expansión de *Fagus* ha sido ampliamente discutido en la literatura palinológica (Huntley & Birks, 1983) y parece claro que es atribuible a varios factores: acción antrópica (Jalut, 1984; Peñalba, 1994; Galop & Jalut, 1994) y causas climáticas (Huntley, 1988). El clima es el factor que primero favorece su expansión, lo que significa que hay mayor humedad, y posteriormente la acción del hombre no hace más que acelerar el fenómeno (Jalut, com. pers.).

Maldonado Ruíz (1994) interpreta la presencia puntual de *Fagus* en la Sierra de Queixa como consecuencia del descenso estival de las precipitaciones, que limitaría su expansión.

En Sanabria (Menéndez Amor & Florschütz, 1961; Hannon, 1985) el robledal domina en esta cronozona junto con importantes porcentajes de *Pinus* en zonas altas. El robledal mantiene también su dominio en Lago de Ajo (Watts, 1986), con retroceso de *Corylus* y *Ulmus* y aumento de gramíneas y brezos, indicando un aclarado de la cubierta arbórea.

En general, los cambios que ocurren en esta fase resultan difíciles de evaluar, ya que la acción deforestadora del hombre podría estar enmascarando cualquier cambio climático.

5.4.5.- SUBATLÁNTICO

Durante el último periodo del Holoceno (2.500 años BP a la actualidad), la característica fundamental, es la intensa deforestación a la que se ve sometida el paisaje. Es en esta época dónde, en las áreas de montaña, se llevan a cabo las transformaciones a gran escala. No obstante, la historia reciente de la vegetación de montaña no es uniforme, sólo detallados estudios palinológicos mostrarán las diferencias locales, ya que los cambios en la cubierta forestal no deben ser generalizados a la escala de una región geográfica o a un macizo montañoso (Galop & Jalut, 1994). Se registra en esta época un descenso en las temperaturas medias, así como momentos de alta humedad (Margalef, 1956a).

El aprovechamiento del terreno, por parte del hombre, con fines ganaderos y/o agrícolas, es evidente. En un primer momento los procesos deforestadores estarían encaminados a la obtención de pastos por medio de incendios, probablemente. Tras

una fase de deforestación con fines ganaderos, se produciría el desarrollo de la agricultura. La deforestación es progresiva durante estos últimos milenios coincidiendo con la expansión de brezales y gramíneas.

Esta deforestación se ve claramente en todos los diagramas polínicos. En Laguna Lucenza (Sierra del Courel), esta cronozona estaría representada por las zonas polínicas LUC-11, LUC-12 y LUC-13 (fig. 14), en las que se produce una disminución generalizada de los táxones arbóreos a la que habría que añadir la importancia local que llega a alcanzar *Salix* entre 3.000 y 1.000 años BP. Se trata de un fenómeno local, en relación con el aumento de la humedad. *Castanea* aparecerá de forma continua a lo largo de todo el periodo y *Fagus*, sin constatar con anterioridad en la Sierra del Courel (Aira Rodríguez, 1986) ni en la Sierra de Queixa (Menéndez Amor, 1971; Torras Troncoso, 1982; Aira Rodríguez, 1986) hasta el trabajo de Maldonado Ruíz (1994), estará presente únicamente en los espectros superiores de manera anecdótica.

Ramil Rego (1992) propone para *Fagus*, además de una migración a mediana altitud a través de la Cordillera Cantábrica, otra vía migratoria, probablemente a mayor altitud (Izco Sevillano, 1987) que explicaría su distribución actual en las Sierras surorientales de Galicia y que se vería ahora confirmada por su aparición en la Sierras de Courel y Queixa.

Además, su presencia en la Sierra de Gerês (Coudé-Gaussen & Denèfle, 1980) y en la depresión de Monforte (Van Mourik, 1986) parecen ratificar esta vía, ya que su progresión desde las Sierras Septentrionales parece improbable por la Galicia interior, cuando los espectros constatan su desaparición paulatina hacia posiciones más continentales (Ramil Rego, 1992).

En Laguna Lucenza (Sierra del Courel) (fig. 14), las concentraciones polínicas presentan valores bajos, incluso inferiores a las de los primeros centímetros del sondeo. Esta intensa deforestación, bien reflejada también en la relación AP/T (fig. 12), parece favorecer la sedimentación, con lo que la concentración polínica disminuye.

La zona de cambios más bruscos en este sentido, tendría lugar hace 2.235 ± 70 años BP. *Betula*, sin embargo, experimentará un aumento en esta época, quizás favorecido por la influencia antrópica. La creación de espacios abiertos parece favorecer a este taxon, dada su buena colonización y que marcará la tendencia general de esta fase final del Holoceno.

Los táxones no arbóreos que se encargarán de ocupar los espacios libres que ha dejado el robledal serán los arbustos (Ericaceae) y sobre todo las gramíneas (Poaceae), que irán ganando importancia progresivamente.

El brusco aumento de gramíneas (porcentajes y concentraciones polínicas) en el límite de las zonas polínicas LUC-11 y LUC-12 (fig. 17), parece indicar las importantes acciones antrópicas sobre el medio, en especial mediante el uso del fuego, como se demuestra por la gran abundancia de partículas carbonosas en esta fase final (fig. 12), aunque también habría que tener en cuenta los aportes de las gramíneas acuáticas presentes en la laguna en una fase de colmatación.

La aparición de cereales, hace aproximadamente 1.000 años BP, nos indicará la presencia de cultivos en las cercanías de la zona. *Juglans*, otro indicador antrópico también aparece aquí esporádicamente.

El ligero aumento de *Pinus* (porcentajes y concentraciones polínicas) (fig. 16) debido a las reforestaciones modernas, constituye el último fenómeno polínico.

El detallado estudio de esta secuencia, que abarca todo el Holoceno, nos permite contar con un modelo comparativo válido y de extensa cronología para posteriores estudios que se realicen en la zona, así como para hacer algunas consideraciones sobre estudios anteriores efectuados en esta misma Sierra.

Nuestro trabajo contribuye a mejorar sensiblemente la cronología de la evolución de la vegetación en la Sierra del Courel (que no contaba hasta el momento más que con una datación absoluta), con respecto a la estimada por Aira Rodríguez (1986), así como constatar en Laguna Lucenza la fecha de aparición y desarrollo de importantes táxones (*Castanea*, *Fagus*, Cerealía) sin documentar en los trabajos anteriores (Aira Rodríguez, 1986).

La cronología de Seara I (Aira Rodríguez, 1986), con una potencia de 120 cm, puede ser ahora también mejor estimada. La autora atribuye el comienzo de la secuencia al Preboreal-Boreal argumentando un máximo de *Betula* que ni siquiera en el espectro que presenta mayor porcentaje (no disponemos de concentraciones polínicas) alcanza el 20%. Teniendo en cuenta el desarrollo actual de los abedules en el noroeste de la Península Ibérica y aún bajo el argumento de que la vegetación aquí representada sea puntual y limitada, mientras que en Laguna Lucenza sería de una amplia zona y teniendo en cuenta el riesgo de destrucción de polen en suelos frente a la laguna, parece improbable que esta secuencia haya comenzado su desarrollo en una época tan antigua. Además el denso robledal que se desarrolla en Laguna Lucenza a partir de esta época (Boreal), contrasta con la fuerte deforestación de este sondeo. El débil enfriamiento producido hace 3.000 años BP junto a la creación de espacios abiertos por el hombre, sin duda ha beneficiado al abedul, que al menos en bordes de arroyos y zonas elevadas se ha mantenido hasta la actualidad, sin que su presencia en la base de los diagramas polínicos deba relacionarse siempre con el Tardiglacial o principios del Holoceno (Maldonado Ruíz, 1994).

La evidente dominancia del estrato herbáceo y arbustivo representado por elevados porcentajes de ericáceas y gramíneas sólo se corresponden en Laguna Lucenza con una etapa más reciente, permitiéndonos atribuir la secuencia a la última fase del Holoceno, en la que ya se aprecian signos evidentes de deforestación. La importancia que adquieren los brezales, únicamente en esta fase final del Holoceno, podría utilizarse también para situar este registro, en el que las ericáceas aparecen a lo largo de todo él y con importantes porcentajes, en una cronología más reciente, sobre todo teniendo en cuenta las características del sondeo y la ausencia de dataciones absolutas.

En la Sierra de Queixa, esta cronozona estaría representada en Fraga (fig. 24) por la última zona polínica (FRAG-5), lo mismo que en Castelo Cerveira (CC-2) (fig. 35). En la turbera H (fig. 19) por las zonas polínicas H-2, H-3, H-4, H-5 y H-6.

En esta última cronozona del Holoceno se inicia otro nuevo sondeo en la Sierra de Queixa: As Aguilladas (fig. 30). La datación efectuada en la base del mismo (2.020 ± 70 años BP) (tabla 1), así lo confirma.

Al igual que en la Sierra del Courel, en todos los sondeos de esta Sierra la deforestación es evidente, aunque hay algunas diferencias.

En todos los casos el estrato arbóreo, constituido fundamentalmente por polen de abedul, irá desapareciendo paulatinamente. En todos los sondeos, arbustos y herbáceas ocuparán los espacios abiertos. En Fraga (fig. 24), la gran abundancia de partículas carbonosas parecen testimoniar el uso de los incendios como método inicial de la deforestación, probablemente para un uso pastoril. Sin embargo, *Asphodelus*, taxon típicamente indicador de incendios o de espacios abiertos, está presente a lo largo de todo el diagrama de forma testimonial, sin que pueda relacionarse con un aumento de los incendios.

En el principio de la sedimentación de Castelo Cerveira (CC-1) (fig. 35) y Turbera H (H-1 y H-2) (fig. 19) podemos observar el mayor porcentaje de táxones arbóreos, sin que estos sean muy importantes (inferiores al 30%), siendo *Betula* en ambos casos el taxon dominante, junto con porcentajes también significativos de *Quercus*, *Corylus* y *Alnus*.

A partir de 2.000 años BP aproximadamente se observa ya la degradación definitiva de la vegetación arbórea, y la sustitución de ésta por táxones herbáceos y arbustivos. Dentro de los arbustos van a ser las ericáceas las que cobren protagonismo y dentro de las herbáceas, Poaceae va a dominar por completo este estrato.

La expansión de los brezales hace más de 2.000 años BP queda constatada en todos los diagramas polínicos, en Laguna Lucenza (fig. 14) esta expansión es menos acusada, debido seguramente al carácter básico del sustrato. *Calluna* presenta un tremendo desarrollo al final del Holoceno, sobre todo en Turbera H (fig. 19), Fraga (fig. 24) y As Aguilladas (fig. 30), aunque hay que tener en cuenta una posible sobrerrepresentación, por su actual presencia en las inmediaciones de los puntos de sondeo.

La presencia de cantidades importantes de partículas microscópicas de carbón en los tres sondeos, ya desde el principio de la sedimentación, nos permite confirmar la existencia de incendios. A ellas hay que añadir la presencia de táxones como *Asphodelus* y *Pteridium*, indicadores de medios abiertos y de incendios, aunque

únicamente en As Aguilladas (fig. 30) la presencia relativamente importante de *Pteridium* podría atribuirse claramente a ello.

En este último, podemos apreciar que *Betula* sufre una ligera recuperación hacia los 1.500 años BP. La acción deforestadora del hombre parece haber favorecido, en principio, la presencia de este taxon que, por su condición de árbol ripario y colonizador, pudo verse beneficiado por la influencia humana.

Hacia los 500 años BP se produce en As Aguilladas una ligera recuperación de *Pinus*, casi ausente desde el principio de la sedimentación aquí y presente de manera esporádica en el resto de los diagramas. La desaparición de los pinares, por causas climáticas, con la llegada del Holoceno y su presencia testimonial a lo largo del mismo en ambas Sierras, puede explicarse como consecuencia de la baja altitud de la zona, manteniendo este taxon únicamente una presencia testimonial en zonas elevadas y relieves abruptos, sin adquirir en ningún caso importancia como formación vegetal (Maldonado Ruíz, 1994). La mayor altitud de As Aguilladas (1.580 m) puede justificar parcialmente la importancia que adquiere este taxon en épocas recientes. Por otro lado, la evolución del clima hacia un tipo atlántico, ha desfavorecido a este taxon frente a los más competitivos, que ocuparía únicamente los suelos más pobres en las exposiciones más secas.

En As Aguilladas a partir del desarrollo de *Pinus* y hacia 250 BP, *Betula* sufre de nuevo una ligera recuperación para luego descender y ser *Pinus* el que domine el estrato arbóreo. Junto con *Pinus*, *Quercus* también sufre una recuperación al final del sondeo, así como *Castanea*. No obstante, el porcentaje de PA disminuye al final de la fase, siendo de nuevo gramíneas y ericáceas los táxones que van a ocupar los espacios abiertos, reflejando el paisaje actual.

En Las Lamas (Maldonado Ruíz, 1994), se aprecia también una progresiva deforestación que hace que *Quercus* disminuya, *Betula* se recupere ligeramente y se expandan los brezales. En Prada (Maldonado Ruíz, 1994) al igual que en los otros sondeos de esta Sierra presentados en este trabajo, *Betula* predomina sobre *Quercus* desde el principio de la sedimentación (4.000 años BP).

La extensión de los brezales ha sido datada por Maldonado Ruíz (1994) en 2.000 años BP para Prada y 2.550±50 años BP para Las Lamas y el autor considera

que es una buena referencia para correlacionar otros registros sin dataciones, de esta zona. Según nuestros resultados esta expansión sería anterior a la datación 2.720 ± 90 años BP, correspondiente al sondeo de Castelo Cerveira. Las dataciones de las que disponemos para la expansión de los brezales en otros sondeos del norte y noroeste de la Península Ibérica aparecen reflejadas en la siguiente tabla:

Localidad	Altitud (m)	Datación ^{14}C	Referencia
Riofrío	1.800	2.290 ± 65	Menéndez Amor & Florschütz, 1963
Q. de la Sierra	1.470	3.060 ± 130	Peñalba, 1989
Laguna Lucenza	1.420	2.235 ± 70	Santos Fidalgo, inéd.
Las Lamas	1.360	2.550 ± 50	Maldonado Ruíz, 1994
C. de la Avellanosa	1.320	2.869 ± 220	Mariscal, 1983
Montes del Buio	605	3.680 ± 35	Van Mourik, 1986
Llano Ronanzas	250	3.210 ± 110	Mary <i>et al.</i> , 1973
Buelna	230	2.260 ± 45	Menéndez Amor & Florschütz, 1961

Tabla 6.- Dataciones ^{14}C de la expansión de los brezales en el N y NW de la Península Ibérica

La acción deforestadora en los últimos milenios debió ser generalizada en esta Sierra, como consecuencia de extensos incendios, como se desprende de la gran cantidad de partículas carbonosas encontradas en el sedimento.

5.5.- ACCIÓN ANTRÓPICA

La intensa deforestación antrópica, favoreciendo la creación de espacios abiertos, ha condicionado el paisaje actual tanto en estas Sierras como en todo el territorio peninsular. Los episodios deforestadores conducentes a la obtención de espacios, bien con fines ganaderos o bien con fines agrícolas, utilizando el fuego como elemento deforestador, preceden en la mayoría de los espectros a la aparición de los primeros síntomas de una actividad agropastoril, reflejada en la presencia de táxones indicadores (aparición de polen de cereal y al incremento de los táxones segetales), característicos de ambos acontecimientos (Behre, 1981)

En Galicia se han realizado importantes contribuciones en relación con estos problemas (Torras Troncoso *et al.*, 1980). Según estos trabajos, los primeros episodios locales de la deforestación antrópica en Galicia se remontan hasta hace 7.500 años BP (Ramil Rego, 1993), siendo más intensa esta deforestación en zonas bajas, entre 5.500 y 3.000 años BP, coincidiendo con la expansión de la agricultura y haciéndose patente, a gran escala, en los últimos 4.000 años BP, principalmente en áreas de montaña, ya que en zonas bajas podría adelantarse en un par de milenios (Maldonado Ruíz, 1994).

A partir de 4.000 años BP, se generaliza en todos los sondeos estudiados, aumentando la presencia de indicadores antrópicos y de signos de deforestación.

El descenso de la cubierta arbórea por debajo del 50% y el aumento de táxones herbáceos y arbustivos es evidente, así como el descenso de la concentración polínica, reflejando unas condiciones que recuerdan a las de los periodos más fríos del último interestadial, pero el detrimento de polen arbóreo no responde a un cambio climático global, sino que coincide con el incremento de los procesos deforestadores y de la actividad agrícola, reconociéndose indicadores de la actividad humana.

En un primer momento, se produce una deforestación conducente a la obtención de espacios abiertos, que favorecerían la obtención de pastos. Estos episodios deforestadores estarán sujetos a variaciones temporales y territoriales, en función de la desigual presión antrópica. El instrumento utilizado para ello, ha sido el fuego, al igual que ocurre actualmente. Táxones característicos como *Asphodelus* o *Pteridium*, han sido utilizados como indicadores de medios abiertos y de incendios (Behre, 1981), aunque en nuestros diagramas polínicos, su presencia esporádica a lo largo de todo el Holoceno, no nos sirve para relacionarla con un aumento del uso del fuego. Por el contrario, la presencia de partículas carbonosas microscópicas en el sedimento, presentes en importantes cantidades en nuestros diagramas polínicos, constituirán un método más eficaz para demostrar la existencia de los mismos (Moore *et al.*, 1986).

La mayoría de las especies sinantrópicas registradas en los espectros polínicos de este periodo, corresponden a indicadores de la destrucción del bosque

(*Asphodelus*, *Plantago*, Liliaceae, Scrophulariaceae, *Pteridium*, etc) lo que favorece el desarrollo de las formaciones arbustivas y/o herbáceas (Ericaceae, Poaceae).

Tras esta primera fase de deforestación con fines ganaderos, la aparición de la agricultura acentúa la desaparición de los bosques. Su desarrollo se evidencia en los espectros turbosos por la presencia de polen de cereal que mantienen una curva continua en la mayoría de los depósitos, a excepción de los situados a mayor altitud, hecho acentuado por la escasa dispersión del polen de estas herbáceas (Torras Troncoso, 1982) y que podría acentuarse a causa de una suprarrepresentación del entorno más inmediato de estos yacimientos. Las limitaciones de estas áreas para el aprovechamiento agrícola son también evidentes, a causa de su excesiva pendiente y a la abundancia de afloramientos rocosos. Evidentemente las zonas de cultivo se situarían en los terrenos de menor altitud, sin fuertes limitaciones topográficas y edáficas.

El aumento de las prácticas agrícolas, evidenciado por la presencia de cereal, coincide con un neto incremento de los táxones sinantrópicos, en concreto *Plantago* y comunidades segetales.

En la Sierra del Courel el ligero descenso del polen arbóreo que tiene lugar entre 5.500 y 4.000 años BP, con el consiguiente aumento de táxones herbáceos, no puede atribuirse únicamente a la acción antrópica. Una ligera variación climática, como la atribuida a este periodo, tendría un efecto similar.

En esta Sierra, la fase de máxima deforestación coincide en Laguna Lucenza (fig. 14) con la presencia casi continua de *Castanea* (4.110±60 BP). El desarrollo de *Castanea* en este periodo, en el que el resto del polen arbóreo disminuye (exceptuando el aumento local de *Salix*), así como la aparición posterior de individuos aislados de *Juglans*, puede relacionarse con la actividad antrópica.

A pesar de la temprana aparición de *Castanea*, su curva continua se desarrollará con posterioridad (2.235±70 años BP), en coherencia con las secuencias polínicas del SW de Europa (Pons & Reille, 1988; Jalut *et al.*, 1988; Peñalba, 1989; etc.).

A diferencia de otros territorios vecinos, donde la deforestación parece favorecer la expansión del hayedo (Peñalba, 1989), los porcentajes de *Fagus* en nuestros diagramas, atestiguan únicamente la presencia de individuos aislados. La disminución de la cubierta arbórea, lleva consigo que se dispare la tasa de sedimentación en un primer momento de deforestación.

Los brezales y, sobre todo, las gramíneas adquieren importancia paulatinamente, ocupando los espacios que los táxones arbóreos van dejando libres.

Mientras que la actividad deforestadora se registra de forma clara en Laguna Lucenza, las evidencias del desarrollo agrícola son menos patentes apareciendo unos pocos granos de polen de *Secale* y de cereal indeterminado, de manera puntual y en una época muy reciente, posterior, en todo caso, a la datación 2.235 ± 70 años BP. La baja dispersión de los pólenes de cereal y la elevada altitud del sondeo (1.420 m), parecen ser la causa de la manifestación tardía de este taxon.

La presencia conjunta de táxones como *Plantago*, Asteraceae, Fabaceae, Caryophyllaceae, que sirven para corroborar la extensión de los cultivos, así como *Artemisia* y Chenopodiaceae (abundantes en los periodos fríos y secos y que han sido utilizados tradicionalmente como indicadores de cultivo, ya que en estos tipos polínicos se incluyen plantas ruderales) tampoco tienen en Laguna Lucenza un importante desarrollo.

Es también a partir de esta datación, cuando la tasa de forestación desciende por debajo del 50%, coincidiendo con una ligera recuperación de *Betula* y con un aumento espectacular de gramíneas y más suave de ericáceas. La expansión de los brezales en el norte peninsular puede ser utilizada como un indicador de la intensificación de la presión antrópica, aunque, sin embargo, tiene como limitación la escasa representación de estos matorrales sobre suelos básicos (Maldonado Ruíz, 1994).

En una última fase, se produce la disminución de *Betula* y de las concentraciones polínicas de Poaceae y Ericaceae (fig. 17), haciéndose patente un aumento de *Castanea* y de *Pinus*, seguramente con una clara relación antrópica.

En la Sierra de Queixa la deforestación, deducida de nuestros diagramas y de los de Maldonado Ruíz (1994), presenta características similares a la de la Sierra del Courel. La actividad humana se deja sentir desde hace 4.000 años en Prada (Maldonado Ruíz, 1994). El detrimento arbóreo es simultáneo con el incremento de los porcentajes de Ericaceae y Poaceae.

En Fraga (fig. 24) se aprecia un brusco descenso del polen arbóreo que será aprovechado por gramíneas y ericáceas para desarrollarse. Los táxones indicadores de la actividad antrópica (*Castanea*, *Juglans*, *Cerealia*), aunque presentes, lo están únicamente de forma anecdótica.

Tanto la turbera H (fig. 19), como As Aguilladas (fig. 30) y Castelo Cerveira (fig. 35), muestran un paisaje deforestado desde el principio de la sedimentación, siendo poáceas y brezos, totalmente dominantes. *Castanea*, que tiene una presencia puntual en Castelo Cerveira, hace aproximadamente 2.500 años, presenta una curva continua a lo largo de todo el sondeo de As Aguilladas con anterioridad a la datación 2.020 ± 70 años BP. *Fagus* y *Juglans* tienen también aquí una presencia puntual.

Al igual que en Laguna Lucenza, mientras que los procesos deforestadores son claros, las evidencias del desarrollo agrícola son escasas, apareciendo únicamente cereales en As Aguilladas con anterioridad a la datación 550 ± 130 años BP. A partir de esta última datación se observa en As Aguilladas una ligera recuperación de la cubierta arbórea, en concreto de *Betula* y *Pinus*, que disminuirán hacia la superficie, reflejando el paisaje actual de la zona.

Las localidades de menor altitud reflejarán más rápidamente la presencia de la agricultura. Mientras que en Laguna Lucenza el polen de cereal aparecía alrededor de 1.500 años BP, en Prada (Maldonado Ruíz, 1994), situado a menor altitud (1.100 m), se atestigua su importante presencia desde hace 4.000 años BP, indicando la cercanía de los cultivos.

Las primeras apariciones de polen de cereal tienen lugar en el Tremoal da Pena Veira (Ramil Rego, 1992) a partir de la datación 5.490 ± 90 años BP y con

anterioridad a 4.740 ± 40 años BP en Montes del Buio (Van Mourik, 1986). En Prado do Inferno (Ramil Rego & Aira Rodríguez, 1993), se identifica a 4.140 ± 120 años BP.

El inicio de la curva continua de *Castanea* y polen de cereal se sitúa en Touriz-I (Van Mourik, 1986) en torno al 2.666 ± 55 años BP mientras que en Outeiro (Van Mourik, 1986) el inicio de la curva de ambos táxones coincide con una menor tasa arbórea, a partir de 2.530 ± 50 años BP. La aparición de *Juglans* se produce en ambos espectros, inmediatamente posterior a dichas dataciones (Van Mourik, 1986).

Atendiendo a estos resultados es previsible una cierta heterogeneidad en la datación de la deforestación antrópica, dependiendo de muchos factores de carácter local. La actividad agrícola no alcanzó algunas de las elevadas y menos accesibles áreas de montaña del NW Ibérico hasta el último milenio (Allen *et al.*, 1996).

Podemos concluir diciendo que la deforestación antrópica queda débilmente evidenciada en ambas Sierras y que la altitud va a condicionar sensiblemente la aparición de táxones indicadores de procesos agrícolas. No obstante, en la Sierra de Queixa parece que los importantes procesos deforestadores se acusan con una cierta anterioridad con respecto a la Sierra del Courel, al igual que los indicios de la actividad agrícola, al menos en zonas altas. Las amplias cheiras y superficies llanas de esta Sierra, parecen favorecer que estos fenómenos aparezcan con anterioridad y sean más acusados que en la Sierra del Courel, menos accesible y rodeada de importantes elevaciones.

6.- CONCLUSIONES

1.- El examen de la información paleobotánica obtenida ha permitido realizar una aproximación a las características de la cubierta vegetal en el NW de la Península Ibérica durante el periodo comprendido entre el final del Tardiglaciario y la actualidad.

En la Sierra del Courel, la edad estimada para la base del sondeo Laguna Lucenza, alrededor de 10.000 años BP, indica que la cubeta de sobreexcavación glaciario quedó desprovista de hielo poco antes de esa fecha, iniciándose posteriormente su relleno sedimentario.

En la Sierra de Queixa-Invernadoiro la última etapa de la deglaciación ha sido datada en 13.400 ± 400 años BP, constituyendo éste el dato absoluto más antiguo para situar cronológicamente el final de la deglaciación cuaternaria en esta Sierra.

2.- El periodo desarbolado con el que se inicia el diagrama de Laguna Lucenza se asimila al Dryas Reciente, caracterizado por las bajas concentraciones polínicas, la escasez de táxones arbóreos diferentes de *Pinus* y elevados porcentajes de Poaceae. La presencia de táxones heliófilos esteparios nos indica que el paisaje era abierto y que el límite del bosque se situaría a una altitud inferior a la de la laguna. La influencia oceánica, que explicaría los bajos porcentajes de táxones heliófilos como Chenopodiaceae, y la presencia de *Quercus* desde esta temprana fase, nos indica que este periodo está aquí atenuado con respecto a la crudeza climática deducida para el Atlántico Norte.

3.- El comienzo del periodo Postglaciario se refleja en el aumento de la relación AP/T y de las concentraciones polínicas totales. La respuesta de la vegetación a la mejoría climática es inmediata y comienza el desarrollo del bosque caducifolio. En la Sierra del Courel, el Holoceno comienza con una sucesión *Betula-Quercus*, tras la progresiva desaparición de *Pinus*. El robledal alcanza su máxima expansión hace 8.350 ± 80 años BP, aunque va a dominar durante casi todo el Holoceno, si exceptuamos manifestaciones locales de la vegetación. Posteriormente aparece *Corylus*, hace aproximadamente 8.800 años BP.

En la Sierra de Queixa-Invernadoiro, el abedul estará mejor representado que el roble, debido, entre otros factores, a la acentuación de su presencia local, y la aparición de *Corylus* será ligeramente posterior, confirmándose su expansión hacia 8.000 BP en ambas Sierras. La expansión de *Quercus*, precede, en las dos Sierras, a la de *Corylus*.

Los pinares, tanto en una Sierra como en la otra, desfavorecidos por la evolución atlántica del clima, desaparecen a una edad temprana del Holoceno y únicamente las repoblaciones de los últimos años testimonian su reciente presencia.

4.- El importante retroceso de *Quercus* y de la concentración polínica total que se produce hace 8.350 ± 80 años BP, acompañado de un aumento de Poaceae, se podría explicar como consecuencia de un recrudescimiento climático. Esto se podría traducir en un aclarado de los bosques, aunque su explicación, por el momento, no parece fácil. Un enfriamiento en una época cálida y húmeda no parece probable, como tampoco lo sería una actuación humana en una época tan precoz. La naturaleza de este evento queda, por tanto, sin esclarecer totalmente, aunque las condiciones climáticas parecen tener un mayor peso que la acción antrópica.

5.- *Castanea* hace su aparición en la Sierra del Courel hace 4.110 ± 60 años BP, intensificando su presencia, sin duda favorecida por el hombre, a partir de la datación 2.235 ± 70 años BP. Su precoz aparición en esta Sierra, junto con la también precoz aparición documentada para la Sierra de Queixa, nos lleva a considerar el carácter indígena de este taxon y la existencia de refugios para el mismo en el NW de la Península Ibérica.

6.- La acción deforestadora del hombre, anterior a la aparición regional de los primeros síntomas de la actividad agrícola, es evidente en ambas Sierras a partir de los últimos 4.000 años BP. La expansión de brezales y gramíneas dan testimonio de ello, indicando un progresivo aclarado de la cubierta arbórea. En un primer momento se produce una deforestación conducente a la obtención de espacios abiertos, que favorecerían la obtención de pastos. El instrumento utilizado para ello ha sido el fuego, como lo demuestran las abundantes partículas carbonosas encontradas. Estos episodios deforestadores están sujetos a variaciones temporales y territoriales en función de la desigual presión antrópica.

La disminución o sustitución del bosque en favor de un medio más abierto, junto con la consiguiente erosión sobre los suelos y el aumento de precipitaciones atribuido a esta época, repercuten en la naturaleza del sedimento, que se transforma de orgánico a detrítico, contribuyendo a la peor conservación de los granos de polen y, por tanto, a la disminución de la concentración polínica.

7.- Tras la fase de deforestación con fines ganaderos, se produciría el desarrollo de la agricultura, acentuándose la desaparición de los bosques. En las zonas de mayor altitud las limitaciones para el aprovechamiento agrícola son evidentes.

La aparición de indicadores de actividad agrícola no alcanza estas Sierras hasta cerca del último milenio. En la Sierra del Courel el polen de cereal hace su aparición alrededor de hace 1.500 años BP, aproximadamente al mismo tiempo que en la Sierra de Queixa, anterior, en todo caso, a la datación 550 ± 130 BP.

7.- BIBLIOGRAFÍA

- Aira Rodríguez, M. J. (1986). *Contribución al estudio de suelos fósiles, de montaña y antropógenos de Galicia por análisis polínico*. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia, Universidad de Santiago de Compostela, 363 pp.
- Aira Rodríguez, M. J. & Guitián Ojea, F. (1986a). Contribución al estudio de los suelos y sedimentos de montaña de Galicia y su cronología por análisis polínico. I. Sierra del Courel (Lugo). *Anales de Edafología y Agrobiología XLV*: 1189-1202.
- Aira Rodríguez, M. J. & Guitián Ojea, F. (1986b). Contribución al estudio de los suelos y sedimentos de montaña de Galicia y su cronología por análisis polínico. II. Perfiles de la penillanura de cumbres de la Sierra de Queixa (Orense). *Anales de Edafología y Agrobiología, XLV*: 1203-1218.
- Aira Rodríguez, M. J. & Guitián Ojea, F. (1986c). Contribución al estudio de los suelos y sedimentos de montaña de Galicia y su cronología por análisis polínico. III. Cuenca glacial del Alto Cenza. Sierra de Queixa (Orense) y discusión general de resultados. *Anales de Edafología y Agrobiología, XLV*: 1497-1508.
- Allen, J. R. M.; Huntley, B. & Wats, W. A. (1996). The vegetation and climate of northwest Iberia over the last 14,000 yr. *Journal of Quaternary Science*, **11**: 125-147.
- Amigo Vázquez, F. J. (1985). *Estudio de los matorrales y bosques de la Sierra del Courel (Lugo)*. Resumen Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia, Universidad de Santiago de Compostela, 17 pp.
- Andersen, B. G. (1968). Glacial geology of Western Tromsø, North Norway. *Nor. Geol. Unders.*, **256**: 1-160.
- Andrieu, V.; Hubschman, J.; Jalut, G. & Herail, G. (1988). Chronologie de la déglaciation des Pyrénées françaises. Dynamique de sédimentation et contenu pollinique des paléolacs: Application à l'interprétation du retrait glaciaire. *Bull. A. F. E. Q.*, **2/3**: 55-67.

- Atkinson, T. C.; Briffa, K. R. & Coope, G. R. (1987). Seasonal temperatures in Britain during the past 22,000 years, reconstructed using beetle remains. *Nature*, **325**: 587-592.
- Bard, E.; Labeyrie, D.; Pichon, J. J.; Labracherie, M.; Arnaold, M.; Duprat, J.; Moyes, J. & Duplessy, J. C. (1990). The last deglaciation in the Southern and Northern Hemispheres: a comparison based on oxygen isotope, sea surface temperature estimates, and accelerator ¹⁴C dating from deep-sea sediments. En: U. Bleil & J. Thiede (eds.). *Geological History of the Polar Oceans: Arctic Versus Antarctic*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp: 405-415.
- Bartlein, P. J.; Edwards, M. E.; Shafer, S. L. & Barker Jr., E. D. (1995). Calibration of radiocarbon ages and the interpretation of paleoenvironmental records. *Quaternary Research*, **44**: 417-424.
- Beaulieu, J. L. de; Andrieu, V.; Ponel, P.; Reille, M. & Lowe, J. J. (1994). The Weichselian Late-glacial in southwestern Europe (Iberian Peninsula, Pyrenees, Massif Central, northern Apennines). *Journal of Quaternary Science*, **9**: 101-107.
- Beaulieu, J. L. de; Pons, A. & Reille, M. (1988). Histoire de la flore et de la végétation du Massif Central (France) depuis la fin de la dernière glaciation. *Cahiers de Micropaléontologie*, **3**: 37-80.
- Beaulieu, J. L. de & Reille, M. (1978). Quelques moyens de sondage en usage chez les pollenanalystes: Etude comparative de diagrammes. *Annales des Mines de Belgique*, **6**: 729-737.
- Beaulieu, J. L. de & Reille, M. (1984). A long Upper-Pleistocene pollen record from Les Echets, near Lyon, France. *Boreas*, **13**: 111-132.
- Behre, K. E. (1981). The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores*, **23**: 225-245.
- Belet, J. M. (1993). *Étude palynologique de la tourbière de La Mata (Monts Cantabriques; Nord-Ouest de l'Espagne)*. DEA. Université Toulouse-Le Mirail, 43 pp.

- Bellot Rodríguez, F. & Vieitez Cortizo, E. (1945). Primeros resultados del análisis polínico de las turberas galaicas. *Anal. Inst. Edaf. Ecol. y F. Veg.*, **4**: 281-307.
- Berglund, B. E. (ed.) (1986). *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 869 pp.
- Berglund, B. E. & Ralska-Jasiewiczowa, M. (1986). Pollen analysis and pollen diagrams. En: B. E. Berglund (ed.). *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, pp: 455-484.
- Birks, H. J. B. (1973). *Past and Present Vegetation of the Isle of Skye: a Palaeoecological Study*. Cambridge University Press, London, 415 pp.
- Birks, H. J. B. & Berglund, B. E. (1979). Holocene pollen stratigraphy of southern Sweden: A reappraisal using numerical methods. *Boreas*, **8**: 257-279.
- Birks, H. J. B. & Birks, H. H. (1980). *Quaternary Palaeoecology*. Edward Arnold, London, 289 pp.
- Birks, H. J. B. & Gordon, A. D. (1985). *Numerical Methods in Quaternary Pollen Analysis*. Academic Press, London, 317 pp.
- Bonny, A. P. (1976). Recruitment of pollen to the seston and sediment of some Lake District lakes. *Journal of Ecology*, **64**: 859-887.
- Bonny, A. P. (1978). The effect of pollen recruitment processes on pollen distribution over the sediment surface of a small lake in Cumbria. *Journal of Ecology*, **66**: 385-416.
- Bordonau i Ibern, J. (1992). *Els complexos glàcio-lacustres relacionats amb el darrer cicle glacial als Pirineus*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, 294 pp.
- Bradley, R. S. (1985). *Quaternary Paleoclimatology. Methods of paleoclimatic reconstruction*. Unwin Hyman Ltd., London, 472 pp.
- Brosche, K. U. (1983). Die geomorphologisch-bodengeographische Deutung der pleistozänen sedimente und der fossilen Böden an der Playa de Barrañán

- (westl. La Coruña) und bei Cangas de Foz (Nord-Galizien). *Eiszeitalter und Gegenwart*, **33**: 95-117.
- Brum Ferreira, A.; Vidal Romani, J. R.; Vilaplana, J. M.; Rodrigues, M. L.; Zêzere, J. L. & Monge, C. (1992). Formas e depósitos glaciários e periglaciários da Serra do Gerêz-Xurés (Portugal; Galicia). Levantamento cartográfico. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, **17**: 121-135.
- Butzer, K. W. (1967). Geomorphology and stratigraphy of the Paleolithic site of Budiño (Prov. Pontevedra, Spain). *Eiszeitalter und Gegenwart*, **18**: 82-103.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe & UNESCO (1979). International Quaternary Map of Europe. E 1: 2.500.000. (Hoja 9. Madrid), Hannover.
- Carballeira, A.; González, B.; Juste, J.; Molina, A. M.; Retuerto, R. & Ucieda, F. (1982). Ensayo de definición de regiones ecológicas en función del clima. Cuenca de los ríos Bibey, Jares y Navea. *Trabajos Compostelanos de Biología*, **9**: 139-157.
- Clark, R. L. (1982). Point count estimation of charcoal in pollen preparations and thin section of sediments. *Pollen et Spores*, **24**: 523-535.
- Copons, R. & Bordonau, J. (1996). El registro sedimentario del Cuaternario reciente en el lago Redó d'Aigües Tortes (Pirineos Centrales). En: *Actas IV Reunión de Geomorfología*. (O Castro, A Coruña, 1996), pp: 249-260.
- Costa Casais, M.; Moares Domínguez, C. & Martínez Cortizas, A. (1996). Caracterización físicoquímica do depósito de Mougás (Pontevedra): implicacións morfoxenéticas. En: A. Pérez Alberti; P. Martini; W. Chesworth & A. Martínez Cortizas (eds.). *Dinámica y evolución de medios cuaternarios*. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, pp: 431-440.
- Costa Tenorio, M.; García Antón, M.; Morla Juaristi, C. & Sainz Ollero, H. (1990). La evolución de los bosques en la Península Ibérica: una interpretación basada en datos paleobiogeográficos. *Ecología*, **1**: 11-58.

- Costa Tenorio, M.; Morla Juaristi, C. & Sainz Ollero, H. (1992). Datos sobre las comunidades de caméfitos espinosos en los macizos meridionales galaicos (NW España). *Lazaroa*, **13**: 139-147.
- Coudé-Gaussen, G. (1978). Confirmations de l'existence d'une glaciation würmiense dans les montagnes du Nord Ouest du Portugal. *C. R. Som. Geol. Fr.*, **1**: 34-37.
- 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. *Bull. A. F. E. Q.*, **3**: 107-115.
- Cour, P. (1974). Nouvelles techniques de détection des flux et des retombées polliniques: étude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol. *Pollen et Spores*, **XVI**: 103-141.
- Coûteaux, M. (1962). Notes sur le prélèvement et la préparation de certains sédiments. *Pollen et Spores*, **IV**: 317-322.
- Coûteaux, M. (1983). Fluctuations glaciaires de la fin du Würm dans les Alpes françaises, établies par des analyses polliniques. *Boreas*, **12**: 35-46.
- Delcourt, P. A. & Delcourt, H. R. (1980). Pollen preservation and Quaternary environmental changes history in the southeastern United States. *Palynology*, **4**: 215-231.
- Delibrias, G.; Nonn, H. & Van Campo, M. (1964). Age et flore d'un dépôt périglaciaire reposant sur la "rasa" cantabrique près de Burela (Galice, Espagne). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **259**: 4092-4094.
- Díaz-Fierros Viqueira, F.; Torras Troncoso, M. L. & Vázquez Varela, J. M. (1979). La evolución de la flora gallega durante el Holoceno. *Museo de Pontevedra*, 1-8.
- Dreimanis, A. (1988). Tills: their genetic classification. En: R. P. Goldthwait & C. L. Matsch (eds.). *Genetic Classification of glacial deposits*. A. A. Balkema, Rotterdam, pp: 17-83.

- Duplessy, J. C.; Delibrias, G.; Turon, J. L.; Pujol, C. & Duprat, J. (1981). Deglacial warming of the northeastern Atlantic Ocean: correlation with the palaeoclimatic evolution of the European continent. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **35**: 121-144.
- Duplessy, J. C.; Labeyrie, L.; Arnold, M.; Paterne, M.; Duprat, J. & Van Weering, T. C. E. (1992). Changes in surface salinity of the North Atlantic Ocean during the last deglaciation. *Nature*, **358**: 485-488.
- Duplessy, J. C. & Ruddiman, W. F. (1984). La fusión de los casquetes glaciales. *Mundo Científico*, **4**: 868-884.
- Dupré Ollivier, M. (1988). *Palinología y paleoambiente. Nuevos datos españoles. Referencias*. Servicio de Investigación Prehistórica. Serie de Trabajos Varios. Diputación Provincial de Valencia, 84. 160 pp.
- Ellenberg, H. (1988). *Vegetation Ecology of Central Europe*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Emontspohl, A.-F. & Vermeersch, D. (1991). Premier exemple d'une succession Bølling-Dryas II-Allerød en Picardie (Famechon, Somme). *Quaternaire*, **2**: 17-25.
- Erdtman, G. (1986). *Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms (An introduction to Palynology)*. EJB, Leiden, 553 pp.
- Fægri, K. & Iversen, J. (1989). *Textbook of Pollen Analysis*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 328 pp.
- Fernández Bollo, M. (1951). *Les glaciers quaternaires sur les massifs primitifs de la region Galicienne-Leonese en Espagne*. Unión Geod. et Geophys. Inter., t.I. Bruxelles.
- Fernández Rodríguez, C. & Ramil Rego, P. (1992). Fechas de ¹⁴C en yacimientos arqueológicos, depósitos orgánicos y suelos de Galicia. *Gallaecia*, **13**: 433-445.

- Florschütz, F.; Menéndez Amor, J. & Wijmstra, T. A. (1971). Palynology of a thick Quaternary succession in southern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **10**: 233-264.
- Franz, H. (1967). Beiträge zur Kenntnis der Bodenentwicklung in NW-Spanien auf Grund fossiler Böden. *Anales de Edafología y Agrobiología*, **26**: 33-51.
- Galop, D. & Jalut, G. (1994). Differential human impact and vegetation history in two adjacent Pyrenean valleys in the Ariège basin, southern France, from 3,000 BP to the present. *Veget. Hist. Archaeobot.*, **3**: 225-244.
- Geyh, M. A. & Schleicher, H. (1990). *Absolute Age Determination. Physical and Chemical Dating Methods and their application*. Springer-Verlag, Berlín, 503 pp.
- Gómez-Lobo, A. (1993). *Historia de la vegetación durante los últimos 15.000 años en los Picos de Urbión (Soria) en base al análisis polínico*. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá de Henares, 173 pp.
- Goslar, T.; Arnold, M.; Bard, E.; Kuc, T.; Pazdur, M. F.; Ralska-Jasiewiczowa, M.; Rozanski, K.; Tisnerat, N.; Walanus, A.; Wicik, B. & Wieckowski, K. (1995). High concentration of atmospheric ^{14}C during the Younger Dryas cold episode. *Nature*, **377**: 414-417.
- Guiot, J. (1987). Late Quaternary climatic change in France estimated from multivariate pollen time series. *Quaternary Research*, **28**: 100-118.
- Guiot, J.; Harrison, S. P. & Prentice, I. C. (1993). Reconstruction of Holocene precipitation patterns in Europe using pollen and lake-level data. *Quaternary Research*, **40**: 139-149.
- Gutián Ojea, F. (1985) (dir.). Estudio del medio natural de las montañas gallegas. I O Courel. Pub. Inst. de Est. y Des. de Galicia. Universidad de Santiago de Compostela, 215 pp.
- Gutián Ojea, F.; Cabaneiro Albaladejo, A.; Calvo de Anta, R. M.; Carballas, M.; Carballas, T.; Díaz Bustamante, J.; Díaz-Fierros Viqueira, F.; García Paz, C.; García-Rodeja Gayoso, E.; Gil Sotres, F.; Giménez de Azcárate

- Cornide, M.; Guitián Rivera, F.; Leirós de la Peña, C.; López López, I.; Macías Vázquez, F.; Paz González, A.; Pérez Moreira, R.; Puga Pereira, M.; Sanmamed Fernández, A.; Silva Hermo, B.; Torras Troncoso, L. & Villar Celorio, C. Grupo de Edafólogos de Santiago (1982). Estudio del medio natural de las Sierras de Queixa e Invernadeiro y sus estribaciones. *Anales de Edafología y Agrobiología*, **XLI**: 1768-1825.
- Guitián Rivera, J. (1985). *Estudio de la vegetación herbácea de la Sierra del Caurel*. Resumen Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia, Universidad de Santiago de Compostela, 21 pp.
- Hannon, G. E. (1985). *Late Quaternary vegetation of Sanabria Marsh (North West Spain)*. Thesis. Trinity College, Dublin, 80 pp.
- Heim, J. (1962). Recherche sur les relations entre la végétation actuelle et le spectre pollinique récent dans les Ardennes belges. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique*, **96**: 1-92.
- Heim, J. (1970). *Les relations entre les espectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe Occidentale*. Univ. de Louvain, 181 pp.
- Herail, G. (1984). *Géomorphologie et géologie de l'or détritique. Piémonts et bassins intramontagneux du Nord-Ouest de l'Espagne*. C.N.R.S., Toulouse, 456 pp.
- Hernández Pacheco, F. (1949). Huellas glaciares en la Sierra de Queija (Orense). *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, **47**: 97-102.
- Hernández Pacheco, F. (1957). El glaciario cuaternario en la Sierra de Queija (Orense). *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, **55**: 27-74.
- Hult, R. (1899). Fjällvandringar i Galicien och Zamora. En: *Från Nord till Syd Kalender*. Geografiska Föreningen i Finland, Helsingfors, pp: 30-55.
- Huntley, B. (1988). Glacial and Holocene vegetation history-20 ky to present. III. 1 Europe. En: B. Huntley & T. Webb III (eds.). *Vegetation history*. Kluwer Acad. Pub., Dordrecht, pp: 341-383.

- Huntley, B. & Birks, H. J. B. (1983). *An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0-13,000 years ago*. Cambridge University Press, Cambridge, 667 pp.
- Huntley, B. & Prentice, I. C. (1988). July temperatures in Europe from Pollen Data, 6,000 years before present. *Science*, **241**: 687-690.
- IGME (1981a). Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. Hoja 227.8-11 Manzaneda.
- IGME (1981b). Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. Hoja 157.9-9 Oencia.
- Iversen, J. (1954). The late-glacial flora of Denmark and its relation to climate and soil. *Damn. Geol. Unders.*, **80**: 87-119.
- Izco Sevillano, J. (1987). Galicia. En: M. Peinado Lorca & S. Rivas Martínez (eds.) *La vegetación de España*. Servicio de Publicaciones, Universidad de Alcalá de Henares, pp: 385-418.
- Izco Sevillano, J.; Amigo Vázquez, J. & Guitián Rivera, J. (1982). El Caurel. Análisis sincorológico de una comarca en la frontera Mediterráneo-Eurosiberiana. II Jornadas de Fitosociología. Santiago de Compostela.
- Jacobson, G. L. & Bradshaw, R. H. W. (1981). The selection of sites for paleovegetational studies. *Quaternary Research*, **16**: 80-96.
- Jalut, G. (1977). *Végétation et climat des Pyrénées méditerranéennes depuis quinze mille ans*. Archives d'Ecologie Préhistorique. Ecole de Hautes Etudes en Sciences Sociales, Toulouse, 141 pp.
- Jalut, G. (1984). L'action de l'homme sur la forêt montagnarde des Pyrénées ariégeoises et orientales depuis 4.000 BP d'après l'analyse pollinique. En: *Actes du 106 Congrès National des Sociétés Savantes*, (Perpignan), pp: 163-172.
- Jalut, G. (1990). Le paléoenvironnement de la moitié-occidentale du versant nord des Pyrénées de 40.000 BP à l'actuel: étapes de la déglaciation et histoire de la végétation. En: A. Cearreta & F. M. Ugarte (eds.). *The Late Quaternary*

- in the western Pyrenean region*. Universidad del País Vasco, Vitoria, pp: 125-141.
- Jalut, G.; Andrieu, V.; Delibrias, G.; Fontugne, M. & Pagès, P. (1988). Palaeoenvironment of the valley of Ossau (western French Pyrénées) during the last 27,000 years. *Pollen et Spores*, **30**: 357-394.
- Jalut, G.; Montserrat Martí, J.; Fontugne, M.; Delibrias, G.; Vilaplana, J. M. & Julià, R. (1992). Glacial to interglacial vegetation changes in the northern and southern Pyrénées: deglaciation, vegetation cover and chronology. *Quaternary Science Reviews*, **11**: 449-480.
- Jansen, E. & Veum, T. (1990). Evidence for two-step deglaciation and its impact on North Atlantic deep-water circulation. *Nature*, **343**: 612-616.
- Janssen, C. R. & Woldringh, R. E. (1981). A preliminary radiocarbon dated pollen sequence from the Serra da Estrêla, Portugal. *Finisterra*, **16**: 299-309.
- Jato Rodríguez, M. V. (1974). *Contribución a la cronología de suelos por análisis de polen*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad de Santiago de Compostela, 250 pp.
- Jato Rodríguez, M. V. & Vázquez Varela, J. M. (1972). Correlación entre los datos palinológicos y hallazgos prehistóricos en Galicia. *Compostellanum*, **17**: 7-15.
- Jowsey, P. C. (1966). An improved peat sampler. *New Phytol.*, **65**: 245-248.
- Lamb, H. H. (1977). Climate analysis. *Phil. Trans. Royal Soc. of London B*, **280**: 341-350.
- Leroy, S. A. G.; Giralt, S.; Francus, P. & Seret, G. (1996). The high sensitivity of the palynological record in the Vico Maar lacustrine sequence (Latium, Italy) highlights the climatic gradient through Europe for the last 90 ka. *Quaternary Science Reviews*, **15**: 189-201.
- Lundqvist, J. (1988). Glacigenic processes, deposits and landforms. En: R. P. Goldthwait & C. L. Matsch (eds.). *Genetic Classification of glacigenic deposits*. A. A. Balkema, Rotterdam, pp: 3-16.

- Maldonado Ruiz, F. J. (1994). *Evolución tardiglacial y holocena de la vegetación en los macizos del Noroeste Peninsular*. Tesis Doctoral. E. T. S. de Ingenieros de Montes, Madrid, 171 pp.
- Mangereaud, M. (1980). Ice-front variations of different parts of the Scandinavian ice sheet. En: J. J. Lowe; J. M. Gray & J. E. Robinson (eds.). *Studies in the Late-glacial of Northwest Europe*. Pergamon Press, Oxford, pp: 23-30.
- Mangerud, J.; Andersen, S. T.; Berglund, B. E. & Donner, J. J. (1974). Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas*, **3**: 109-128.
- Mardonès, M. & Jalut, G. (1983). La tourbière de Biscaye (alt. 409 m, Hautes Pyrénées): approche paléoécologique des 45.000 dernières années. *Pollen et Spores*, **25**: 163-212.
- Margalef, R. (1956a). Oscilaciones del clima postglacial del Noroeste de España registradas en los sedimentos de la Ría de Vigo. *Zephyrus*, **VII**: 5-9.
- Margalef, R. (1956b). Paleoecología postglacial de la Ría de Vigo. *Inv. Pesq.*, **V**: 89-112.
- Margalef, R. (1959). Nuevos datos para el estudio de la historia de la Ría de Vigo, desde la última glaciación. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Tercera Época*, **XXXIII**: 23-35.
- Mariscal Alvarez, B. (1983). Estudio polínico de la turbera del Cueto de la Avellanosa, Polaciones (Cantabria). *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, **5**: 205-226.
- Martínez Cortizas, A.; Moares Domínguez, C. & García-Rodeja, E. (1996). El depósito pleistoceno de Moucide. Propiedades físico-químicas y mineralógicas y evolución. En: A. Pérez Alberti; P. Martini; W. Chesworth & A. Martínez Cortizas (eds.). *Dinámica y evolución de medios cuaternarios*. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, pp: 345-356.
- Martínez de Pisón, E. & Arenillas Parra, M. (1984). Nuevos problemas de morfología glacial en la España Atlántica. *Est. Geogr.*, **45**: 159-174.

- Mary, G. (1993). Cronología de los depósitos del último periodo frío del segmento medio de la costa Norte de España. Ensayo de correlación. En: *Actas II Reunión del Cuaternario Ibérico*. (Madrid, 1989), pp: 221-225.
- Mary, G.; Beaulieu, J. L. de & Médus, J. (1973). Un diagramme sporopollinique et des datations ¹⁴C pour la tourbière du Llano Ronanzas (Asturies-Espagne). *Bull. Soc. Geol. France*, **15**: 37-38.
- Mary, G.; Médus, J. & Delibrias, G. (1977). Documents sur l'évolution de la flore du littoral nord espagnol au Würm. *Supp. Bull. A. F. E. Q.*, **1**: 23-31.
- Mayewski, P. A.; Meeker, L. D.; Whitlow, S.; Twickler, M. S.; Morrison, M. C.; Alley, R. B.; Bloomfield, P. & Taylor, K. (1993). The atmosphere during the Younger Dryas. *Science*, **261**: 195-197.
- Menéndez Amor, J. (1968). Estudio espora-polínico de una turbera en el valle de La Nava (Burgos). *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, **66**: 35-39.
- Menéndez Amor, J. (1969). Análisis espora-polínico de tres perfiles situados en la cuenca hidrográfica del río Deo (La Coruña). *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, **67**: 161-167.
- Menéndez Amor, J. (1971). Estudio espora-polínico de dos turberas en la Sierra de Queija (Orense). *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, **69**: 85-92.
- Menéndez Amor, J. (1975). Análisis paleobotánico de algunas muestras de lignitos procedentes de Puentes de García Rodríguez (La Coruña). *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, **73**: 121-124.
- Menéndez Amor, J. & Florschütz, F. (1959). Algunas noticias sobre el ambiente en que vivió el hombre durante el gran interglaciar en dos zonas de ambas Castillas. *Est. Geol.*, **15**: 277-285.
- Menéndez Amor, J. & Florschütz, F. (1961). Contribución al conocimiento de la historia de la vegetación en España durante el Cuaternario. Resultado del análisis palinológico de algunas series de muestras de turbas, arcillas y otros sedimentos recogidos en los alrededores de: I. Puebla de Sanabria

- (Zamora); II. Buelna (Asturias); Vivero (Galicia) y en Levante. *Est. Geol.*, **17**: 83-99.
- Menéndez Amor, J. & Florschütz, F. (1963). Sur les éléments steppiques dans la végétation quaternaire de l'Espagne. *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, **61**: 121-133.
- Montserrat Martí, J. M. (1992). *Evolución glacial y postglacial del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: estudio palinológico*. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología, Núm. 6, CSIC, Jaca, 147 pp.
- Moore, P. D.; Evans, A. T. & Chater, M. (1986). Palynological and stratigraphic evidence for hydrological changes in mires associated with human activity. En: K. E. Behre (ed.). *Anthropogenic indicators in pollen diagrams*. A. A. Balkema, Rotterdam, pp: 209-220.
- Moore, P. D.; Webb, J. A. & Collinson, M. E. (1991). *Pollen analysis*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 216 pp.
- Morla Juaristi, C. (1985). Consideraciones acerca del paisaje vegetal y su evolución en la comarca de Trives (Orense, España). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, **5**: 189-212.
- Nilsson, T. (1961). Ein neues Standardpollendiagramm aus Bjärsjöholmssjön in Schonen. *Lund Univ. Års-skr. N. F.*, **2**: 56-92.
- Nonn, H. (1966). *Les régions cotières de la Galice (Espagne). Etude géomorphologique*. Les Belles Lettres, Paris, 591 pp.
- Nussbaum, F. & Gigax, F. (1953). La glaciación cuaternaria en la Cordillera Cantábrica. *Est. Geogr.*, **14**: 261-270.
- Olsson, I. U. (1986). Radiometric dating. En: B. E. Berglund (ed.). *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, pp: 273-312.

- Peck, R. M. (1973). Pollen budget studies in a small Yorkshire catchment. En: H. J. B. Birks & R. G. West (eds.). *Quaternary Plant Ecology*. Blackwell, Oxford, pp: 43-60.
- Peñalba, M. C. (1988). Analyse pollinique de quatre tourbières du Pays Basque Espagnol. En: *Actes X Symposium A. P. L. F.* (Bordeaux, 1987), pp: 65-71.
- Peñalba, M. C. (1989). *Dynamique de végétation Tardiglaciaire et Holocène du Centre-Nord de l'Espagne d'après l'analyse pollinique*. Tesis Doctoral. Université d'Aix, Marseille, 165 pp.
- Peñalba, M. C. (1994). The history of the Holocene vegetation in northern Spain from pollen analysis. *Journal of Ecology*, **82**: 815-832.
- Pérez Alberti, A. (1979). Nuevas observaciones sobre el glaciario y periglaciario en el NW de la Península Ibérica: La Galicia sudoriental. *Act. Geol. Hisp.*, **14**: 441-444.
- Pérez Alberti, A. (1982). Xeomorfoloxía. En: A. Pérez Alberti (dir.). *Xeografía de Galicia. Tomo I. O Medio*. Ed. Sálvora, A Coruña, pp: 9-69.
- Pérez Alberti, A. (1990). *La geomorfología de la Galicia sudoriental: problemas geomorfológicos de un macizo hercínico de la fachada atlántica ibérica. Centro sudoeste de Galicia*. Tesis Doctoral. Facultad de Geografía e Historia, Universidad de Santiago de Compostela, 185 pp.
- Pérez Alberti, A & Guitián Rivera, L. (1992). El sector nordeste del Macizo de Manzaneda (SE de Galicia): aproximación al estudio del glaciario, suelos y vegetación. En: R. Rodríguez Martínez-Conde (coord.). *Guía de campo de las VIII Jornadas de Campo de Geografía Física*. Universidad de Santiago de Compostela, pp: 11-39.
- Pérez Alberti, A. & Ramil Rego, P. (1996). La evolución bioclimática y sus consecuencias: el ejemplo de los paleopaisajes del Cuaternario en Galicia. *Gallaecia*, **14/15**: 31-66.

- Pérez Alberti, A.; Rodríguez Guitián, M. & Valcárcel Díaz, M. (1993). Las formas y depósitos glaciares en las Sierras Orientales y Septentrionales de Galicia (NW Península Ibérica). En: A. Pérez Alberti; L. Guitián Rivera & P. Ramil Rego (eds.). *La evolución del paisaje en las montañas del entorno de los Caminos Jacobeos. Cambios ambientales y actividad humana*. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, pp: 61-90.
- Pérez Alberti, A.; Rodríguez Guitián, M. & Valcárcel Díaz, M. (1995a). Acción e importancia del frío durante el Cuaternario reciente en las Sierras Septentrionales de Galicia (Noroeste Ibérico). En: *Actas III Reunión del Cuaternario Ibérico*. (Coimbra, 1993), pp: 79-84.
- Pérez Alberti, A.; Rodríguez Guitián, M. & Valcárcel Díaz, M. (1995b). Reconstrucción paleoambiental a partir de las formas y depósitos superficiales en el límite galaico-astur-leonés. En: *Actas III Reunión del Cuaternario Ibérico*. (Coimbra, 1993), pp: 191-197.
- Pérez-Obiol, R. & Julià, R. (1994). Climate change on the Iberian Peninsula recorded in a 30,000-Yr pollen record from Lake Banyoles. *Quaternary Research*, **41**: 91-98.
- Pimentel, R. A. (1979). *Morphometrics. The multivariate analysis of biological data*. Kendall-Hunt, Dubuque, Iowa, 276 pp.
- Pons, A. & Reille, M. (1986). Nouvelles recherches pollenanalytiques à Padul (Granada): La fin du dernier glaciaire et Holocène. En: F. López Vera (ed.). *Quaternary climate in Western Mediterranean. Proceedings of the Symposium on Climatic Fluctuations during the Quaternary in Western Mediterranean Regions*. Universidad Autónoma de Madrid, pp: 405-420.
- Pons, A. & Reille, M. (1988). The Holocene and Upper Pleistocene pollen record from Padul (Granada, Spain): a new study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **66**: 243-263.
- Pons, A.; Beaulieu, J. L. de; Guiot, J. & Reille, M. (1987). The Younger Dryas in southwestern Europe: an abrupt climatic change as evidence from pollen records. En: W. H. Berger & L. D. Labeyrie (eds.). *Abrupt climatic*

- change: evidence and implications*. De Reidel Publishing Co., The Netherlands, pp: 195-208.
- Punt, W. (ed.)(1976). *The Northwest European Pollen Flora, I*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 145 pp.
- Punt, W. & Blackmore, S. (eds.)(1991). *The Northwest European Pollen Flora, VI*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 275 pp.
- Punt, W. & Clarke, G. C. S. (eds.)(1980). *The Northwest European Pollen Flora, II*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 256 pp.
- Punt, W. & Clarke, G. C. S. (eds.)(1981). *The Northwest European Pollen Flora, III*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 138 pp.
- Punt, W. & Clarke, G. C. S. (eds.)(1984). *The Northwest European Pollen Flora, IV*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 369 pp.
- Punt, W.; Blackmore, S. & Clarke, G. C. S. (eds.)(1988). *The Northwest European Pollen Flora, V*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 154 pp.
- Ramil Rego, P. (1990). *Estudio palinológico en Abrigos Rocosos de Coto Valdoinferno y Valle de Arnela (Lugo)*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad de Santiago de Compostela, 144 pp.
- Ramil Rego, P. (1992). *La vegetación cuaternaria de las sierras septentrionales de Lugo a través del análisis polínico*. Tesis Doctoral. Facultad de Biología, Universidad de Santiago de Compostela, 356 pp.
- Ramil Rego, P. (1993). Evolución climática e historia de la vegetación durante el Pleistoceno Superior y el Holoceno en las regiones montañosas del Noroeste Ibérico. En: A. Pérez Alberti; L. Guitián Rivera & P. Ramil Rego (eds.). *La evolución del paisaje en las montañas del entorno de los Caminos Jacobeos. Cambios ambientales y actividad humana*. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, pp: 25-60.

- Ramil Rego, P. & Aira Rodríguez, M. J. (1993). Análisis polínico de los niveles tardiglaciares y holocenos del yacimiento de Prado do Inferno (Lugo). *Fol. Bot. Misc.*, **9**: 137-152.
- Ramil Rego, P.; Aira Rodríguez, M. J. & Alonso Mattias, F. (1995). Caracterización climática y vegetacional de la Serra de Gerês (Portugal) durante el Tardiglacial y el Holoceno: análisis polínico de A Lagoa do Marinho. En: *Actas III Reunión del Cuaternario Ibérico*. (Coimbra, 1993), pp: 85-92.
- Ramil Rego, P.; Taboada Castro, T. & Aira Rodríguez, M. J. (1993). Estudio palinológico y factores de formación del Tremoal da Gañidoira (Lugo, España). En: M. P. Fumanal & J. Bernabeu (eds.). *Estudios sobre Cuaternario. Medios sedimentarios. Cambios ambientales. Hábitat humano*. Universitat de València, Valencia, pp: 191-197.
- Reille, M. (1990a). La tourbière de La Borde (Pyrénées Orientales, France): un site clé pour l'étude du Tardiglacial sud-européen. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **310**: 823-829.
- Reille, M. (1990b). *Leçons de palynologie et d'analyse pollinique*. Editions du CNRS, Paris, 206 pp.
- Rodríguez Guitián, M. A.; Valcárcel Díaz, M. & Pérez Alberti, A. (1996a). El último ciclo glacial en el valle de Piornedo (Serra dos Ancares, Lugo): hipótesis sobre la deglaciación basada en la cartografía de formas y depósitos glaciares y periglaciares. En: A. Pérez Alberti & A. Martínez Cortizas (coords.). *Avances en la reconstrucción paleoambiental de las áreas de montaña lucenses*. Monografías G. E. P. 1, Diputación Provincial de Lugo, pp: 39-52.
- Rodríguez Guitián, M. A.; Valcárcel Díaz, M. & Pérez Alberti, A. (1996b). Morfogénesis glacial en la vertiente meridional de la Serra do Courel (NW Ibérico): el valle de A Seara. En: A. Pérez Alberti & A. Martínez Cortizas (coords.). *Avances en la reconstrucción paleoambiental de las áreas de montaña lucenses*. Monografías G. E. P. 1, Diputación Provincial de Lugo, pp: 77-88.

- Ruddiman, W. F. & McIntyre, A. (1981a). The North Atlantic ocean during the last deglaciation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **35**: 145-214.
- Ruddiman, W. F. & McIntyre, A. (1981b). The mode and mechanism of the Last Deglaciation: Oceanic Evidence. *Quaternary Research*, **16**: 125-134.
- Ruiz Zapata, B.; Correia, A. I. & Gil García, M. J. (1995). Evolución del paisaje en la Sierra de Peneda (NO de Portugal) durante los últimos 3.500 BP. *Geogaceta*, **18**: 105-108.
- Saa Otero, P. (1985). *Contribución a la cronología de sedimentos costeros por análisis polínico*. Tesis Doctoral. Facultad de Biología, Universidad de Santiago de Compostela, 338 pp.
- Saa Otero, P. & Díaz-Fierros, F. (1983). Análisis polínico de un sedimento tipo marsh en la marisma de Catoira (Pontevedra). *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, **5**: 191-204.
- Saa Otero, P. & Díaz-Fierros, F. (1985). Análisis polínico de tres lagunas litorales colmatadas de Galicia. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, **10**: 95-111.
- Saa Otero, P. & Díaz-Fierros, F. (1986). Contribution a la connaissance, a partir de l'analyse pollinique, des différences existant entre la végétation du nord et du sud de la Galice (Espagne) pendant les périodes Pré-Boréale, Atlantique et Sub-Atlantique. *Revue de Paléobiologie*, **5**: 325-336.
- Saa Otero, P. & Díaz-Fierros, F. (1988). Contribución al estudio paleobotánico mediante análisis de polen. *Est. Geol.*, **44**: 339-349.
- Saa Otero, P. & Díaz Losada, E. (1989). Analyse pollinique de paléosols du Sub-Atlantique dans le Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique. *Ecología Mediterránea*, **15**: 161-169.
- Sáenz, C. (1978). *Polen y esporas*. Ed. Blume, Madrid, 219 pp.
- Salas, L. (1995). Los estudios polínicos en España, utilizados en la reconstrucción climática de los últimos 10.000 años. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, **20**: 67-98.

- Sánchez Gofñi, M. F. (1996). Image analysis of charcoal particles: application to environmental studies. *European Microscopy and Analysis*, **42**: 5-7.
- Sanmamed Fernández, A. (1978). Contribución al estudio de los suelos de montaña gallegos. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela, 219 pp.
- Santos Fidalgo, L. (1992). Estudio polínico de una turbera reciente en la Serra de Queixa (Ourense, Galicia, España). *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, **17**: 137-143.
- Santos Fidalgo, L. (1993). *Estudio paleoambiental de la transgresión holocena en la Ría de Ares: el depósito palustre costero de Seselle (A Coruña)*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad de A Coruña, 89 pp.
- Schmidt-Thomé, P. (1973). Neue, niedrig gelegene Zeugen einer würmeiszeitlichen Vergletscherung im Nordteil der Iberischen Halbinsel (Prov. Vizcaya und Orense in Nordspanien; Minho-Distrikt in Nordportugal). *Eiszeitalter und Gegenwart*, **23/24**: 384-389.
- Schmidt-Thomé, P. (1978). Nuevos testigos de una glaciación wuermiense extensa y de altura muy baja en el Noroeste de la Península Ibérica (Orense, España y Minho/Trás-os-Montes, Portugal). Ed. Homenaje a I. Parga Pondal. *Cuadernos Sem. Est. Cerámicos Sargadelos*, **27**: 219-243.
- Schmitz, H. (1969). Glazialmorphologische Untersuchungen im Bergland Nordwestspaniens (Galizien-León). *Kölner Geogr. Arbeiten*, **23**: 1-157.
- Seret, G.; Dricot, E. & Wansard, G. (1990). Evidence for an early glacial maximum in the French Vosges during the last glacial cycle. *Nature*, **346**: 453-456.
- Serrat, D.; Bordonau, J.; Bru, J.; Furdada, G.; Gómez, A.; Martí, J.; Martí, M.; Salvador, F.; Ventura, J. & Vilaplana, J. M. (1994). Síntesis cartográfica del glaciario surpirenaico oriental. En: C. Martí Bono & J. M. García-Ruiz (eds.). *El glaciario surpirenaico: Nuevas aportaciones*. Geofoma Ediciones, Logroño, pp: 9-15.
- Shore, J. S.; Bartley, D. D. & Harkness, D. D. (1995). Problems encountered with the ¹⁴C dating of peat. *Quaternary Science Reviews*, **14**: 373-383.
- Sissons, J. B. (1974). Late glacial marine erosion in Scotland. *Boreas*, **3**: 41-48.

- Sissons, J. B. (1979). The Loch Lomond stadial in the British Isles. *Nature*, **280**: 199-203.
- Sittler, C. (1955). Méthodes et techniques physico-chimiques de préparation des sédiments en vue de leur analyse pollinique. *Revue de l'Institut Français du Pétrole et Annales des Combustibles Liquides*, **X**: 103-114.
- Stickel, R. (1929). Observaciones de morfología glaciaria en el N.O. de España. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, **29**: 297-314.
- Stuiver, M. & Reimer, P. J. (1993). Extended ^{14}C data base and revised CALIB 3.0 ^{14}C age calibration program. *Radiocarbon*, **35**: 215-230.
- Tolonen, K. (1986). Charred particle analysis. En: B. E. Berglund (ed.). *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, pp: 485-496.
- Törnqvist, T. E. (1986). *Die vegetatieontwikkeling in Noord-West Galicië gedurende de laatste 3.000 jaar*. Laboratory of Palaeobotany and Palynology. Utrech.
- Törnqvist, T. E. & Joosten, J. H. J. (1988). On the origin and development of a Subatlantic "man-made" mire in Galicia (Northwest Spain). En: *Proceedings of the 8th International Peat Congress*, (Leningrad), pp: 214-224.
- Törnqvist, T. E.; Janssen, C. R. & Pérez Alberti, A. (1989). Degradación antropogénica de la vegetación en el Noroeste de Galicia durante los últimos 2.500 años. *Cuadernos de Estudios Gallegos*, **38**: 175-198.
- Torras Troncoso, M. L. (1982). *Aplicación del análisis polínico a la datación de paleosuelos en Galicia*. Tesis Doctoral. Facultad de Biología, Universidad de Santiago de Compostela, 236 pp.
- Torras Troncoso, M. L.; Díaz-Fierros Viqueira, F. & Vázquez Varela, J. M. (1980). Sobre el comienzo de la agricultura en Galicia. *Gallaecia*, **6**: 51-59.
- Tricart, J. & Pérez Alberti, A. (1989). Problemas de paleoclimatología: importancia e impacto del frío durante el Cuaternario. En: *Act. Simp. Intern. "Otero*

- Pedrayo e a Xeografía de Galicia*". Pub. Consello da Cultura Galega, (Santiago de Compostela), pp: 74-92.
- Turner, C. & Hannon, G. E. (1988). Vegetational evidence for late Quaternary climatic changes in southwest Europe in relation to the influence of the North Atlantic Ocean. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, **318**: 451-485.
- Uzquiano, P. (1992). *Recherches anthracologiques dans le secteur Pyrénéo-Cantabrique (Pays Basque, Cantabria et Asturias): environnements et relations homme-milieu au Pléistocène Supérieur et début de l'Holocène*. Tesis Doctoral. Université Montpellier II, Montpellier, 400 pp.
- Valcárcel Díaz, M. (1996). Aportaciones al estudio de los procesos glaciares y periglaciares en Galicia (NW de la Península Ibérica): estado de la cuestión. En: A. Pérez Alberti & A. Martínez Cortizas (coords.). *Avances en la reconstrucción paleoambiental de las áreas de montaña lucenses*. Monografías G. E. P. 1, Diputación Provincial de Lugo, pp: 11-37.
- Valcárcel Díaz, M.; Rodríguez Guitián, M. A. & Pérez Alberti, A. (1996). Dinámica glaciaria pleistocena del complejo Porcarizas-Valongo (Serra dos Ancares, NW Ibérico). En: A. Pérez Alberti & A. Martínez Cortizas (coords.). *Avances en la reconstrucción paleoambiental de las áreas de montaña lucenses*. Monografías G. E. P. 1, Diputación Provincial de Lugo, pp: 53-76.
- Valdés, B.; Díez, M. J. & Fernández, I. (eds.) (1987). *Atlas polínico de Andalucía Occidental*. Instituto de Desarrollo Regional nº 43, Universidad de Sevilla, Excma. Diputación de Cádiz, 450 pp.
- Van Campo, E. & Gasse, F. (1993). Pollen-and diatom-inferred climatic and hydrological changes in Sumxi Co Basin (Western Tibet) since 13,000 yr BP. *Quaternary Research*, **39**: 300-313.
- Van den Brink, L. M. & Janssen, C. R. (1985). The effect of human activities during cultural phases on the development of montane vegetation in the Serra da Estrêla, Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **44**: 193-215.

- Van Geel, B.; Coope, G. R. & Van Der Hammen, T. (1989). Palaeoecology and stratigraphy of the Late-Glacial type section at Usselo (The Netherlands). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **60**: 25-129.
- Van der Hammen, T. & Vogel, J. C. (1966). The Susacá interstadial and the subdivision of the Late-Glacial. *Geol. Mijnbouw*, **45**: 33-35.
- Van der Hammen, T.; Wijmstra, T. A. & Zagwijn, W. H. (1971). The floral record of the late Cenozoic of Europe. En: K. K. Turekian (ed.). *The Late Cenozoic Glacial Ages*. Yale University Press, New Haven and London, pp: 391-424.
- Van der Knapp, W. O. & Van Leeuwen, J. F. N. (1991). The vegetation succession since Late-Glacial times in the Serra da Estrêla, Portugal, studied on the lake of Charco da Candeeira. En: *XV Peat Excursion of the Syst.-Beobot. Institute*, University of Bern, Laboratory of Palaeobotany and Palynology. State University of Utrecht, The Netherlands, 123 pp.
- Van Mourik, J. M. (1986). *Pollen profiles of slope deposits in the Galician area (NW Spain)*. Thesis. Universiteit van Amsterdam. Nederlandse Geografische Studies, **12**, 171 pp.
- Vergne, V. (1987). Techniques légers de forage-carotte. *Compte Rendu du Seminaire du 6 Octobre 1986*. Marseille-Luminy, **17**: 77-91.
- Vernal, A. de; Hillaire-Marcel, C. & Bilodeau, G. (1996). Reduced meltwater outflow from the Laurentide ice margin during the Younger Dryas. *Nature*, **381**: 774-777.
- Vidal Romaní, J. R. (1979). El periodo Cuaternario en Galicia. *Gallaecia*, **3**: 19-35.
- Vidal Romaní, J. R. (1989). Galicia. En: A. Pérez-González; P. Cabra & A. Martín-Serrano (coords.) *Mapa del Cuaternario de España. Escala 1: 1.000.000*. ITGE, Madrid, pp: 95-104.
- Vidal Romaní, J. R. (1992). La roca y el hielo. En: F. Vilas (dir.). *Guía de la Naturaleza de Galicia*. Faro de Vigo, Xunta de Galicia, pp: 141-160.

- Vidal Romaní, J. R. (1996). Geomorfología de Galicia. En: *Geografía de Galicia*. Hércules de Ediciones, A Coruña, pp: 7-67.
- Vidal Romaní, J. R.; Aira Rodríguez, M. J. & Santos Fidalgo, L. (1991). La deglaciación finicuaternaria en el NO de la P. I. (Serra do Courel. Lugo): Datos geomorfológicos y paleobotánicos. Resumen *VIII Reunión Nacional sobre Cuaternario*. AEQUA, Valencia.
- Vidal Romaní, J. R.; Brum, A. de; Zêzere, J.; Rodrigues, M. L. & Monge, C. (1990a). Evolución cuaternaria del relieve granítico en la Serra de Gerêz-Xurés (Minho, Portugal-Ourense, Galicia). *Cuaternario y Geomorfología*, 4: 3-12.
- Vidal Romaní, J. R.; Grandal d'Anglade, A.; Fernández Ferrín, J. & Vila Anca, R. (1992). El glaciocarst del Courel (Lugo). *Furada*, 6: 35-40.
- Vidal Romaní, J. R. & Santos Fidalgo, L. (1994). La deglaciación finicuaternaria en el noroeste peninsular (Serra de Queixa-Invernadoiro, Ourense, Galicia): datos geomorfológicos y paleobotánicos. *Cuaternario y Geomorfología*, 8: 33-44.
- Vidal Romaní, J. R.; Santos Fidalgo, L. & Jalut, G. (1995). Cronología relativa del máximo glaciar finipleistoceno en el sector Nor-Oriental de la Serra de Queixa (Ourense, Galicia, España). En: *Actas III Reunión del Cuaternario Ibérico*. (Coimbra, 1993), pp: 215-222.
- Vidal Romaní, J. R.; Vilaplana, J. M.; Brum, A. de; Zêzere, J. L.; Rodrigues, L. & Monge, C. (1990b). Los tills de la Serra de Gerêz-Xurés y la glaciación pleistocena (Minho, Portugal-Ourense, Galicia). *Cuaternario y Geomorfología*, 4: 13-25.
- Viers, G. (1971). L'englacement quaternaire des Pyrénées orientales et ses problèmes climatiques. *Colloque interdisciplinaire Perpignan*, pp: 57-64.
- Visset, L. (1979). Recherches palynologiques sur la végétation pléistocène et holocène de quelques sites du district phytogéographique de Basse-Loire. Thèse Sciences, Univ. de Nantes, 282 pp.

- Watts, W. A. (1977). The Late Devensian vegetation of Ireland. *Phil. Trans. Royal Soc. of London B*, **280**: 273-293.
- Watts, W. A. (1980). Regional variations in the response of vegetation to late glacial climatic events in Europe. En: J. J. Lowe; J. M. Gray & J. E. Robinson (eds.). *Studies in the Late-glacial of Northwest Europe*. Pergamon Press, Oxford, pp: 1-22.
- Watts, W. A. (1986). Stages of climatic changes from full glacial to Holocene in Northwestern Spain, Southern France and Italy: A comparison of the Atlantic coast and the Mediterranean basin. En: A. Ghazi & R. Fontechi (eds.). *Current Issues in Climatic Research*. D. Reidel Publisher, Dordrecht, pp: 101-112.
- Watts, W. A.; Allen, J. R. M.; Huntley, B. & Fritz, S. C. (1996). Vegetation history and climate of the last 15,000 years at Laghi di Monticchio, southern Italy. *Quaternary Science Reviews*, **15**: 113-132.
- Welten, M. (1982). Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Schweizerischen Nationalparks. *Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark*, **16**: 1-43.
- Whittington, G.; Fallick, A. E. & Edwards, K. J. (1996). Stable oxygen isotope and pollen records from eastern Scotland and a consideration of Late-glacial and early Holocene climate change for Europe. *Journal of Quaternary Science*, **11**: 327-340.
- Zahn, R. (1992). Deep ocean circulation puzzle. *Nature*, **356**: 744-746.

ANEXO

Laguna Lucenza. Sierra del Courel (1.420 m)

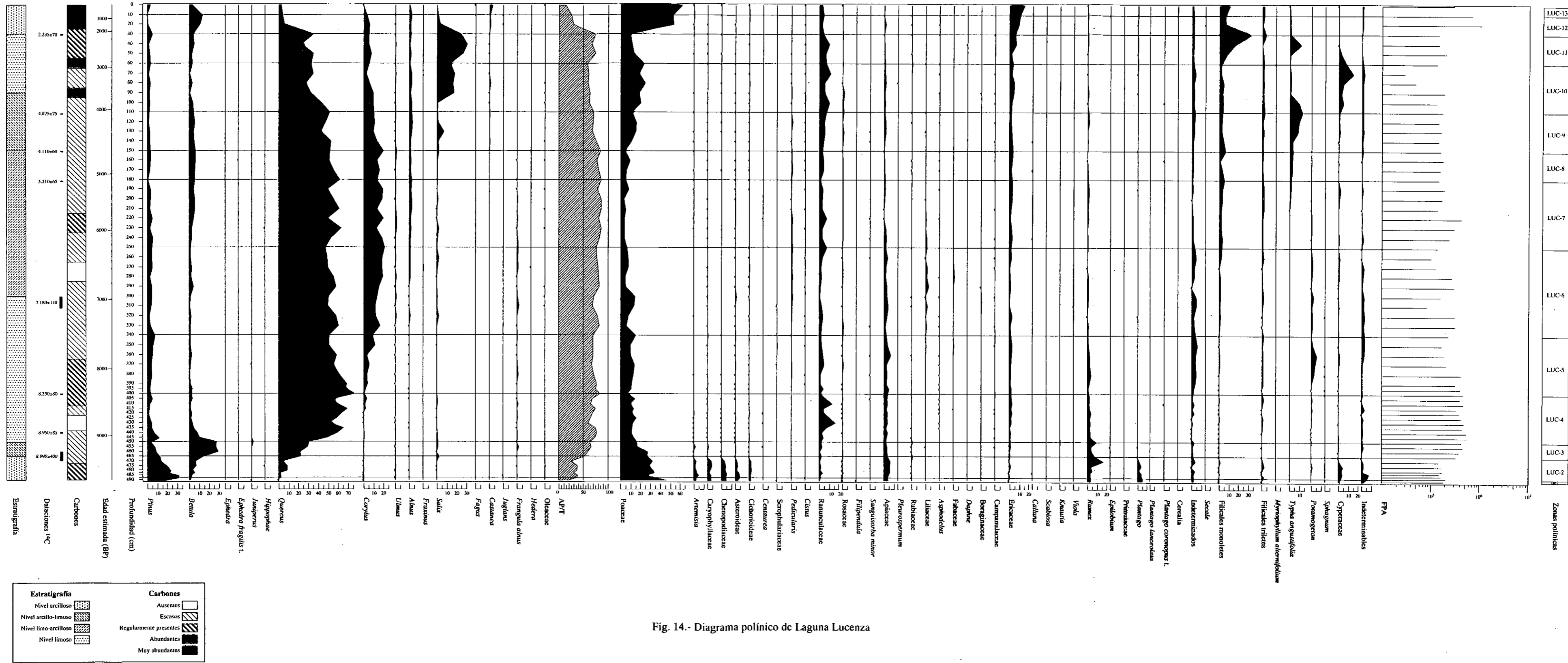


Fig. 14.- Diagrama polínico de Laguna Lucenza

Turbera H. Sierra de Queixa (1. 310 m)

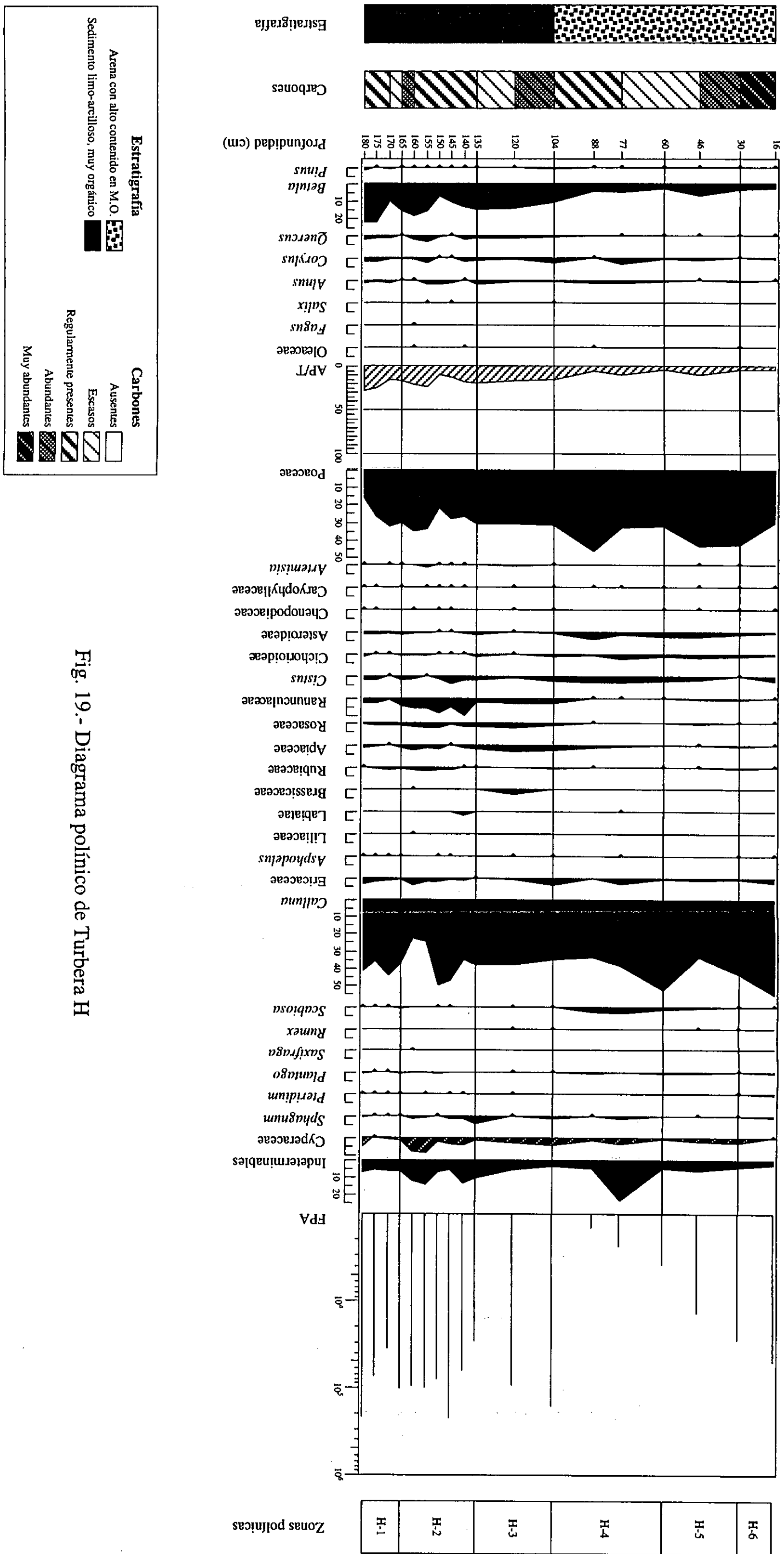


Fig. 19.- Diagrama polínico de Turbera H

Fraga. Sierra de Queixa (1. 360 m)

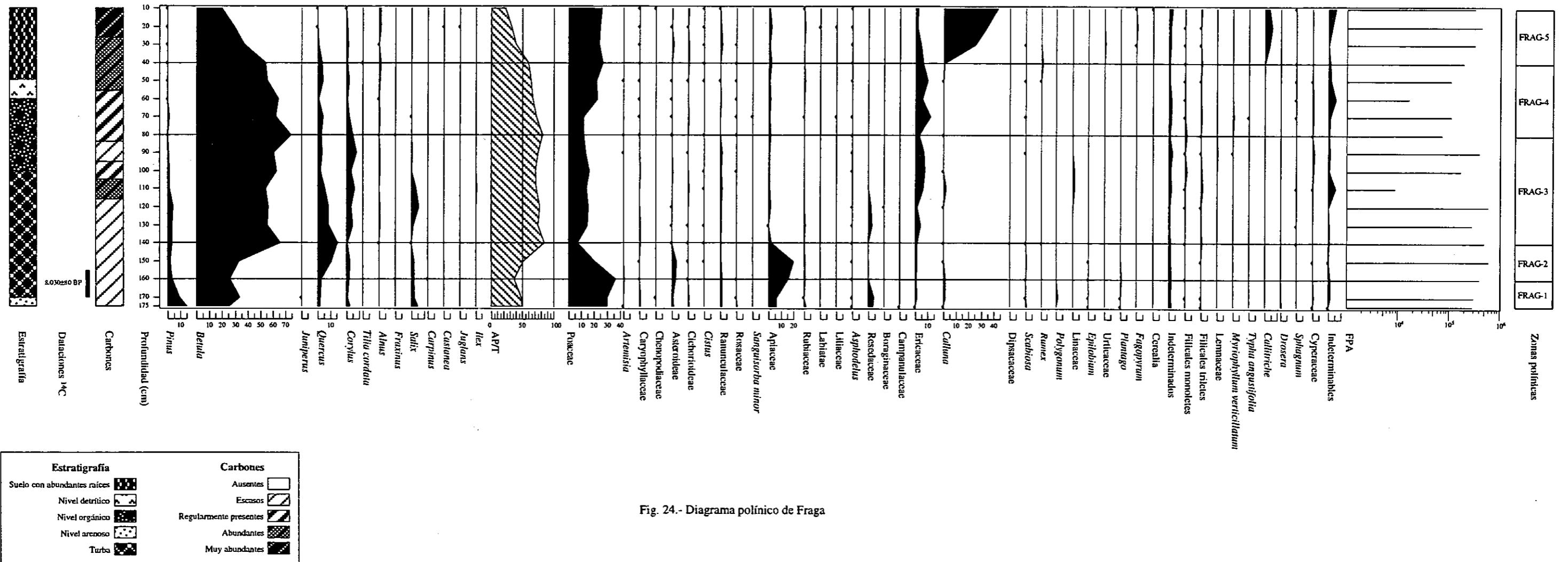


Fig. 24.- Diagrama polínico de Fraga

As Aguilladas. Sierra de Queixa (1. 580 m)

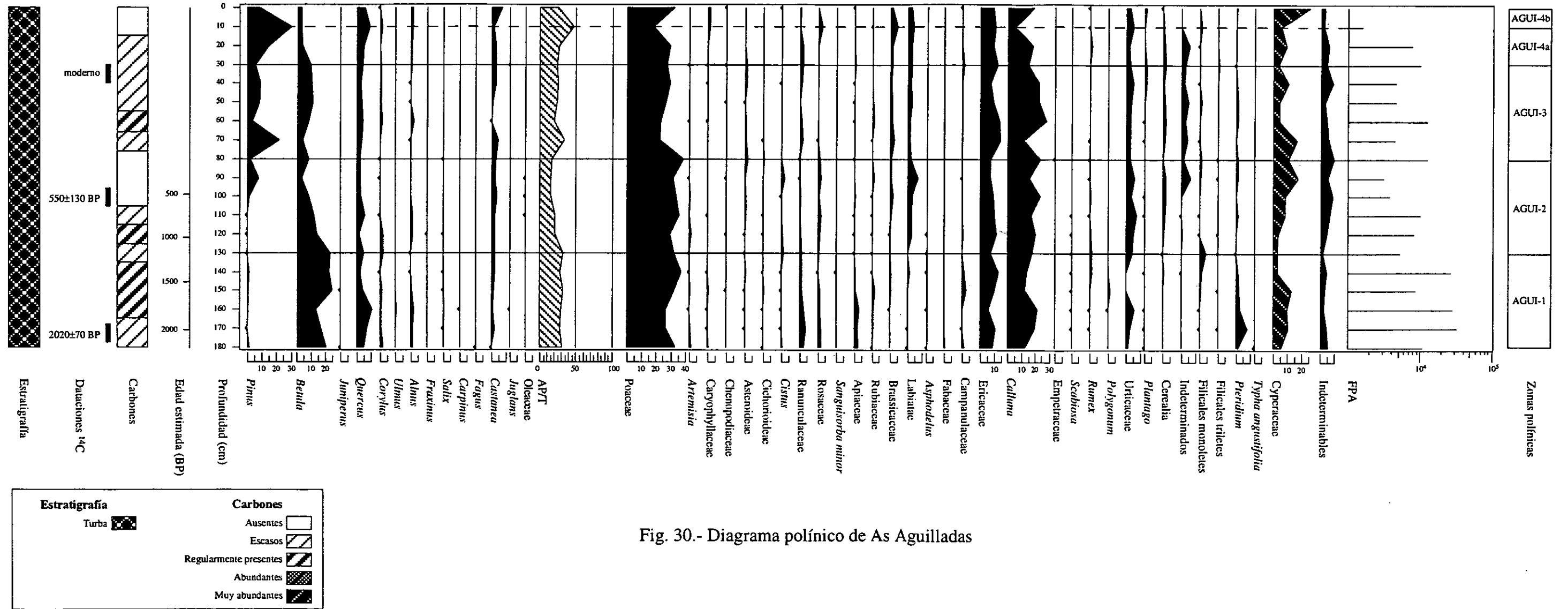


Fig. 30.- Diagrama polínico de As Aguilladas

Castelo Cerveira. Sierra de Queixa (1. 380 m)

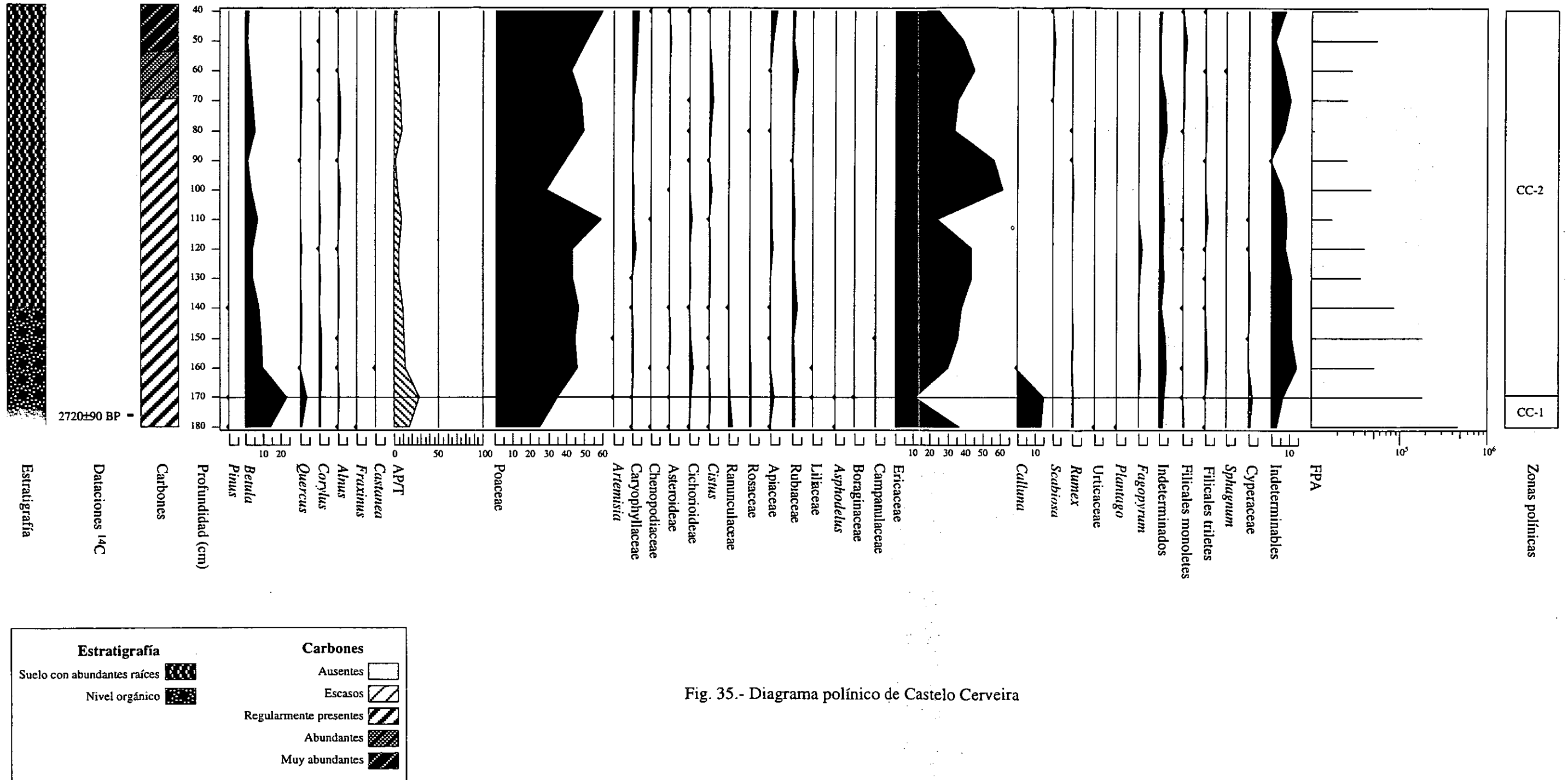


Fig. 35.- Diagrama polínico de Castelo Cerveira

UNIVERSIDADE DA CORUÑA
Servicio de Bibliotecas



1700759560