

Capítulo 4

Descripción del sedimento del Lago de Sanabria

Contenido:

- 9. El sedimento lacustre del Lago de Sanabria*
- 10. El Episodio Sedimentario Detrítico (ESD): el sedimento de la rotura de la presa Vega de Tera*
- 11. Descripción de los testigos sedimentarios del Lago de Sanabria*
- 12. El sedimento del Lago de Sanabria: descripción mediante lámina delgada e imágenes SEM ('Scanning Electron Microscope')*

Subcapítulo 9. EL SEDIMENTO LACUSTRE DEL LAGO DE SANABRIA.

9.1. Características generales.

Los testigos sedimentarios han permitido determinar las características litológicas del sedimento reciente del Lago de Sanabria. El sedimento está constituido principalmente por un limo orgánico de color marrón oscuro (gyttja) muy homogéneo, siendo el color de Munsell el 5YR 2/1 (*brownish black*). Intercalados en este limo oscuro se encuentran, de forma esporádica y en diferentes profundidades, un conjunto de niveles sedimentarios de coloración más clara (colores de Munsell dentro de los grupos 7.5YR, 10YR, 2.5Y). Estos niveles sedimentarios están asociados a contenidos bajos y relativamente bajos en materia orgánica.

El estudio litológico de los testigos sedimentarios ha evidenciado la existencia de un tramo detrítico inorgánico situado en la parte superior de dichos registros, y presente en el relleno sedimentario de todo el sistema lacustre. Este episodio sedimentario se caracteriza por presentar una granulometría más gruesa (limos arenosos, arenas limosas, y arenas). Sus características se describen a continuación.

9.2. Tramo sedimentario detrítico.

La potencia del tramo detrítico varía en función del ambiente sedimentario donde se ha extraído el testigo. El testigo SAN270W, obtenido en la cubeta occidental, y próximo a la entrada del río Tera, presenta el tramo detrítico inorgánico con una potencia de 42 cm. En cambio, el testigo SAN135E, obtenido en la cubeta oriental, y situado en una posición distal, tiene una potencia de 19 cm.

Las características texturales del tramo detrítico inorgánico son también diferentes de una cubeta a otra. En la cubeta occidental se registran *facies* mucho más gruesas, constituidas por limo arenoso y muy arenoso, arena limosa, y arena fina-media. En la cubeta oriental, en cambio, las *facies* son mucho más finas, y están constituidas únicamente por limo arenoso.

De acuerdo con las características deposicionales del tramo detrítico inorgánico (posición superficial en el registro sedimentario, geometría deposicional, y distribución granulométrica), este tramo litológico ha sido originado por el aporte sedimentario de un evento catastrófico muy reciente. Los datos históricos de la cuenca del Lago de Sanabria confirman la existencia de una avenida fluvial del río Tera ocurrida en el año 1959, y causada por la rotura de la presa de Vega de Tera. Este evento provocó una avenida fluvial muy rápida (*flash flood*), con el consiguiente aporte de gran cantidad de sedimento detrítico inorgánico al sistema deposicional del Lago de Sanabria.

Subcapítulo 10. EL EPISODIO SEDIMENTARIO DETRÍTICO (ESD): EL SEDIMENTO DE LA ROTURA DE LA PRESA VEGA DE TERA.

10.1. Características generales.

El análisis paleolimnológico y sedimentológico ha evidenciado la existencia de un nivel deposicional detrítico, denominado en este estudio Episodio Sedimentario Detrítico (ESD). El horizonte ESD ha sido detectado en todas las secuencias sedimentarias situadas en las dos cubetas del Lago de Sanabria (SAN270W, SAN135E, SAN235E y SAN38E). Sobretudo, se encuentra muy bien representado en el testigo SAN270W (cubeta occidental) y en el testigo SAN135E (cubeta oriental). En la plataforma distal (testigo SAN434) este horizonte no se encuentra tan claramente desarrollado.

El carácter detrítico del nivel ESD queda determinado por un contenido relativamente elevado en fracción arenosa. Dependiendo de la proximidad del ambiente sedimentario a la entrada del río Tera, el nivel ESD está constituido por fracciones variables de: a) limos arenosos, b) arenas limosas y c) arenas. Este nivel presenta valores muy bajos en el contenido en agua y materia orgánica.

10.2. Significado estratigráfico.

El Episodio Sedimentario Detrítico (ESD) ha sido generado mediante una avenida torrencial (*flash flood*) que ha afectado ampliamente a todo el lago. Las características deposicionales de este evento permiten asociar el ESD al sedimento aportado por la rotura de la presa de Vega de Tera en 1959 AD. Su carácter sincrónico permite establecer un nivel guía para correlacionar los distintos testigos sedimentarios estudiados. De esta forma, la base de este nivel inorgánico detrítico se considera un nivel guía para todo el Lago de Sanabria.

10.3. El evento catastrófico de 1959.

10.3.1. ¿Qué ocurrió?.

En la medianoche del 9 de enero de 1959 la presa de Vega de Tera, situada en el río Tera y 7 km aguas arriba del Lago de Sanabria (**Fig. 10.1**), experimentó una rotura muy importante de su pared de contención. Las intensas lluvias ocurridas durante los primeros días de enero aumentaron considerablemente la cantidad de agua acumulada en el embalse, con lo que la presión ejercida por el agua fue mayor que la presión que podía soportar la presa. Como consecuencia, la presa experimentó una rotura y originó una liberación violenta del agua acumulada en el embalse, originando una avenida torrencial violenta (*flash flood*).

La trayectoria de la avenida siguió el valle del río Tera, desde el embalse de Vega de Tera (1.500 m de altitud) hasta la orilla occidental del Lago de Sanabria (1.000 m de altitud) (**Fig. 10.1**). Según fuentes de la época, fueron liberados 8 Hm³ de agua. La avenida discurrió por todo el largo del cañón del río Tera, valle estrecho y de abruptas vertientes que se ensancha en la llanura aluvial de Ribadelago.

La localidad de Ribadelago, situada a pocos metros de la orilla occidental del lago de Sanabria, se vio afectada gravemente por la gran tromba de agua. La lámina de agua alcanzó 5 m de altura en algunos lugares de la población, arrastrando consigo a muchos habitantes: un total de 144 personas perecieron en la catástrofe. Asimismo, numerosos inmuebles y animales domésticos fueron arrastrados hasta las aguas del Lago de Sanabria. El lago actuó como sistema de absorción de la avenida, constatándose un aumento considerable del nivel de sus aguas. Según las noticias periodísticas de la época, en una extensión de varios kilómetros *“todo es cieno y barro”*, y toda la superficie del lago aparece cubierta de escombros y enseres. La enorme fuerza de la riada queda reflejada en estos artículos periodísticos (La Vanguardia, 1959): *“Por todas partes se ven muebles, enseres y objetos domésticos... El garaje donde la empresa ‘Auto-Res’ encerraba un autocar de 40 plazas, quedó totalmente destruido, y el vehículo fue lanzado por la corriente sobre un montículo de más de 3 metros de altura”... “un ‘Pegaso’ que hacía el servicio de transporte de viajeros de Ribadelago a Puebla de Sanabria y Zamora, está volcado y medio hundido en el fango”... “Trepano por las peñas y los escombros arrastrados por las aguas, hemos encontrado a un muchacho de nueve años... Al preguntarle dónde le sorprendió el alud de agua nos contesta que antes de meterse en la cama salió a ver cómo se encontraba el ganado, y que de pronto se vió hundido en el agua hasta la cintura”*.

Los días posteriores a la catástrofe dejan al descubierto un paisaje desolador. De unos 170 edificios existentes en Ribadelago, quedan en pie solamente unos 25. La carretera que comunicaba la población es ocupada ahora por el nuevo cauce del río Tera, y por todas partes se observan montones de ruinas, fango y peñascos graníticos. Un cenagoso barrizal de charcas ocupa ahora prácticamente toda la extensión donde antes se encontraban las huertas y los pastos de la población. Los artículos periodísticos de la época describieron el paisaje que encontraron (La Vanguardia, 1959): *“El aspecto del pueblo en la zona afectada por las aguas es de total destrucción. El pueblo está dividido en dos barrios enclavados a ambos lados del río y solamente en la parte situada a la derecha aguas arriba han quedado algunas casas en pie”... “Las cuadras de las humildes viviendas de Ribadelago están taponadas por piedras y troncos de árboles. En su interior pueden verse semienterrados entre el fango muchos animales muertos: ovejas, cabras, cerdos, vacas. Hay animales muertos por todas partes, algunos de los cuales hemos de retirar a nuestro paso para abrir camino a través de murallones de piedras, maderas, enseres y objetos de diversa índole. El grano que conservaban aquellos moradores aparece mezclado con el barro. Los hilos de la energía eléctrica y del teléfono se hallan enroscados entre sí por doquier”... “Tan solo han quedado en pie un par de casas, y las aguas, después de la catástrofe, se remansaron y desviaron hacia la izquierda, en dirección al Lago de Sanabria, por lo que, al perder su ímpetu, no destruyeron las viviendas totalmente”*.

La presa Vega de Tera fue inaugurada el 25 de septiembre de 1956. Tenía 200 m de longitud y 33 m de altura, y constituía la segunda presa en importancia de la zona. Su capacidad de embalse estaba calculada en 7 Hm³. Las dimensiones de la rotura fueron de 70 m de ancho, por 30 m de altura.

En la rotura de la presa se liberó un volumen de 8 Hm³ de agua (La Vanguardia, 1959). El Lago de Sanabria presenta actualmente un volumen de aproximadamente 108 Hm³, y una profundidad media de 35 m. Si se asume que prácticamente toda el agua de la presa entró al lago por el río Tera, se puede deducir que durante la catástrofe el nivel teórico medio del lago aumentó en 2.6 m.

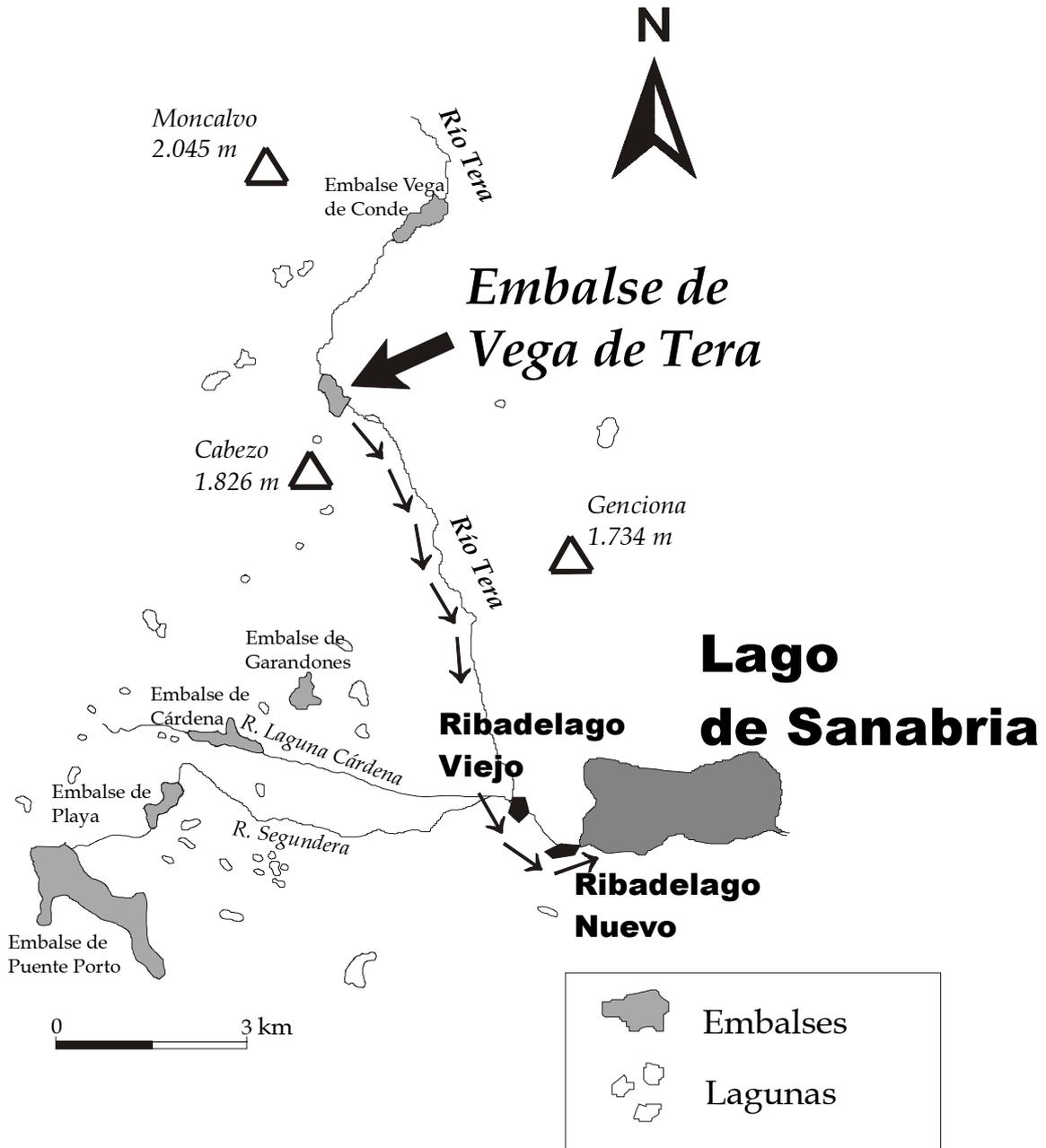


Fig. 10.1. Situación de la Presa Vega de Tera en la cuenca hidrográfica del Lago de Sanabria. Se indica la trayectoria del 'flash flood' relacionado con la catástrofe de 1959. La avenida torrencial discurrió por todo el largo del valle del río Tera, desde la presa hasta el Lago de Sanabria.

10.3.2. El evento catastrófico de 1959 en el sedimento del Lago de Sanabria.

El *flash flood* ocurrido en la catástrofe de 1959 representó la entrada repentina de un gran volumen de agua y sedimento al sistema deposicional del Lago de Sanabria. Este proceso ha depositado un horizonte estratigráfico constituido por el material detrítico aportado por la avenida. El horizonte es denominado Episodio Sedimentario Detrítico (ESD), y está representado en amplias zonas del lago. El ESD constituye un evento preciso en la historia deposicional reciente, y representa un horizonte de correlación para los distintos testigos sedimentarios obtenidos.

Los procesos sedimentarios asociados al evento catastrófico fueron probablemente dos: a) la existencia de una corriente subacuática densa, formada por el sedimento transportado por el *flash flood*; a este mecanismo están asociadas las litologías más detríticas y tractivas (limos arenosos y arenas), y b) la generación de ondas en la superficie del lago pudo provocar la remobilización del sedimento del fondo, con la consiguiente creación de una nube de material fino en suspensión; la posterior deposición por decantación de esta nube constituyó un nivel sedimentario estratigráfico. Dependiendo de la posición distal o proximal en el lago, los procesos tractivos han tenido mayor o menor importancia relativa.

La generación de depósitos subacuáticos, causados por eventos catastróficos, ha sido estudiada en diversos registros lacustres y marinos (Cita et al., 1982; Cita et al., 1984; Mutti, 1984; Dawson et al., 1988; Cita et al., 1996; Chapron et al., 1999). Como ejemplo, un episodio catastrófico ha sido descrito, a gran escala, en los depósitos marinos del Mediterráneo oriental (Cita et al., 1996). El colapso de la caldera de Santorini, ocurrido hacia 3500 yr BP, produjo un tsunami que generó turbiditas y un gran volumen de mega-turbiditas en la llanura abisal, originando un depósito que ha sido denominado, por los autores, como *homogenita*. Este sedimento está caracterizado principalmente por lutita hemipelágica masiva de color gris, y se encuentra ampliamente distribuida en el Mediterráneo oriental. El vocablo *homogenita* significa, para estos autores, la expresión sedimentaria de un evento único con una posición estratigráfica bien específica (Cita et al., 1996).

El evento detrítico de 1959 del Lago de Sanabria correspondería a una *homogenita*, considerando la definición aportada por Cita et al. (1996). Aunque el ESD no presente un aspecto litológico totalmente homogéneo en toda su distribución en el lago, este episodio ha sido depositado durante un evento único, y constituye un horizonte estratigráfico bien determinado en el registro sedimentario.

Las características litológicas, así como los análisis del contenido en agua y materia orgánica, permiten caracterizar el ESD en el registro sedimentario según un perfil longitudinal a la máxima elongación del lago (**Fig. 10.2**). En el testigo SAN270W (cubeta occidental) el tramo inorgánico tiene una potencia de 42 cm (está comprendido entre 47-5 cm de profundidad): en cambio, en el testigo SAN135E (cubeta oriental) el tramo inorgánico tiene una potencia de 19 cm (está situado entre 26-7 cm de profundidad). Por lo tanto, en las proximidades de la entrada del río Tera el ESD presenta un mayor espesor, mientras que en ambientes más distales su potencia va disminuyendo paulatinamente. En los ambientes más someros y distales del Lago de Sanabria, como es el caso del testigo SAN434 (plataforma distal; profundidad de extracción = 22 m), el nivel ESD no presenta una litología con claro componente arenoso, dificultando la detección de la señal sedimentaria de este evento catastrófico.

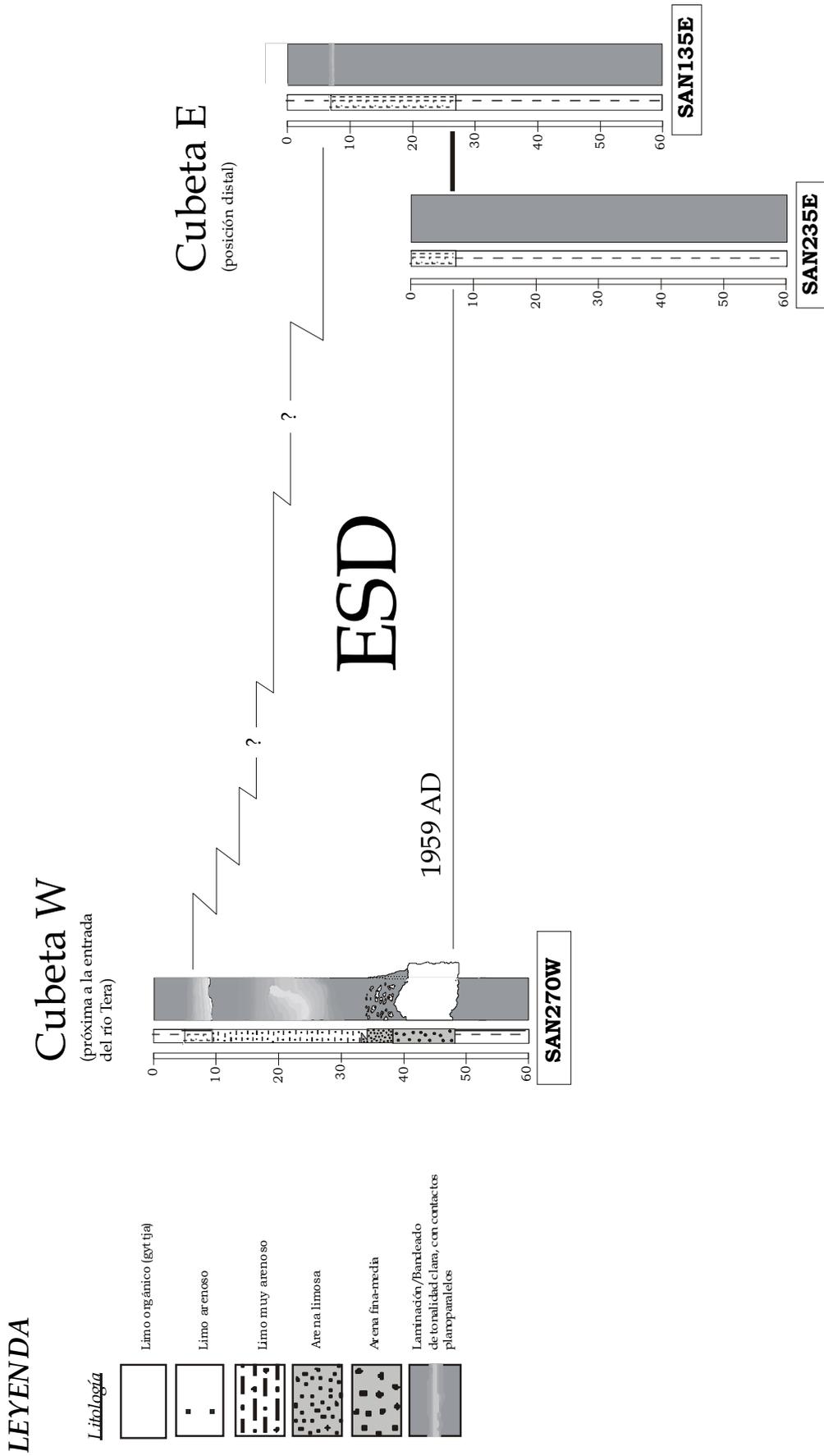


Fig. 10.2. Posición estratigráfica del Episodio Sedimentario Detrítico (ESD) en el Lago de Sanabria. El ESD corresponde al sedimento acumulado durante el evento catastrófico de la rotura de la presa Vega de Tera (1959 AD). Su carácter sincrónico permite establecer un nivel guía para correlacionar los distintos testigos sedimentarios estudiados. En la Cubeta W (testigo SAN270W) el ESD está constituido por limo arenoso, arenas limosas y arenas, mientras que en Cubeta E (testigos SAN135E y SAN235E) el ESD está constituido por una litología más fina (limo arenoso). Distancia horizontal no a escala.

10.3.3. Paleoavenidas identificadas en el registro sedimentario del Lago de Sanabria.

El sedimento aportado por la rotura de la presa Vega de Tera (1959 AD) se encuentra representado por el horizonte ESD del relleno sedimentario del Lago de Sanabria. El estudio de este evento catastrófico ha permitido establecer las características paleolimnológicas de una avenida torrencial documentada. Así, el ESD se caracteriza principalmente por: a) presentar valores considerablemente bajos del LOI, b) presentar una disminución basal brusca de los valores del LOI, c) presentar una granulometría arenosa, y d) presentar niveles litológicos milimétricos/centimétricos de coloración clara. Estas características paleolimnológicas y sedimentológicas fueron la consecuencia de la deposición catastrófica de un sedimento detrítico inorgánico acumulado durante un *flash flood*. La definición de estas características en el horizonte ESD permite identificar, *a priori*, la existencia de antiguos eventos *flash flood* en el registro sedimentario (acontecidos en la historia deposicional del Lago de Sanabria) mediante la aplicación del principio del actualismo. Los criterios utilizados en la aplicación del principio del actualismo han sido, conjuntamente, los puntos a, b, y d.

Considerando los parámetros paleolimnológicos mencionados arriba, y la consiguiente aplicación del principio del actualismo, el registro sedimentario pre-ESD del Lago de Sanabria ha evidenciado la existencia de horizontes sedimentarios que presentan características paleolimnológicas y sedimentológicas atribuibles a un *flash flood*. Las **Fig. 10.3** y **10.4** muestran la situación litológica de estos horizontes sedimentarios (todos ellos en el testigo SAN434, plataforma distal).

Los horizontes sedimentarios presentes en la **Fig. 10.3** son: a) horizonte con facies Fl (*flash flood 1'*), y b) horizonte con facies W (*flash flood 2'*). El horizonte con facies Fl (situado entre 86-104 cm de profundidad) presenta varios niveles sedimentarios, de 1 cm de espesor cada uno, de tonalidad clara; este horizonte ha podido ser depositado mediante uno o varios episodios detríticos. El horizonte con facies W (situado entre 110-115 cm de profundidad) representa un nivel constituido por fragmentos de madera de tamaño milimétrico/centimétrico, depositado probablemente mediante un flujo acuoso denso asociado a un *flash flood*.

Los horizontes sedimentarios presentes en la **Fig. 10.4** son: a) nivel milimétrico de tonalidad clara (*flash flood 3'*), b) nivel milimétrico de tonalidad clara (*flash flood 4'*), c) nivel centimétrico de tonalidad clara (*flash flood 5'*), y d) nivel centimétrico de tonalidad clara (*flash flood 6'*). Estos niveles se encuentran situados, respectivamente, en las siguientes profundidades del testigo SAN434: entre 151-152 cm, entre 162-163 cm, en 188.5-189.5 cm, y en 192-193 cm.

La **Fig. 10.5** ilustra la situación de estos horizontes en el registro del LOI del testigo SAN434 (plataforma distal). La presencia de estos horizontes se detecta mediante disminuciones importantes y bruscas en el contenido en materia orgánica del sedimento (LOI bajos). Considerando el principio del actualismo, las características paleolimnológicas y sedimentológicas de estos horizontes relativamente inorgánicos evidencian la entrada repentina de sedimento detrítico terrígeno asociado a procesos de *flash floods* (u otros procesos que impliquen la entrada repentina de sedimento).

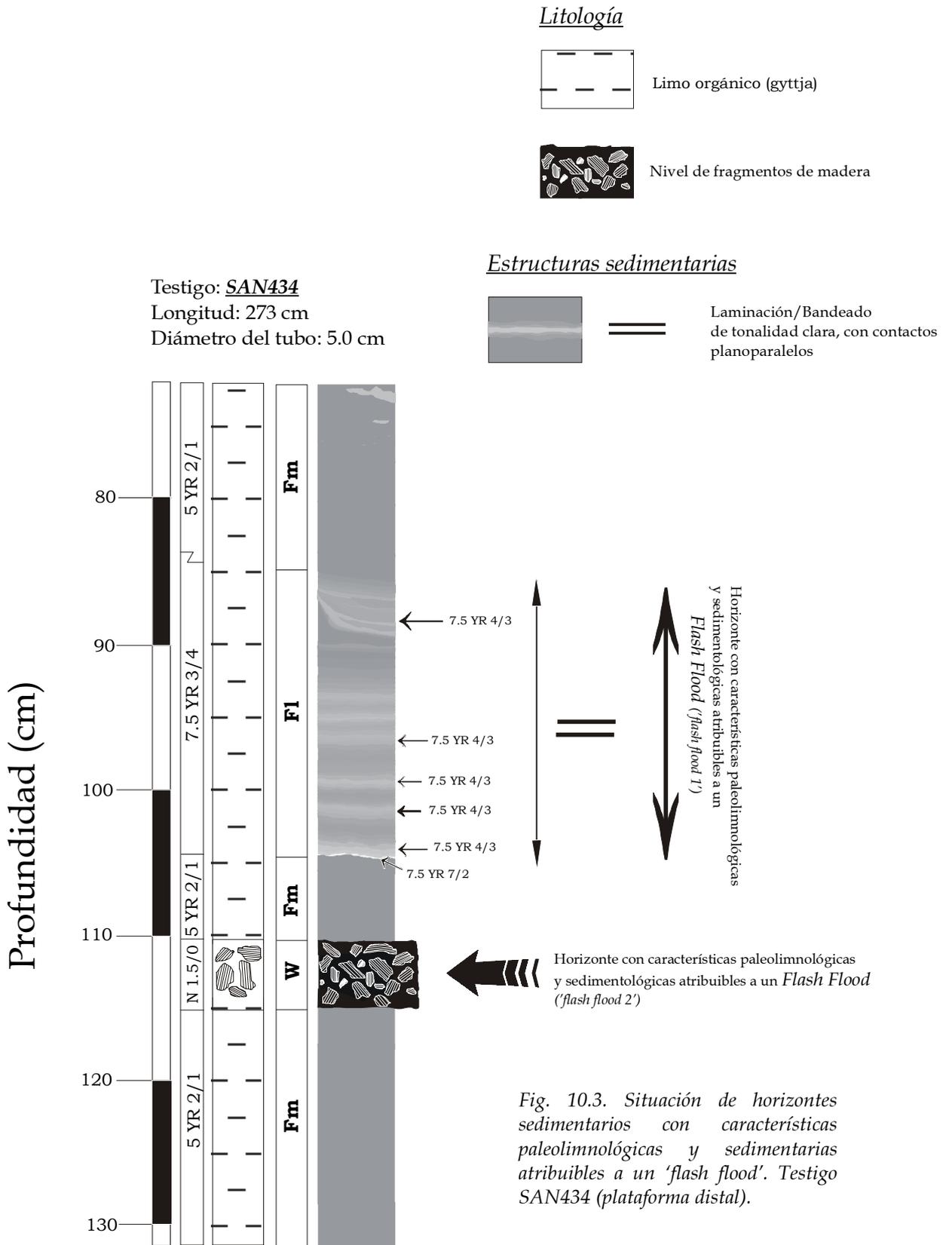


Fig. 10.3. Situación de horizontes sedimentarios con características paleolimnológicas y sedimentarias atribuibles a un 'flash flood'. Testigo SAN434 (plataforma distal).

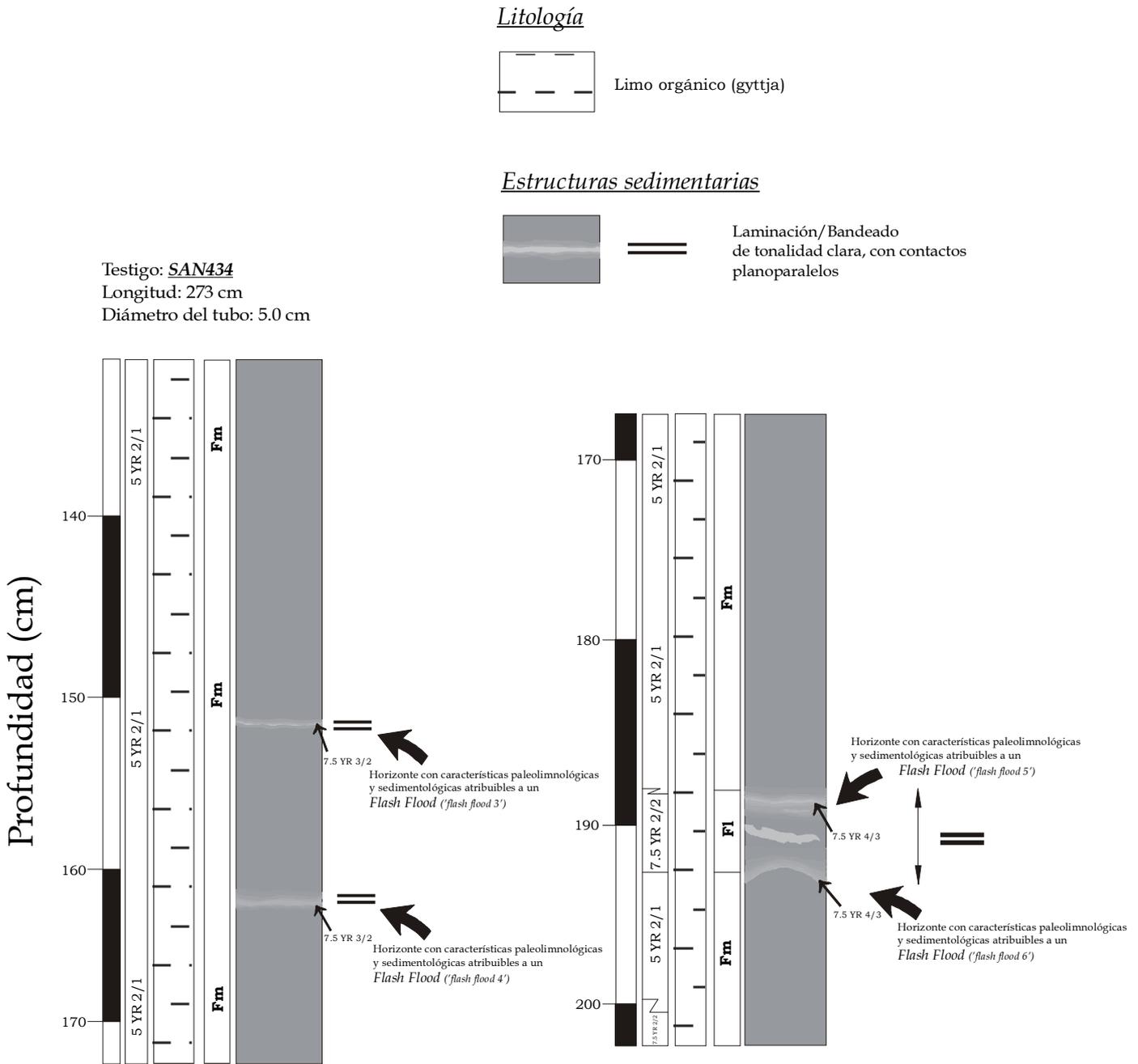


Fig. 10.4. Situación de los horizontes sedimentarios con características paleolimnológicas y sedimentarias atribuibles a un 'flash flood'. Testigo SAN434 (plataforma distal).

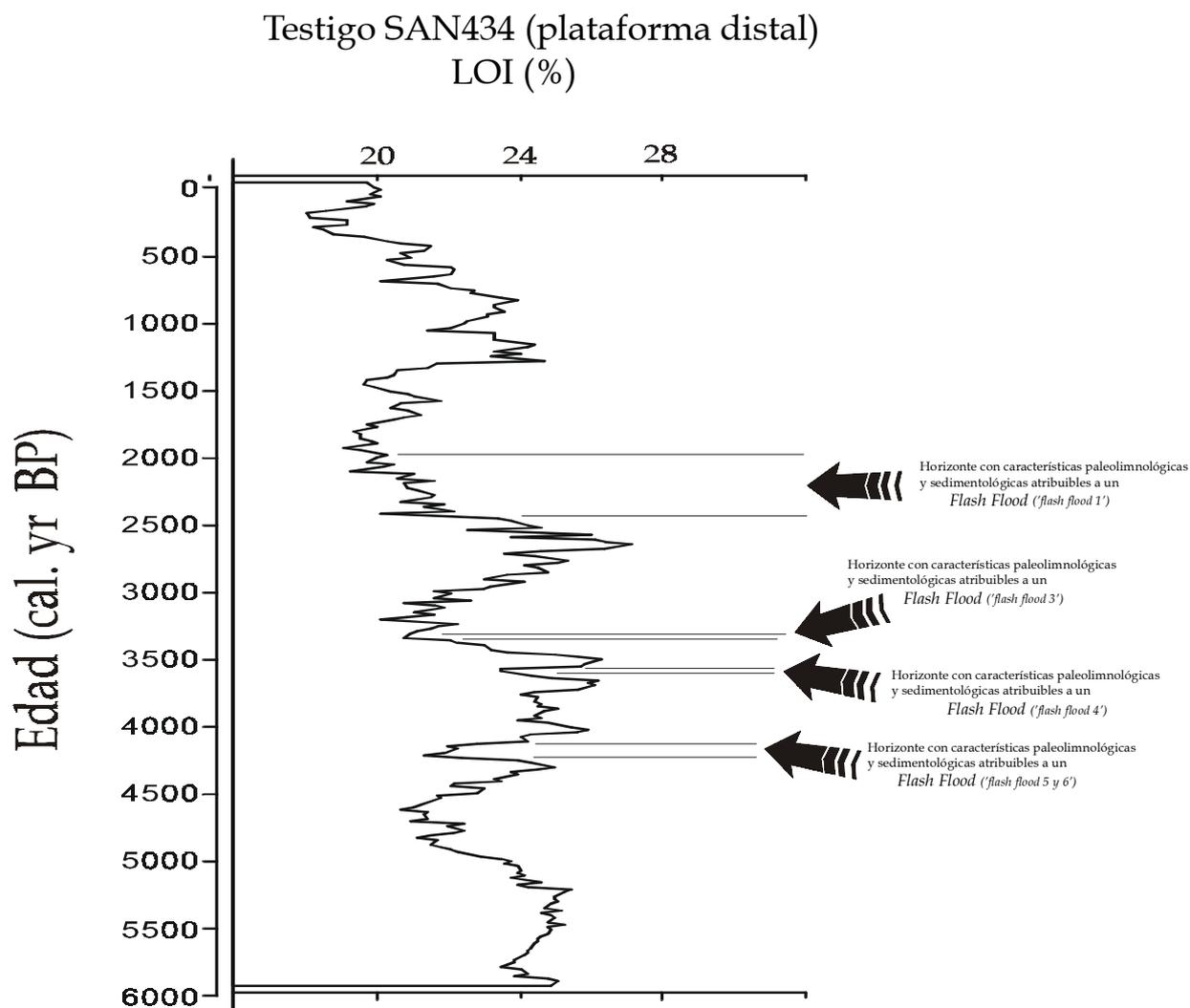


Fig. 10.5. Situación de los horizontes con características paleolimnológicas y sedimentológicas atribuibles a un 'flash flood'; registro del LOI del testigo SAN434 (plataforma distal).

10.3.3.1. Procesos de 'Flash floods' originados por eventos sísmicos en la región de Sanabria.

El *flash flood* ocurrido en el Lago de Sanabria, en 1959 AD, estuvo causado por la liberación repentina de una gran cantidad de agua represada por una construcción antrópica (presa Vega de Tera); el suceso aconteció durante intensos días de lluvia. No obstante, en tiempos anteriores a la influencia humana sobre la cuenca, las grandes liberaciones repentinas de agua y sedimento al Lago de Sanabria debieron estar asociadas a: a) regímenes intensos o muy intensos de precipitaciones, combinados o no con represas naturales de agua (por la acción de troncos, etc.), y b) inestabilidad repentina de la cubierta nival.

La opción a representa un 'modelo natural' al 'modelo antrópico' de la rotura de la presa Vega de Tera. La opción b, sin embargo, representa un escenario que implica otros tipos de procesos repentinos y catastróficos. Así, la inestabilidad de la cubierta nival en la cuenca puede estar desencadenada por movimientos sísmicos. La documentación histórica para la región de Sanabria revela la sucesión de varios terremotos ocurridos durante los últimos 1.000 años, tales como: a) terremoto de Franca (en 1347 AD; I=VIII), b) terremoto de Lisboa (Portugal) (en 1755 AD), y c) terremoto de Puebla de Sanabria (Zamora) (en 1829 AD; I=V).

Concretamente, existen documentos históricos que describen la generación de una avenida torrencial, en la cuenca del Lago de Sanabria, causada por el movimiento sísmico de Lisboa (1755 AD) (Martínez Solares, 2001). Así es; durante el periodo invernal de aquel año, las precipitaciones en forma de nieve acumularon un manto nival suficientemente potente como para ser desestabilizado posteriormente por un movimiento sísmico, generando, así, un *flash flood* de notable intensidad. Es importante remarcar que la generación del *flash flood* estuvo determinada fundamentalmente por la combinación óptima de dos factores que acontecieron durante el invierno: a) el crecimiento de un manto nival relativamente importante, y b) el movimiento sísmico.

El conocimiento histórico de esta avenida torrencial, acontecida en el invierno de 1755 AD en la cuenca del Lago de Sanabria (Martínez Solares, 2001), permite sospechar la posible existencia de un horizonte sedimentario en el registro del lago, depositado durante este evento catastrófico (Luque & Julià, 2001; Luque & Julià, 2002). El estudio paleolimnológico y sedimentológico del testigo sedimentario SAN135E (Cubeta E) ha evidenciado que tal evento catastrófico pudo haberse registrado en el lago. Así, tanto las características paleolimnológicas y sedimentarias, como el modelo cronoestratigráfico, así lo sugieren (**Fig. 10.6** y **10.7**): a) los valores del LOI son bajos y experimentan descensos relativamente bruscos entre 44-48 cm de profundidad, b) existen dos niveles milimétricos de tonalidad clara, situados en dicha profundidad, y c) la situación estratigráfica de este horizonte, situado entre 44-48 cm de profundidad, es coherente con el modelo cronoestratigráfico del testigo SAN135E (edad del evento histórico: 1755 AD (cal. 195 yr BP)) (**Fig. 10.7**). No obstante, los otros testigos sedimentarios extraídos no evidencian la existencia de ningún nivel milimétrico de tonalidad clara en esta posición cronoestratigráfica, como tampoco la disminución tan considerable de los valores del LOI. Esta observación sugiere que, probablemente, el evento asociado al *flash flood* de 1755 AD no fue tan intenso como el asociado a la rotura de la presa Vega de Tera (1959 AD), dificultando, así, el desarrollo de un horizonte sedimentario que manifieste con claridad estas características paleolimnológicas y sedimentológicas en todo el registro sedimentario del Lago de Sanabria.

Testigo: **SAN135E**
 Longitud: 134 cm
 Diámetro del tubo: 6.3 cm

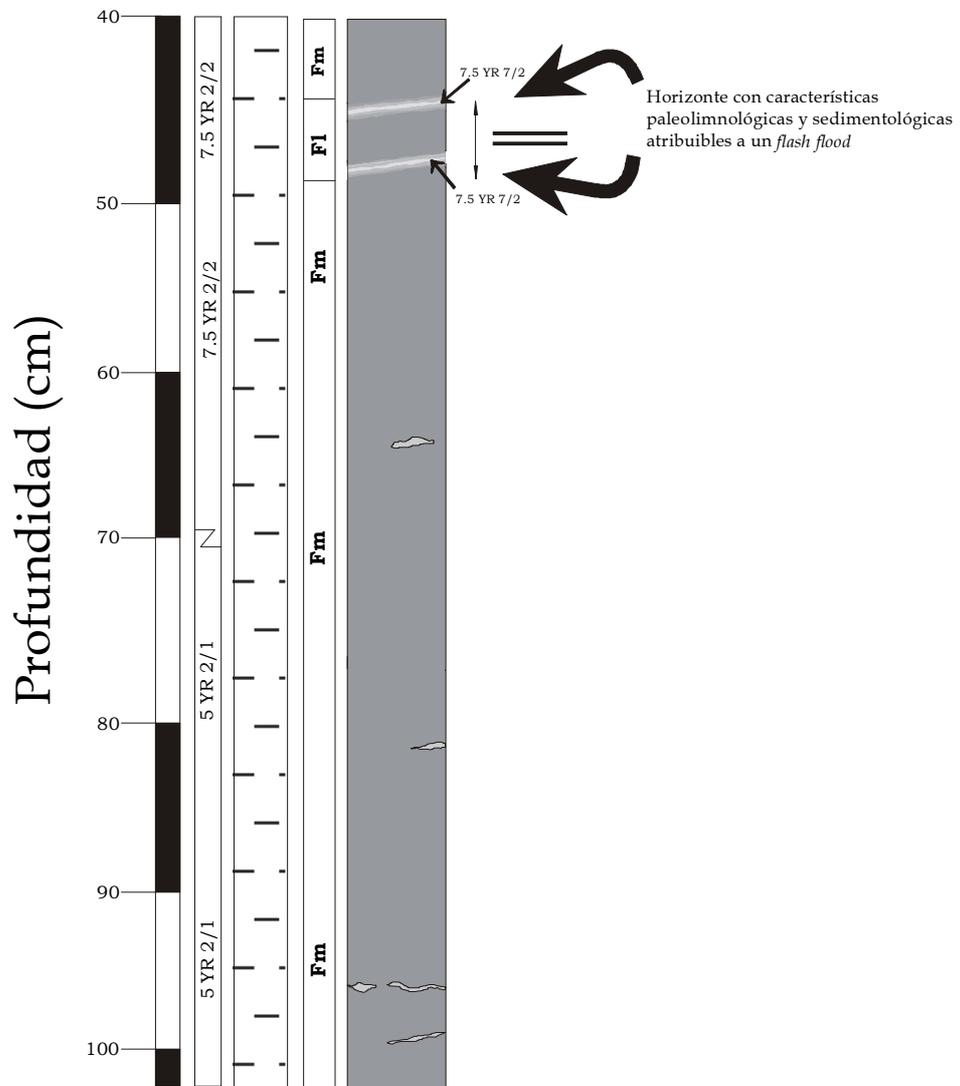


Fig. 10.6. Situación del horizonte sedimentario con características paleolimnológicas y sedimentológicas atribuibles a un 'flash flood'. Testigo sedimentario: SAN135E (Cubeta E).

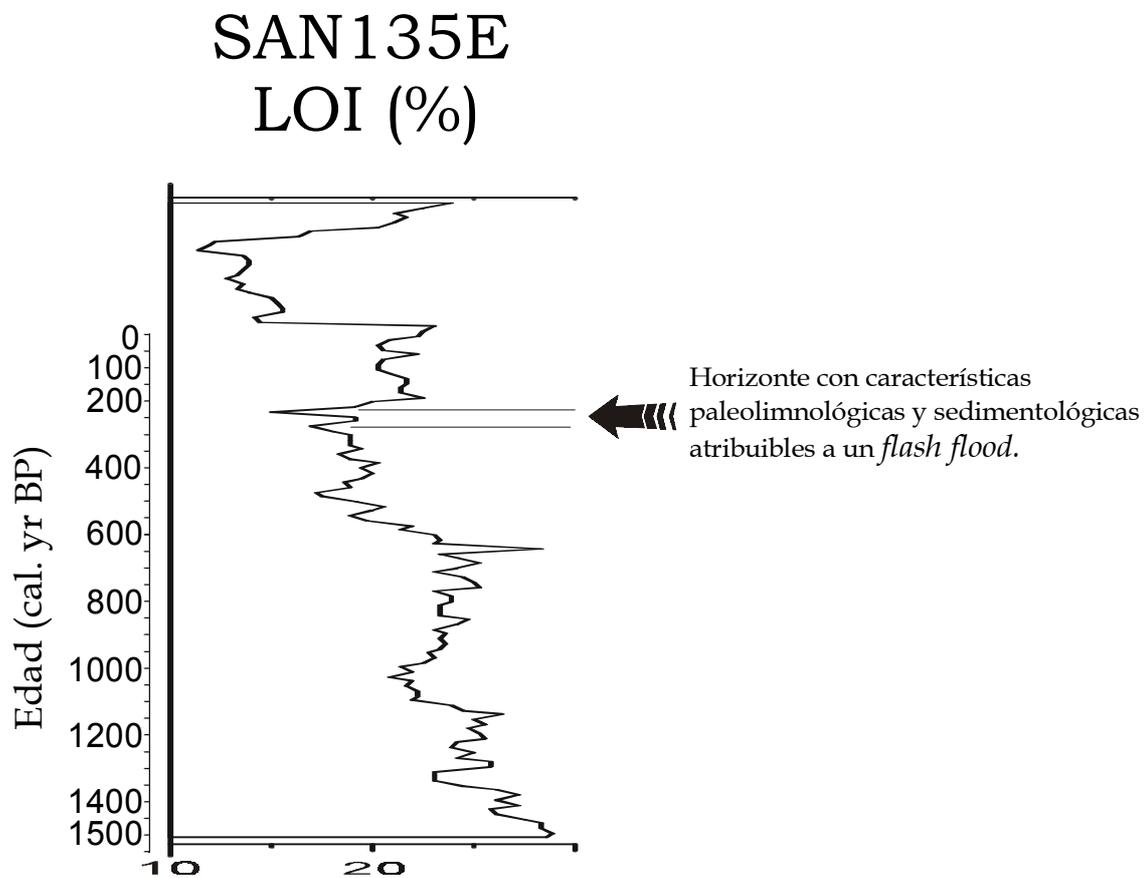


Fig. 10.7. Situación del horizonte con características paleolimnológicas y sedimentológicas atribuibles a un 'flash flood'; registro del LOI del testigo SAN135E (Cubeta E). Históricamente está constatada la existencia de un 'flash flood' desencadenado por el terremoto de Lisboa (1755 AD).

Subcapítulo 11. DESCRIPCIÓN DE LOS TESTIGOS SEDIMENTARIOS DEL LAGO DE SANABRIA.

11.1. Testigo SAN270W.

El testigo SAN270W, de 270 cm de longitud, está constituido por limo orgánico (*gyttja*) muy homogéneo, de color marrón oscuro. Entre 47-5 cm de profundidad presenta un contenido detrítico considerablemente mayor respecto el resto de la secuencia, con una proporción arenosa importante. El contenido arenoso de este tramo le confiere un carácter inorgánico muy marcado. Entre 47-270 cm la secuencia está caracterizada por un limo orgánico muy homogéneo, sin ninguna estructura sedimentaria apreciable a *visu*.

5-47 cm: tramo inorgánico detrítico constituido fundamentalmente por limos arenosos, arenas limosas y arenas (**Fig. 11.1.a, Foto 11.1**). El tramo presenta, en general, una clasificación granodecreciente, existiendo un intervalo de arenas y arenas limosas en la base, seguido hacia techo por limos muy arenosos y limos arenosos. Los diferentes tramos que constituyen este tramo son los siguientes:

47-37 cm: arena fina-media. Color de Munsell, en fresco: 2.5Y 4/3 (*olive brown*). Facies sedimentaria: *Sm* (arena masiva). Arena constituida por fragmentos detríticos de tectosilicatos, principalmente cuarzo (**Foto 11.2**). Se observan, en menor proporción, granos tamaño arena de filosilicatos (biotita). No se observan estructuras sedimentarias a *visu* (no granoclasificación, no laminación). La base del tramo es relativamente neta, presentando un contacto difuso en el techo. Este intervalo constituye la fracción granulométrica más gruesa de todo el tramo detrítico superficial.

37-33 cm: grómulos de arena intercalados en una matriz de arena fina limosa. Color de Munsell de la matriz, en fresco: 10YR 2/2 (*brownish black*). Color de los grómulos de arena, en fresco: 2.5Y 4/3 (*olive brown*). Facies sedimentaria: *SeFm* (grómulos de arena en matriz de arena limosa). Los grómulos de arena son heterométricos y presentan una distribución aleatoria en el tramo. Abundante contenido en restos de raíces. Hacia techo disminuye el contenido en arena (clasificación granodecreciente). El techo experimenta un tránsito gradual hacia el siguiente tramo litológico.

33-28 cm: limo arenoso. Color de Munsell, en fresco: 10YR 2/2 (*brownish black*). Facies sedimentaria: *Fm* (lutita masiva). Abundantes restos de raíces.

28-5 cm: alternancia de tramos con diferente carácter detrítico. Facies sedimentaria: *FS-b*. Cada intervalo presenta una coloración diferente (**Foto 11.1**). Los subtramos considerados son los siguientes.

28-16 cm: limo muy arenoso. Color de Munsell, en fresco: 10YR 4/2 (*grayish yellow brown*). Algunos intervalos del tramo presentan una coloración ligeramente más clara, con color 10YR 6/2 (*grayish yellow brown*). Escasos restos de raíces. La base y el techo de este subtramo presenta un contacto gradual (**Foto 11.4**).

16-9 cm: limo muy arenoso. Color de Munsell, en fresco: 10YR 3/2 (*brownish black*). La base presenta un contacto gradual con el subtramo inferior, mientras que el techo presenta un contacto neto y bien definido, constituido por un nivel sedimentario milimétrico.

9-5 cm: limo arenoso. Color de Munsell, en fresco: 10YR 4/2 (*grayish yellow brown*). La base del intervalo está constituida por un nivel sedimentario milimétrico de coloración más clara (color, en fresco: 10YR 6/2 (*grayish yellow brown*)). El techo del intervalo es gradual, donde se observa un cambio paulatino en la coloración del sedimento (**Foto 11.3**).

5-0 cm: limo orgánico (*gyttja*). Color de Munsell, en fresco: 5YR 2/1 (*brownish black*). Facies sedimentaria: *Fm* (lutita masiva). La base del tramo presenta un contacto gradual con el sedimento subyacente.

El resto del testigo SAN270W está situado entre 47-270 cm de profundidad. Sus características se describen a continuación.

47-270 cm: limo orgánico (*gyttja*). Color de Munsell, en fresco: 5YR 2/1 (*brownish black*). Facies sedimentaria: *Fm* (lutita masiva). Está constituido por un limo orgánico muy homogéneo, presentando un aspecto litológico muy constante (**Fig. 11.1.a,b,c**). No se aprecian a *visu* ninguna estructura sedimentaria (no granoclasificación, no laminación).

11.2. Testigo SAN135E.

El testigo SAN135E, de 134 cm de longitud, está constituido por limo orgánico (*gyttja*) muy homogéneo, de color marrón oscuro (**Fig. 11.2.a,b**). No obstante, entre 7-26 cm de profundidad, existe un tramo detrítico constituido por limo arenoso (**Fig. 11.2.a**).

0-7 cm: limo orgánico (*gyttja*). Color de Munsell, en fresco: 5YR 2/1 (*brownish black*). Facies sedimentaria: *Fm* (lutita masiva). La base de este tramo está en contacto neto con un nivel sedimentario milimétrico de coloración más clara, perteneciente al sedimento subyacente.

7-26 cm: limo arenoso. Color de Munsell, en fresco: 7.5YR 3/2 (*brownish black*). Facies sedimentaria: *Fm* (lutita masiva). El techo de este tramo está constituido por el nivel sedimentario milimétrico mencionado anteriormente (color del nivel: 7.5YR 7/2 (*light brownish gray*)). La base de todo el tramo presenta un contacto neto y bien definido, caracterizado por un cambio litológico brusco.

26-134 cm: limo orgánico (*gyttja*). Aproximadamente entre 30-70 cm de profundidad el limo presenta una coloración ligeramente clara: color de Munsell 7.5YR 2/2 (*brownish black*). Gradualmente, y hacia los 70 cm de profundidad, el sedimento adquiere un color más oscuro, presentando el color 5YR 2/1 (*brownish black*). La facies sedimentaria general es la *Fm* (lutita masiva homogénea). Entre 44-48 cm de profundidad existen dos niveles sedimentarios milimétricos de coloración más clara (color: 7.5YR 7/2, *brownish black*), con contactos netos y bien definidos (**Fig. 11.2.b**), constituyendo una facies laminada (facies *FI*). Estos niveles están situados exactamente en las siguientes profundidades: entre 44-45 cm, y entre 47-48 cm (**Foto 11.7**).

11.3. Testigo SAN235E.

El testigo SAN235E, de 235 cm de longitud, está constituido por limo orgánico (*gyttja*) muy homogéneo, de color marrón oscuro (**Fig. 11.3.a,b,c**). Los 7 cm más superficiales se caracterizan por presentar un contenido detrítico relativamente elevado (**Fig. 11.3.a**). Por lo tanto, el testigo SAN235E no ha recuperado totalmente toda la parte más superficial del relleno sedimentario, ya que no presenta un tramo detrítico tan desarrollado como en el testigo SAN135E (además, el testigo SAN235E carece del tramo más superficial de limo orgánico).

0-7 cm: limo arenoso. Color de Munsell, en fresco: 5YR 2/2 (*brownish black*). Facies sedimentaria: *Fm* (lutita masiva). La base del tramo presenta un contacto neto con el sedimento subyacente, evidenciado por un cambio brusco en las características litológicas.

7-235 cm: limo orgánico (*gyttja*). Color de Munsell, en fresco: 5YR 2/1 (*brownish black*). Facies sedimentaria: *Fm* (lutita masiva homogénea). El limo orgánico presenta unas características muy homogéneas y constantes; no se evidencia ninguna estructura sedimentaria a *visu* (no granoclasificación, no laminación). En la secuencia sedimentaria se observan dos restos vegetales, concretamente tallos vegetales de tamaño centimétrico (**Fig. 11.3.b**). Los tallos están dispuestos en posición vertical en el sedimento, y se encuentran situados entre 166-169 cm, y entre 174-176 cm de profundidad.

11.4. Testigo SAN434.

El testigo SAN434, de 273 cm de longitud, está constituido fundamentalmente por limo orgánico (*gyttja*) homogéneo, de color marrón oscuro (**Fig. 11.4.a,b,c,d**). Una característica destacable de esta secuencia es la presencia de un nivel sedimentario constituido por fragmentos detríticos de madera, situado entre 110-115 cm de profundidad (**Fig. 11.4.b**). Asimismo, el testigo SAN434 presenta una facies sedimentaria bandeada, constituida por niveles sedimentarios de tonalidad clara, situada entre 86-104 cm de profundidad (**Fig. 11.4.b**). De forma más esporádica, la secuencia presenta dos niveles sedimentarios milimétricos de tonalidad clara, situados aproximadamente entre 150-160 cm, así como un pequeño tramo centimétrico, entre 188-193 cm, con facies bandeada (**Fig. 11.4.c**).

0-86 cm: limo orgánico (*gyttja*). Presenta ligeros cambios de color, dependiendo del intervalo considerado. Los siguientes tramos presentan los siguientes colores de Munsell, en fresco: 0-3 cm (7.5R 2/3, *very dark reddish brown*), 3-31 cm (5YR 2/1, *brownish black*), 31-40 cm (7.5R 2/3, *very dark reddish brown*), 40-86 cm (5YR 2/1, *brownish black*). Facies sedimentaria: *Fm* (lutita masiva homogénea). No se observa, a *visu*, ninguna estructura sedimentaria (no granoclasificación, no laminación).

86-104 cm: limo orgánico (*gyttja*). Color de Munsell, en fresco: 7.5YR 3/4 (*dark brown*). Facies sedimentaria: *Fl* (lutita bandeada). Este tramo presenta niveles sedimentarios, de 1 cm de espesor, de tonalidad clara (**Fig. 11.4.b, Foto 11.5**). Presentan contactos planoparalelos. En conjunto, se observan a *visu* cinco grandes niveles situados en las siguientes profundidades: 93-94 cm, 94.5-95.5 cm, 96-97 cm, 99-100 cm, y 100.5-101.5 cm. Entre 86-89 cm existe también un tramo con coloración clara, con base rectilínea neta y techo difuso. El color de todos estos niveles sedimentarios es: 7.5YR 4/3 (*brown*).

Los límites de estos niveles son difusos. Este tramo presenta en la base, entre 103-104 cm, un nivel sedimentario milimétrico muy claro (color: 7.5YR 7/2, *light brownish gray*), seguido de un tramo de 1 cm de espesor de color 7.5YR 4/3 (*brown*).

104-110 cm: limo orgánico (*gyttja*). Color de Munsell, en fresco: 5YR 2/1 (*brownish black*). Facies sedimentaria: *Fm* (lutita masiva homogénea). No se observa a *visu* ningún tipo de estructura sedimentaria.

110-115 cm: fragmentos de madera. Color de Munsell, en fresco: N 1.5/0 (*black*). Facies sedimentaria: *W* (restos de madera). Nivel con un contenido muy bajo en fracción mineral; prácticamente todo el tramo está constituido por fragmentos centimétricos y heterométricos de restos de madera (**Fig. 11.4.b**). Los fragmentos pueden alcanzar tamaños desde varios milímetros hasta 2 cm de longitud (**Foto 11.6.a,b**). Este tramo presenta un contenido en agua muy elevado.

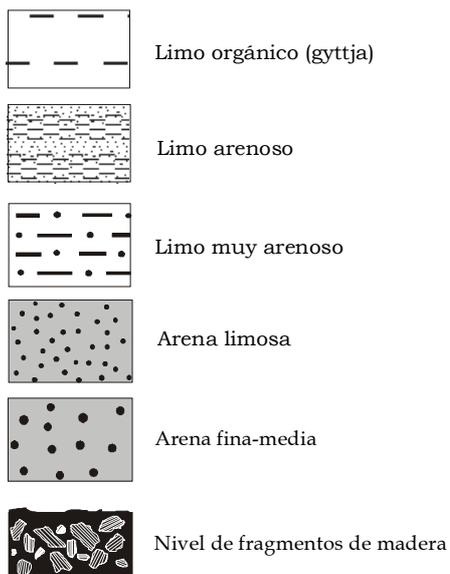
115-188 cm: limo orgánico (*gyttja*). Color de Munsell, en fresco: 5YR 2/1 (*brownish black*). Facies sedimentaria: *Fm* (lutita masiva homogénea). Este tramo presenta dos niveles milimétricos de tonalidad más clara, situados entre 151-152 cm, y entre 162-163 cm de profundidad (**Fig. 11.4.c**). Presentan contactos planoparalelos. El color en fresco de estos niveles sedimentarios es: 7.5YR 3/2 (*brownish black*).

188-193 cm: limo orgánico. Color de Munsell, en fresco: 7.5YR 2/2 (*brownish black*). Facies sedimentaria: *Fl* (lutita bandeada). En este tramo (**Fig. 11.4.c**, **Foto 11.8**) existen dos niveles sedimentarios centimétricos de coloración más clara (color: 7.5YR 4/3, *brown*). El primer nivel está situado entre 188.5-189.5 cm (contactos planoparalelos), y el segundo entre 192-193 cm de profundidad (contacto basal curvado). La curvatura observable en el segundo nivel sedimentario es debida a la deformación originada durante el proceso de penetración del sondeo.

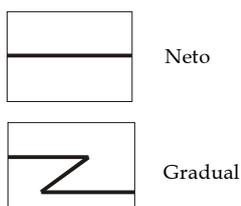
193-273 cm: limo orgánico (*gyttja*). El color varía en función del tramo considerado: entre 193-200 cm (color: 5YR 2/1, *brownish black*), entre 200-230 cm (color: 7.5YR 2/2, *brownish black*), entre 230-273 cm (color: 5YR 2/1, *brownish black*). Facies sedimentaria: *Fm* (lutita masiva homogénea). No se observa a *visu* ningún tipo de estructuras sedimentarias (no granoclasificación, no laminación).

LEYENDA

Litología



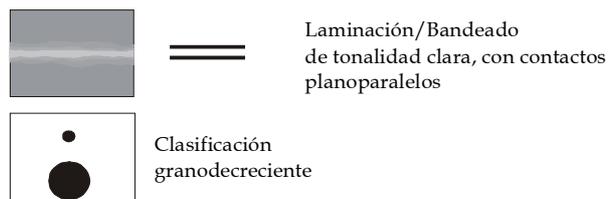
Contacto



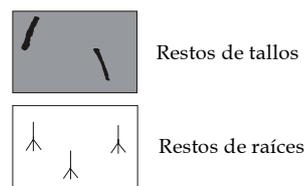
Facies sedimentaria

- Fm* Lutita masiva
- Fl* Lutita laminada/bandeada
- Sm* Arena masiva
- SeFm* Grómulos de arena intercalados en una matriz de arena limosa
- FS-b* Alternancia de tramos con diferente carácter detrítico
- W* Restos de madera

Estructuras sedimentarias



Restos vegetales



Testigo: **SAN270W**

Longitud: 270 cm

Diámetro del tubo: 5.0 cm

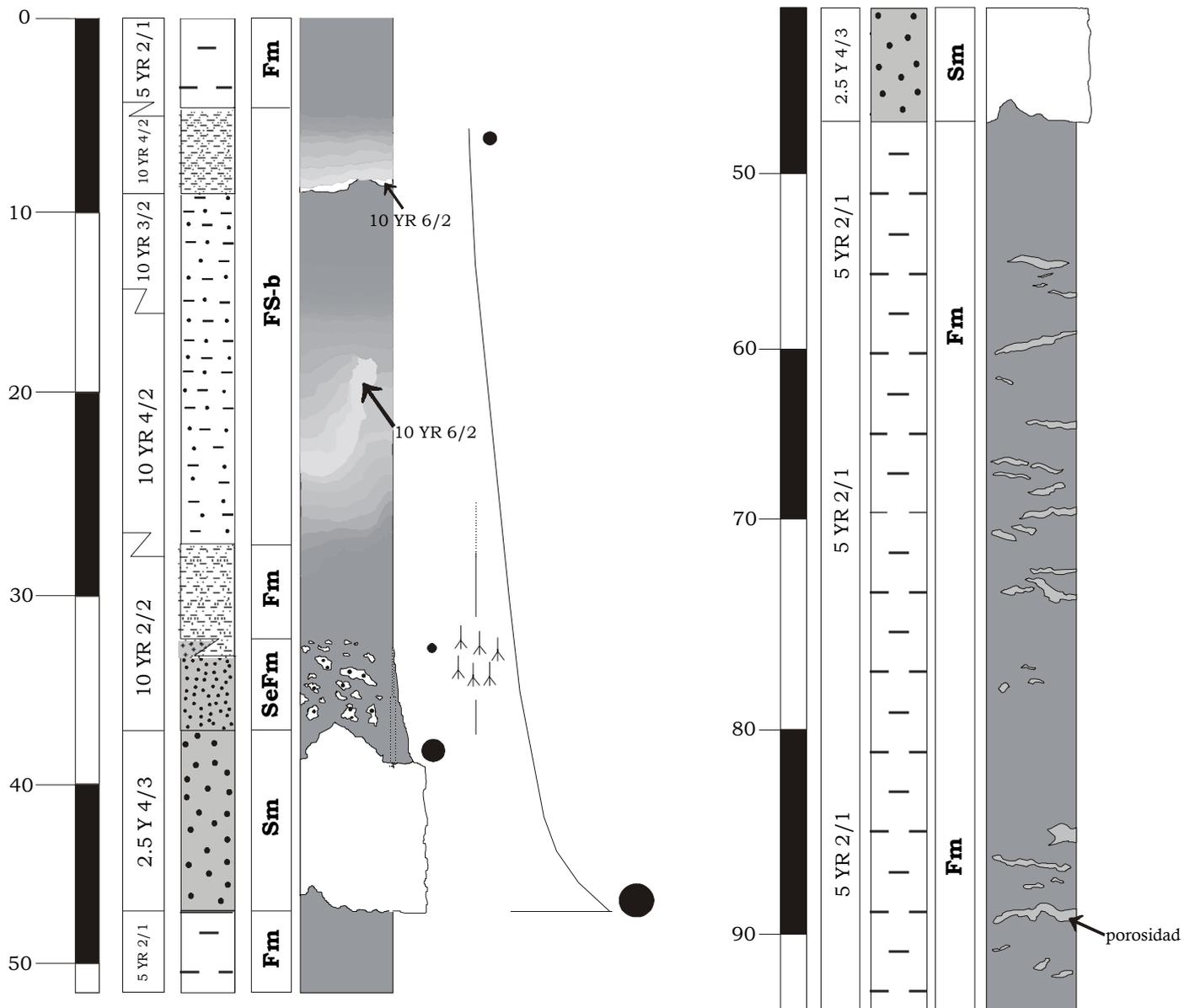


Fig. 11.1.a. Descripción litológica del testigo SAN270W. Intervalo representado: 0-93 cm.

Testigo: SAN270W
Longitud: 270 cm
Diámetro del tubo: 5.0 cm

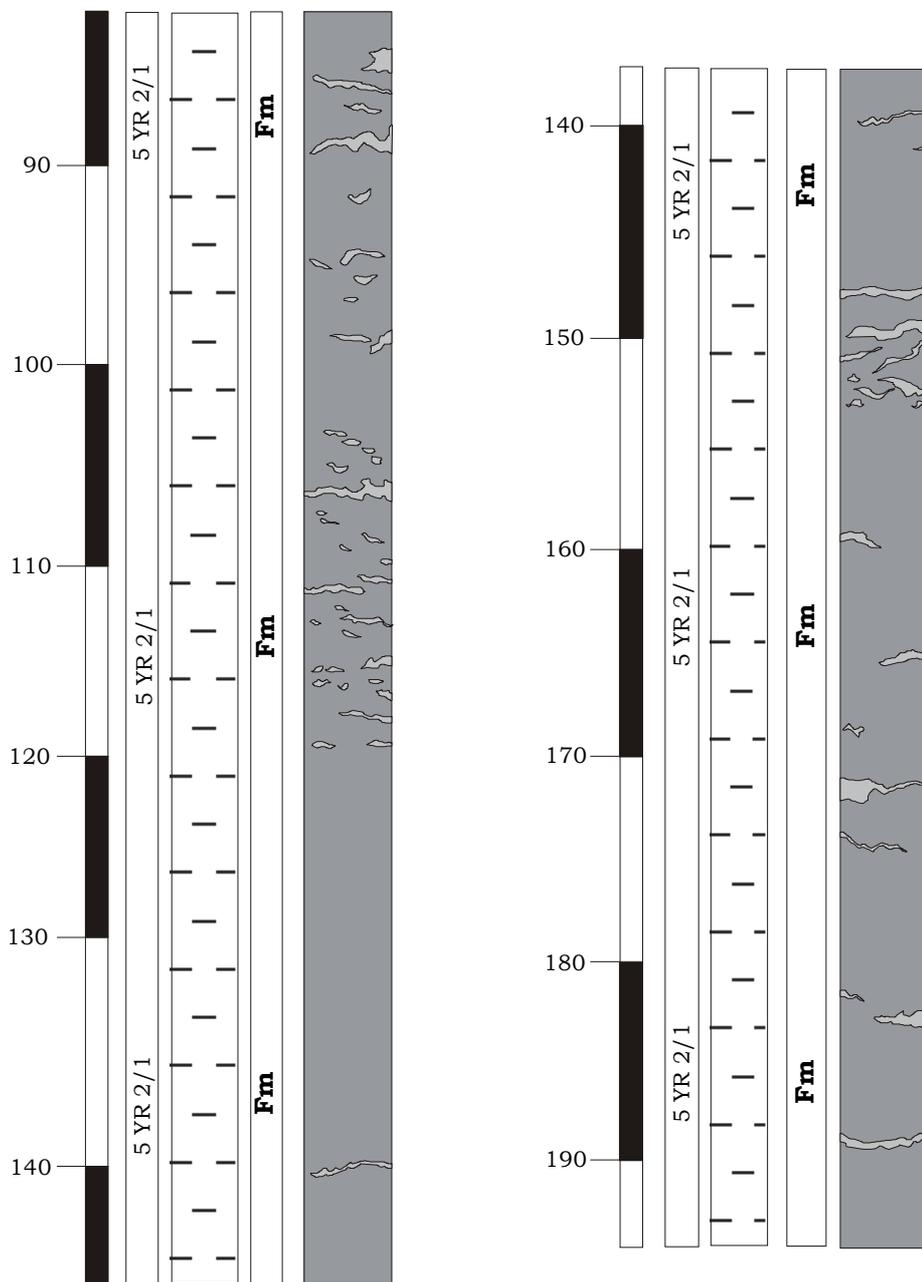


Fig. 11.1.b. Descripción litológica del testigo SAN270W. Intervalo representado: 86-192 cm

Testigo: SAN270W

Longitud: 270 cm

Diámetro del tubo: 5 cm

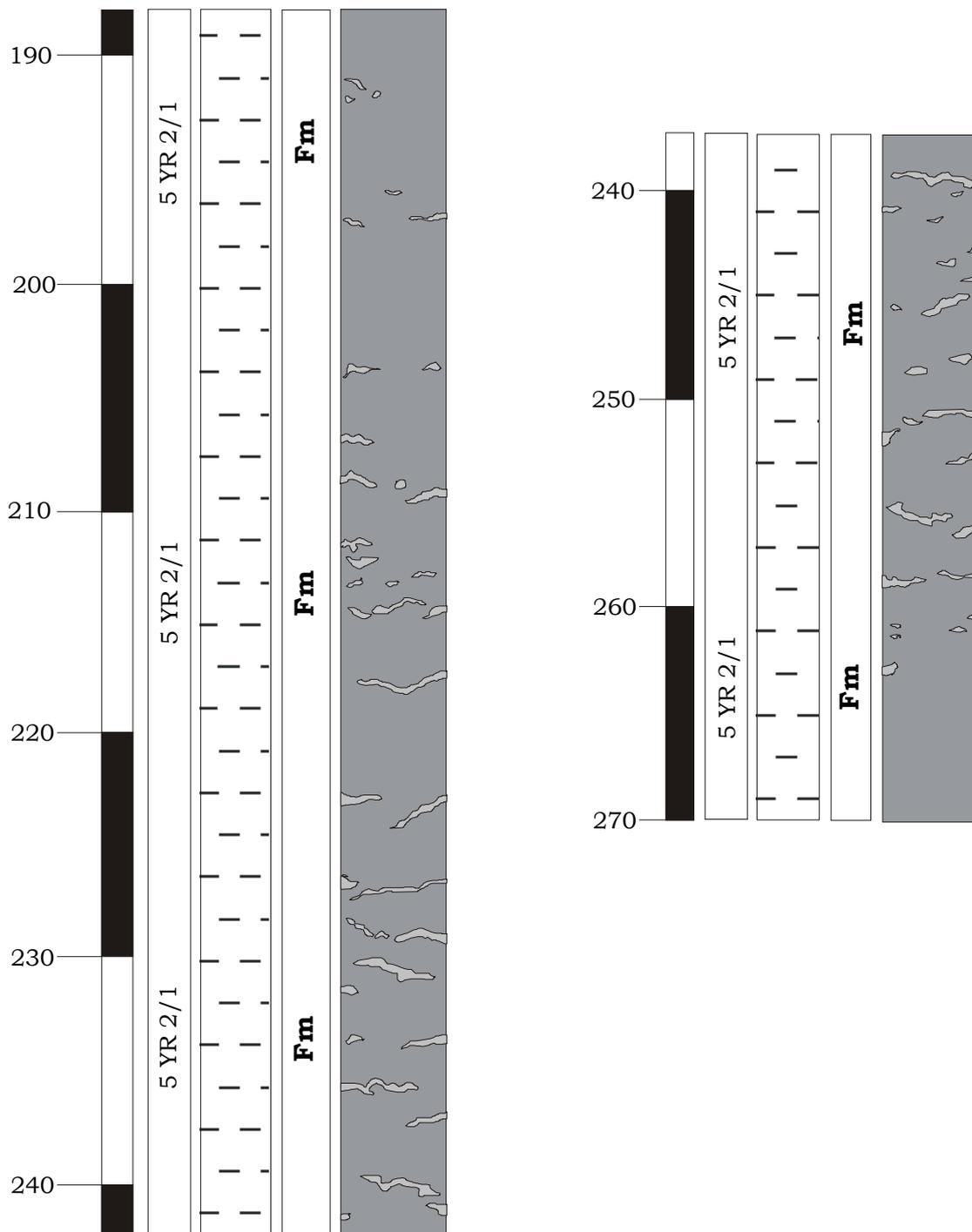


Fig. 11.1.c. Descripción litológica del testigo SAN270W. Intervalo representado: 188-270 cm

Testigo: SAN135E

Longitud: 134 cm

Diámetro del tubo: 6.3 cm

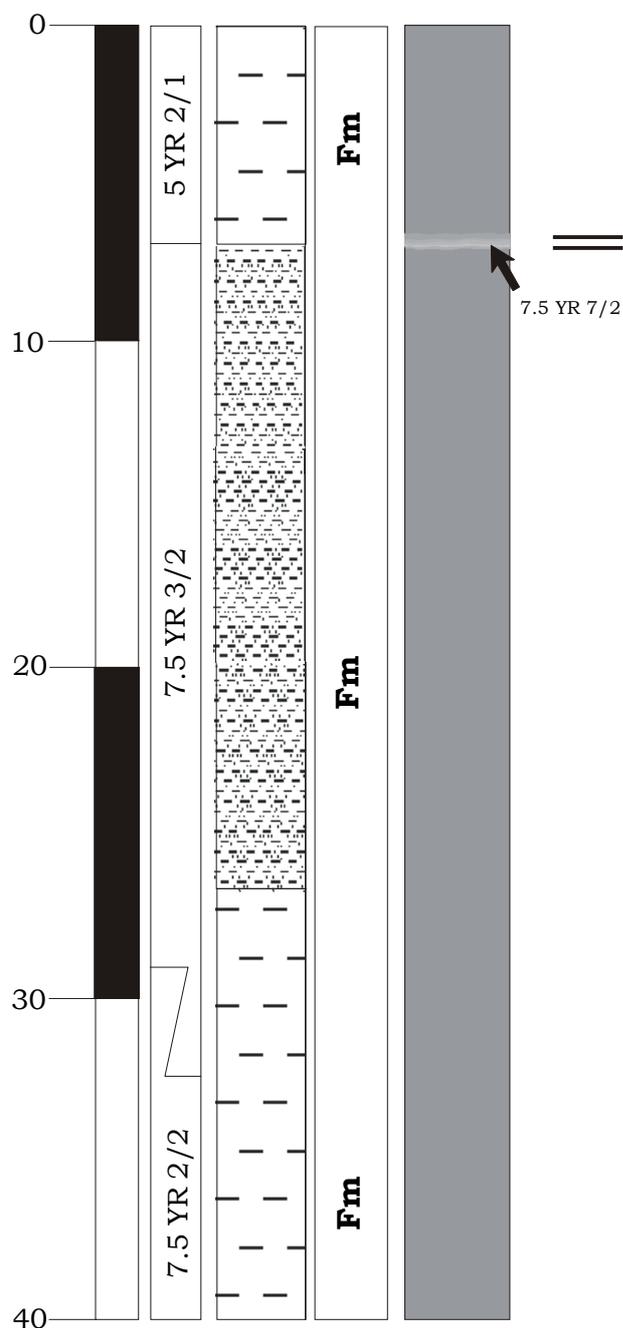


Fig. 11.2.a. Descripción litológica del testigo SAN135E. Intervalo representado: 0-40 cm

Testigo: **SAN135E**

Longitud: 134 cm

Diámetro del tubo: 6.3 cm

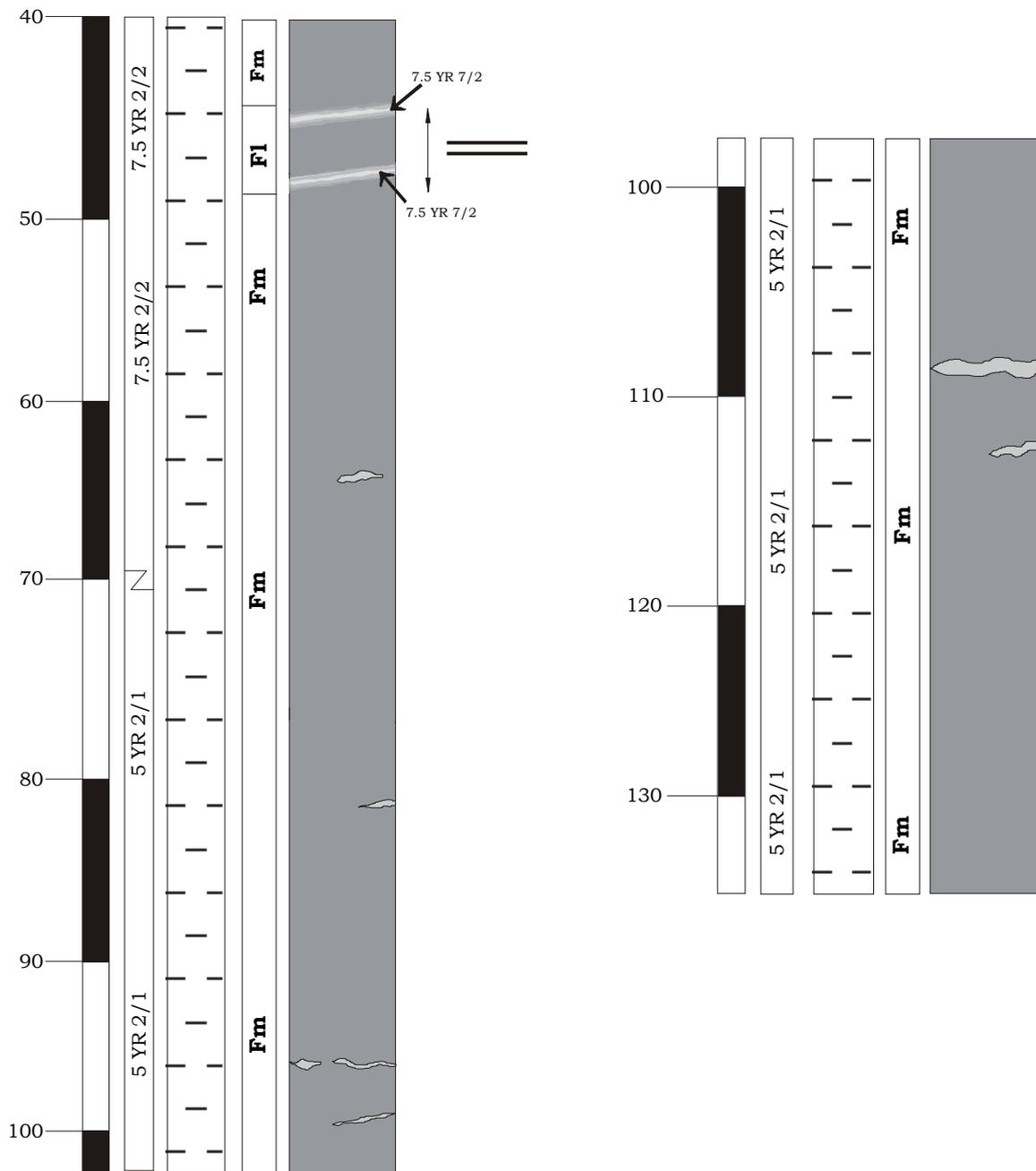


Fig. 11.2.b. Descripción litológica del testigo SAN135E. Intervalo representado: 40-134 cm

Testigo: **SAN235E**
 Longitud: 235 cm
 Diámetro del tubo: 5.0 cm

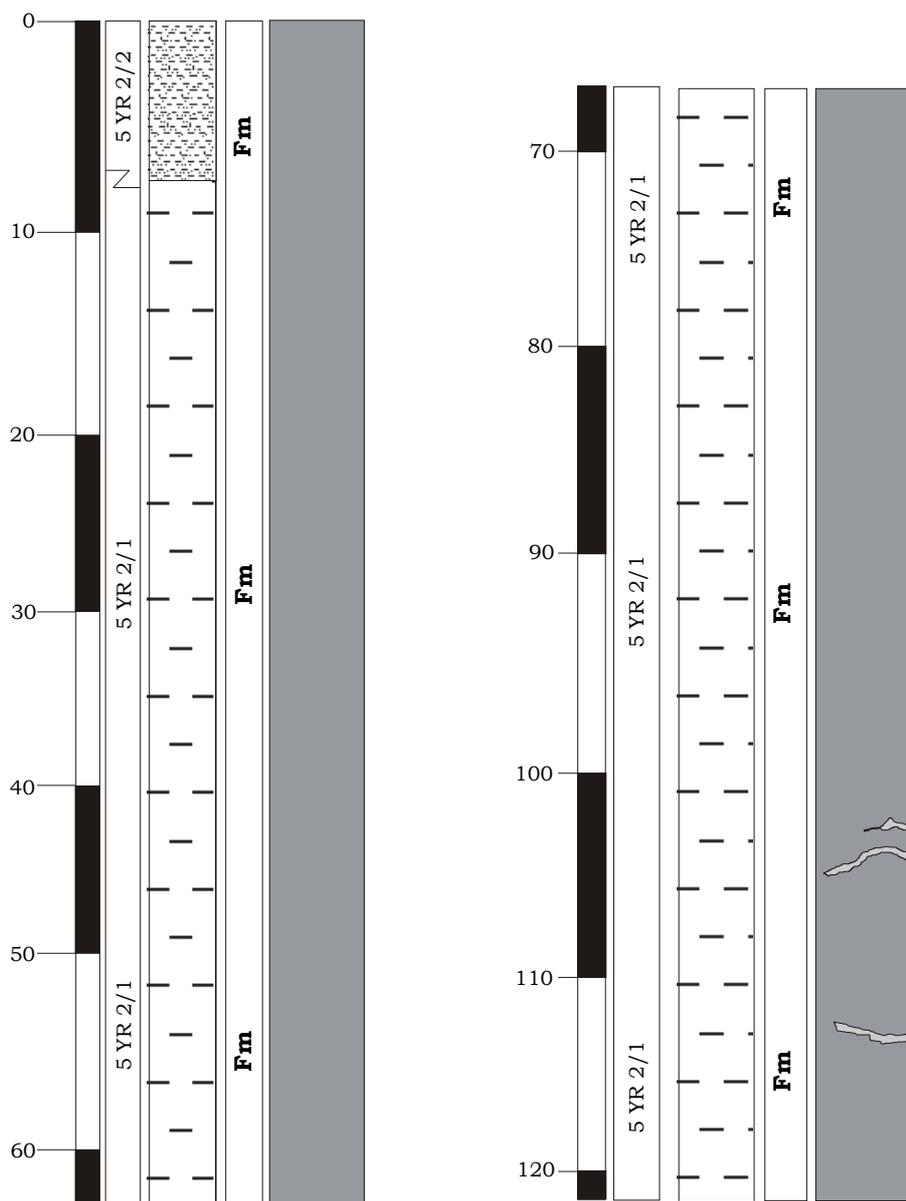


Fig. 11.3.a. Descripción litológica del testigo SAN235E. Intervalo representado: 0-121 cm

Testigo: **SAN235E**

Longitud: 235 cm

Diámetro del tubo: 5.0 cm

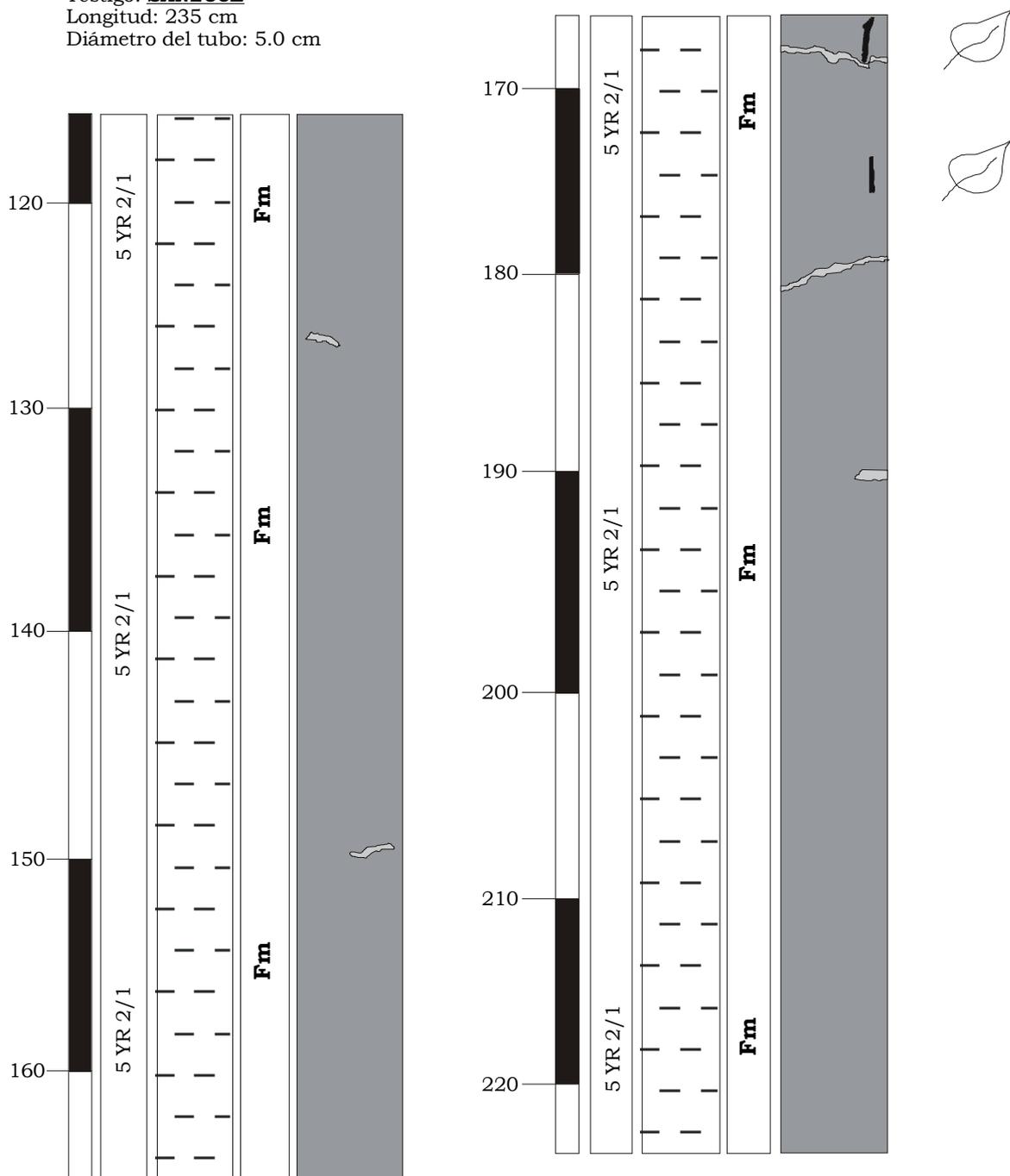


Fig. 11.3.b. Descripción litológica del testigo SAN235E. Intervalo representado: 117-222 cm

Testigo: **SAN235E**

Longitud: 235 cm

Diámetro del tubo: 5.0 cm

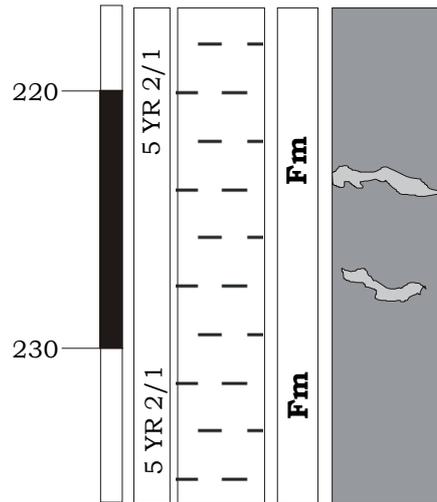


Fig. 11.3.c. Descripción litológica del testigo SAN235E. Intervalo representado: 217-235 cm

Testigo: **SAN434**
 Longitud: 273 cm
 Diámetro del tubo: 5.0 cm

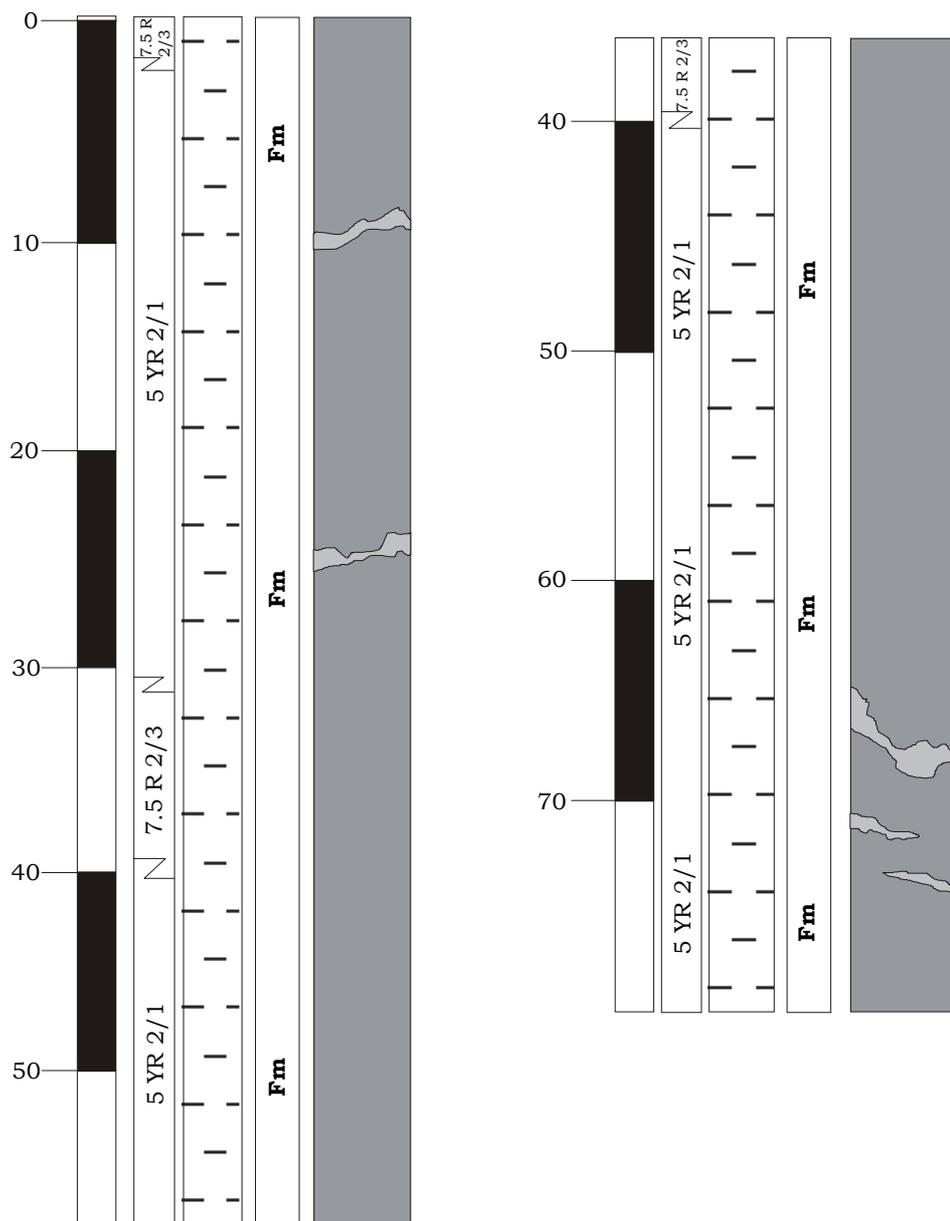


Fig. 11.4.a. Descripción litológica del testigo SAN434. Intervalo representado: 0-79 cm

Testigo: SAN434

Longitud: 273 cm

Diámetro del tubo: 5.0 cm

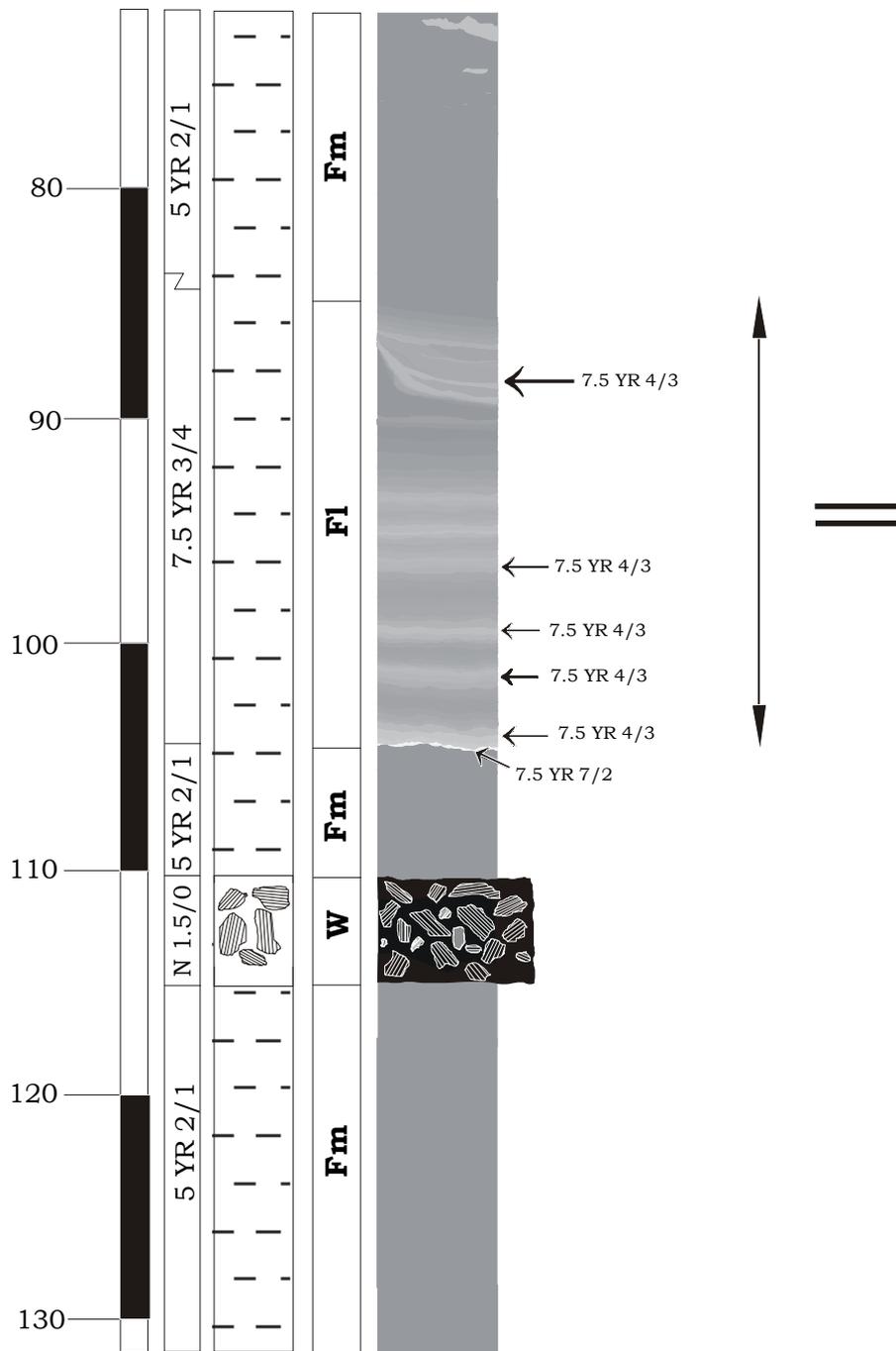


Fig. 11.4.b. Descripción litológica del testigo SAN434. Intervalo representado: 74-131 cm. Esta parte de la secuencia se caracteriza por presentar un nivel de fragmentos de madera (facies **W**) situado entre 110-115 cm de profundidad, seguido de un tramo bandeado, entre 86-104 cm, constituido por diversos niveles con tonalidad clara (facies **Fl**).

Testigo: **SAN434**

Longitud: 273 cm

Diámetro del tubo: 5.0 cm

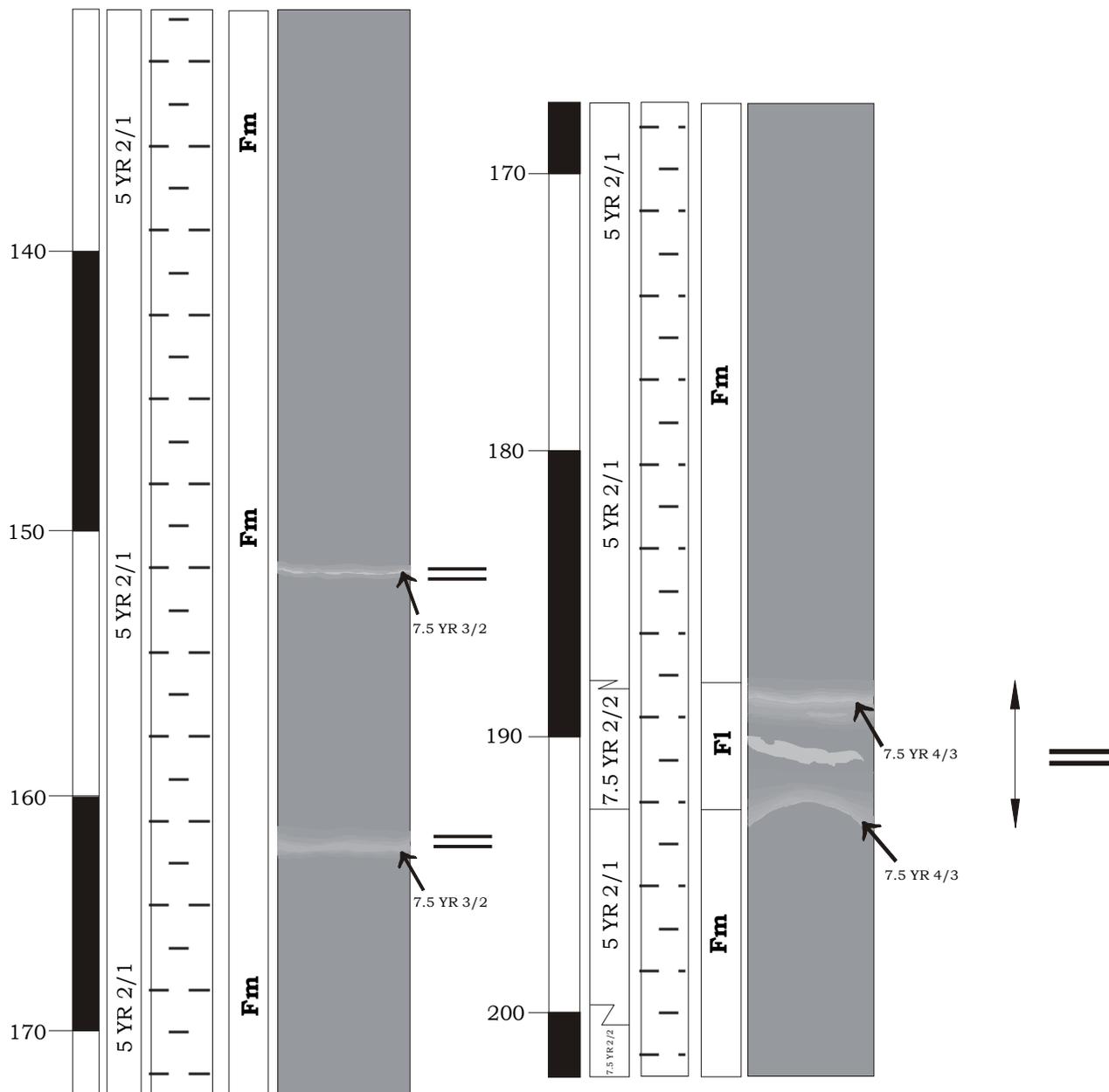


Fig. 11.4.c. Descripción litológica del testigo SAN434. Intervalo representado: 131-202 cm

Testigo: **SAN434**
 Longitud: 273 cm
 Diámetro del tubo: 5.0 cm

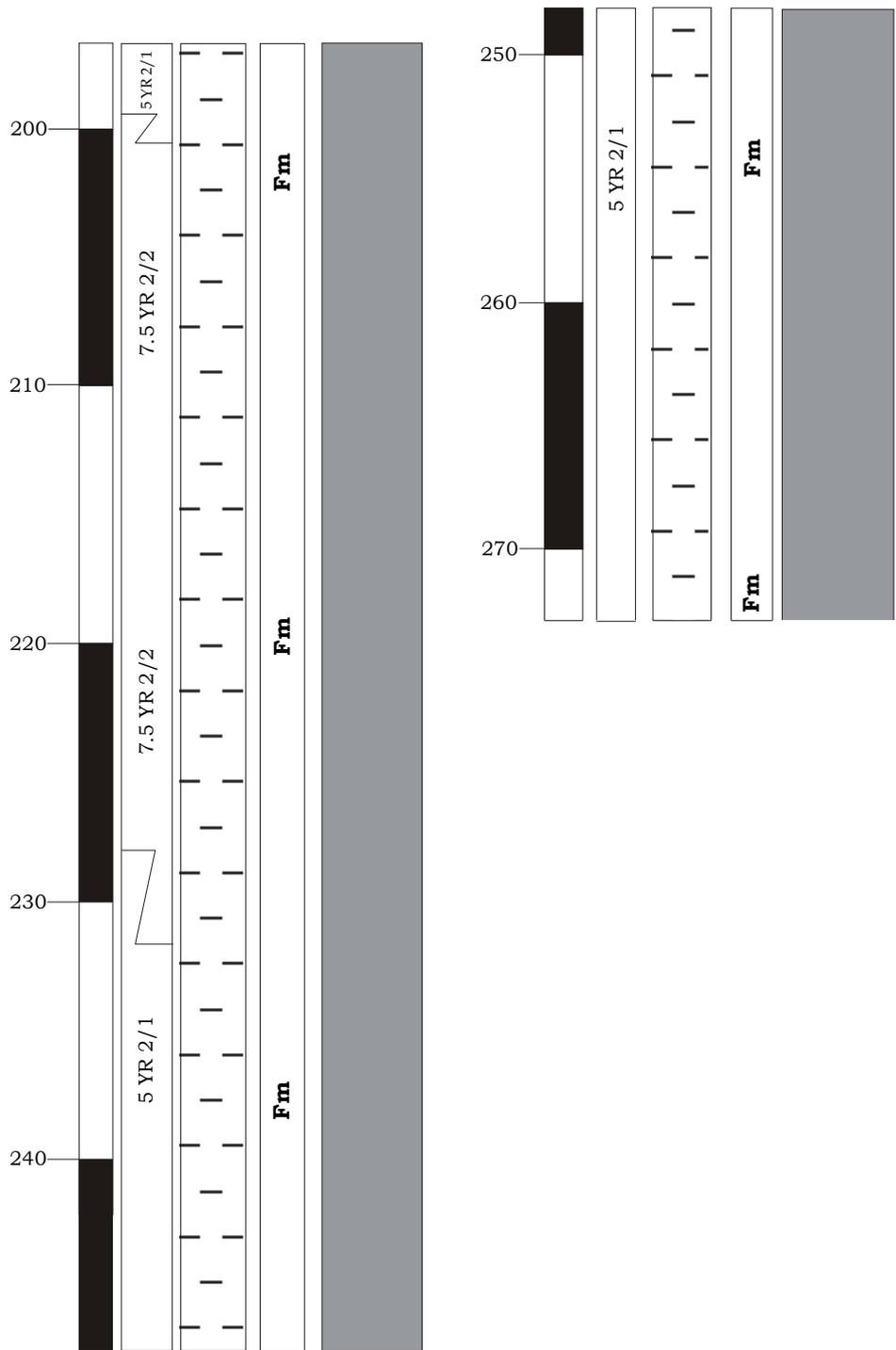


Fig. 11.4.d. Descripción litológica del testigo SAN434. Intervalo representado: 117-273 cm

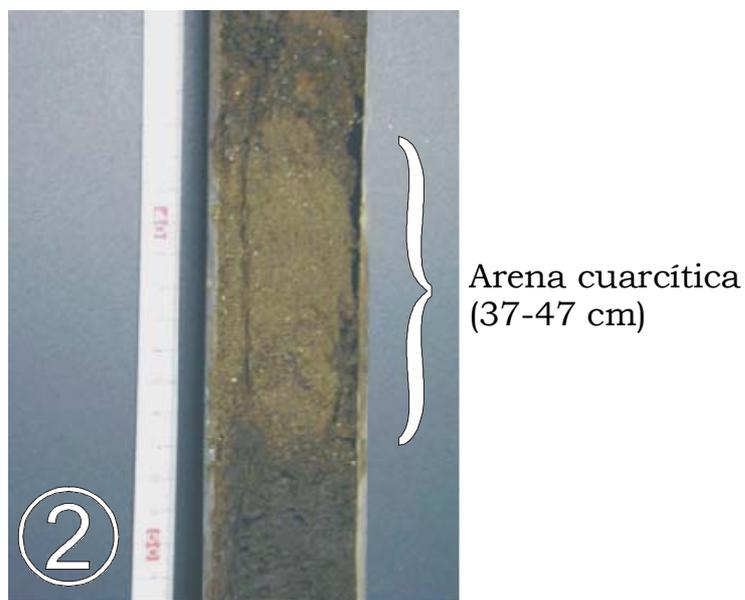
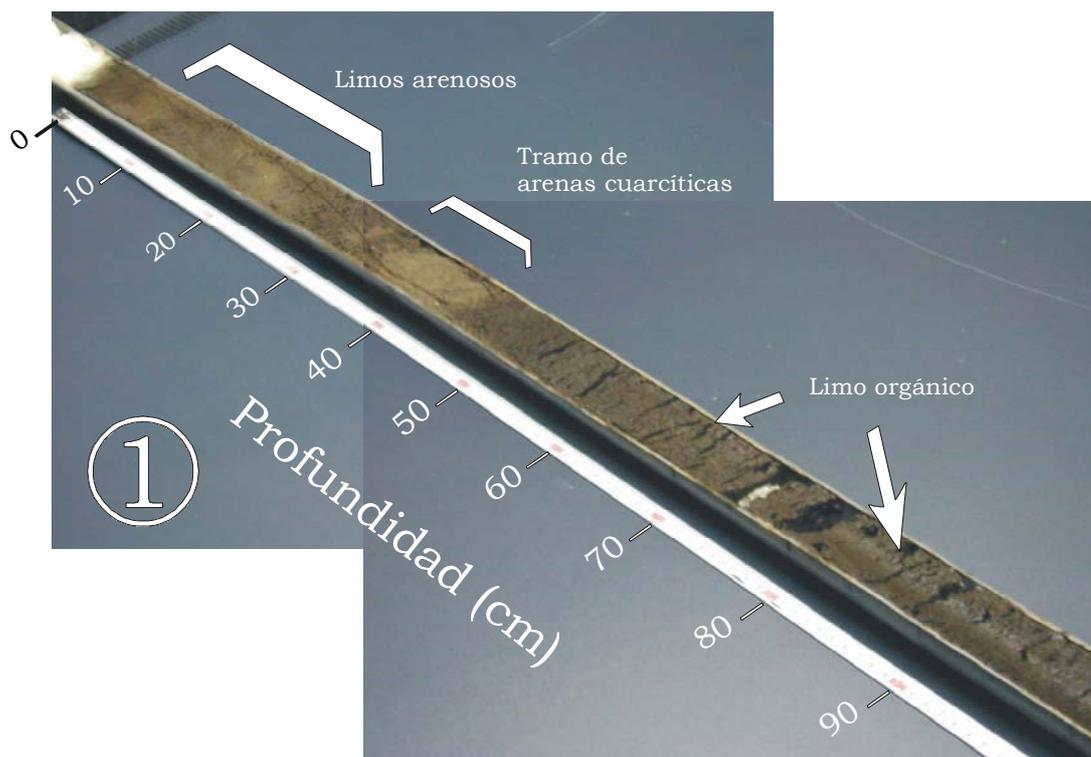


FOTO 11.1. Secuencia más superficial del testigo SAN270W. El sedimento está constituido principalmente por un limo orgánico de color marrón oscuro. No obstante, entre 5-47 cm de profundidad, el sedimento presenta un tramo detrítico inorgánico, constituido por arenas y limos arenosos.

FOTO 11.2. Tramo de arena, de composición cuarcítica, situada entre 37-47 cm de profundidad, existente en el testigo SAN270W.



5-9 cm

FOTO 11.3. Tramo sedimentario detrítico de tonalidad clara, situado entre 5-9 cm de profundidad (SAN270W). La base de este intervalo está caracterizado por un nivel milimétrico de mayor claridad (flecha).



16-25 cm

FOTO 11.4. Tramo sedimentario detrítico de tonalidad clara, situado entre 16-25 cm de profundidad (SAN270W).

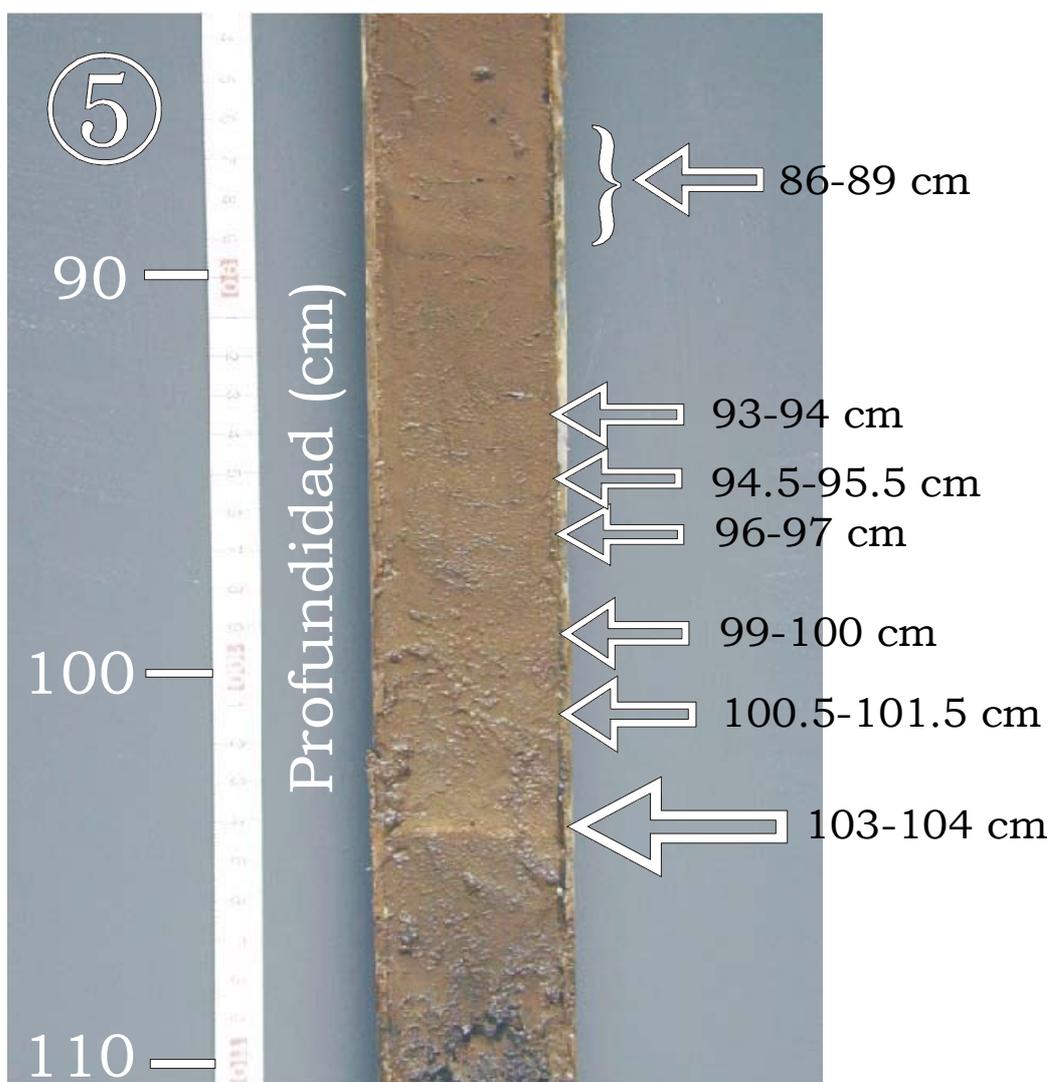


FOTO 11.5. Facies bandeada (**F1**) constituida por niveles sedimentarios centimétricos, de tonalidades claras, situados entre 86-104 cm de profundidad (SAN434).

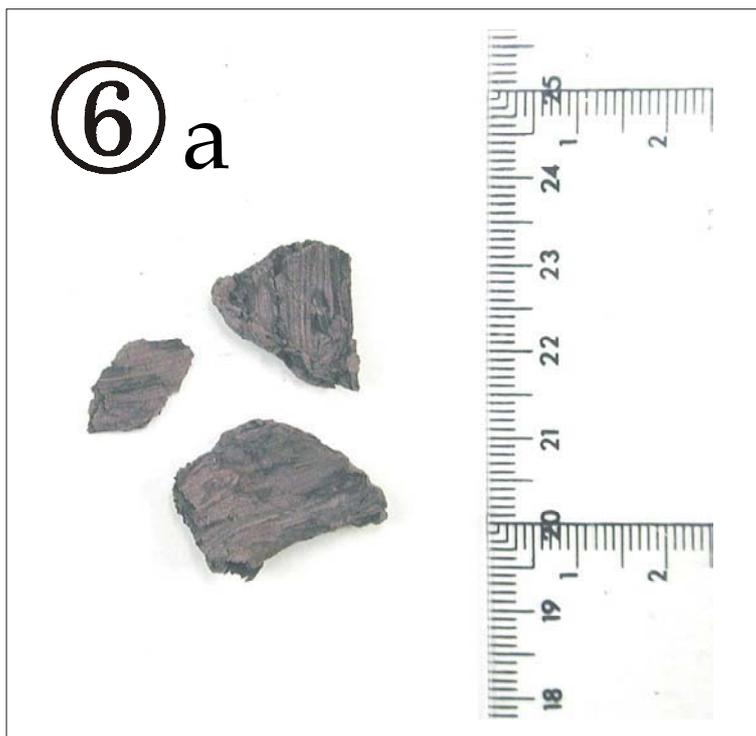


FOTO 11.6.a. Fragmentos de madera. Situación: entre 110-111 cm de profundidad (SAN434).

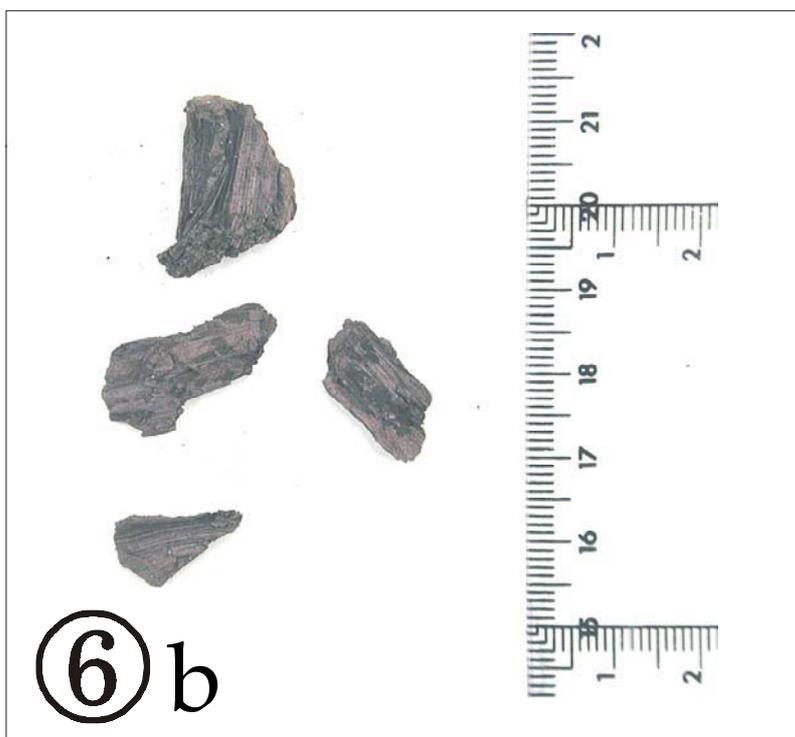
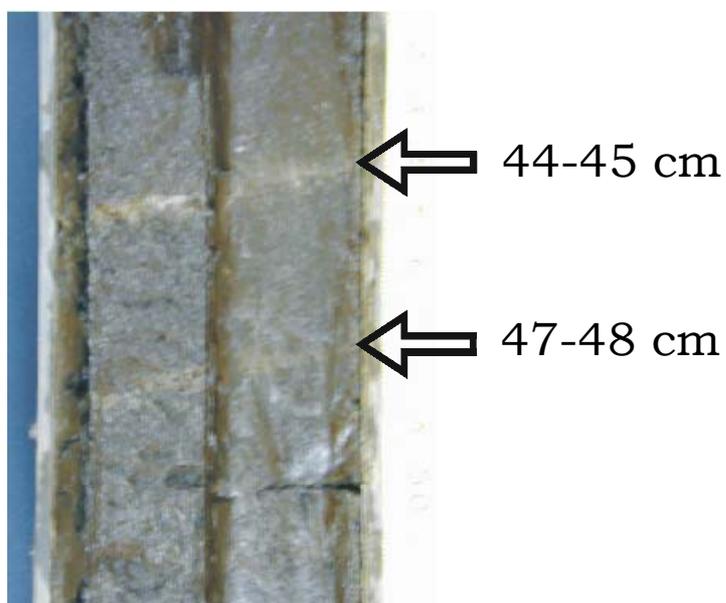


FOTO 11.6.b. Fragmentos de madera. Situación: entre 111-112 cm de profundidad (SAN434).

7



8

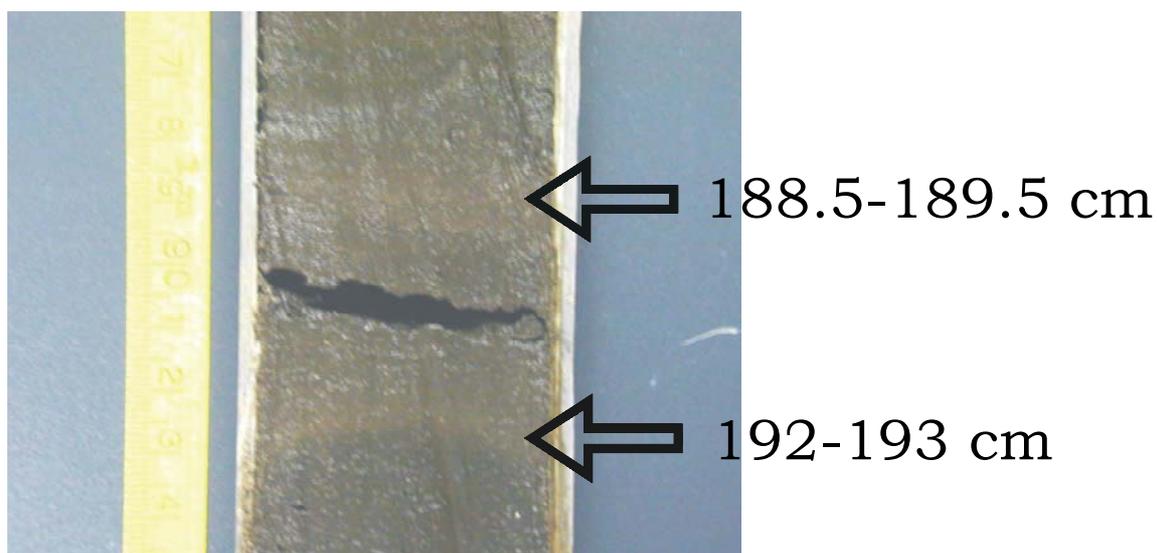


FOTO 11.7. Niveles sedimentarios milimétricos de coloración más clara. Situados a 45 y 48 cm de profundidad (SAN135E).

FOTO 11.8. Facies bandeada (**FI**) constituida por niveles sedimentarios centimétricos de coloración más clara. Situados en 189 y 193 cm de profundidad (SAN434).

Subcapítulo 12. EL SEDIMENTO DEL LAGO DE SANABRIA: DESCRIPCIÓN MEDIANTE LÁMINA DELGADA E IMÁGENES SEM (SCANNING ELECTRON MICROSCOPE).

Las características litológicas y texturales del sedimento del Lago de Sanabria han sido determinadas, aparte de otros criterios, mediante el estudio de láminas delgadas e imágenes SEM (*Scanning Electron Microscope*). Ambas técnicas han permitido establecer las principales características litológicas y texturales del limo orgánico (*gyttja*), y del Episodio Sedimentario Detrítico (ESD). El horizonte sedimentario NRI1 ha sido caracterizado principalmente mediante las imágenes SEM.

El estudio de láminas delgadas intenta reconocer procesos relacionados con la sedimentación. Tales procesos pueden ser reconocidos mediante estructuras sedimentarias de detalle, como, por ejemplo, laminaciones, disposición de las partículas, bioturbación o granoclasificación.

El estudio de las imágenes SEM intenta reconocer las características relacionadas con la textura y composición del material que constituye el sedimento; asimismo, permite precisar las diferentes partículas (orgánicas o inorgánicas) existentes. La preparación de una muestra de sedimento para la obtención de imágenes SEM no ocasiona deformación alguna, garantizando la conservación de las características texturales de la muestra.

12.1. Lámina delgada.

Las secuencias sedimentarias, de carácter incoherente, han sido solidificadas y seccionadas para obtener láminas delgadas. El sedimento ha sido tratado en el *Laboratorio de Lámina Delgada del Instituto Ciencias de la Tierra "Jaume Almera" CSIC*, según los siguientes procedimientos: a) eliminación de agua del sedimento mediante la técnica del *freeze-drying*, b) impregnación y solidificación del sedimento con resina *Epoxy*, y c) una vez solidificado, obtención de diferentes secciones de láminas delgadas. Las láminas delgadas han facilitado la descripción litológica y textural del sedimento, y han sido fotografiadas posteriormente mediante la utilización de una cámara digital y un microscopio petrográfico (fotografías realizadas en el *Área de Prehistoria (Universitat Rovira i Virgili, Tarragona)*).

El sedimento se describe mediante fotografías con escala de 100 μm longitud. Las fotografías muestran el aspecto general del sedimento: los minerales, el tamaño de grano, las características texturales, y los detalles de los componentes bioclásticos y litoclásticos.

12.2. Imágenes SEM.

Las imágenes SEM han sido obtenidas en el *Servei Científico-Tècnic de la Universitat de Barcelona* mediante la utilización del microscopio electrónico Hitachi S2300. El sedimento ha sido tratado según los siguientes procedimientos: a) fijación del sedimento en un porta-muestras, y b) recubrimiento del sedimento con una capa oro.

12.3. Características litológicas y texturales del sedimento.

El limo orgánico (*gyttja*), así como los horizontes sedimentarios ESD y NRI1, han sido caracterizados mediante el estudio de secuencias sedimentarias pertenecientes a la cubeta oriental del Lago de Sanabria (SAN235E y SAN38E). Las láminas delgadas pertenecen al testigo SAN235E, mientras que las imágenes SEM han sido obtenidas a partir del testigo SAN38E.

12.3.1. Limo orgánico (*gyttja*).

Sus características son reconocibles tanto por lámina delgada como por imágenes SEM.

12.3.1.1. Fracción inorgánica.

Las características del limo orgánico (*gyttja*) son muy constantes, predominando fundamentalmente la facies de limo masivo (*Fm*). El sedimento se caracteriza por estar formado principalmente por filosilicatos, pertenecientes al grupo de las micas y al grupo de la clorita. En menor proporción, el sedimento contiene tectosilicatos, en los que se encuentra el cuarzo y los feldespatos. Las partículas del sedimento están formadas por gránulos homométricos de tamaño limo. Todos ellos tienen un origen alóctono, como producto de la erosión del substrato cristalino de la cuenca de drenaje.

La facies de limo masivo (*Fm*) está representada ampliamente en las secuencias sedimentarias del Lago de Sanabria. Consiste en una matriz fina de partículas de filosilicatos del grupo de las micas: principalmente *biotita*, apareciendo, en menor proporción, partículas de *moscovita*. Asimismo, diseminados en esta matriz filosilicatada, se encuentran partículas de *clorita*.

Estas partículas de filosilicatos son generalmente hipidiomorfas, adquiriendo en algunos casos un carácter acicular. El tamaño de grano más frecuente es de 20-30 μm (limo medio). De forma esporádica, se pueden observar granos aislados de mayor tamaño, de 40-50 μm (limo grueso). La distribución de los fragmentos minerales en el sedimento no presenta ningún tipo de orientación preferente.

Asociados a esta matriz de filosilicatos, se encuentran minerales pertenecientes a los tectosilicatos: *cuarzo* y *feldespatos*. Estos minerales aparecen principalmente en cristales hipidiomorfos. Las plagioclasas pueden presentarse también con hábitos aciculares. El tamaño de grano más frecuente es de 20-30 μm (limo medio). Esporádicamente, pueden observarse granos de *cuarzo* y de *feldespatos* de hasta 100-200 μm (arena fina), aislados en la matriz limosa.

El sedimento está constituido por un 65-70% de matriz filosilicatada y por un 25-30% de minerales tectosilicatados. La distribución de los tectosilicatos en la matriz es homogénea, sin que se aprecien signos de distribución heterogénea u orientación preferente.

12.3.1.2. Fracción orgánica.

El sedimento contiene, además, componentes bioclásticos propios de la comunidad biológica del lago y de su cuenca hidrográfica. El conjunto de restos bioclásticos se puede resumir en los siguientes: a) fitoplancton y comunidad bentónica del sistema lacustre (valvas de diatomeas y cistes de crisofíceas), b) restos de tallos y raíces de

diversas comunidades vegetales, c) tecamebas (Rizópodos testáceos), d) zooplancton (fundamentalmente restos de crustáceos), e) polen.

Los rizópodos testáceos (rizópodos pertenecientes al Orden Testacea) se encuentran en numerosos ambientes lacustres (Margalef, 1983). Su envoltura, conservada en buen estado en el sedimento, es rígida y persistente, y está formada por la yuxtaposición de piezas sueltas producidas en el interior del animal y/o por materiales extraños adheridos al exterior (granos detríticos).

Especial atención merece los restos de diatomeas, organismos muy característicos del sedimento del Lago de Sanabria. Las láminas delgadas y las imágenes SEM han evidenciado la importancia de estos componentes en el sedimento, ya que dentro de la fina matriz de filosilicatos existen abundantes restos de valvas silíceas de diatomeas del orden Centrales, pertenecientes a *Aulacoseira distans*. Su distribución en la matriz filosilicatada es muy homogénea, y no presenta ningún tipo de orientación preferente. Sus valvas suelen presentarse con unas 25-30 μm de longitud. Las diatomeas del orden Pennales están también presentes en el sedimento, pero con menor abundancia. Este tipo de diatomeas presenta una mayor diversidad y su tamaño está comprendido normalmente entre 100-300 μm , pudiéndose incluso alcanzar las 600 μm de longitud.

12.3.2. Episodio Sedimentario Detrítico (ESD).

El Episodio Sedimentario Detrítico (ESD) presenta unas características texturales bien diferenciadas, que han sido reconocidas tanto por las láminas delgadas como por las imágenes SEM. El horizonte ESD, perteneciente a la rotura de la presa Vega de Tera (1959 AD), presenta unas características litológicas y texturales diferentes a las observadas en el limo orgánico. Así, en el ESD se constata la presencia de una mayor proporción de tectosilicatos (principalmente cuarzo). La textura presenta un carácter más heterométrico y detrítico. Las láminas delgadas permiten observar la existencia de grómulos de limo, de 200-300 μm de diámetro, separados por tectosilicatos que alcanzan con frecuencia el tamaño arena fina. Los restos de diatomeas, tanto en lámina delgada como en imágenes SEM, son muy escasos.

12.3.3. Horizonte sedimentario NRI1.

El horizonte sedimentario NRI1 (cal. 250 BP y cal. 450 BP) presenta unas características texturales apreciables únicamente mediante las imágenes SEM. El horizonte NRI1 se caracteriza por presentar, como se observa también en el horizonte ESD, un contenido muy bajo en restos de diatomeas, confirmando al sedimento un aspecto notablemente más detrítico. El NRI1, no obstante, presenta un mayor grado de clasificación granulométrica con respecto al horizonte ESD. Estas observaciones no son apreciables mediante las láminas delgadas.

Hoja 1. Lámina delgada. Episodio Sedimentario Detrítico (ESD): limo arenoso.

De **Foto 1 a 6**: aspecto del sedimento perteneciente al Episodio Sedimentario Detrítico (ESD). El horizonte ESD presenta grómulos de limo que confieren al sedimento un aspecto heterométrico. El tamaño de los grómulos es de 200-300 μm de diámetro. Los tectosilicatos (*cuarzo y feldespatos*) son relativamente abundantes. La presencia de grómulos de limo, rodeados por una matriz, sugiere la atribución de estas facies a intraclastos. *a = grómulos de limo, b = tectosilicatos*

Foto 1 y 2 pertenecen a la misma imagen (Foto 1 en nícoles paralelos; Foto 2 en nícoles cruzados) (escala 100 μm).

Foto 3 y 4 pertenecen a la misma imagen (Foto 3 en nícoles paralelos; Foto 4 en nícoles cruzados) (escala 100 μm).

Foto 5 y 6 pertenecen a la misma imagen (Foto 5 en nícoles paralelos; Foto 6 en nícoles cruzados) (escala 100 μm).

Hoja 2. Lámina delgada. Limo orgánico (gyttja): facies de limo masivo (Fm).

De **Foto 7 a 10**: aspecto del limo orgánico (*gyttja*). La facies más característica es el limo masivo (*Fm*), constituido por una matriz fina de filosilicatos (*biotita, clorita y moscovita*). En menor abundancia, se encuentran fragmentos detríticos de tectosilicatos (*cuarzo y feldespatos*). Los restos de diatomeas del Orden Centrales (*Aulacoseira distans*) son muy abundantes, pero no son apreciables a la escala de trabajo de las fotografías presentadas.

Foto 7 y 8 pertenecen a la misma imagen (Foto 7 en nícoles paralelos; Foto 8 en nícoles cruzados) (escala 100 μm).

Foto 9 y 10 pertenecen a la misma imagen (Foto 9 en nícoles paralelos; Foto 10 en nícoles cruzados) (escala 100 μm).

Hoja 3 y 4. Lámina delgada. Componentes bioclásticos y litoclásticos del limo orgánico (gyttja).

Foto 11 y 12: tecamebas existentes en el limo orgánico (*gyttja*). Presentan un tamaño de 150-250 μm . Su envoltura está formada por la yuxtaposición de piezas sueltas (fragmentos minerales detríticos, restos de diatomeas, etc.). Nícoles paralelos (escala 100 μm).

Foto 13: resto vegetal en el limo orgánico (*gyttja*). Nícoles paralelos (escala 100 μm).

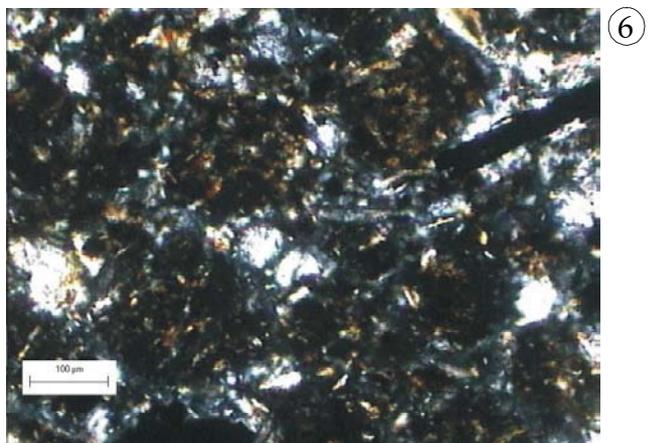
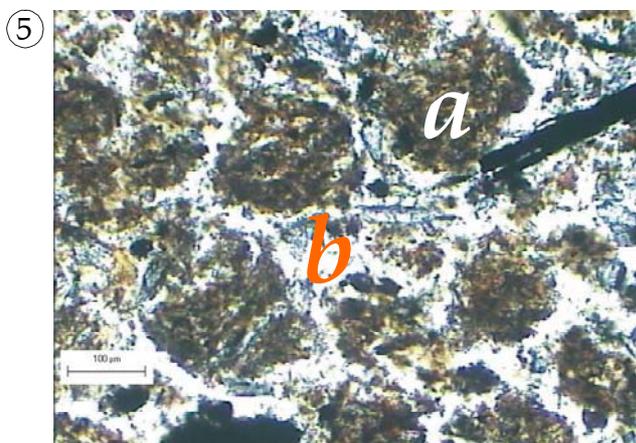
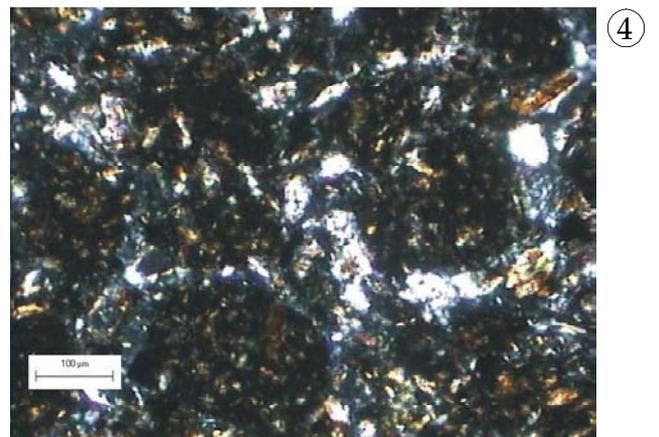
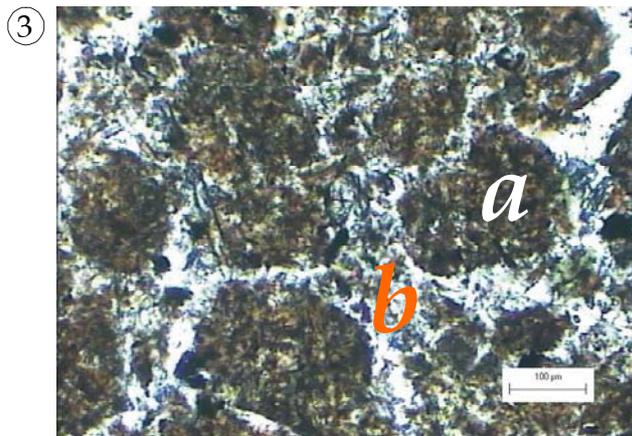
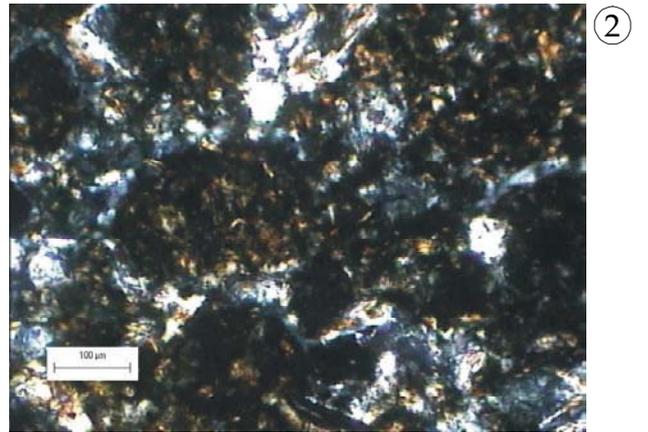
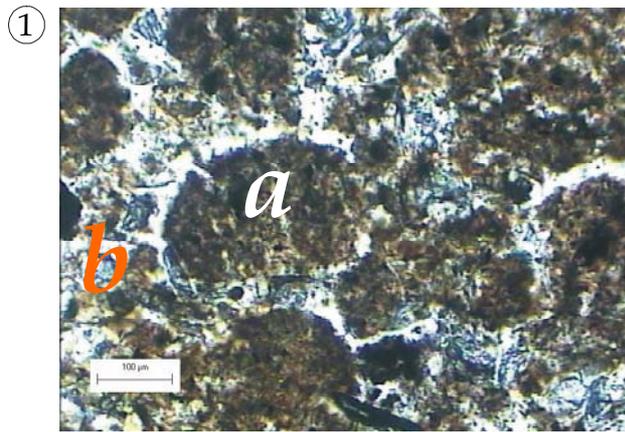
Foto 14: resto de valva de diatomea, perteneciente al Orden Pennales, en el limo orgánico (*gyttja*). Nícoles paralelos (escala 100 μm).

Foto 15 y 16: litoclasto de feldespato, tamaño arena, existente en el limo orgánico (*gyttja*) (Foto 15 en nícoles paralelos; Foto 16 en nícoles cruzados) (escala 100 μm).

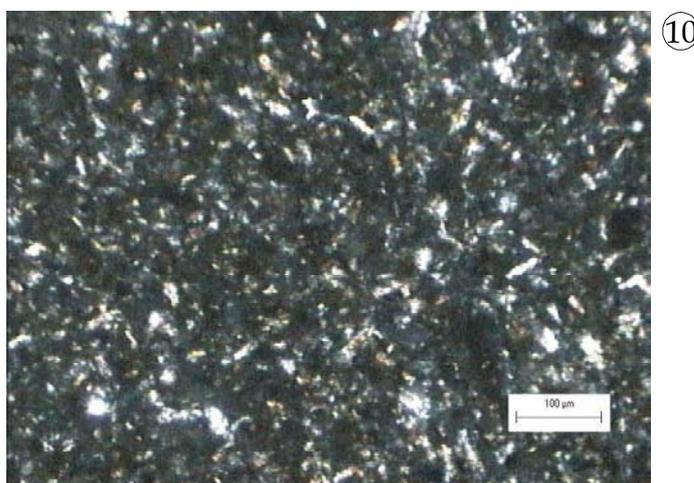
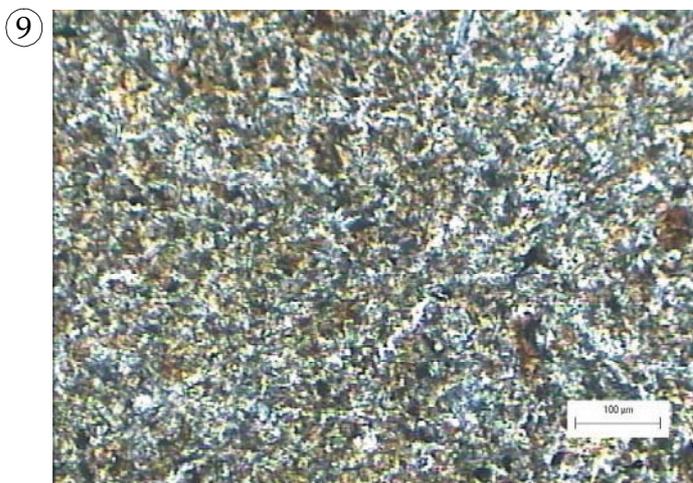
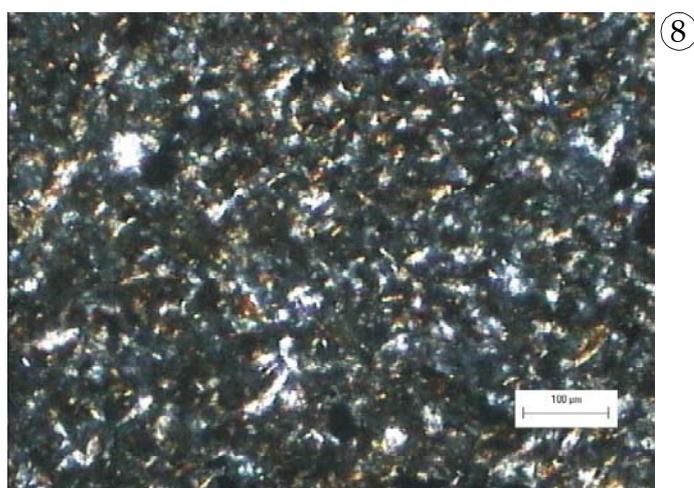
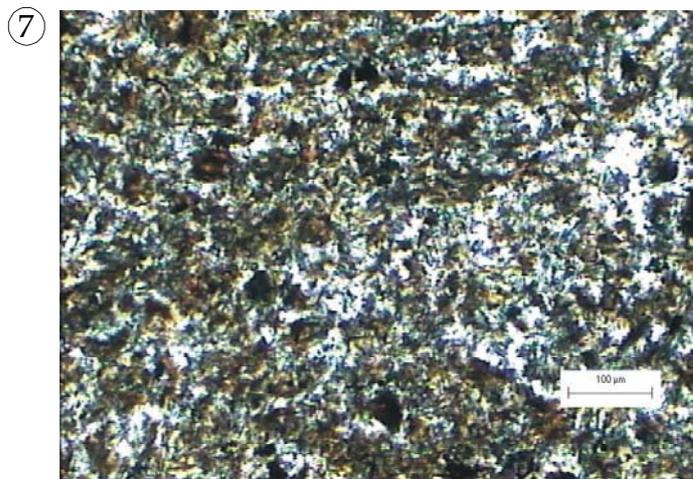
De **Foto 17 a 19**: restos de valvas de diatomeas pertenecientes al Orden Pennales, en el limo orgánico (*gyttja*). Nícoles paralelos (escala 100 μm).

Foto 20: resto vegetal en el limo orgánico (*gyttja*). Nícoles paralelos (escala 100 μm).

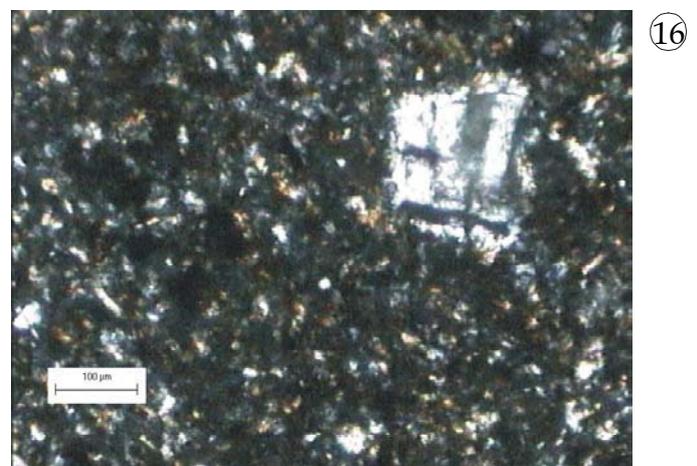
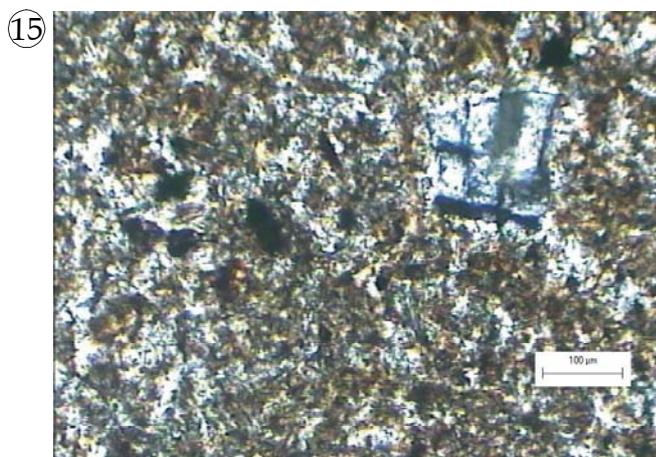
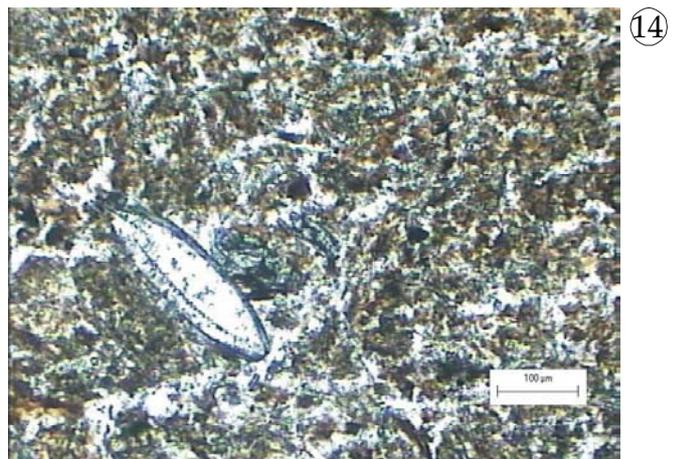
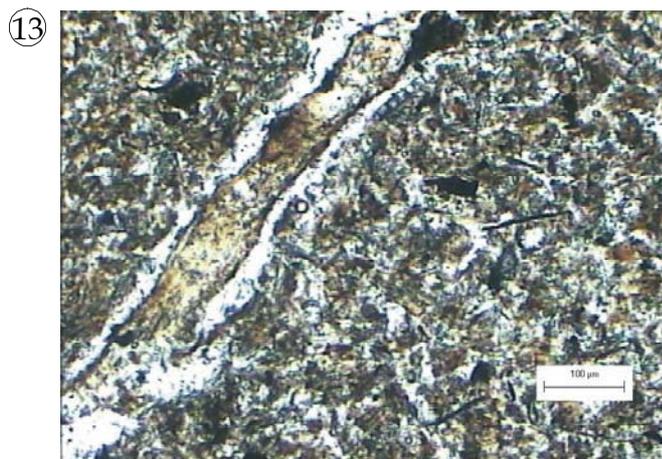
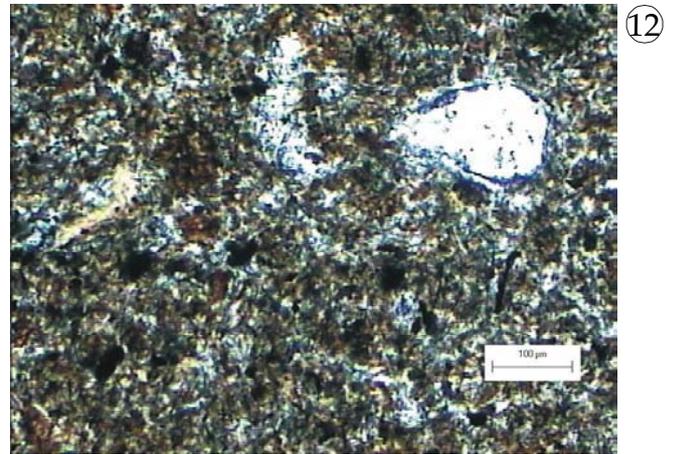
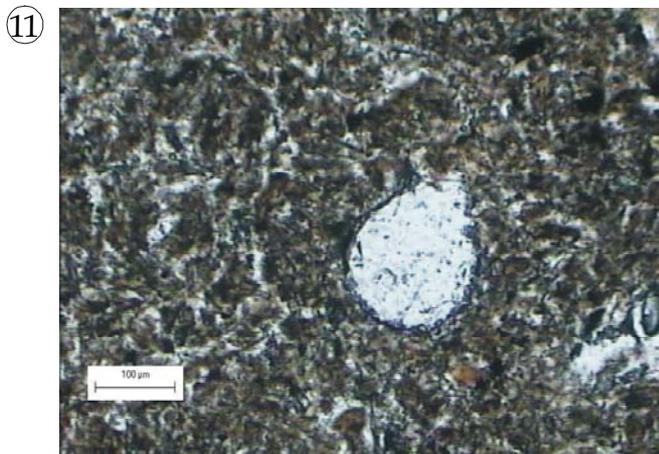
Hoja 1. Lámina delgada. Episodio Sedimentario Detrítico (ESD)



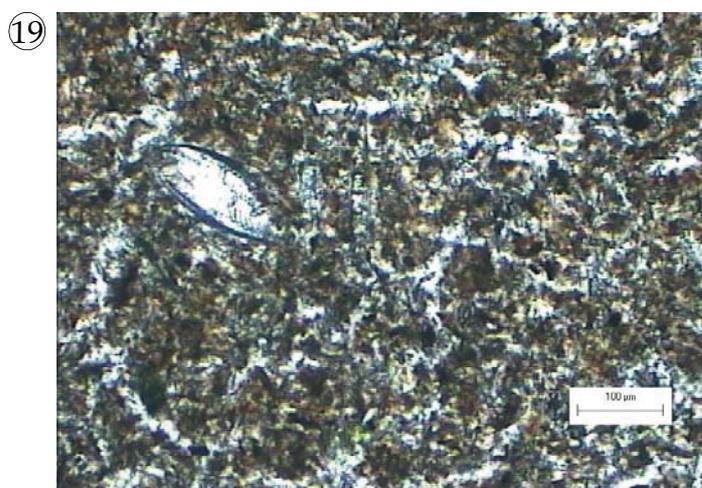
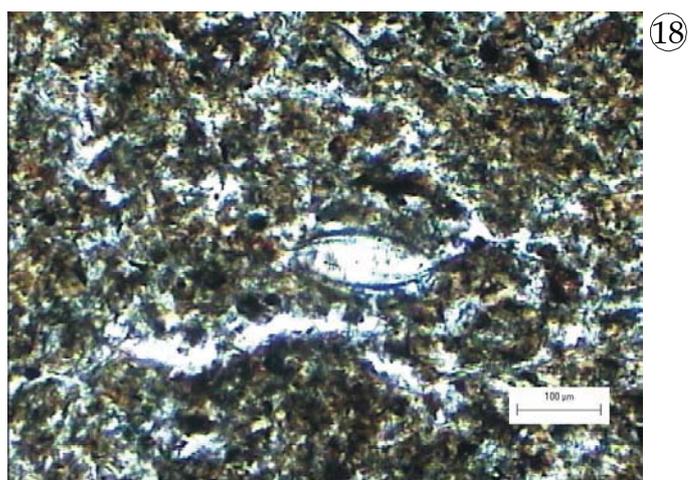
Hoja 2. Lámina delgada. Limo orgánico (gyttja): facies de limo masivo (Fm)



Hoja 3. Lámina delgada. Componentes bioclásticos y litoclásticos del limo orgánico (gyttja)



Hoja 4. Lámina delgada. Componentes bioclásticos del limo orgánico (gyttja)



Hoja 5. Imágenes SEM. Episodio Sedimentario Detrítico (ESD): limo arenoso.

De **Foto A a F**: aspecto del sedimento perteneciente al Episodio Sedimentario Detrítico (ESD). El horizonte ESD se caracteriza por tener una fracción detrítica muy importante (limo arenoso). El tamaño de grano es superior al limo orgánico (*gyttja*), y presenta una menor clasificación granulométrica. Se observan algunos grómulos de limo (ejemplo de la Foto E). La concentración de restos de diatomeas es muy baja.

Foto A: abundantes fragmentos detríticos minerales. Los fragmentos detríticos alcanzan con frecuencia el tamaño arena. Los restos de diatomeas se encuentran en muy baja concentración (escala 100 μm , aumento $\times 400$). *a = fragmentos detríticos minerales*

Foto B: abundantes fragmentos detríticos minerales. Los restos de diatomeas aparecen de forma dispersa y muy aislada (escala 50 μm , aumento $\times 600$). *a = fragmentos detríticos minerales, b = valva aislada de Aulacoseira distans*

Foto C: abundantes fragmentos detríticos minerales. Los restos de diatomeas se encuentran en muy baja concentración. En la imagen se observa un fragmento detrítico de cuarzo de considerable dimensión (tamaño arena), manifestando el carácter relativamente heterométrico y arenoso del horizonte ESD (escala 200 μm , aumento $\times 200$). *a = fragmentos detríticos minerales, b = fragmento detrítico de cuarzo tamaño arena*

Foto D: abundantes fragmentos detríticos minerales. Los restos de diatomeas aparecen de forma dispersa y muy aislada. La imagen evidencia el carácter relativamente heterométrico del ESD (escala 50 μm , aumento $\times 800$). *a = fragmentos detríticos de tectosilicatos, b = fragmentos detríticos de filosilicatos, c = valva aislada de Aulacoseira distans, d = ciste de crisofícea*

Foto E: abundantes fragmentos detríticos minerales. Los restos de diatomeas se encuentran en muy baja concentración. La imagen evidencia la existencia de un grómulos de limo, y la presencia de fragmentos minerales de grandes dimensiones (tamaño arena) (escala 100 μm , aumento $\times 400$). *a = fragmentos detríticos minerales, b = grómulos*

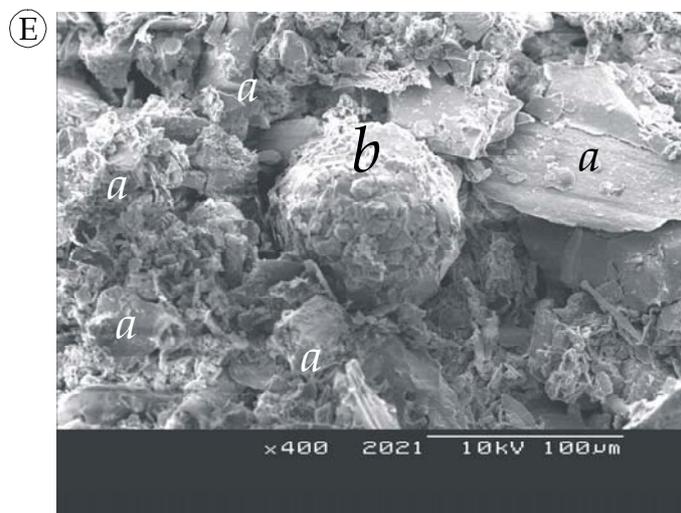
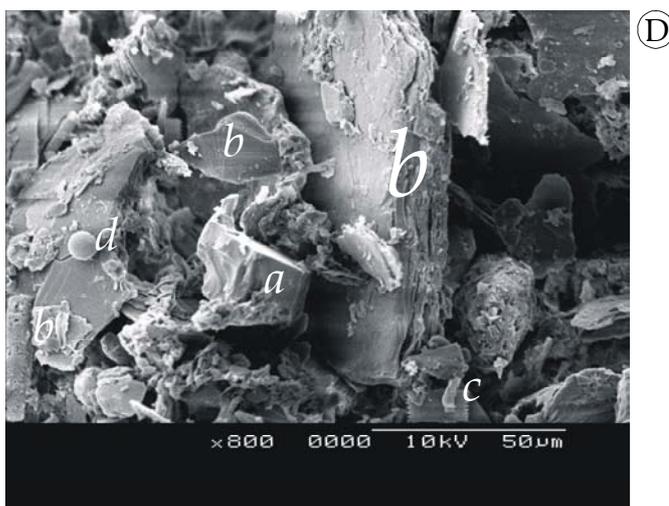
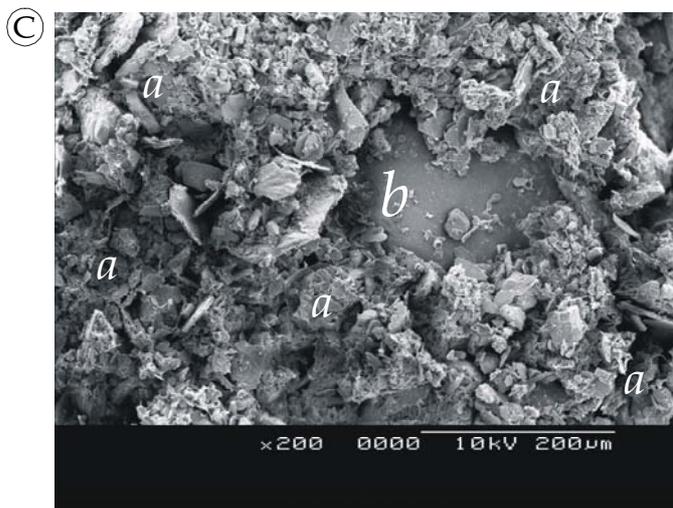
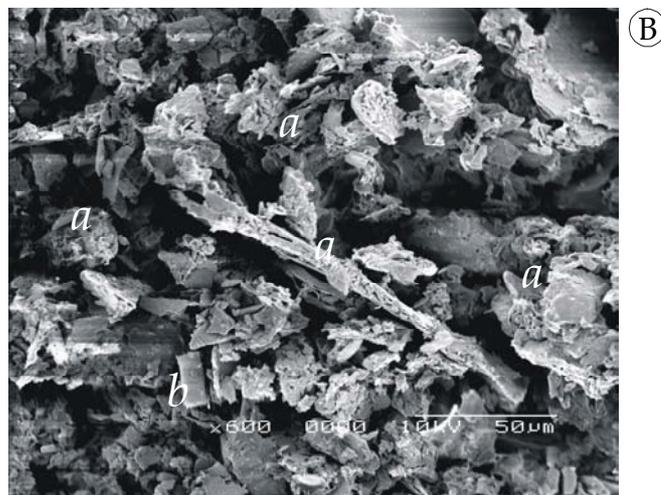
Hoja 6 y 7. Imágenes SEM. Limo orgánico (*gyttja*): facies de limo masivo (*Fm*).
(a excepción de Foto F)

Foto F: fragmento detrítico de cuarzo, tamaño arena, en el Episodio Sedimentario Detrítico (limo arenoso) (escala 50 μm , aumento $\times 1000$). *a = grano detrítico de cuarzo, con fractura concooidal*

De **Foto G a M**: aspecto del limo orgánico (*gyttja*). Matriz limosa bien clasificada de filosilicatos y tectosilicatos, con abundantes restos de diatomeas del Orden Centrales (*Aulacoseira distans*) y del Orden Pennales.

Foto G y H: aspecto general del limo orgánico (*gyttja*). La matriz detrítica evidencia un carácter homométrico (buena clasificación) (escala 100 μm , aumento $\times 300$). *a = Aulacoseira distans, b = fragmentos detríticos minerales, c = diatomea del Orden Pennales*

Hoja 5. Imágenes SEM. Episodio Sedimentario Detrítico (ESD)



*Hoja 6. Imágenes SEM. Limo orgánico (gyttja): facies de limo masivo (Fm)
(a excepción de Foto F)*

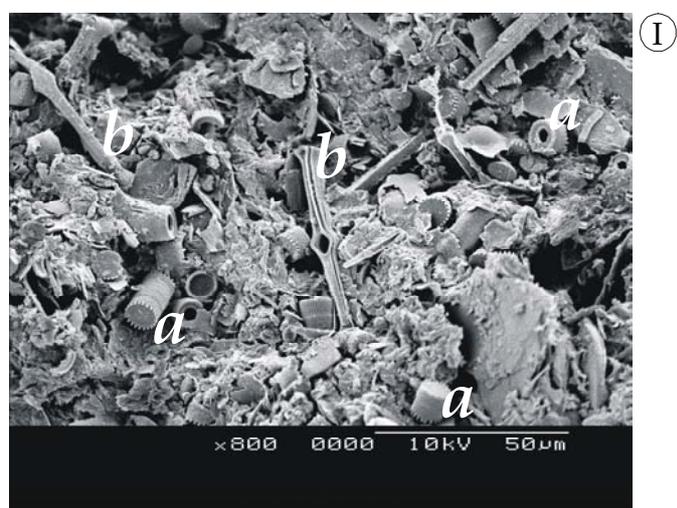
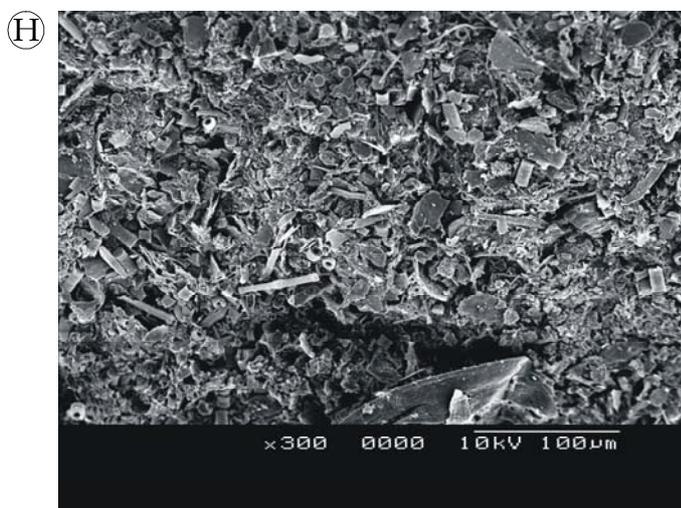
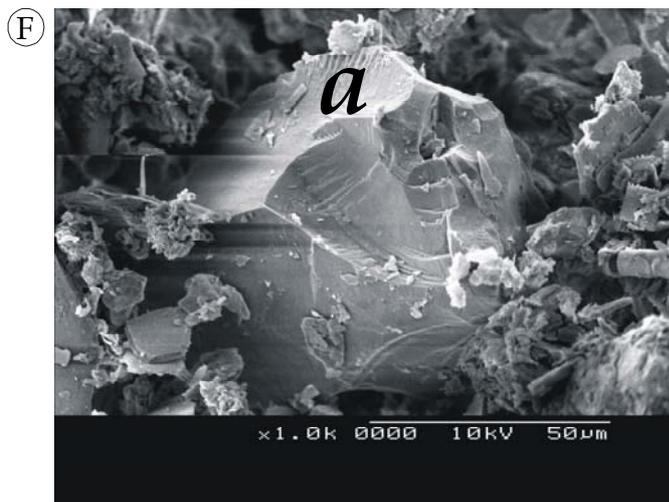


Foto I: detalle del limo orgánico (*gyttja*); restos de diatomeas del Orden Centrales (*Aulacoseira distans*) y Pennales (escala 50 μm , aumento x800). *a* = *Aulacoseira distans*, *b* = diatomeas del Orden Pennales

Foto J y K: aspecto general del limo orgánico (*gyttja*). El sedimento presenta abundantes restos de diatomeas (*Aulacoseira distans* y diversas diatomeas del Orden Pennales) (escala 100 μm , aumento x500 (Foto J) y x400 (Foto K)).

Foto L y M: detalle del limo orgánico (*gyttja*); restos de diatomeas del Orden Centrales (*Aulacoseira distans*) y del Orden Pennales (escala 20 μm , aumento x1500). *a* = *Aulacoseira distans*, *b* = diatomeas del Orden Pennales

Hoja 8. Imágenes SEM. Horizonte sedimentario NRI1.

De **Foto N a Q:** aspecto del sedimento perteneciente al horizonte sedimentario NRI1. El sedimento se caracteriza por presentar un contenido detrítico importante. El horizonte NRI1 no presenta una heterogeneidad granulométrica como en el horizonte ESD. Asimismo, el tamaño de grano es el propio del limo orgánico. El nivel NRI1 se caracteriza por evidenciar una baja concentración de restos de diatomeas.

Foto N: abundantes fragmentos detríticos minerales. Concentración muy baja de restos de diatomeas (escala 50 μm , aumento x600). *a* = fragmentos detríticos minerales

Foto O: abundantes fragmentos detríticos minerales. Se observan algunos restos muy dispersos de diatomeas del Orden Centrales (*Aulacoseira distans*) (escala 50 μm , aumento x800). *a* = fragmentos detríticos minerales, *b* = *Aulacoseira distans*

Foto P: abundantes fragmentos detríticos minerales. Concentración muy baja de restos de diatomeas (escala 50 μm , aumento x600).

Foto Q: abundantes fragmentos detríticos minerales. Concentración muy baja de diatomeas. Se observan algunos restos muy dispersos de diatomeas del Orden Centrales (*Aulacoseira distans*) y del Orden Pennales (escala 50 μm , aumento x600). *a* = fragmentos detríticos minerales, *b* = *Aulacoseira distans*, *c* = diatomea del Orden Pennales

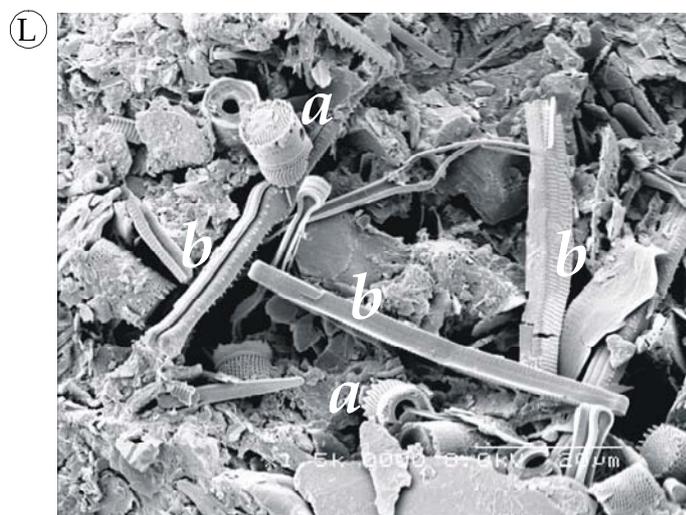
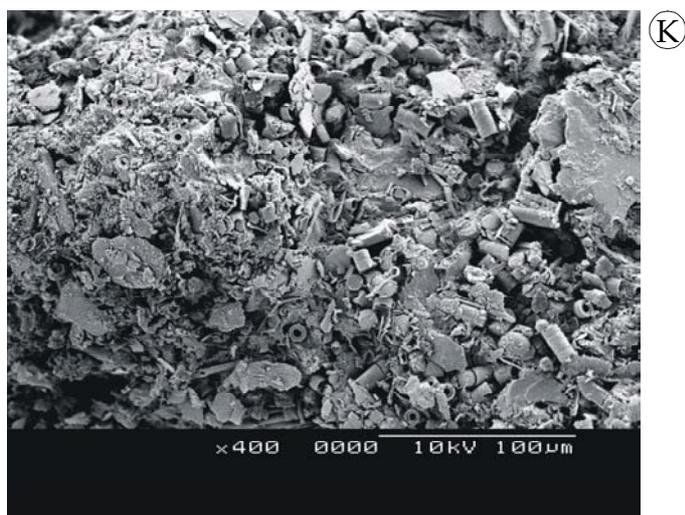
Hoja 9 y 10. Imágenes SEM. Detalles del limo orgánico (*gyttja*). Restos bioclásticos: diatomeas y cistes de crisofíceas.

De **Foto R a Z:** detalles de los restos bioclásticos que constituyen el limo orgánico (*gyttja*). Los componentes bioclásticos están representados principalmente por restos silícicos del fitoplancton y de la comunidad bentónica del sistema lacustre (valvas de diatomeas y cistes de crisofíceas).

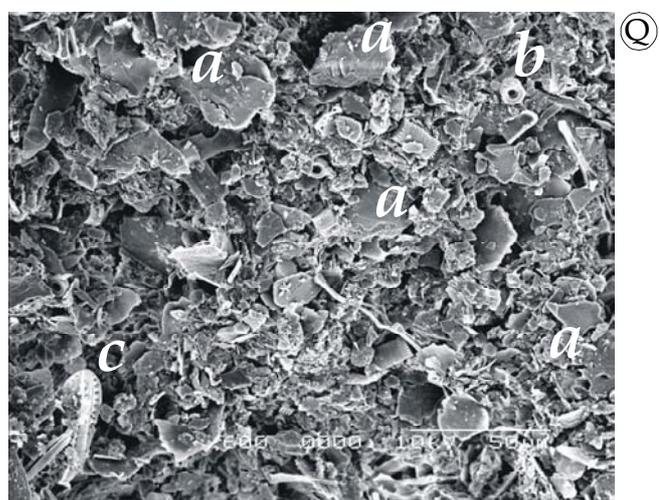
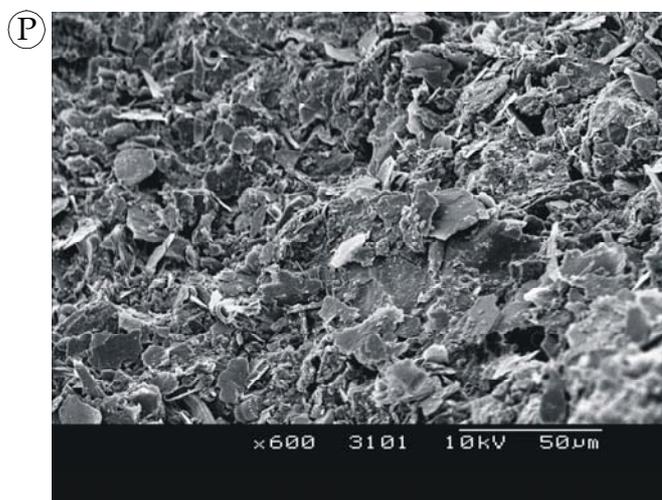
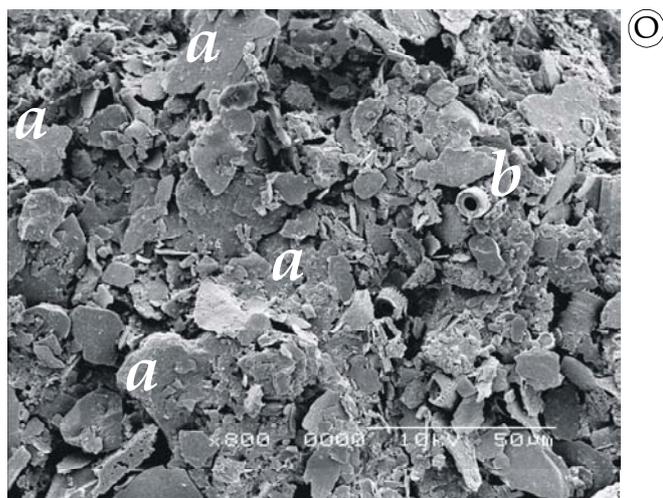
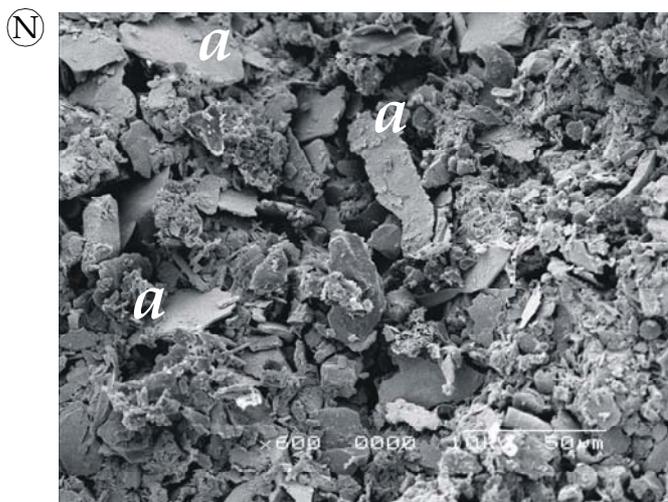
Foto R: restos de diatomeas del Orden Centrales (*Aulacoseira distans*) y del Orden Pennales (escala 20 μm , aumento x2000). *a* = *Aulacoseira distans*, *b* = diatomea del Orden Pennales, *c* = fragmento detrítico mineral

Foto S: detalle de un ciste de crisofíceas (escala 20 μm , aumento x2000). *a* = ciste de crisofíceas, *b* = fragmento detrítico mineral, *c* = diatomea del Orden Pennales

Hoja 7. Imágenes SEM. Limo orgánico (gyttja): facies de limo masivo (Fm).



Hoja 8. Imágenes SEM. Horizonte sedimentario NRI1



Hoja 9. Imágenes SEM. Detalles del limo orgánico (gyttja). Restos bioclásticos: diatomeas y cistes de crisofíceas

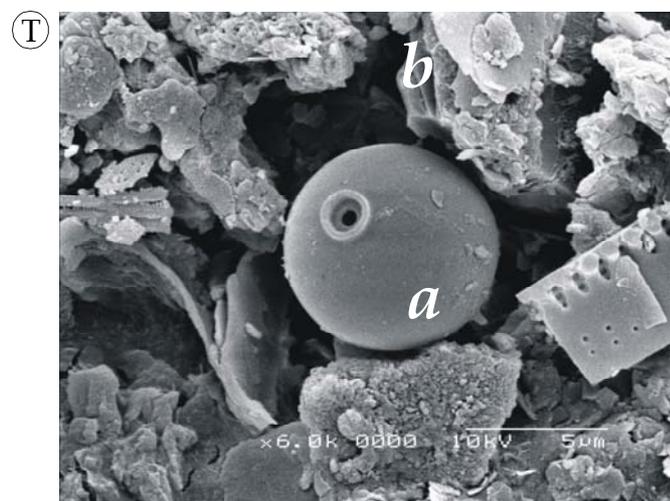
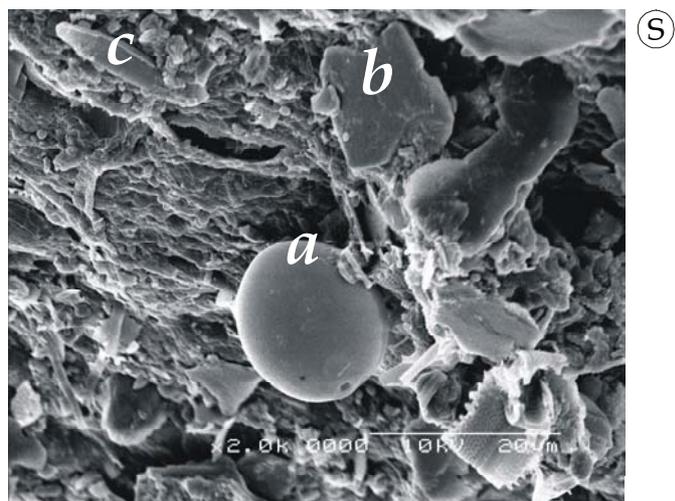
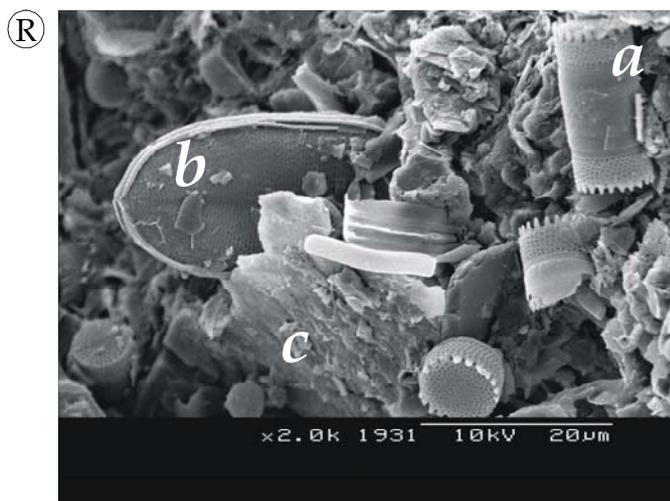


Foto T: detalle de un ciste de crisofícea (escala 5 µm, aumento x6000). *a* = ciste de crisofícea, *b* = fragmento detrítico mineral

Foto U: detalle de una diatomea del Orden Pennales, junto algunos restos de diatomeas del Orden Centrales (*Aulacoseira distans*) (escala 50 μm , aumento x1000). *a* = *Aulacoseira distans*, *b* = diatomea del Orden Pennales, *c* = fragmentos detríticos minerales

Foto V: restos de diatomeas del Orden Centrales (*Aulacoseira distans*) y del Orden Pennales (escala 20 μm , aumento x1500). *a* = *Aulacoseira distans*, *b* = diatomea del Orden Pennales, *c* = fragmentos detríticos minerales

Foto W: detalle de un ciste de crisofícea (escala 10 μm , aumento x5000). *a* = ciste de crisofícea, *b* = fragmentos detríticos minerales

Foto X: detalle de una diatomea del Orden Pennales de pequeño tamaño (escala 2 μm , aumento x15000). *a* = diatomea del Orden Pennales, *b* = fragmento detrítico mineral

Foto Y: detalle de un ciste de crisofícea. Alrededor se observan varios restos de valvas de diatomeas del Orden Centrales (*Aulacoseira distans*) y del Orden Pennales (escala 20 μm , aumento x2000). *a* = *Aulacoseira distans*, *b* = ciste de crisofícea, *c* = diatomea del Orden Pennales, *d* = fragmentos detríticos minerales

Foto Z: restos de diatomeas del Orden Centrales (*Aulacoseira distans*) y del Orden Pennales (escala 20 μm , aumento x2000). *a* = *Aulacoseira distans*, *b* = diatomea del Orden Pennales, *c* = fragmentos detríticos minerales

Hoja 11. Imágenes SEM. Detalles del limo orgánico (gyttja): tecamebas.

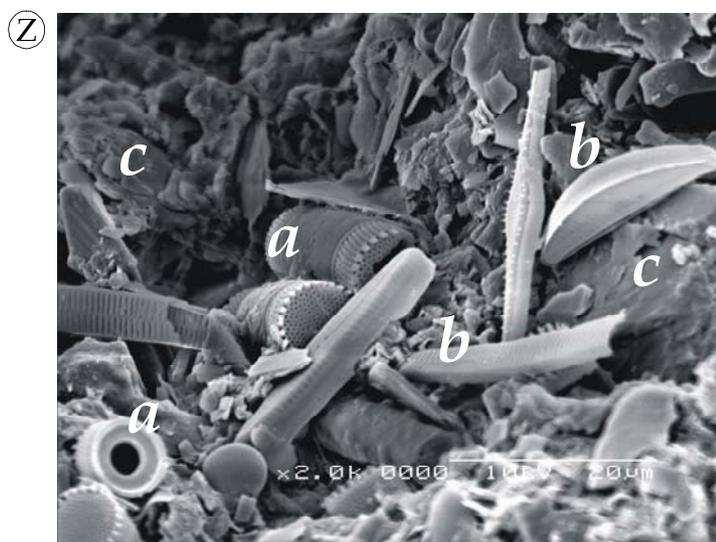
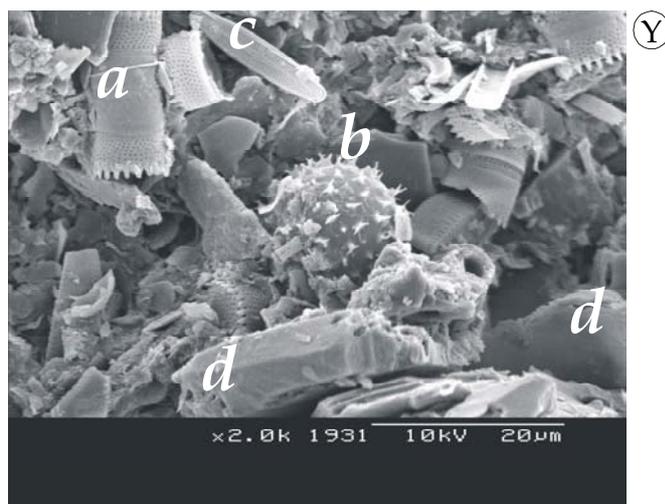
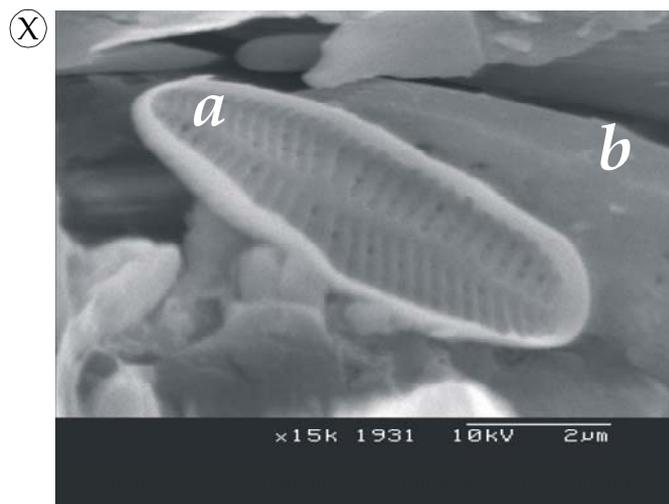
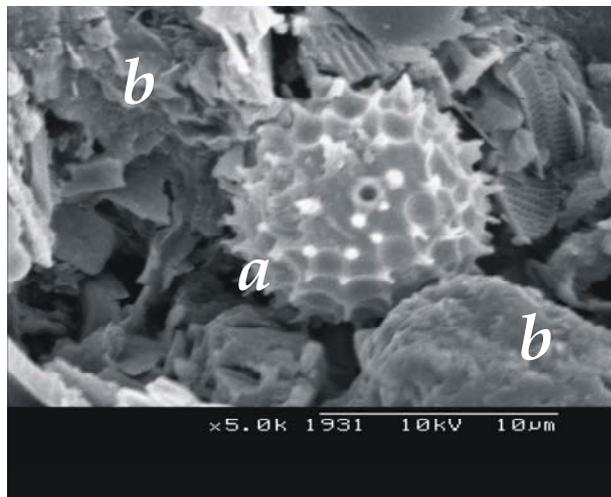
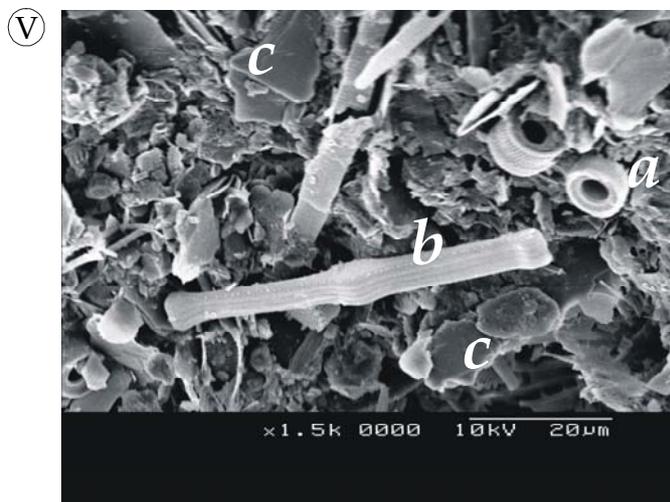
De **Foto AA a AD:** aspecto de las tecamebas existentes en el limo orgánico (gyttja). Presentan un tamaño de 150-250 μm . Su envoltura está formada por la yuxtaposición de piezas sueltas (fragmentos minerales detríticos, restos de diatomeas, etc.).

Fotos AA y AB: escala 200 μm , aumento x200

Foto AC: escala 100 μm , aumento x500

Foto AD: escala 50 μm , aumento x800

Hoja 10. Imágenes SEM. Detalles del limo orgánico (gyttja). Restos bioclásticos: diatomeas y cistes de crisofíceas



Hoja 11. Imágenes SEM. Detalles del limo orgánico (gyttja): tecamebas

