

HOJA Nº 388 (LERIDA)
NEOTECTÓNICA.

Luis ARLEGUI CRESPO y Carlos LIESA CARRERA
Departamento de Geología. Universidad de Zaragoza.

INTRODUCCION.

Antes de pasar a describir e interpretar las estructuras neotectónicas que aparecen en el ámbito de la hoja estudiada conviene explicar cuáles son los límites cronológicos que se han establecido para definirlos, así como los criterios por los que pueden reconocerse e identificarse sus distintos tipos. En este trabajo se han considerado como estructuras pertenecientes al ámbito de la neotectónica aquéllas cuya edad, comprobada o interpretada, se sitúa en el Mioceno superior, Plioceno o Cuaternario. Hay que dejar claro que ello no implica que nuestro estudio deba limitarse estrictamente a las deformaciones que afectan a depósitos datados en estos periodos.

Teniendo esto en cuenta, existen dos fenómenos fundamentales que afectan a los materiales de la serie oligocena y los cuaternarios, pero cuya edad puede interpretarse razonablemente como situada en el Mioceno superior-Cuaternario:

(i) Sistemas de fracturas de escala generalmente decimétrica a métrica, que afectan a los niveles competentes oligocenos (calizas y areniscas, fundamentalmente) y cuaternarios, y siguen unos patrones geométricos bastante sistemáticos que, como ya veremos, permiten relacionarlas con las trayectorias regionales del campo de esfuerzos reciente.

(ii) La evolución del río Corb en la vecina hoja de Tàrraga (GALLART *et al.*, 1984) se manifiesta en nuestro entorno por la presencia de potentes series detríticas cuaternarias en la zona del Pla d'Urgel (zona más oriental de la hoja), y se considera como una manifestación de tectónica cuaternaria.

LA FRACTURACION EN MATERIALES DE EDAD CUATERNARIA

Las únicas evidencias de deformación en materiales de edad cuaternaria que se han observado en el ámbito de esta Hoja son fracturas verticales a subverticales (fotos 3-6 en anexo) que a veces se encuentran ligeramente abiertas y con relleno de carbonatos pulverulentos. Presentan mejor desarrollo y sistematicidad en facies limosas que en las detríticas groseras. No obstante, se han observado fracturas bien desarrolladas en terrazas muy cementadas. Se han encontrado principalmente en materiales a los que se atribuye una edad pleistocena. Las estaciones se reparten de la siguiente manera:

- Una estación en un depósito de glacia subactual (estación 9).
- 2 estaciones en materiales atribuidos al Pleistoceno superior.
- 9 estaciones en materiales atribuidos al Pleistoceno medio.
- 7 estaciones en materiales atribuidos al Pleistoceno inferior.

Las estaciones presentan un número de medidas que es, grosso modo, correlacionable con la densidad de fracturación en el material correspondiente, aunque desde luego influya la calidad del afloramiento. Esta densidad deducida es considerablemente mayor en los materiales del Pleistoceno inferior. Resulta por demás absolutamente lógico que así sea dado su mayor grado de cementación y antigüedad. Las relaciones de corte entre unas fracturas y otras resulta indiscifrable.

Se han encontrado dos fracturas de orientaciones 060, 35 S y 072, 50 S que presentan cantos girados por una cizalla normal (fotos 1 y 2)

Se han estudiado un total de 19 estaciones de fracturas en materiales cuaternarios. En cada una se ha tomado el máximo número posible de medidas de direcciones. Anexos a esta memoria se presentan los histogramas "suavizados" correspondientes a todas ellas, mientras en el mapa 1:50.000 se hace una representación esquemática de las familias dominantes. Se observa cómo en la mayoría de las estaciones aparece una familia principal de dirección próxima a NW-SE coexistiendo con una segunda familia perpendicular ó casi perpendicular a la anterior. Lo normal es que la familia NW-SE sea numéricamente la más importante debido a que presenta un espaciado menor, pero también existen casos en los que ambas tienen un peso similar (estación 1). También aparecen representadas otras dos familias como son la E-W (que aparece desdoblada en dos poblaciones) y su perpendicular.

El patrón de fracturación descrito es constante en todo el sector central de la Cuenca del Ebro y Cordillera Ibérica, y afecta por igual a materiales de diversas edades a lo largo de todo el Neógeno y Cuaternario. Tales características regionales permiten explicarlo en el contexto del campo de esfuerzos reciente. El modelo propuesto por SIMON GOMEZ (1989) para dicho campo de esfuerzos postula, en síntesis, la superposición de una compresión N-S (originada por el acercamiento entre las placas Africana, Ibérica y Europea, muy activa en las Béticas en ese tiempo y mitigada al desplazarnos hacia el Norte) y una distensión radial o multidireccional (causada por un proceso de *doming* cortical ligado al *rifting* del Este peninsular). El resultado es un régimen de distensión tendente a multidireccional, con el eje σ_2 situado en dirección N-S, es decir, coincidente con el eje σ_1 del campo compresivo. Paralela a dicho eje se formaría la familia N-S de fracturas tensionales. En el momento en que esto ocurre el esfuerzo σ_3 extensivo experimenta una relajación que da lugar a su intercambio con el eje σ_2 , lo que propicia la formación de nuevas fracturas perpendiculares a las primeras. Este tipo de intercambio de ejes, y las consecuencias que tiene sobre el esquema de fracturación, han sido demostrados recientemente mediante modelización de campos de extensión radial tanto desde el punto de vista matemático (utilizando el método de los elementos finitos) como experimental (SIMON *et al.*, 1988).

Las direcciones anómalas NW-SE y su perpendicular que son dominantes en el ámbito de esta hoja podrían interpretarse como producto de una desviación de las trayectorias de esfuerzos por efecto de fallas mayores preexistentes en el sustrato. De acuerdo con los mismos modelos de SIMON *et al.* (1988), las trayectorias de σ_2 y σ_3 son desviadas por dichas fallas y tienden a hacerse paralelas o perpendiculares a las mismas. Si tenemos en cuenta que la existencia de una fracturación mayor ESE a SE parece algo consustancial a la estructuración de la Cuenca del Ebro, y que en el sector oriental de la misma ha sido detectada a partir de datos del subsuelo una lineación NE-SW en el sustrato pre-terciario (RIBA *et al.*, 1983) no nos parece descabellada dicha interpretación. De hecho, GALLART *et al.* (1984) interpretan a partir de depósitos cuaternarios la existencia de basculamientos hacia el NW en la zona situada al E del Segre, que podrían estar relacionados con dicho accidente.

Algunas de las fracturas presentan un relleno de carbonato pulverulento (fotos 5 y 6) lo que permite deducir una cierta apertura de los labios de la fractura. Estas constituyen el 10% del total de fracturas observadas.

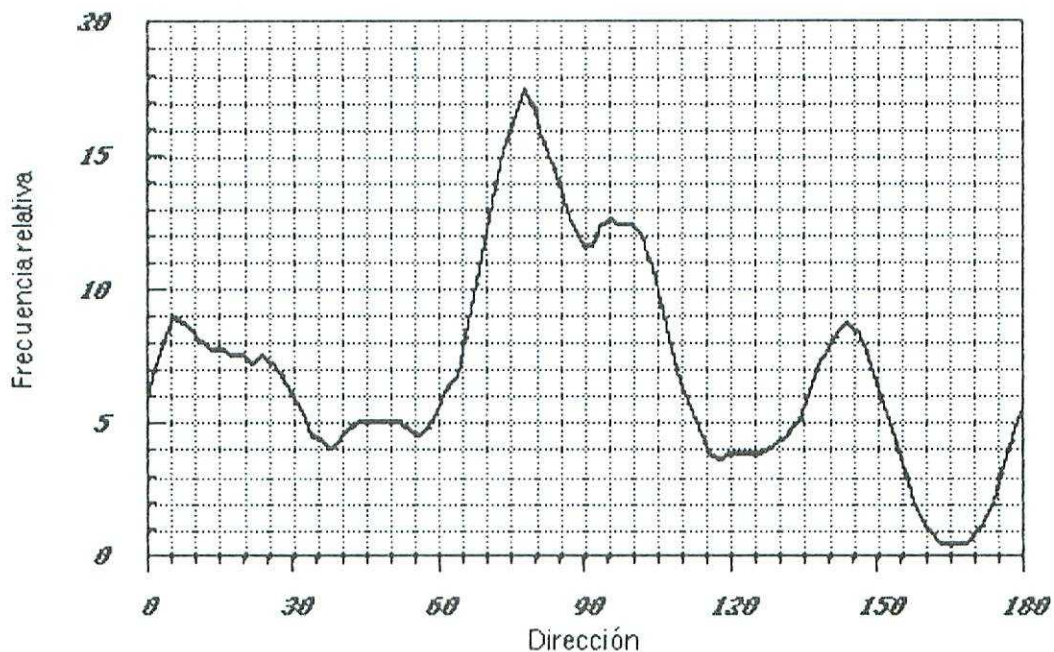


Figura 1. Curva suavizada de la orientación de las fracturas rellenas de carbonatos en materiales cuaternarios. La frecuencia relativa se obtiene por el método del doble suavizado (ver anexo). Explicación en el texto.

Si representamos la dirección de estas fracturas rellenas frente a su frecuencia relativa (método de suavizamiento, ver anexo) observamos que hay presentes fracturas en casi todas las direcciones, con varios máximos de los que el más acentuado se sitúa en 075. Ello permite corroborar que la zona ha experimentado durante el Cuaternario una extensión multidireccional, si bien se aprecia una extensión máxima en la dirección 165 y mínima en la dirección 075.

SISTEMAS DE DIACLASAS EN MATERIALES OLIGOCENOS

Todos los niveles competentes oligocenos, con un especial desarrollo en las calizas y areniscas, muestran un diaclasado bastante intenso, con planos generalmente subverticales de escala decimétrica a métrica. El espaciado entre los planos de una

misma familia es función del propio espesor de las capas afectadas, de forma que aumenta al hacerse éste.

Se trata de planos de traza rectilínea, en general, si bien algunos presentan cierta irregularidad, especialmente los que aparecen en litologías detríticas. Se encuentran agrupados en cuatro familias principales, la NW-SE, su perpendicular NE-SE, la E-W, que al igual que en las fracturas cuaternarias aparece desdoblada, y su perpendicular la N-S. Su continuidad oscila según de qué familia se trate: la familia NW-SE posee una continuidad de escala métrica a decamétrica, en tanto que la familia NE-SW la tiene centimétrica a decimétrica, encontrándose sus planos confinados entre los de la familia NW-SE e interrumpiéndose contra aquellos.

La familia NW-SE es la más sistemática de todas (foto 7), lo que se pone de manifiesto por una menor dispersión de las orientaciones en cada afloramiento (Ver histogramas anexos). Su orientación oscila, sin embargo, bastante en el ámbito de la Hoja, llegando a confundirse en ocasiones con la familia N-S, con la que se solapa (estaciones 11, 14). La familia E-W es menos sistemática, lo que quizá se deba a que se encuentra desdoblada en dos poblaciones, es decir, se presenta como bimodal; una posible explicación de este desdoblamiento es que se trate de familias de "diaclasas conjugadas con bajo ángulo dihedral" (MUEHLBERGER, 1961), con lo que cierta componente de cizalla habría jugado en su génesis, si bien creemos que predominaría una componente tensional.

Si seguimos la clasificación realizada por HANCOCK (1985) para los "estilos arquitectónicos" de diaclasas, observamos que predomina el estilo en H (foto 7), formado por una familia primaria sistemática, en este caso NW contra la que se corta una secundaria, NE, que puede tener (como es nuestro caso) una menor sistemática. Debe tenerse en cuenta que esto sólo resulta válido en aquellos casos en que esté presente una familia y su perpendicular, pues si aparecen más familias las relaciones de corte observadas no corresponden propiamente a un esquema arquitectónico definido sino que resulta más bien la superposición de dos análogos, en H, girados uno respecto de otro.

LA EVOLUCIÓN RECIENTE DEL RÍO CORB Y EL PLA D'URGELL

El Pla d'Urgell es una amplia depresión situada al este del río Segre, en esta zona se encuentra una gran cantidad de depósitos de gravas cuaternarias cuyo volumen y extensión no está justificado por los relieves de donde proceden (GALLART *et al.*, 1984). El análisis de la cartografía de estas acumulaciones, de la angulosidad y morfometría de sus cantos, así como de la red de drenaje actualmente observable permitió a GALLART *et al.* (1984) llegar a la conclusión de que el río Corb había sufrido un cambio en su trazado en el cuaternario debido a un basculamiento hacia el NW del sector meridional del Pla d'Urgell.

En esta hoja la manifestación de estos procesos es la presencia de varios relieves con acumulaciones de gravas calcáreas angulosas por encima de la actual red de drenaje, entre las localidades de Bell-lloch y Puigverd de LLeida (zona oriental de la hoja). También se encuentran débiles basculamientos de la serie oligocena hacia el W y NW en la zona surmeridional de la hoja.

CONCLUSIONES.

Hacia el Mioceno superior-Plioceno y Cuaternario se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque no se manifiesta por fallas cartográficas, sí produjo un sistema de fracturas bastante homogéneo. El campo de esfuerzos sería una distensión tendente a radial con σ_3 próximo a E-W, lo que hace que se forme una familia de diaclasas en torno a N-S. El intercambio de σ_2 y σ_3 en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar a una familia secundaria en dirección E-W habitualmente desdoblada, este campo secundario está mejor representado que el primario, aunque no alcanza la importancia del perturbado. En esta zona la presencia de una fracturación previa NE-SW es probablemente la razón de que las trayectorias del campo de esfuerzos regional se desvíen para hacerse paralelas y perpendiculares a las mismas, predominando netamente este campo sobre el primario. La existencia de este tipo de fracturas viene apoyado por la presencia de un basculamiento hacia el NW de las series oligocenas interpretado por GALLART *et al.* (1984) a partir de la evolución cuaternaria del río Corb en la Pla d'Urgell.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestra gratitud al Dr. Simón Gómez por la ayuda prestada tanto en la orientación general del trabajo como en la discusión de las interpretaciones que en él se hacen.

BIBLIOGRAFIA.

- GALLART, F.; CALVET, J. y CLOTET, N. (1984): Observaciones geomorfológicas en el sector sur del Pla d'Urgell, posible influencia de deformaciones tectónicas recientes en el origen de esta depresión. *Acta Geológica Hispánica*, **19** (2): 75-80
- HANCOCK, P.L., y ENGELDER, T. (1989): Neotectonic Joints. *Geological Society of America Bulletin*, **101**: 1197-1208.
- MUEHLBERGER, W.R. (1961): Conjugate joint sets of small dihedral angle. *Journal of Geology*, **69**: 211-219
- RIBA, O.; REGUAN, S.; y YILLENNA, J. (1983): Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la Cuenca Terciaria del Ebro. in IGME (1983): *Libro jubilar J.M. Ríos*. Tomo 2 pág.: 131-159. Madrid.
- SIMON GOMEZ J.L. (1989): Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin. *Journal of Structural Geology*, **11** (3): 285-294.
- SIMON, J.L.; SERON, F.J. y CASAS, A.M. (1988): Stress deviation and fracture development under multidirectional extension regime. Mathematical and experimental approach with field examples. *Annales Tectonicae*, **2** (1): 21-32.
- WISE, D.U. y McCRORY, T.A.; (1982). A new method of fracture analysis: Azimuth versus traverse distance plots. *Geological Society of America Bulletin*, **93**: 889-897

ANEXO
RESULTADOS DEL ANALISIS
DE ESTRUCTURAS FRAGILES A ESCALA DE AFLORAMIENTO.

Histogramas de las poblaciones de diaclasas medidas en las estaciones estudiadas en materiales cuaternarios y oligocenos:

En cada cada histograma están representados al menos 50 datos. El elegir este proceso de elaboración de los mismos responde a dos circunstancias:

(1) El número de datos tratados garantiza que el uso de una metodología estadística va a proporcionar resultados significativos.

(2) El proceso de suavizamiento, descrito a continuación, tiene como objeto el eliminar el "ruido" introducido por la toma de datos y por el carácter parcialmente estocástico de la fracturación natural.

Este procedimiento consiste en:

(i) División de las posibles orientaciones (000-179) en clases (en nuestro caso hemos tomado clases de 2º de amplitud).

(ii) Recuento del número de mediciones asignables a cada clase, siguiendo el criterio de asignar a cada clase las medidas que se situaban en una ventana de 14º en torno al centro de la misma. Este paso es lo que se suele denominar como "primer suavizamiento". La repetición del proceso aumenta el grado de fiabilidad de los resultados (WISE & MCCRORY, 1982).

(iii) Aplicación de la fórmula de corrección. Esta fórmula permite comparar los resultados obtenidos en estaciones de las que se tuvieran diferente número de medidas (en este caso el número de medidas por estación oscilaba entre 50 y 140). La mencionada fórmula es:

$$F = \frac{180 \times N}{T \times 14}$$

donde:

N es el número de medidas leídas en cada ventana de conteo

T es el número de medidas en esa estación

(iv) Representar cada clase con su F correspondiente

Lámina-1

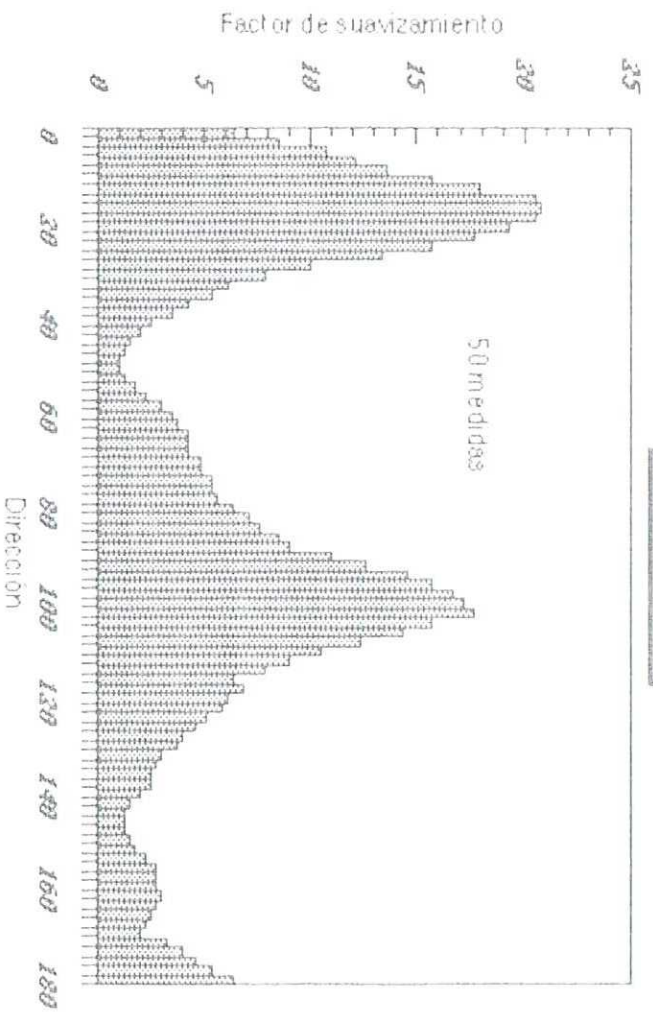
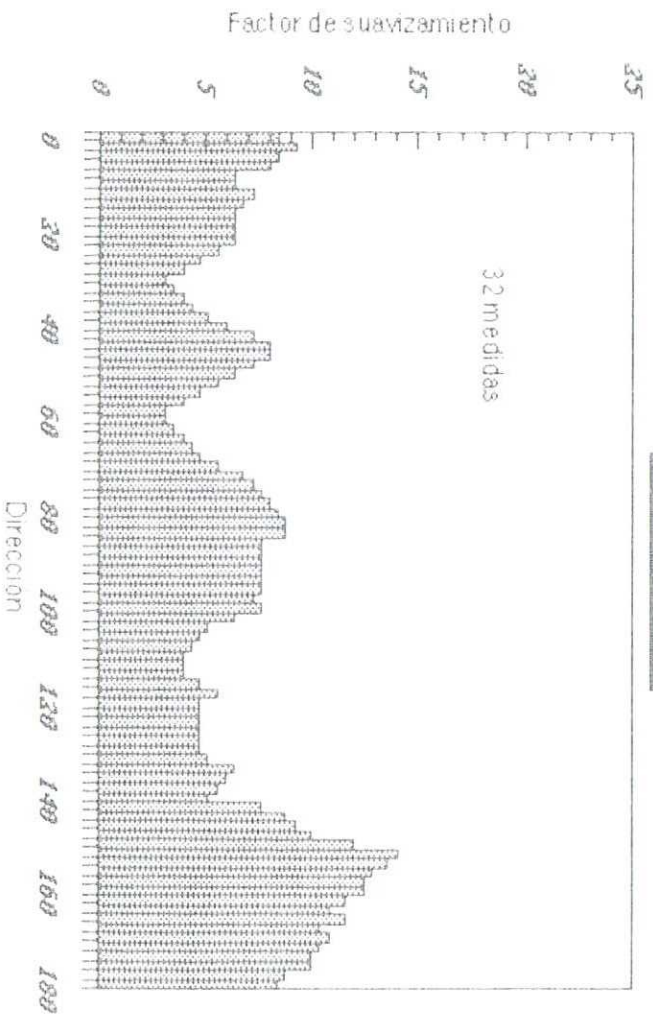
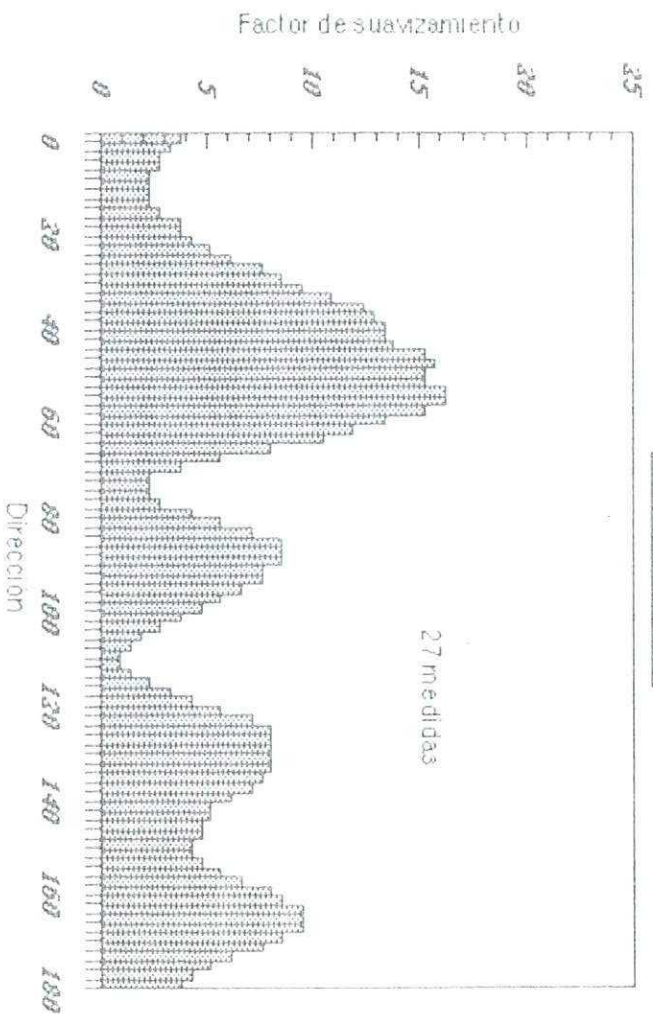


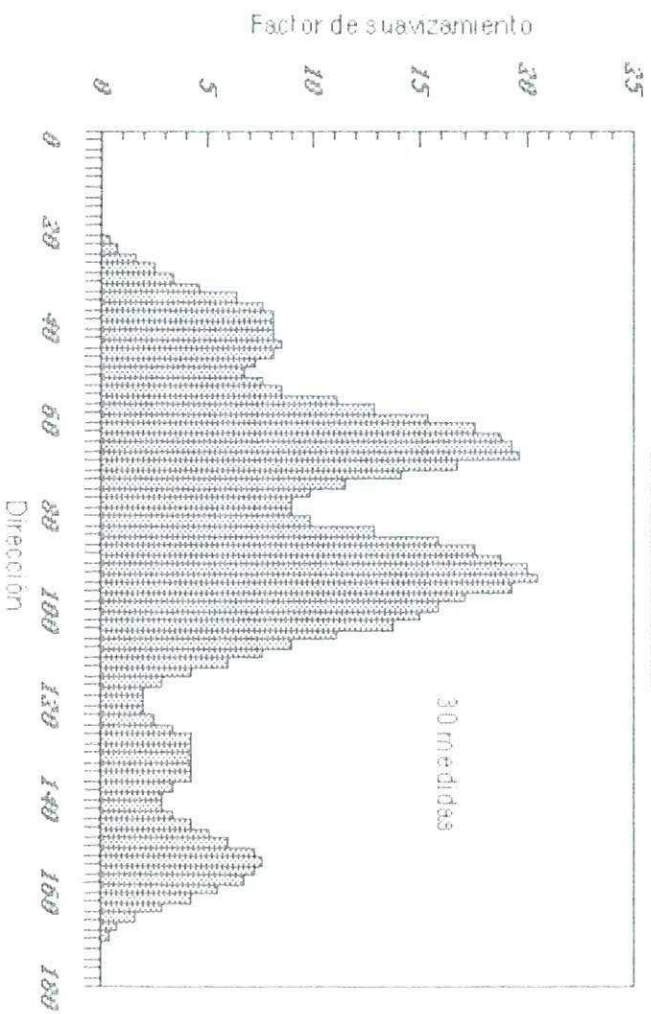
Lámina-2



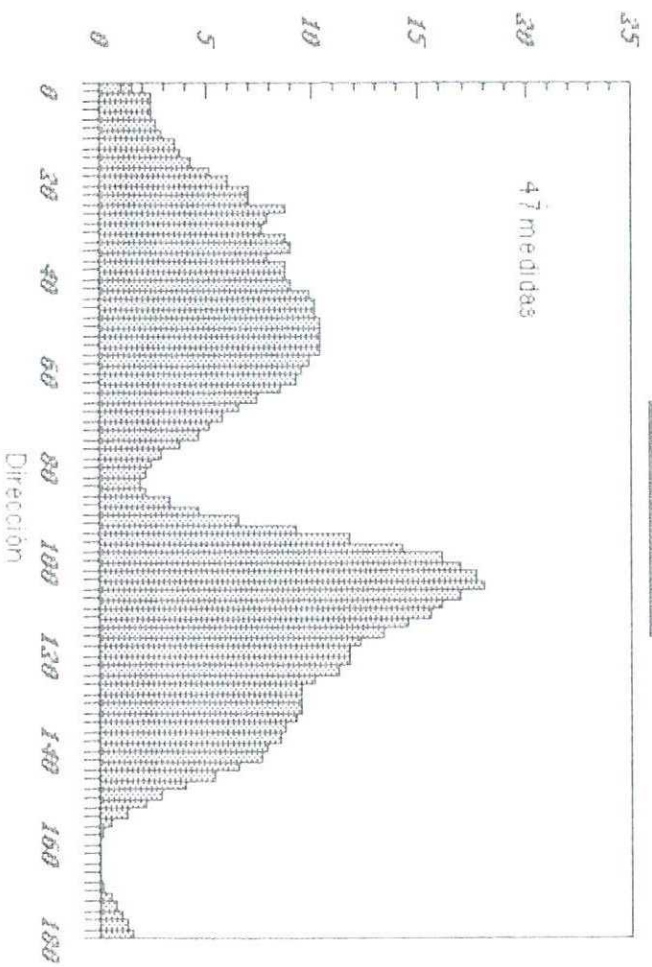
Lámina=3.



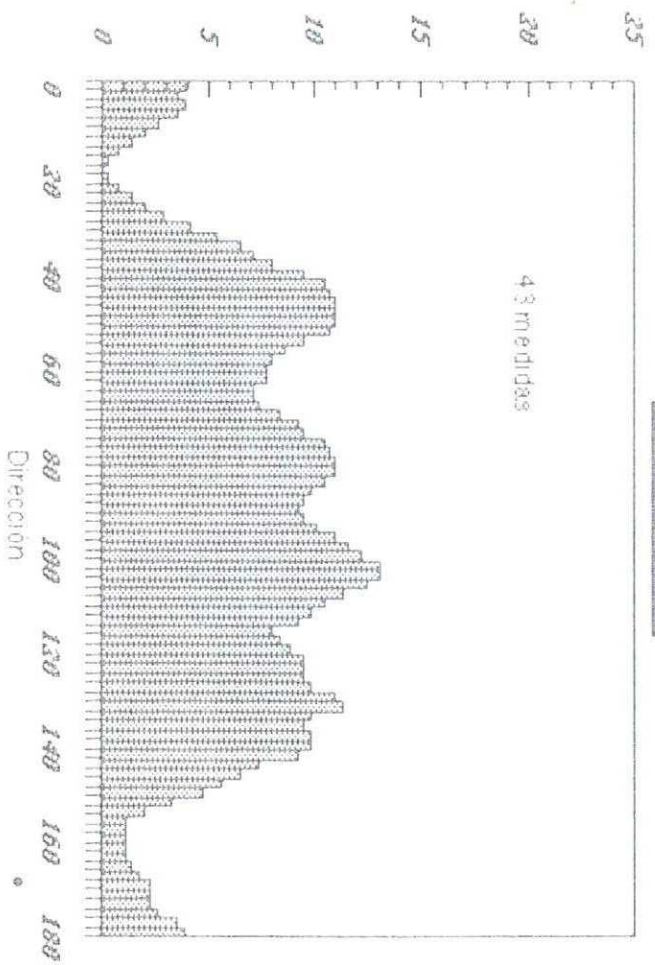
Lámina=4.

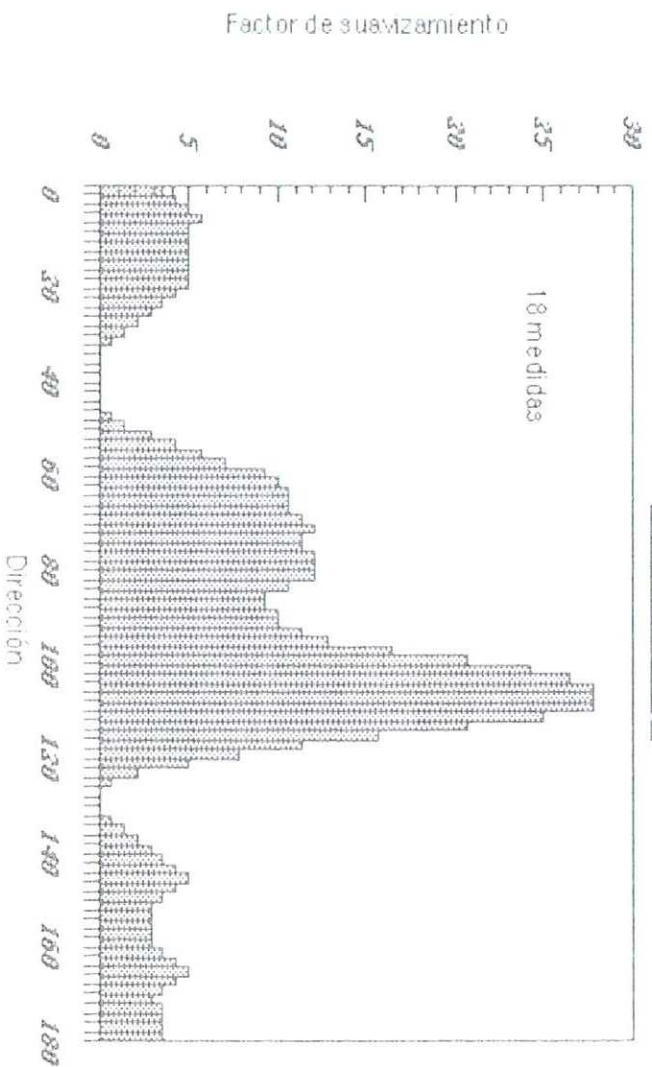
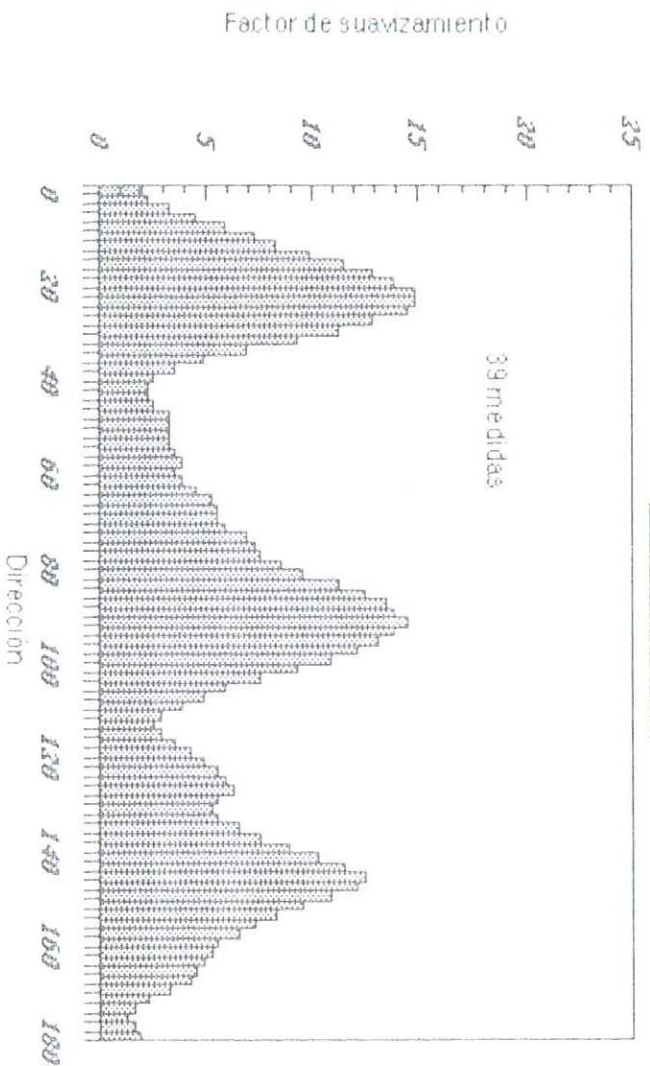


Factor de suavizamiento

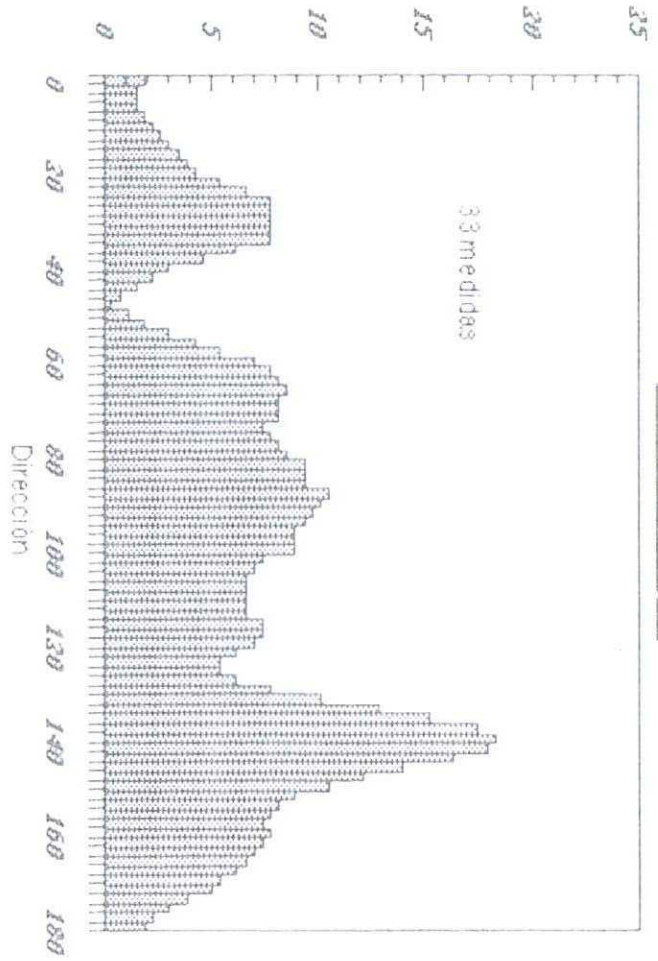


Factor de suavizamiento



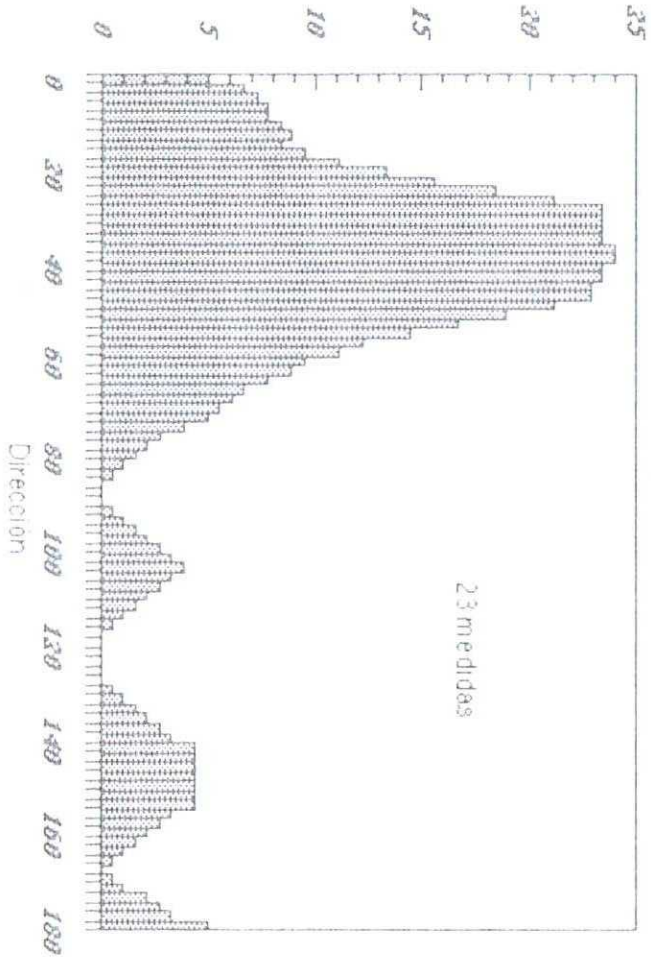


Factor de suavizamiento



L&Rida=9

Factor de suavizamiento



L&Rida=10

Lámina-11

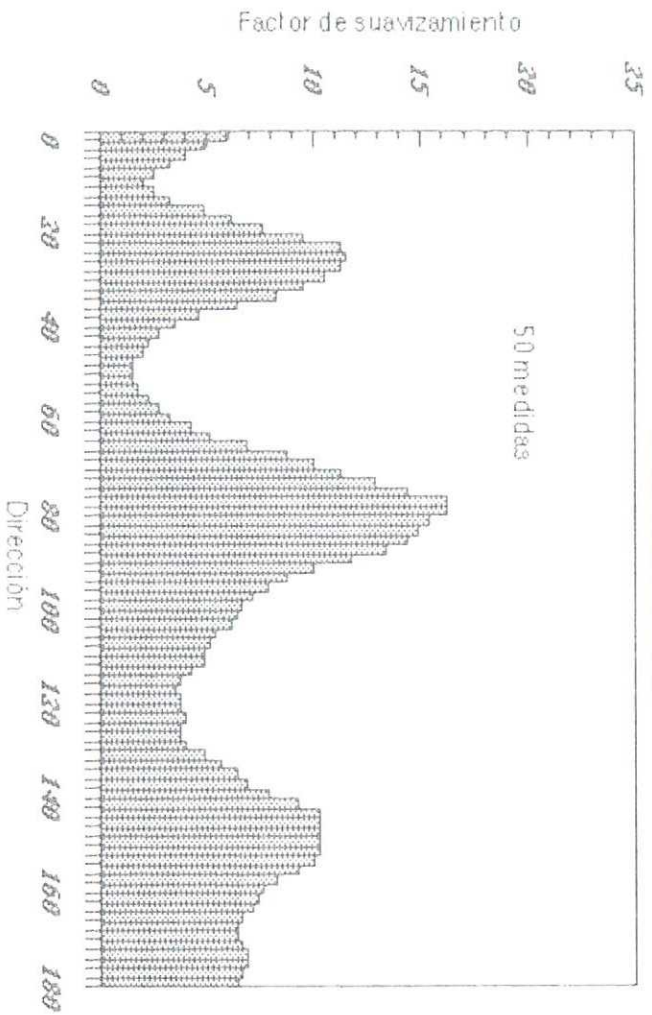
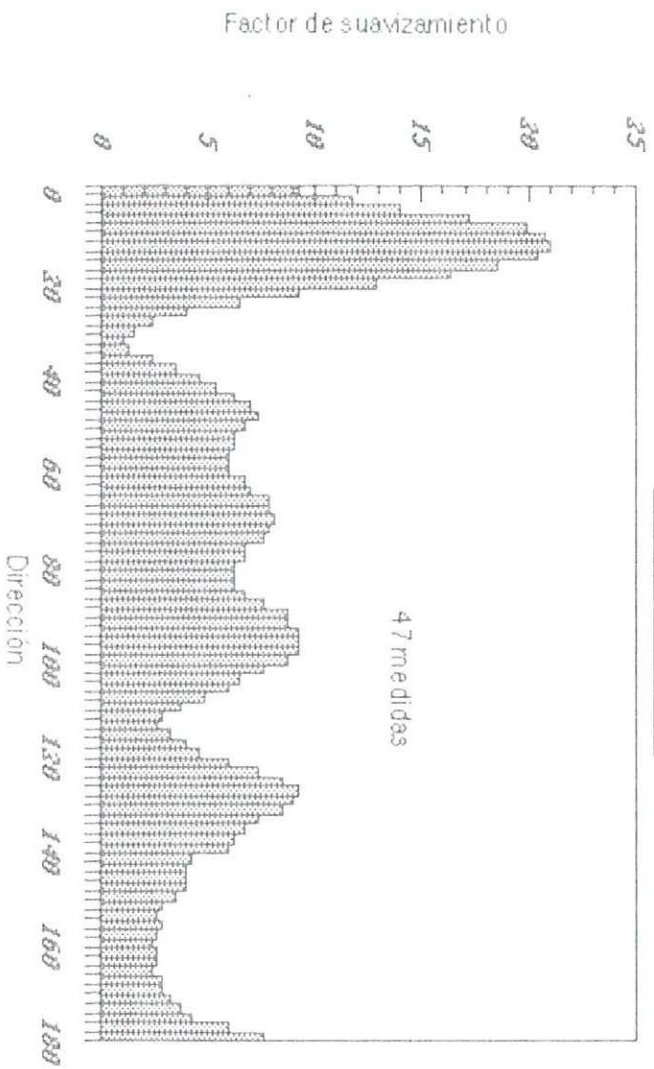
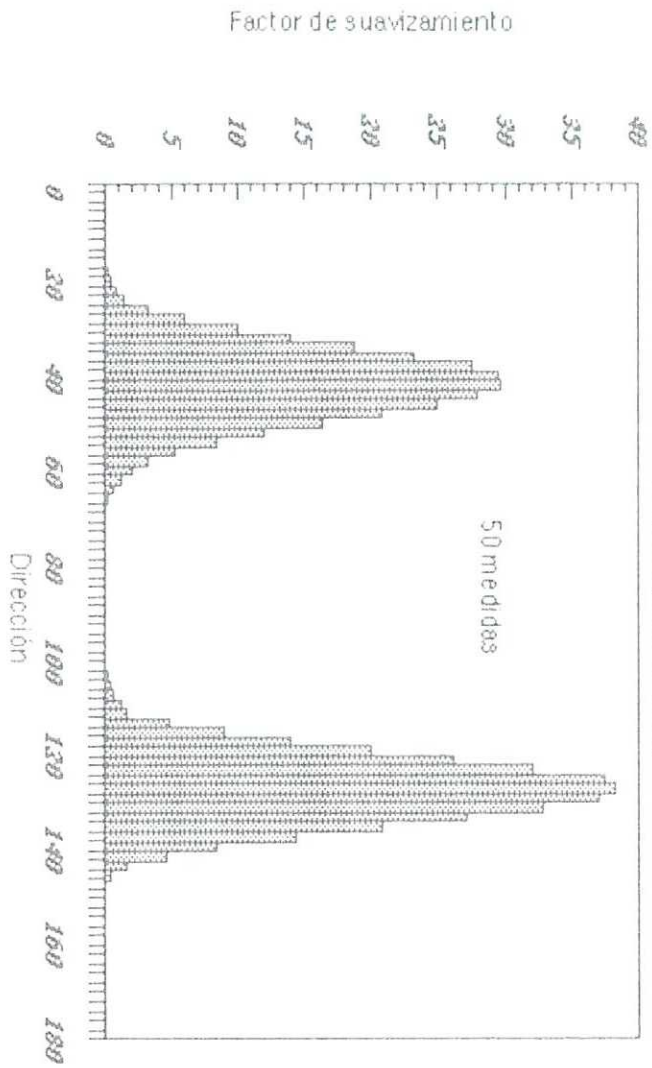


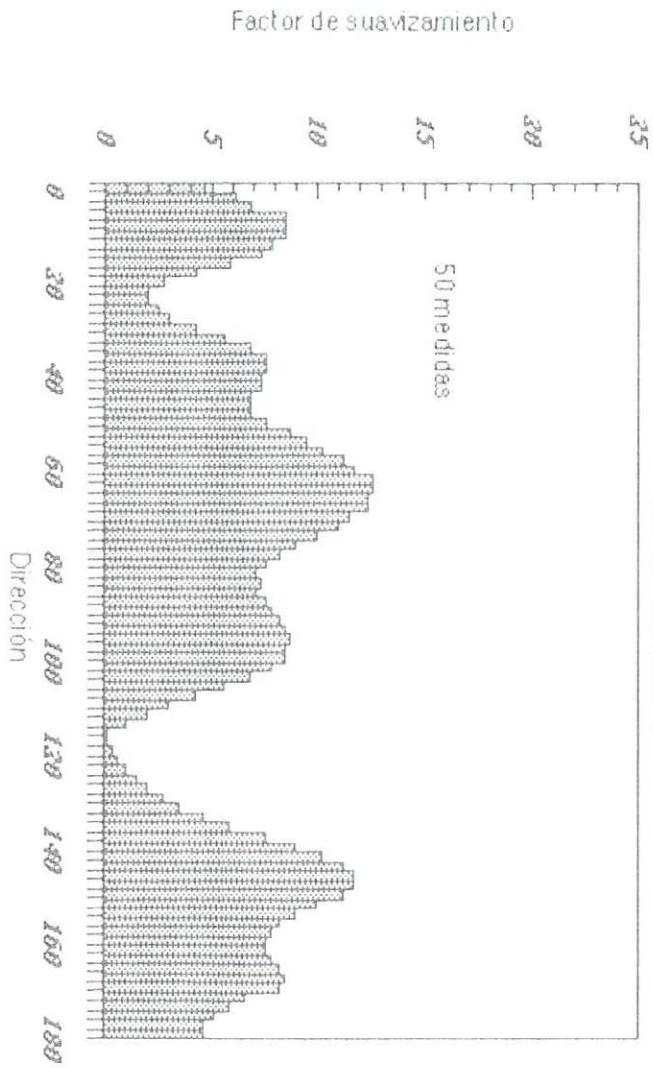
Lámina-12



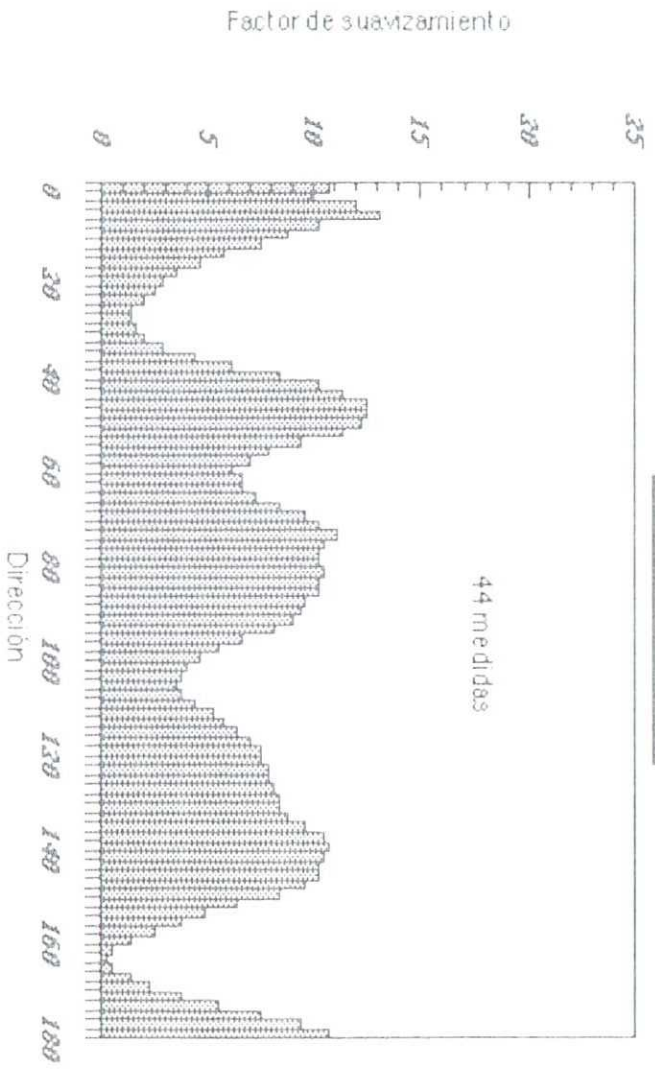
Lárida-13.



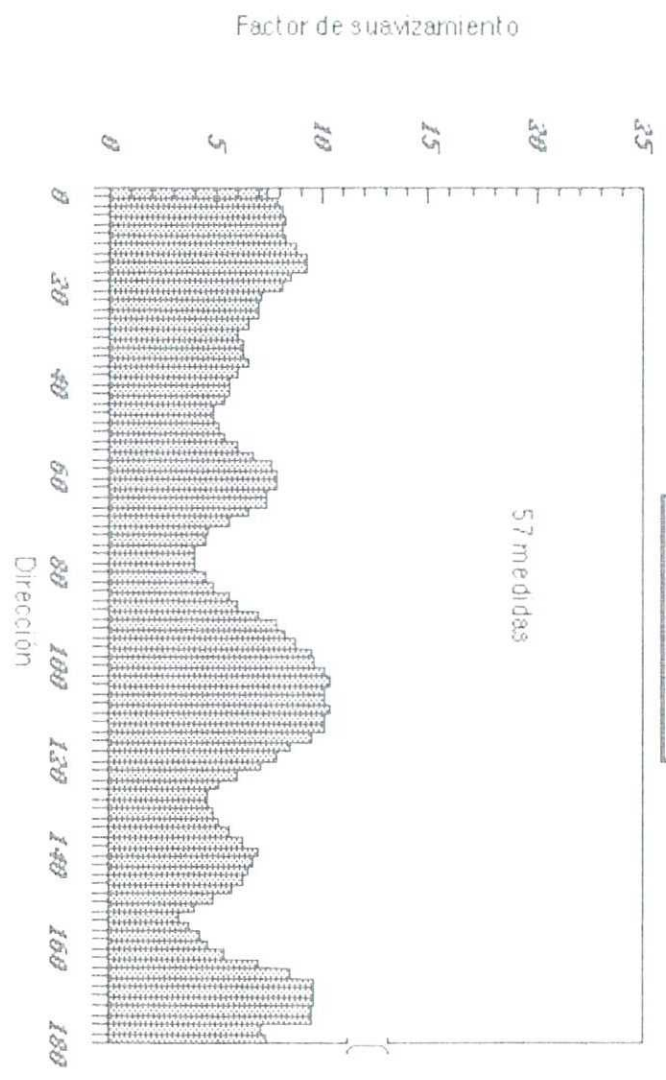
Lárida-14.

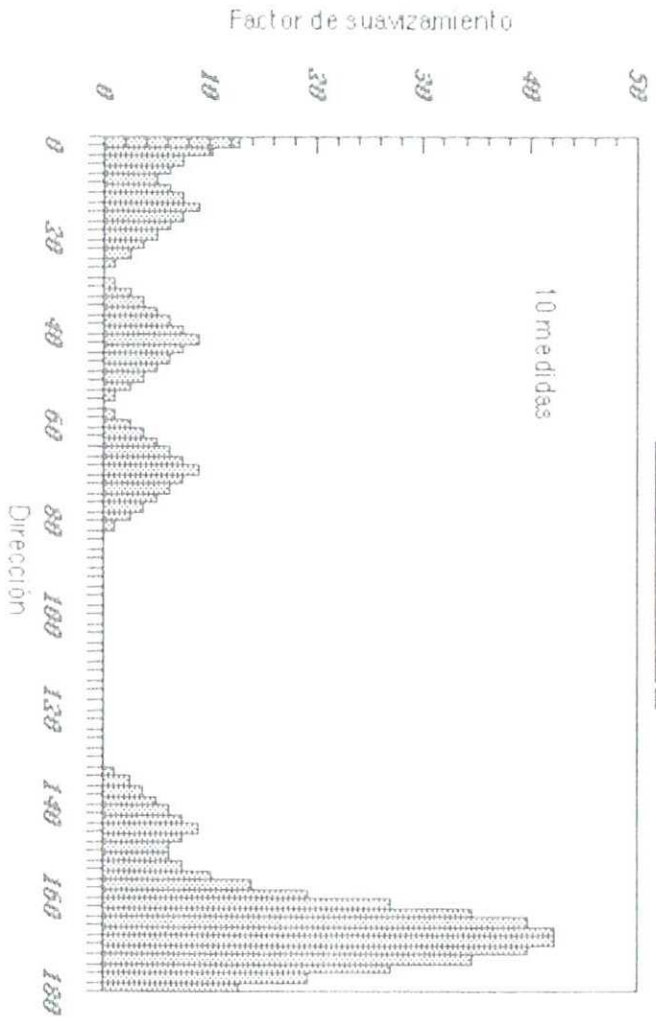
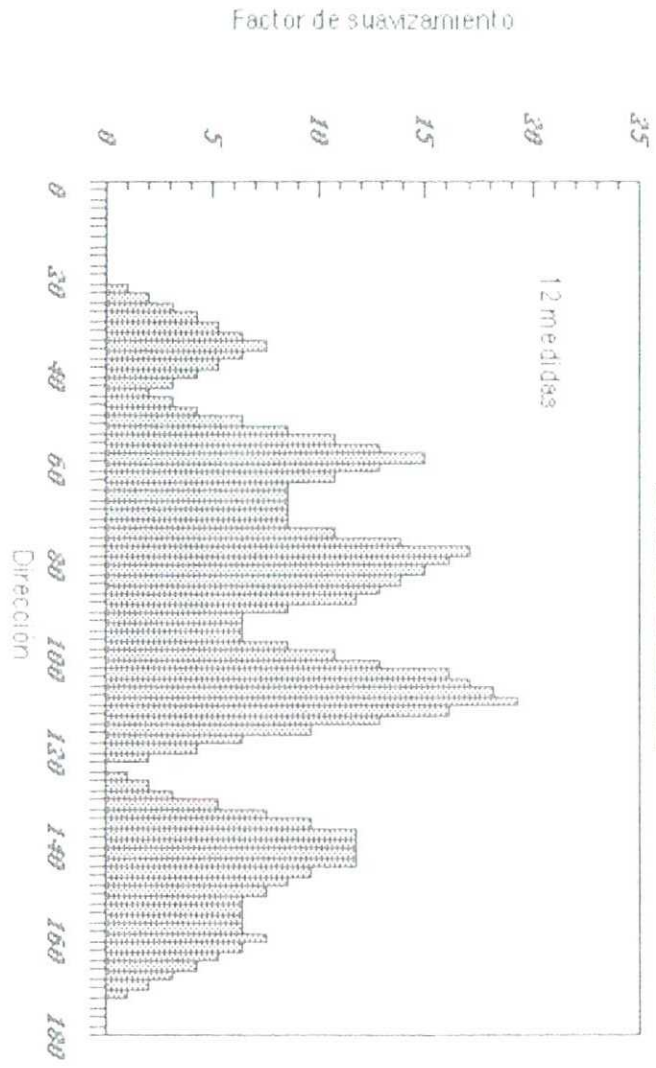


Lárida-15

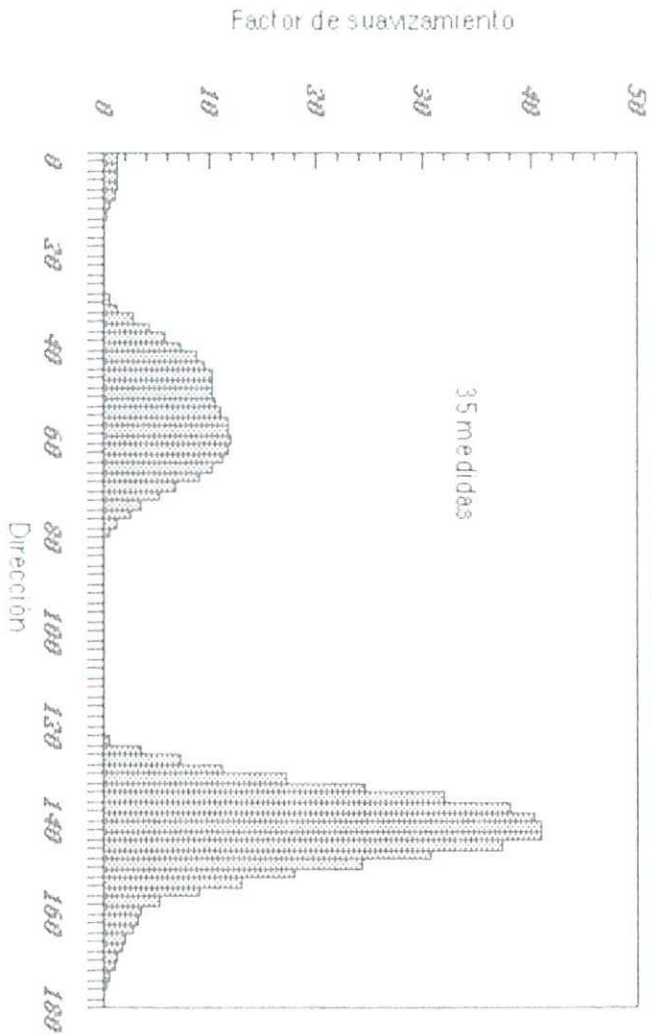


Lárida-16

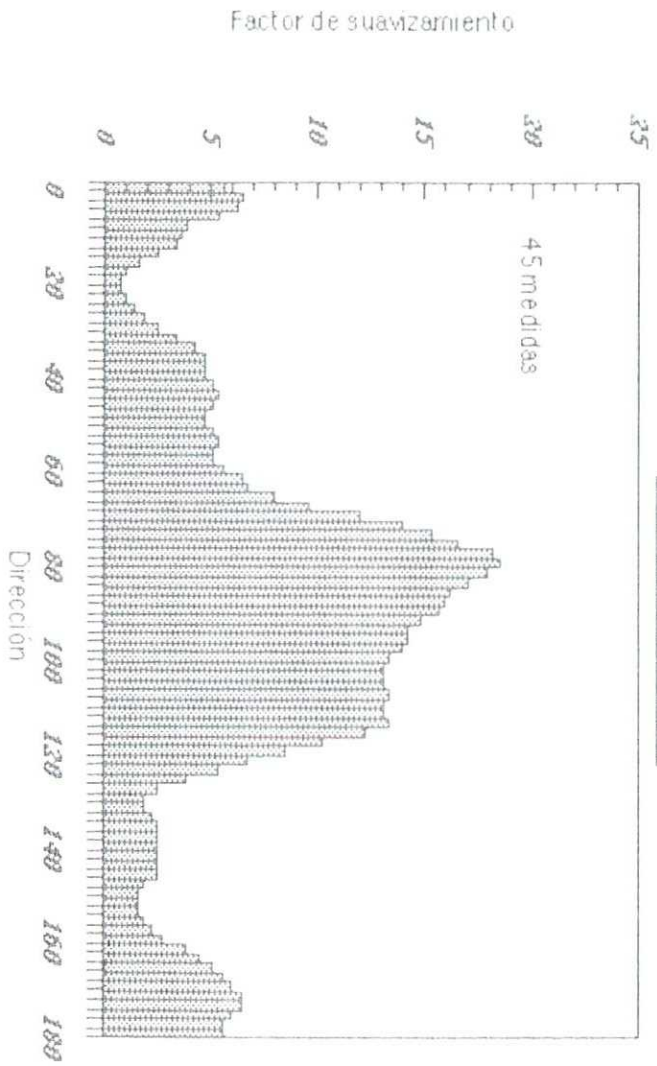


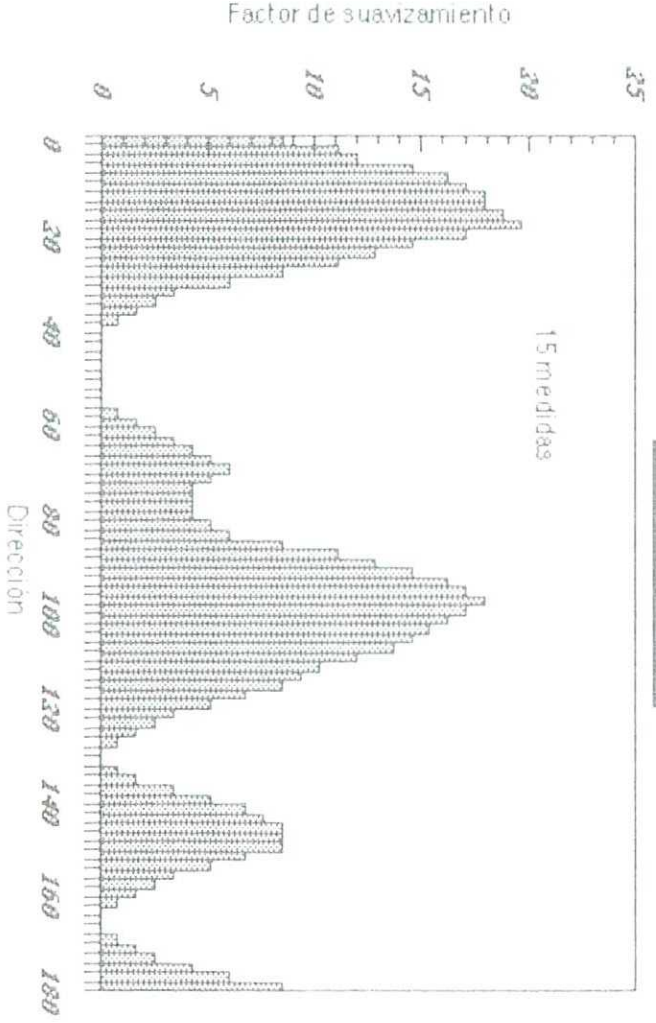
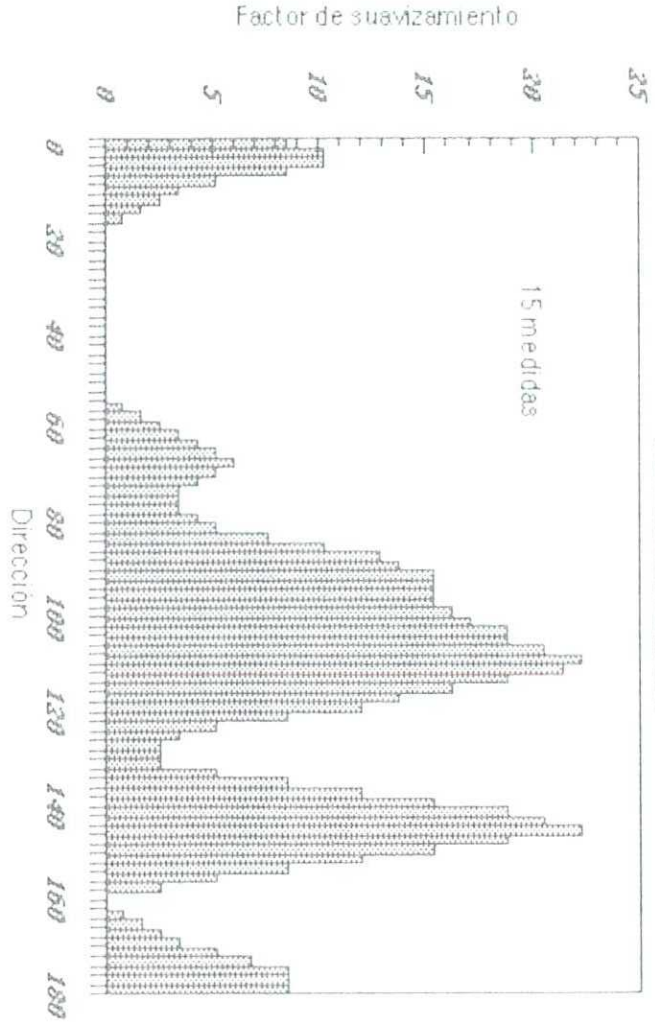


Lérida-19

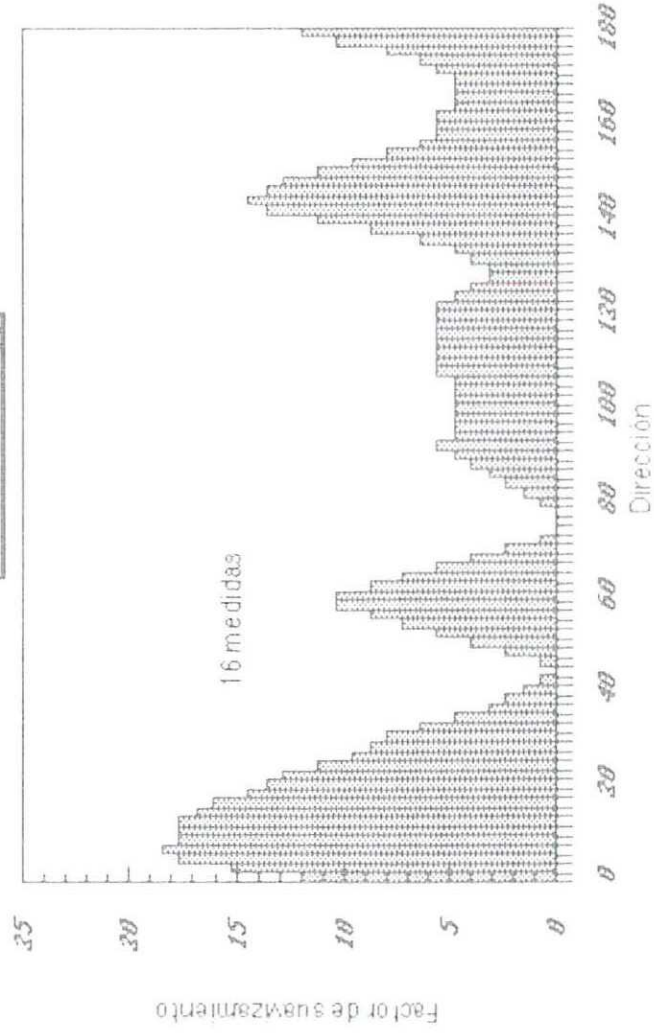


Lérida-20

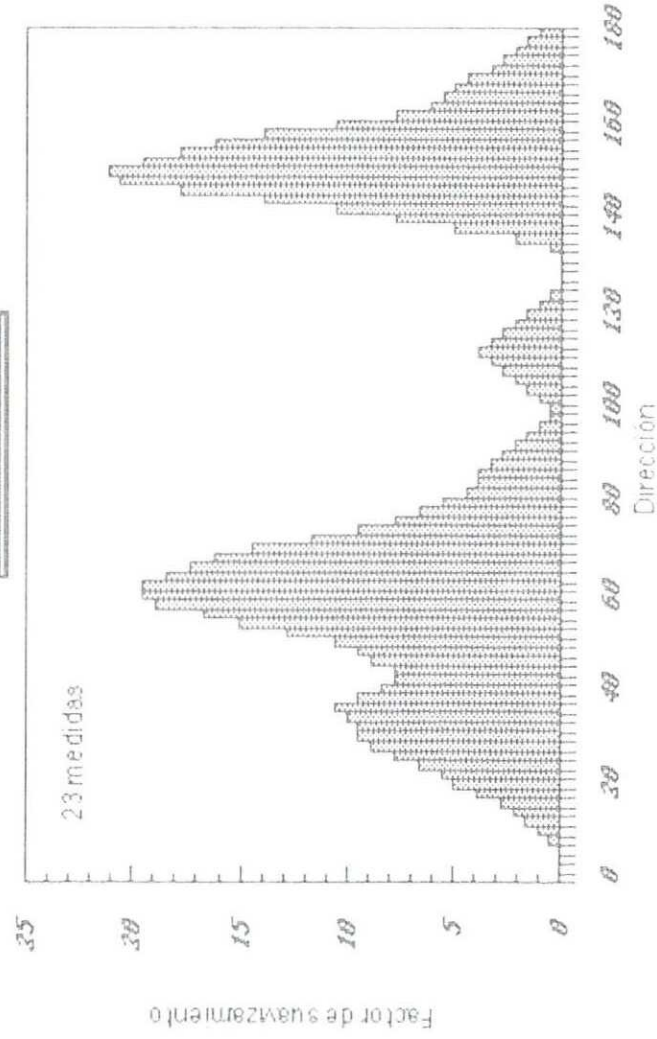




Lérida-23



Lérida-24



Lágrida-25

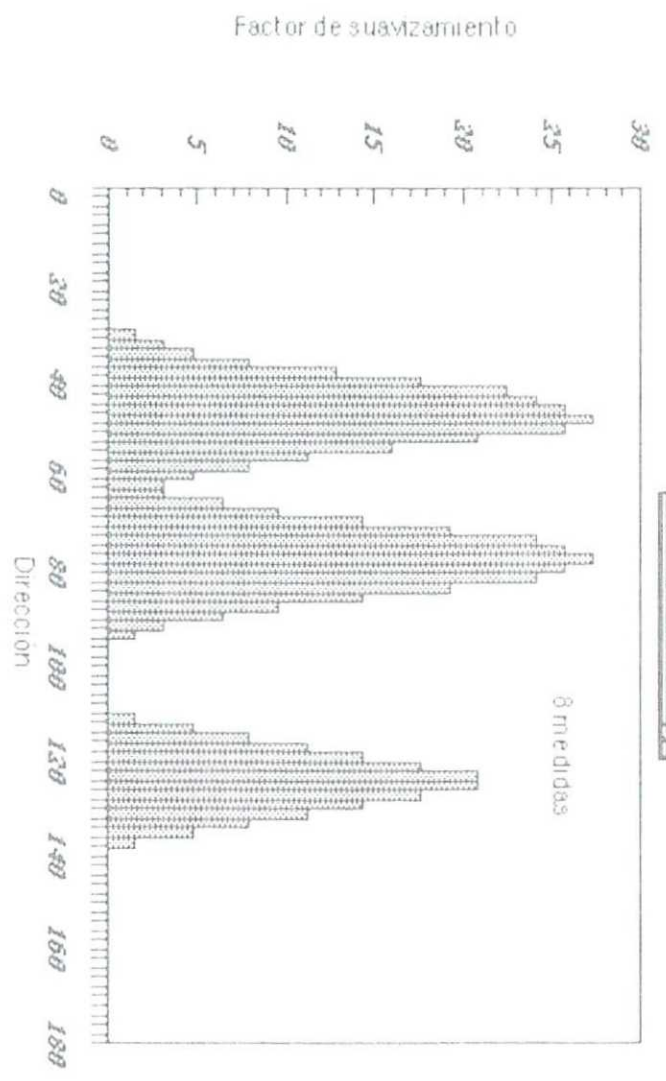




FOTO 1.- Fractura de orientación 072, 50 S en un depósito de gravas, arenas y limos cuaternarios de la estación Lérída-4 (coordenadas UTM: 31TCR 995090). Ligero desplazamiento normal observado en cantos girados (ver foto 2).



FOTO 2.- Visión de detalle de la fractura normal de la foto 1. Observar la reorientación de los cantos alargados de las gravas que indican una cizalla normal en el plano (ver los cantos indicados por la flecha) y la aglomeración de los cantos en la fractura cuando esta corta a la zona más arenosa por posible lavado de la arena.



FOTO 3.- Fractura en limos y gravas en un depósito cuaternario en la estación Lérida-5 (coordenadas UTM.: 31TCG 120096).



FOTO 4.- Fracturas en un depósito de gravas y arenas muy cementadas en la estación Lérida-8 (coordenadas UTM.: 31TCG 138047).



FOTO 5.- Fractura rellena de carbonatos blanco-amarillentos, por la que se han introducido raíces, en el mismo depósito de la fotografía anterior. Son depósitos de gravas angulosas.



FOTO 6.- Fractura con claro signo de apertura, como lo denota el grueso depósito de carbonatos blancos que presenta, en una terraza del Segre en la estación Lérida-18 (coordenadas UTM.: 31TBG 984037). La dirección de la fractura es 166 y el relleno es pulverulento.



FOTO 7.- Sistemas de diaclasas en calizas oligocenas en la estación Lérida-13 (coordenadas UTM: 31TCF 146972). Observar la alta sistematicidad de la familia NW, el estilo tectónico en H y la orientación de las dos familias que representan el campo perturbado.