

## **HOJA N° 442 (CASPE). NEOTECTONICA.**

**José Luis SIMON GOMEZ.**

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 definirlas, 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 períodos. De hecho, si siguiéramos este criterio, únicamente podríamos referirnos a las deformaciones cuaternarias, puesto que no existen en todo el territorio abarcado por la hoja materiales atribuidos al Mioceno superior y Plioceno.

Teniendo esto en cuenta, existen tres tipos fundamentales de deformaciones que afectan únicamente a los materiales de la serie oligocena-miocena inferior, pero cuya edad probablemente se extiende en parte al Mioceno superior-Plioceno:

(a) Basculamientos de conjunto de la serie terciaria, que a veces afectan a extensiones de varios kilómetros cuadrados, y que deben de haberse producido en etapas tardías o posteriores respecto a la sedimentación de la misma.

(b) Sistemas de diaclasas de escala generalmente decimétrica a métrica, que afectan a los niveles competentes miocenos (areniscas, fundamentalmente) y siguen unos patrones geométricos bastante

sistemáticos que, como ya veremos, permiten relacionarlas con las trayectorias regionales del campo de esfuerzos reciente.

(c) Fracturas de escala cartográfica. Dentro de este apartado serán discutidos el significado y edad de una serie de pequeños lineamientos fotogeológicos que se extienden por el sector centro-oriental de la hoja.

Por último, existen otras deformaciones (fundamentalmente familias de fracturas tensionales y, en un caso puntual, un basculamiento de las capas) que afectan ya claramente a materiales cuaternarios y de los que no cabe, por tanto, ninguna duda acerca de su atribución a los procesos neotectónicos.

De las distintas categorías de estructuras neotectónicas deben ser excluidos ciertos pliegues locales de escala hectométrica a kilométrica que aparecen afectando especialmente a los niveles más bajos de la serie (sector meridional de la hoja). Un ejemplo de ellos se muestra en la figura 1. Se trata de un anticlinal poco apretado, con un buzamiento máximo de 10° en el flanco norte y 20° en el flanco sur. Su núcleo sólo ha podido ser observado en la carretera de Caspe a Maella, pero la estructura, según los buzamientos de capas interpretados en la fotografía aérea, parece continuarse a lo largo de 3 ó 4 kilómetros. La orientación de su eje es 090 a 100, perpendicular a la compresión regional tardía en el ámbito de la Cordillera Ibérica y Cuenca del Ebro (GRACIA y SIMON, 1986; CASAS SAINZ, 1988; SIMON y PARICIO, 1988), por lo que puede ser atribuido a dicho régimen tectónico y es muy improbable que pudieran entrar en los límites temporales de la neotectónica.

## BASCULAMIENTOS DE CONJUNTO DE LA SERIE TERCIARIA.

La serie terciaria dentro de la hoja de Caspe se encuentra en general subhorizontal, exceptuando los pliegues mencionados anteriormente y algunas ondulaciones suaves de las capas, que generalmente alcanzan buzamientos de sólo unos pocos grados y a partir de las cuales no pueden definirse direcciones de plegamiento precisas.

En algunos sectores de la hoja, sin embargo, son destacables ciertos basculamientos que, aunque muy tenues (normalmente comprendidos entre

1 y 2°), afectan a áreas de varios kilómetros cuadrados. Estos basculamientos tienen, por lo general, sentido hacia el N o NW. Son similares y coherentes con los que aparecen más al N y NE, en toda la región delimitada por la orla meridional de la Sierra de Alcubierre y la comarca leridana del Pla d'Urgell. Es razonable pensar que representan una deformación tardía de conjunto de toda la serie del Mioceno inferior-medio.

## SISTEMAS DE DIACLASAS.

Todos los niveles competentes miocenos (con un especial desarrollo, dada su abundancia, en las areniscas) muestran un diaclasado bastante intenso, con planos generalmente subverticales de escala decimétrica a métrica. El espaciado entre los planos de una misma familia suele ser de orden métrico, y es función del propio espesor de las capas afectadas, de forma que suele aumentar al hacerlo éste.

Se han estudiado un total de 21 estaciones de diaclasas, en cada una de las cuales se han tomado alrededor de 40 medidas de direcciones. Anexos a esta memoria se presentan los diagramas en rosa correspondientes a todas ellas, mientras en el mapa 1:50.000 se hace una representación esquemática de las familias dominantes. Observamos cómo en aproximadamente la mitad de las estaciones aparece una familia principal de dirección próxima a N-S, generalmente NNW (estaciones 3, 4, 10, 11, 12, 17, 19 y 21) y, más raramente, N o NNE (estaciones 18 y 20), casi siempre acompañada por una segunda familia menos importante perpendicular o casi perpendicular a la anterior. Las discontinuidades de esta segunda familia son, en casi todos los casos, mucho menos sistemáticas y planas que las N-S, y se interrumpen siempre contra estas últimas. Siguiendo la clasificación de HANCOCK (1985), serían *cross-joints* que darían un modelo de diaclasado en "H" (figura 2).

Este es un patrón muy sistemático 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 nosotros para dicho campo de esfuerzos (SIMON GOMEZ, 1989) 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  $\sigma_2$  situado en dirección N-S, es decir, coincidente con el eje  $\sigma_1$  del campo compresivo. Paralela a dicho eje se formaría la familia principal N-S de fracturas tensionales. En el momento en que esto ocurre el esfuerzo  $\sigma_3$  extensivo experimenta una relajación que da lugar a su intercambio con el eje  $\sigma_2$ , 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). Es probable que la estación 15 represente el mismo esquema de fracturación, aunque con un predominio de la familia secundaria E-W.

En el resto de afloramientos, si bien ocasionalmente pueden observarse también, con carácter minoritario, las direcciones de diaclasas antes mencionadas, dominan otras distintas. Se trata de dos nuevas familias subperpendiculares entre sí y casi siempre asociadas en la misma estación: una ESE a SE y otra NNE a NE. La primera es mayoritaria en las estaciones 2, 5, 7, 13 y 23, y la segunda en las 1, 6, 8, 16 y 22. Estas direcciones 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  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  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, de hecho, en toda la mitad sur de la hoja se extiende el haz de fracturas de esa dirección al que hemos hecho referencia en el primer apartado, no parece descabellada dicha interpretación.

## FRACTURAS DE ESCALA CARTOGRAFICA.

En la parte oriental de la hoja es de destacar la presencia de un pequeño haz de lineamientos de dirección próxima a E-W, perfectamente visibles en la fotografía aérea y que, en principio, podrían interpretarse como líneas de fractura. Vienen marcados por valles rectilíneos, pudiendo en ocasiones continuarse a través de zonas de interfluvio. Dichos valles corresponden, en su mayoría, a afluentes del Barranco de la Figuera, Val de Rosel y Arroyo de Pilas, tributarios todos ellos del río Ebro en la zona del embalse de Mequinenza.

Estos lineamientos se extienden más profusamente por las hojas vecinas de Castejón de Monegros, Gelsa y Bujaraloz, si bien allí su dirección dominante y marcadamente sistemática es ESE a SE. En general no existen argumentos que permitan encuadrarlos en el ámbito temporal de la neotectónica, puesto que parecen afectar sólo al Oligoceno y a los términos inferiores del Mioceno. Por otra parte, dada la escasez de buenos afloramientos en los que poder tener cortes frescos de los mismos, resulta muy difícil diagnosticar el tipo exacto de estructura a la que corresponden. Dentro de la hoja de Bujaraloz, existe un punto donde uno de tales lineamientos ha podido identificarse, sin ningún género de dudas, con un pliegue flexural recto de dirección 115 (ARLEGUI *et al.*, 1992). Sin embargo, en el extremo norte de la hoja de Gelsa, según observaciones realizadas en unos taludes recientes de la carretera nacional II, el haz de lineamientos parece reflejar un denso y sistemático campo de fallas, las cuales, al menos en su actividad más reciente, tendrían carácter normal (SIMON GOMEZ, 1992). Probablemente lo más razonable es pensar que se trata de estructuras pre-neotectónicas, de probable origen compresivo (pliegues, fallas inversas, fallas direccionales?), que en buena medida han podido sufrir rejuegos posteriores de componente normal.

## DEFORMACIONES CUATERNARIAS.

A lo largo de la hoja de Caspe son escasos los puntos en los que se han observado deformaciones de los depósitos cuaternarios. En tres afloramientos (estaciones 9, 14 y 24) se han observado fracturas verticales

sin desplazamiento visible y, frecuentemente, con relleno de carbonato pulverulento (ver los correspondientes estereogramas en el anexo 1). En la estación 9 las discontinuidades afectan a una secuencia de glacis formada por gravas gruesas heterométricas y limos yesíferos (coordenadas UTM: 30TYL471784). Sus direcciones dominantes son SSE y ENE, idénticas a las que resultan del campo distensivo regional reciente registrado en las diaclasas en materiales terciarios. La estación 14 se sitúa en un retazo de terraza alta del Ebro que aparece en el vértice Herradura, junto al embalse de Mequinenza al NE de Caspe (coordenadas UTM: 31TBF491743). Dicha terraza se sitúa a unos 80 m. sobre el cauce del río, y podría atribuirse al Pleistoceno inferior s.l. Las fracturas presentan aquí una dirección dominante NE-SW. En la estación 24 la afectada es una terraza del Guadalupe situada junto al caserío de Miraflores (coordenadas UTM: 31TBF512651), a unos 50 m. sobre el río. Sólo se han visto dos fracturas verticales de escala métrica, ambas de dirección NE-SW.

Otro afloramiento en el que aparece deformada una terraza del Ebro es la grava situada junto al enlace de carreteras a la entrada de Chiprana (coordenadas UTM: 30TYL411716). La estratificación de las gravas en la parte inferior del afloramiento muestra una orientación 150, 22°W a lo largo de unos 15-20 m del frente de grava, con lentejones arenosos intercalados conformes con ella (figura 3). Otro nivel que reposa por encima se encuentra horizontal. Quizá no deba excluirse que se trate de una disposición sedimentaria original tipo *point-bar*, pero la inclinación de 22° parece demasiado alta, y la escala de la estructura demasiado grande. Resulta difícil, no obstante, interpretar el eventual significado tectónico de esta anomalía dentro del estrecho marco del afloramiento. Podría tratarse de un basculamiento provocado por hipotéticas fallas normales de la dirección dominante NNW-SSE, pero no tenemos ningún registro fidedigno de las mismas. También podría tratarse de una deformación de origen diapírico (en la que se vería únicamente un flanco de la estructura), de las que existen numerosos ejemplos en el Cuaternario de otros sectores más occidentales de la Cuenca del Ebro, inducidas tanto por los yesos como por la margas neógenas (SIMON Y SORIANO, 1986; BENITO Y CASAS; 1987). El problema es que la litología del Terciario en esta área (predominantemente detrítico) no parece demasiado favorable para el desarrollo de tales fenómenos.

## **CONCLUSIONES.**

Hacia el Mioceno superior-Plioceno se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque no se manifiesta por estructuras cartográficas, sí produjo un sistema de diaclasado bastante homogéneo y débiles pero extensos basculamientos probablemente controlados por fracturas del subsuelo. El campo de esfuerzos puede definirse, en primera aproximación, como una distensión tendente a radial con  $\sigma_3$  próximo a E-W, que produciría el desarrollo de una familia principal de diaclasas en torno a N-S. No obstante, en dicho campo de esfuerzos se producirían, además, dos tipos de anomalías:

- (1) El intercambio de  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  en la horizontal tras producirse las primeras fracturas tensionales N-S, que daría lugar a una familia secundaria en dirección E-W.
- (2) La desviación de las trayectorias de  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  por efecto de hipotéticas fallas mayores preexistentes de dirección NW-SE.

Durante el Cuaternario siguen produciéndose, en puntos localizados, fracturas tensionales que muestran una coherencia total con el campo de esfuerzos reciente inferido de la fracturación que afecta al Mioceno; en uno de los afloramientos estudiados sus direcciones parecen reflejar el campo distensivo primario, mientras en otras dos se ajustan a las trayectorias de un hipotético campo perturbado. Bien el movimiento de una posible falla normal de mayor escala, bien un proceso de tipo diapírico, podrían ser los responsables de la inclinación anómala observada en una terraza del Ebro junto a la localidad de Chiprana.

## BIBLIOGRAFIA.

- ARLEGUI, L.; LIESA, C. y SIMON, J.L. (1992). Neotectónica. En: ITGE (Ed.). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 414 (Bujaraloz)* (en prensa).
- BENITO, G. y CASAS, A.M. (1987). Small-scale deformations in Quaternary deposits in the northeastern Iberian península. *Géol. Médit.*, 14 (4), 223-243.
- CASAS SAINZ, A. (1988). El estado de esfuerzos durante el Terciario en la Depresión de Arnedo (La Rioja). *Acta Geol.Hisp.*, 23 (3), 223-231.
- GRACIA PRIETO, F.J. y SIMON GOMEZ, J.L. (1986). El campo de fallas miocenas de la Bardena Negra (provs. de Navarra y Zaragoza). *Bol. Geol. Min.*, 97 (6), 693-703.
- HANCOCK, P. (1985). Brittle microtectonics: principles and practice. *J. Struct. Geol.*, 7 (3/4), 437-457.
- SIMON GOMEZ J.L. (1989). Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin. *J. Struct. Geol.*, 11 (3), 285-294.
- SIMON GOMEZ, J.L. (1992). Neotectónica. En: ITGE (Ed.). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 413 (Gelsa)* (en prensa).
- SIMON GOMEZ, J.L. y PARICIO CARDONA, J. (1988). Sobre la compresión neógena en la Cordillera Ibérica. *Estudios Geol.*, 44, 271-283.
- 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.
- SIMON, J.L. y SORIANO, A.; (1986). "Diapiric deformations in the Quaternary deposits of the central Ebro Basin, Spain". *Geol. Mag.*, 123 (1), 45-57.

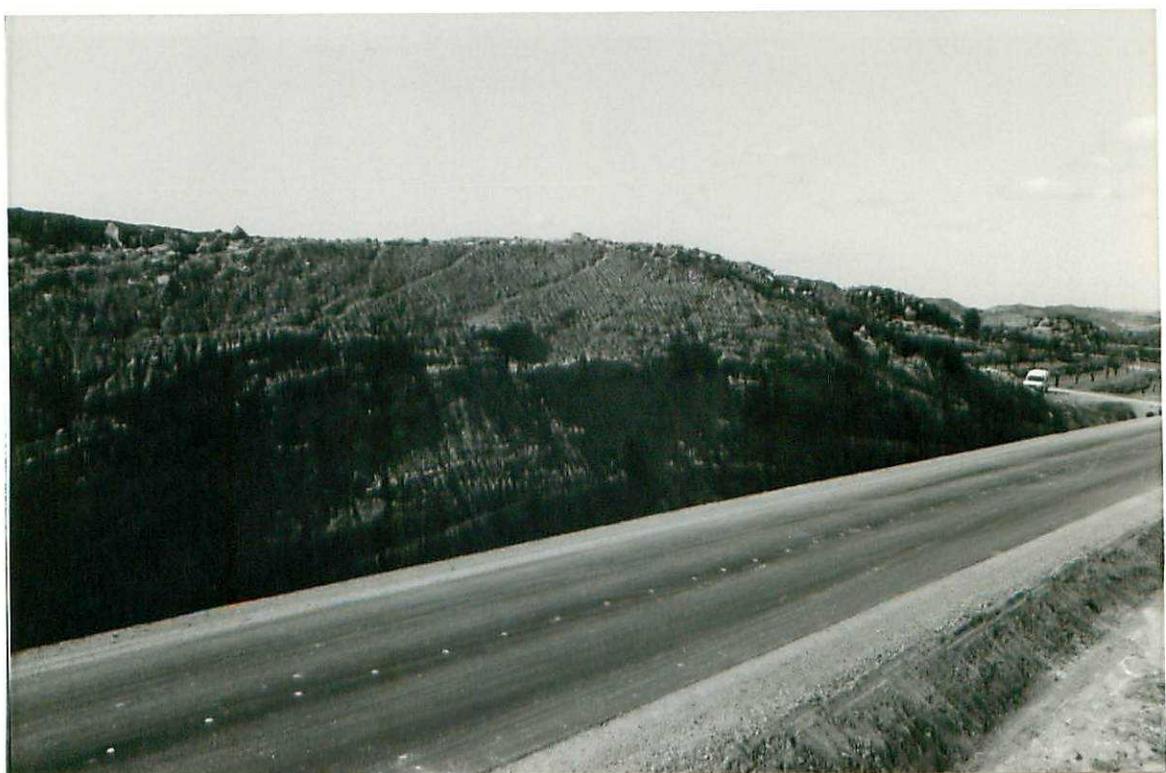


FIGURA 1. Anticlinal lago de dirección E-W en la carretera de Caspe a Maella (coordenadas UTM: 31TBF526636).



FIGURA 2. Diaclasses primarias de dirección N-S (paralelas a la dimensión mayor de la brújula) y "cross-joints" E-W (estación 11, coordenadas UTM: 30TYL415634).

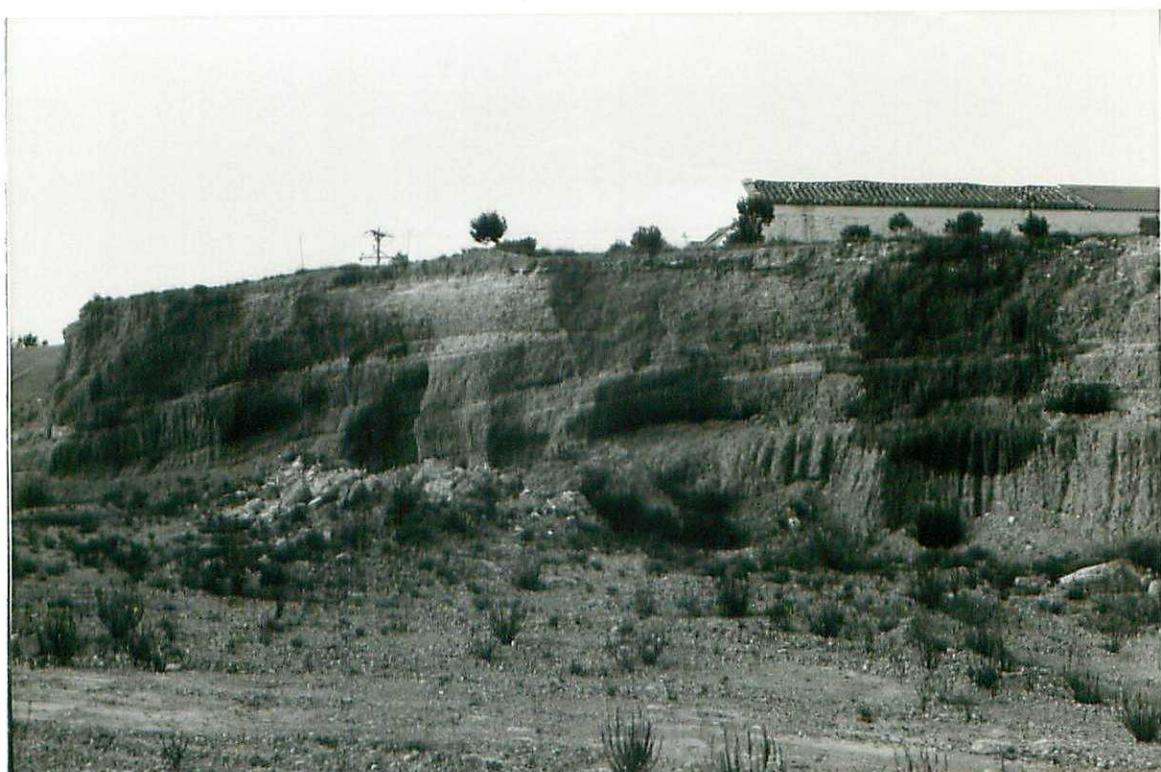


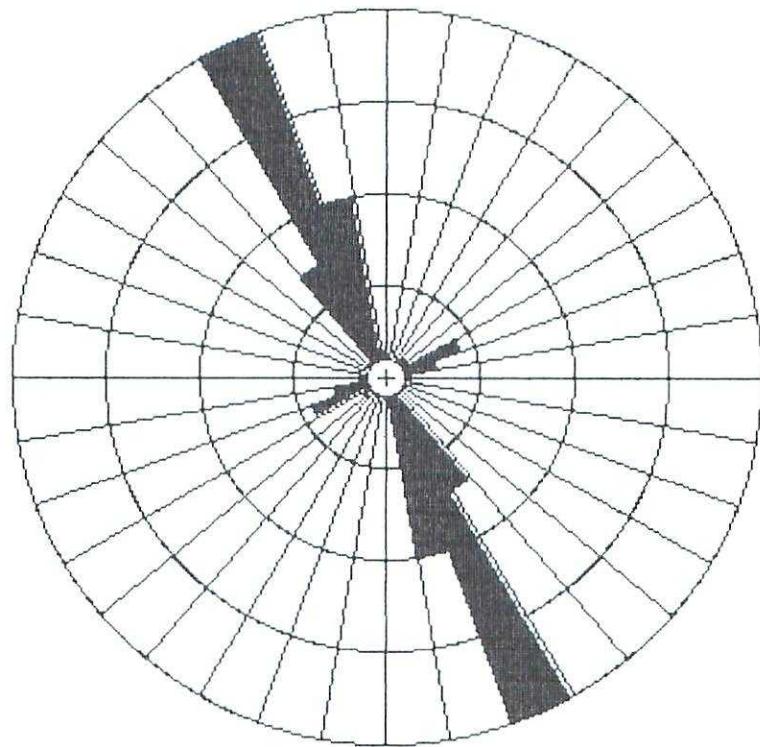
FIGURA 3. Depósitos de terraza del río Ebro mostrando una inclinación anómala ( $22^{\circ}$  al WSW) de posible origen tectónico. Gravera junto al cruce de carreteras a las afueras de Chiprana (coordenadas UTM: 30TYL411715).

## **ANEXO 1.**

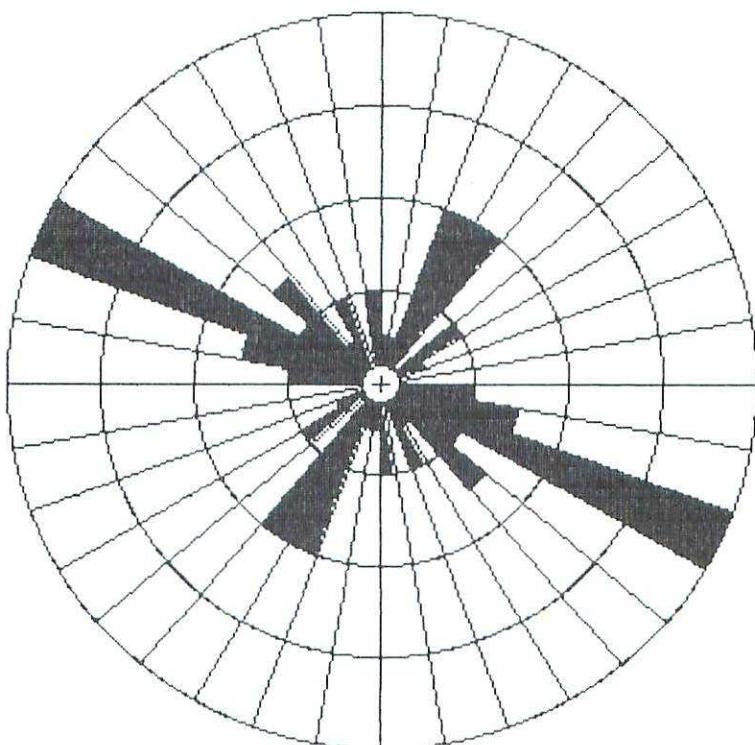
**Diagramas en rosa de las poblaciones de diaclasas medidas en las distintas estaciones estudiadas.**

Cada diagrama representa un número de datos (N) que viene consignado en la parte superior. El diámetro del círculo equivale a un determinado % de fracturas para clases de 10°, que también se especifica en cada caso.

CASPE 1.       $N = 36$ .      radio = 40 %



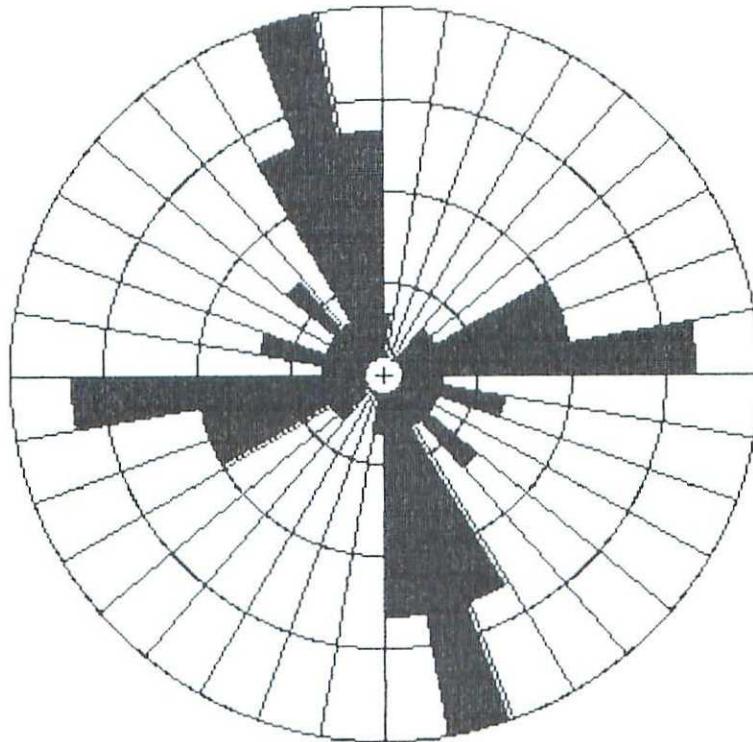
CASPE 2.       $N = 36$       radio = 22 %



CASPE 3.

N = 36

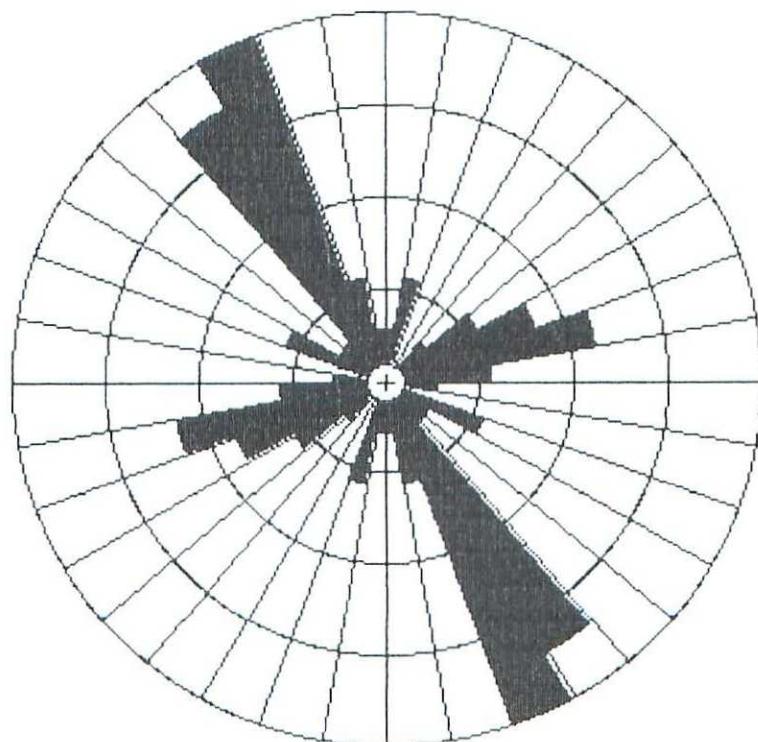
radio = 17 %



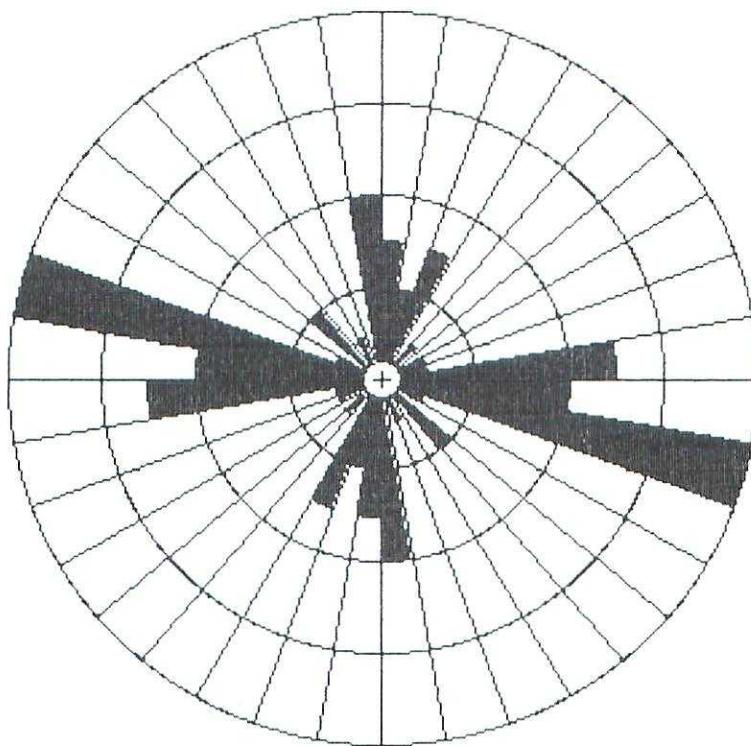
CASPE 4.

N = 36.

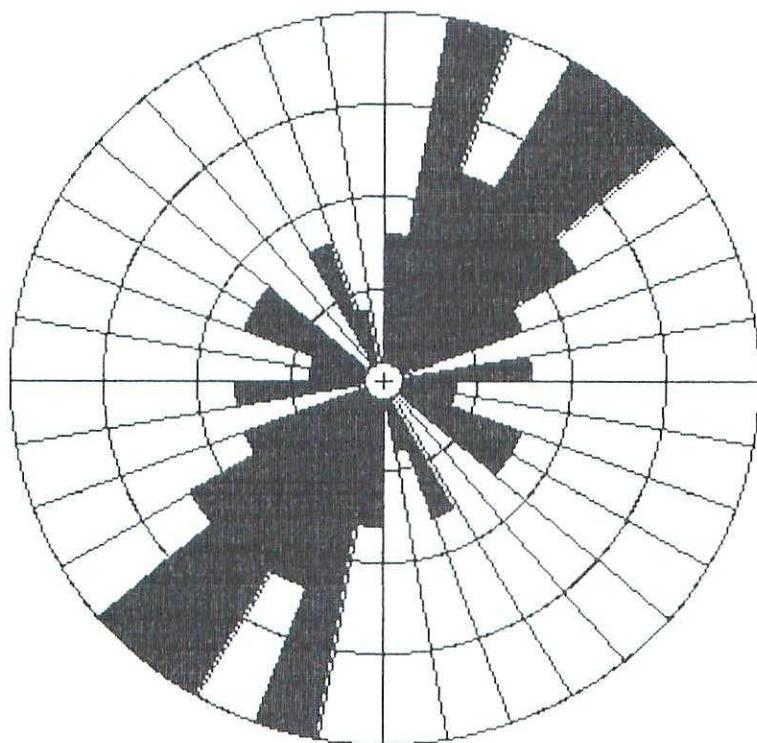
radio = 20 %



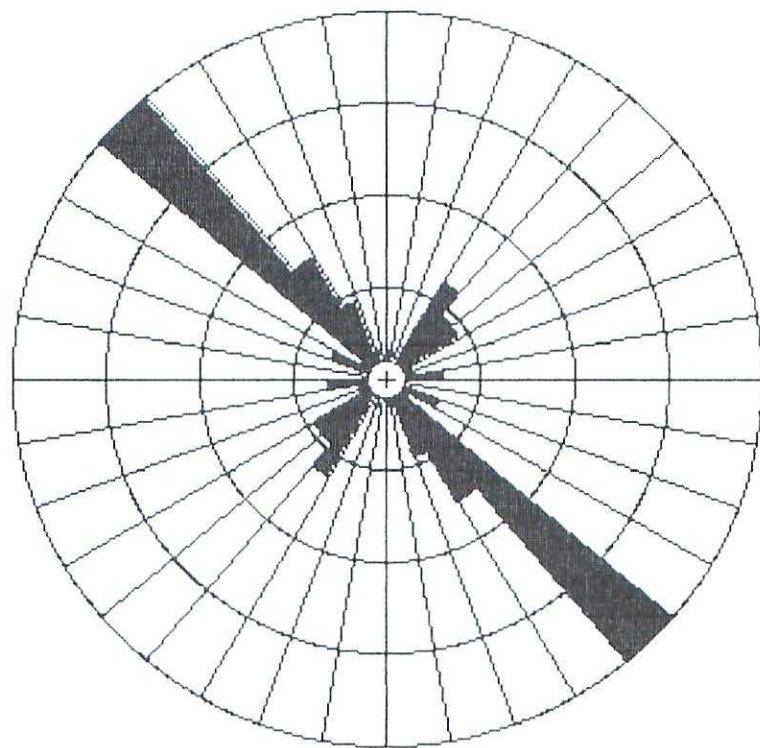
CASPE 5.      N = 36.      radio = 22 %



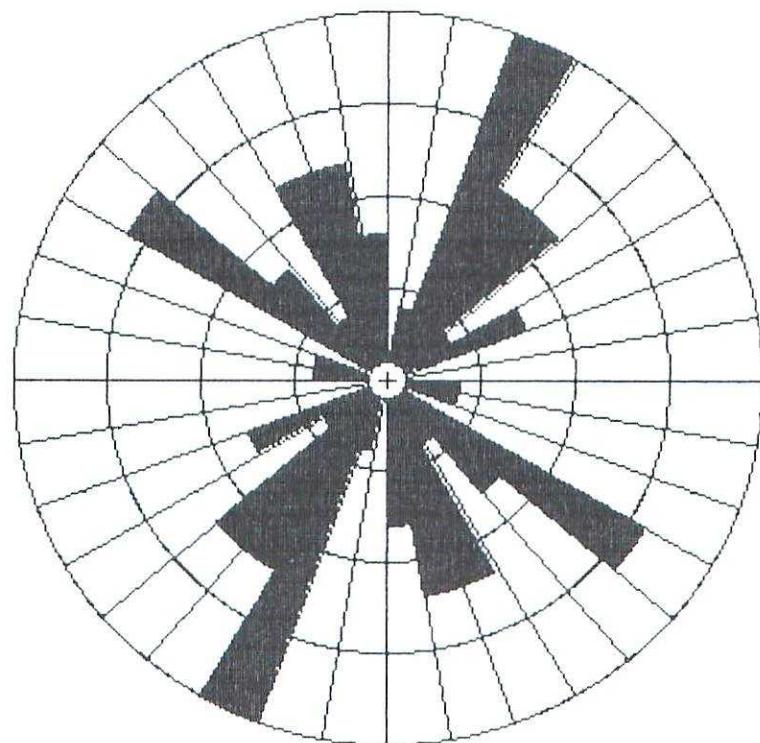
CASPE 6.      N = 36.      radio = 14 %



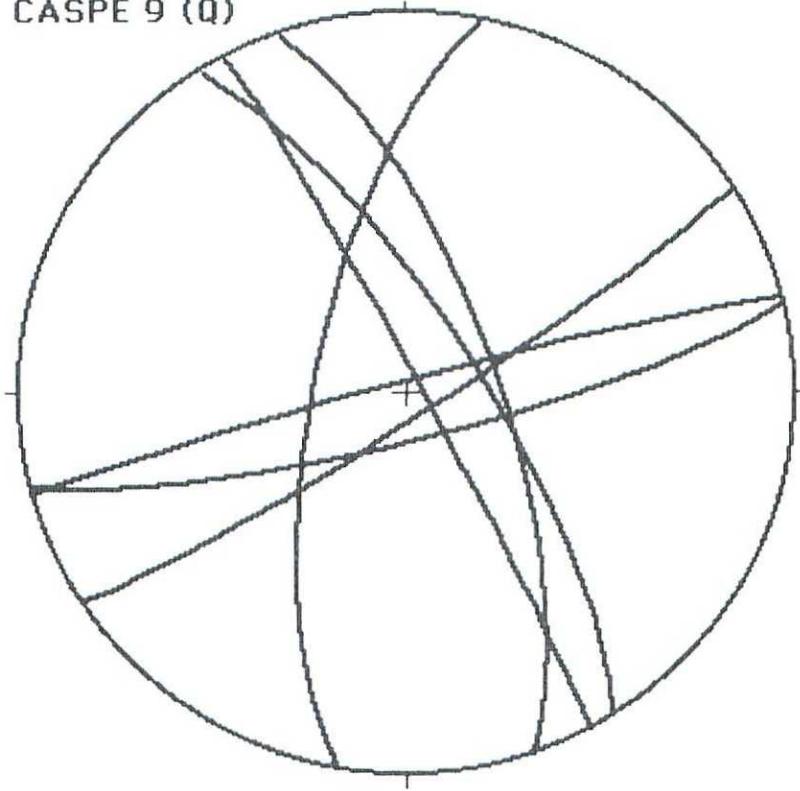
CASPE 7.       $N = 40$ .      radio = 32 %



CASPE 8.       $N = 32$ .      radio = 16 %



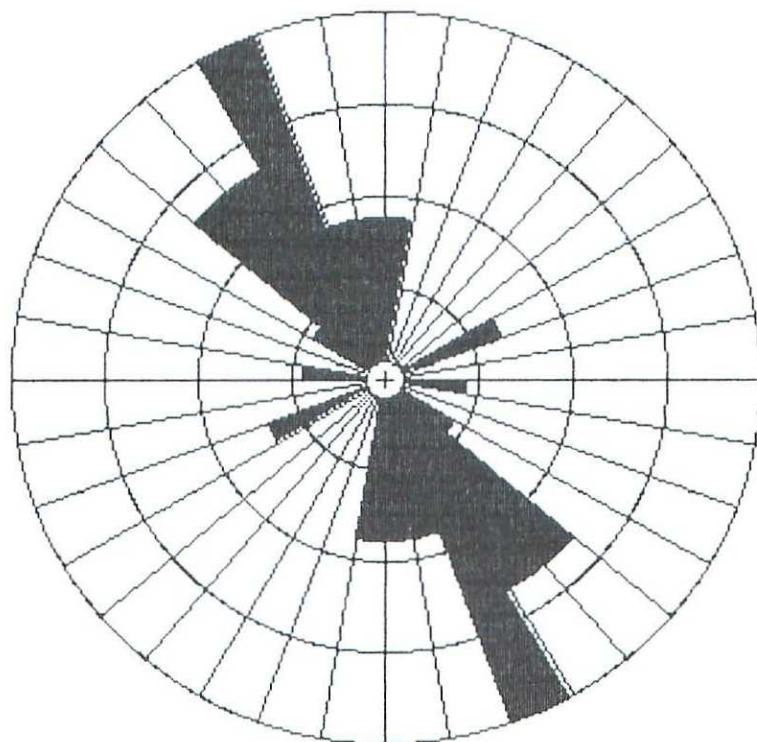
CASPE 9 (Q)



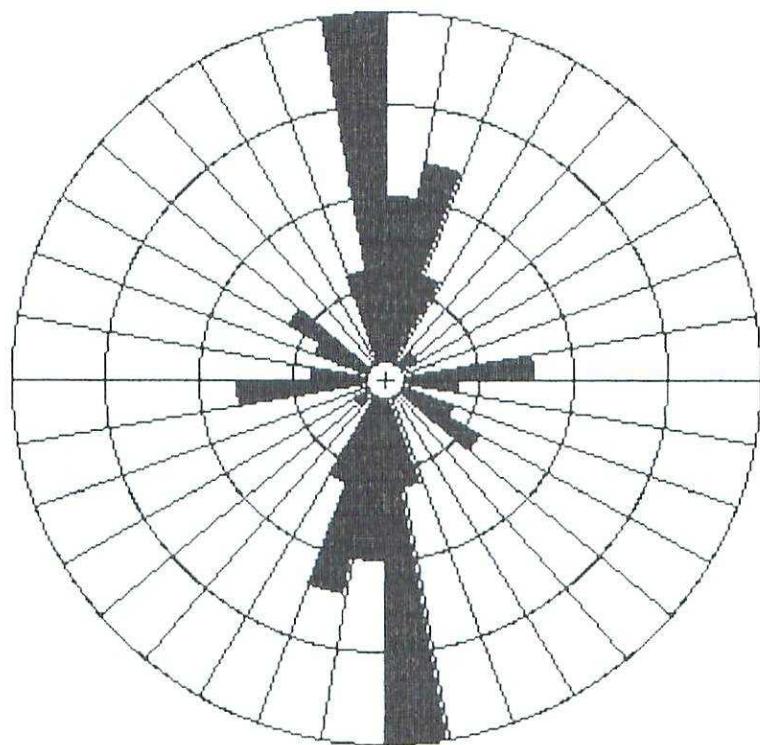
CASPE 10.

N = 40.

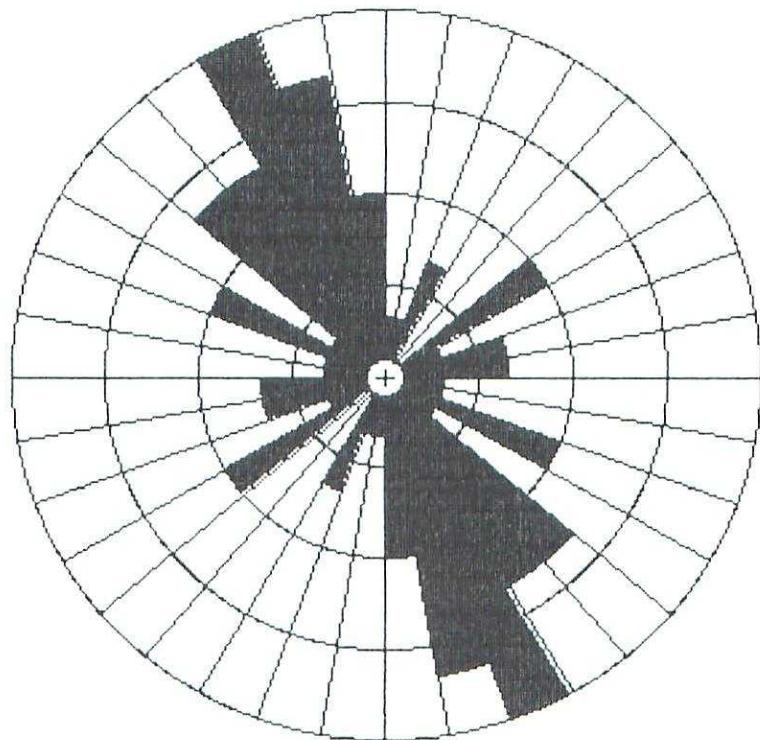
radio = 22 %



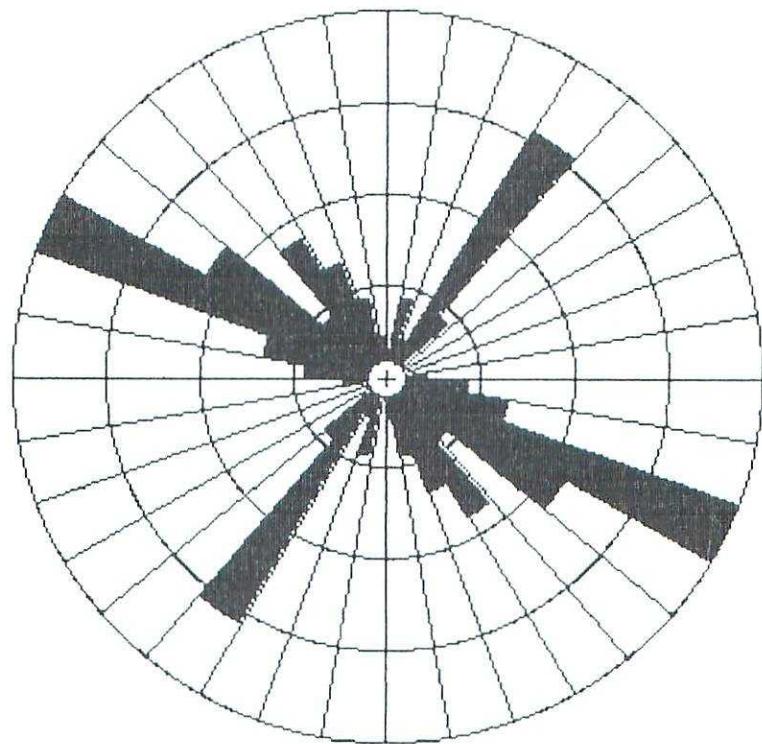
CASPE 11.      N = 40.      radio = 25 %



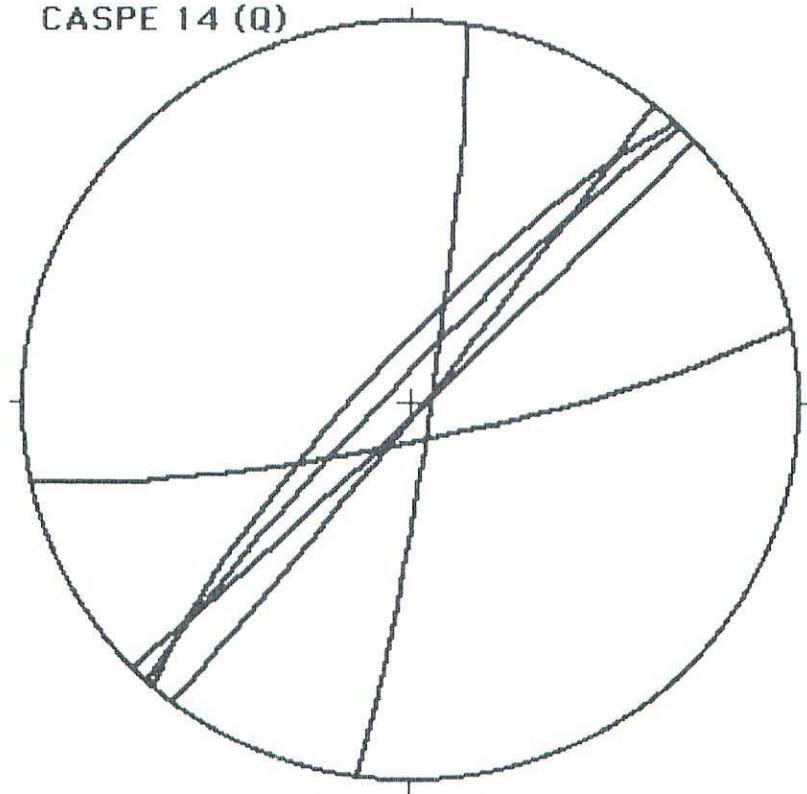
CASPE 12.      N = 40.      radio = 15 %



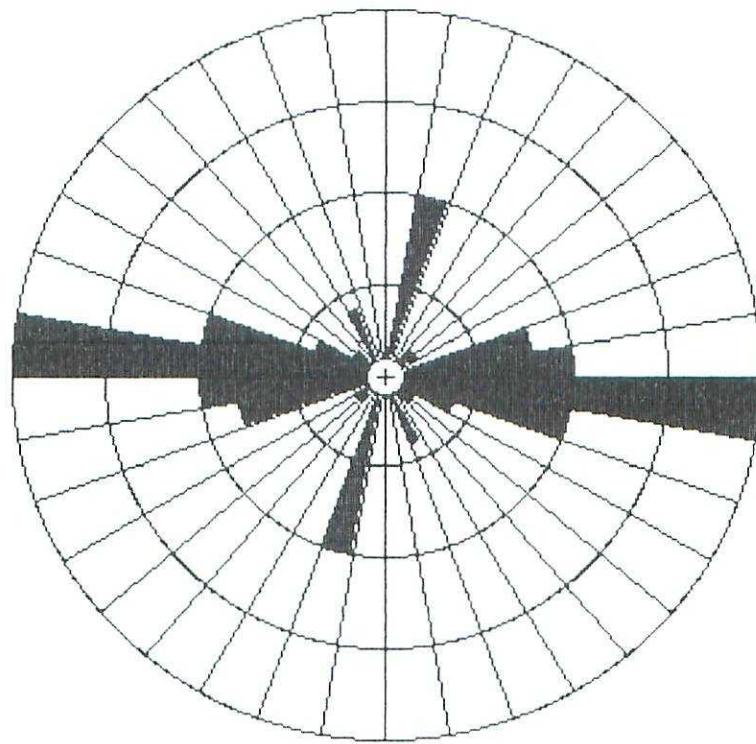
CASPE 13. N = 44. radio = 20 %



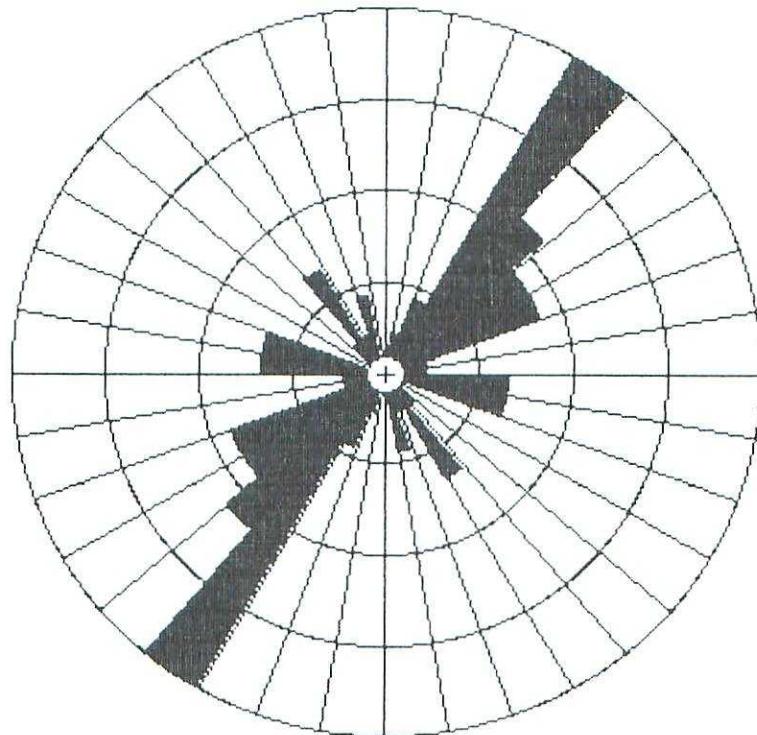
CASPE 14 (Q)



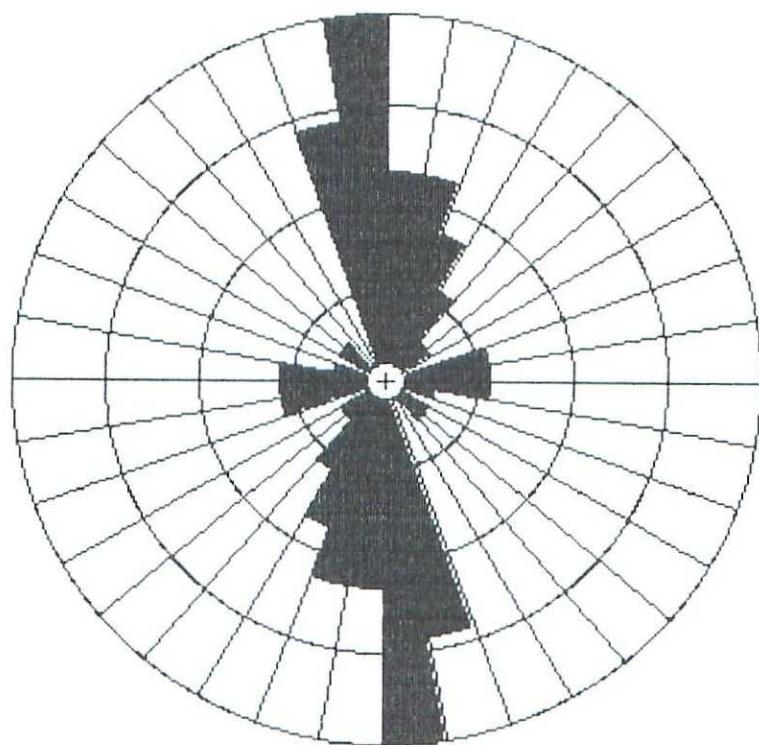
CASPE 15.      N = 37.      radio = 27 %



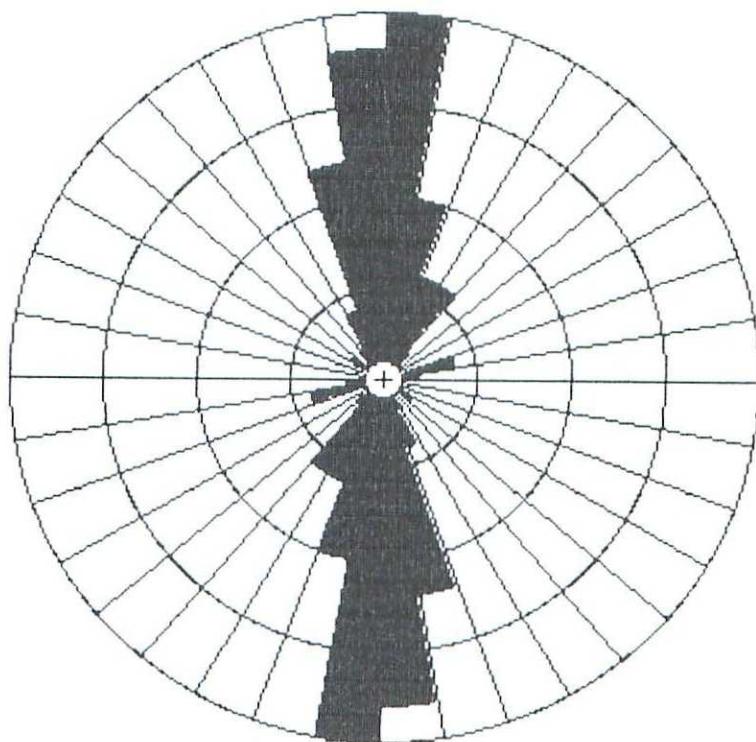
CASPE 16.      N = 40.      radio = 22 %



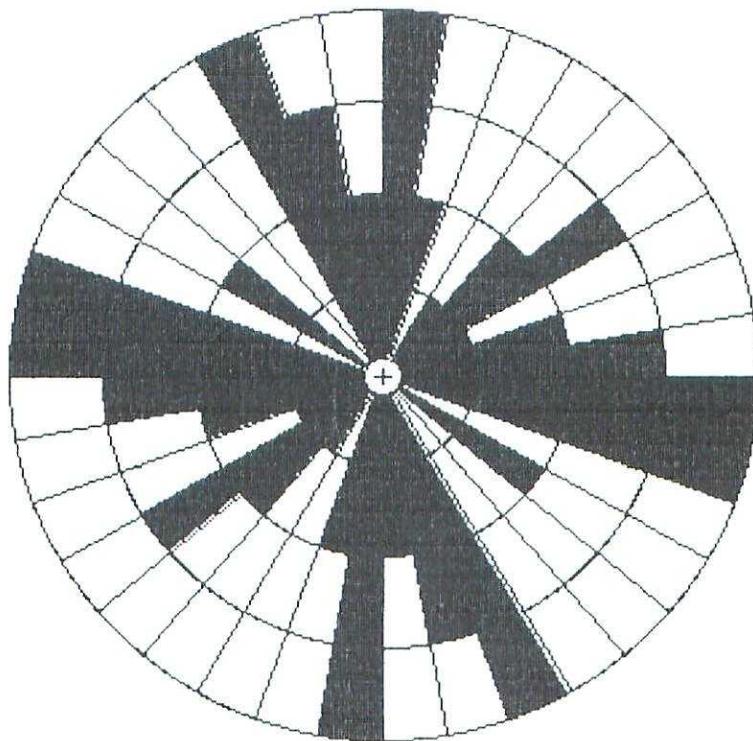
CASPE 17. N = 36. radio = 19 %



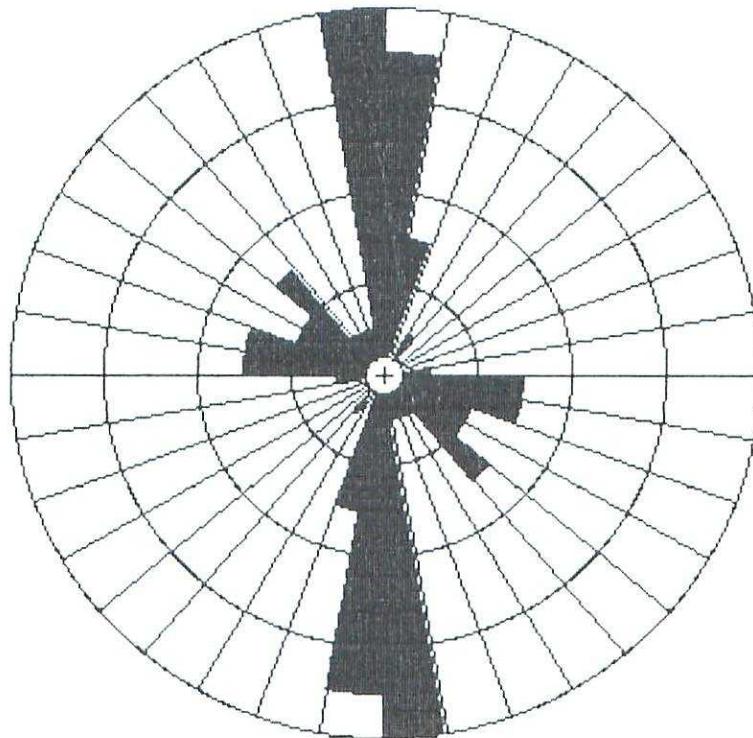
CASPE 18. N = 45. radio = 23 %



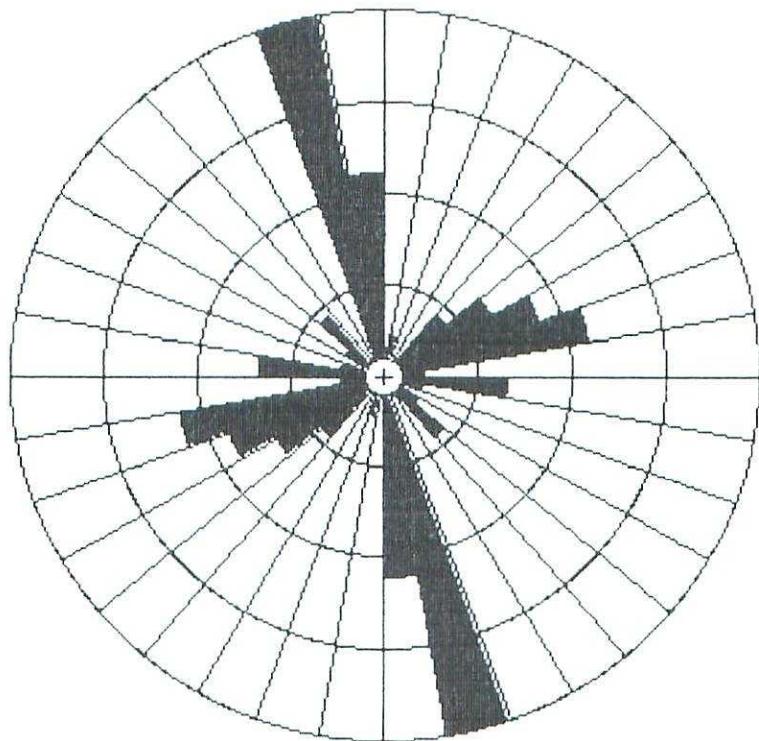
CASPE 19.      N = 37.      radio = 11%



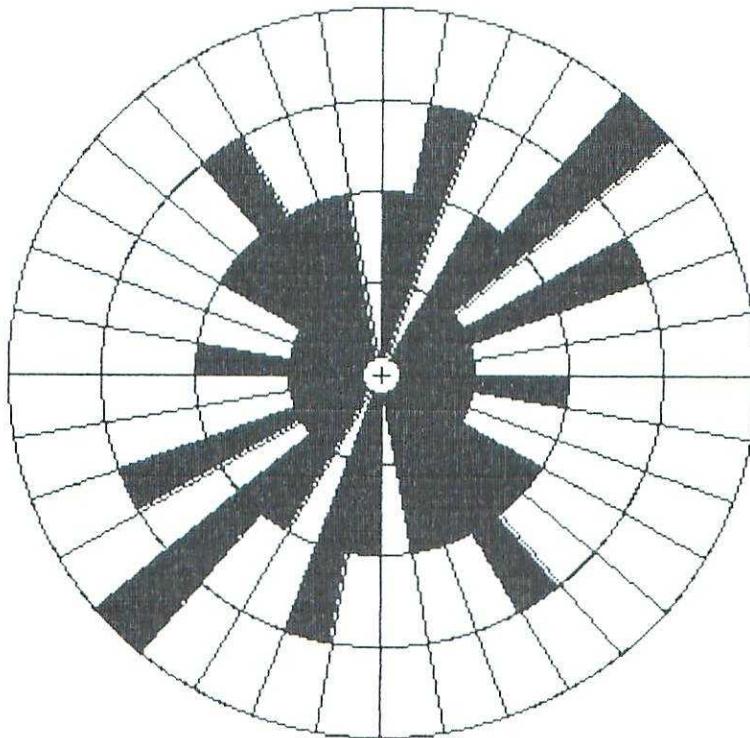
CASPE 20.      N = 36.      radio = 22 %



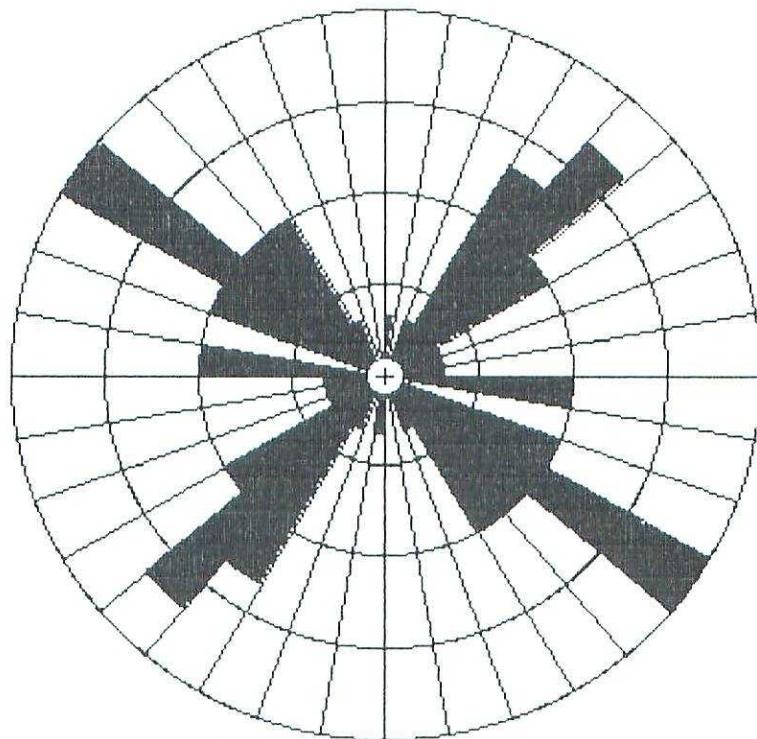
CASPE 21.      N = 37.      radio = 24 %



CASPE 22.      N = 32.      radio = 12 %



CASPE 23. N = 36. radio = 17 %



CASPE 24 (Q).

