

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA

INFORME TECTONICO

HOJAS 1:50.000 de:

VILLAR DE OLALLA 609 (23-24)

Autor: T. Román Berdiel
E.N. ADARO

Julio, 1990

TECTONICA (INFORME COMPLEMENTARIO)

Las Hojas nºs 563, 586 y 609, MAGNA de Priego, Gascueña y Villar de Olalla, desde el punto de vista geológico quedan enmarcadas en el sector occidental de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica.

Según JULIVERT et al., (1974) la Cordillera Ibérica es una cadena de tipo intermedio con dos dominios estructurales bien diferenciados: el zócalo y la cobertura, lo que condiciona de forma decisiva su estilo tectónico. El zócalo está constituido por los materiales hercínicos, a los que se adosa un tegumento de Trías inferior; la cobertura comprende todas las unidades desde el Trías hasta el Terciario. Separando ambos dominios aparece el nivel de despegue formado por los materiales plásticos del Trías medio y superior (Muschelcalk medio y Keuper).

En el ámbito de estas Hojas aflora únicamente la cobertura mesozoica y los materiales terciarios. Los potentes conjuntos calcodolomíticos del Jurásico y Cretácico de la Cobertura presentan deformación de flexión y fractura originando pliegues, fallas inversas, cabalgamientos y desgarres durante las etapas compresivas alpinas y fallas normales en las etapas distensivas. Dentro de las estructuras de flexión dominan los pliegues isopacos, cuya formación ha sido facilitada por la presencia de series sedimentarias de litología variada (alternancia de calizas-dolomías y margas-arcillas) y estratificación bien marcada, y por las condiciones de es-

fuerzo tectónico no muy grande (situación en el nivel intermedio de cadena, MATTAUER, 1976).

Los materiales detríticos, yesíferos y calcáreos terciarios situados en los bordes de las depresiones también están afectados por deformación de flexión y fractura de menor envergadura. Mientras que los materiales que ocupan la mitad occidental de la Hoja presentan estructura tabular con escasa deformación.

DOMINIOS ESTRUCTURALES

El territorio que comprenden las Hojas de Priego, Gascueña y Villar de Olalla abarca sendas porciones de cuatro dominios con características estratigráficas y estructurales propias:

- Dominio de los pliegues encofrados y cabalgamientos, que corresponde al borde oeste de la Serranía de Cuenca.
- Dominio de la depresión de Cañamares-Mariana.
- Dominio de la alineación de Bascuñana.
- Dominio de la Depresión Intermedia, que separa la Serranía de Cuenca de la Sierra de Altomira.

Dominio de pliegues encofrados y cabalgamientos

Ocupa únicamente la esquina nororiental de la Hoja de Priego.

El estilo tectónico del dominio está definido por la

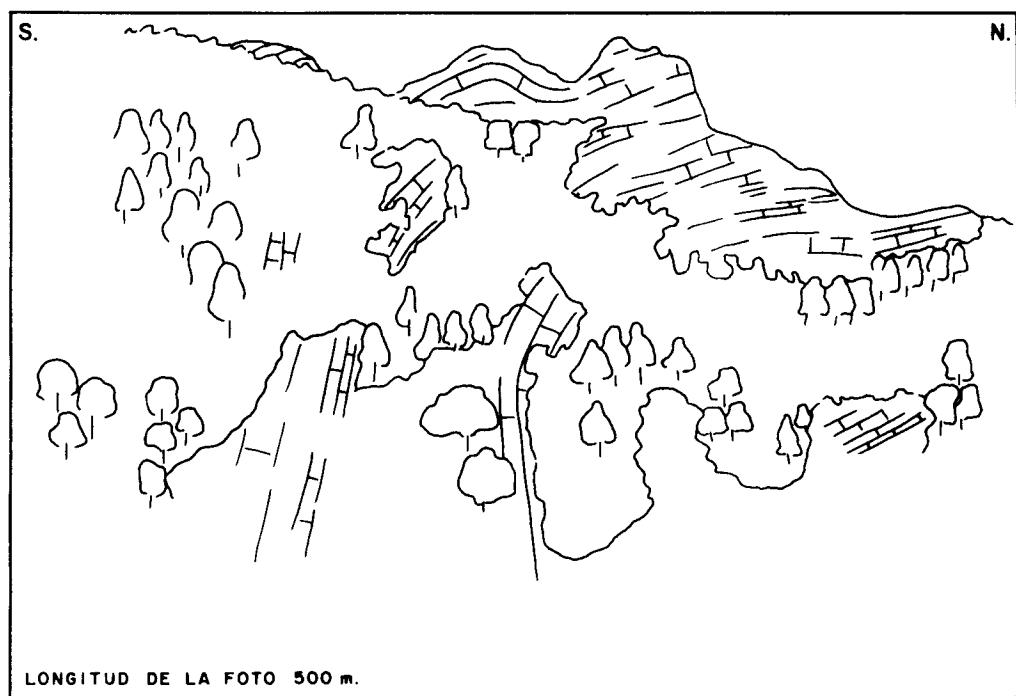


Figura.- 2.4 Flanco O del anticlinal de Carrascalano.

cobertura jurásico-cretácica despegada al nivel del Keuper y plegada con orientación NO-SE.

La estructura interna está formada básicamente por tres anticlinales de direcciones NO-SE.

Se comienza por el de Carrascollano-Fuente del Perro por ser el de más continuidad dentro de la Hoja.

El anticlinal de Carrascollano-Fuente del Perro, con dirección aproximada 150, se continúa en la Hoja de Fuertescusa constituyendo el borde oriental de la Depresión de Mariana. Es un anticlinal encofrado que en la Hoja de Priego (nº 563) presenta su terminación periclinal y tiene una amplitud de unos 2 Km.

En ambos flancos las capas se encuentran verticalizadas e incluso invertidas, cabalgando, en el caso del flanco occidental, hacia el SO, sobre el Terciario de la Depresión de Mariana (figura 2.1).

Afecta a los materiales del Mesozoico y su núcleo está constituido por Jurásico y Rethiense.

La estructura aparece afectada tanto en el núcleo como en los flancos por numerosas fallas.

En el flanco oriental se han observado estrías de deslizamiento capa sobre capa coherentes con una dirección de plegamiento NO-SE (foto 2.1, figura 2.2).

En el flanco occidental aparecen algunas estructuras que indican acortamiento en dirección E-O: dúplex y fallas inversas vergentes hacia el O (figura 2.3 y 2.4).

NO

SE



Foto 2.1. Superficies de estratificación - con estriadas de deslizamientos capa sobre capa. Calizas del Cretáceo superior del flanco oriental del anticinal Carrascalano - Fuente del Perro (Carretera de Cañamares a Fuentescusa)

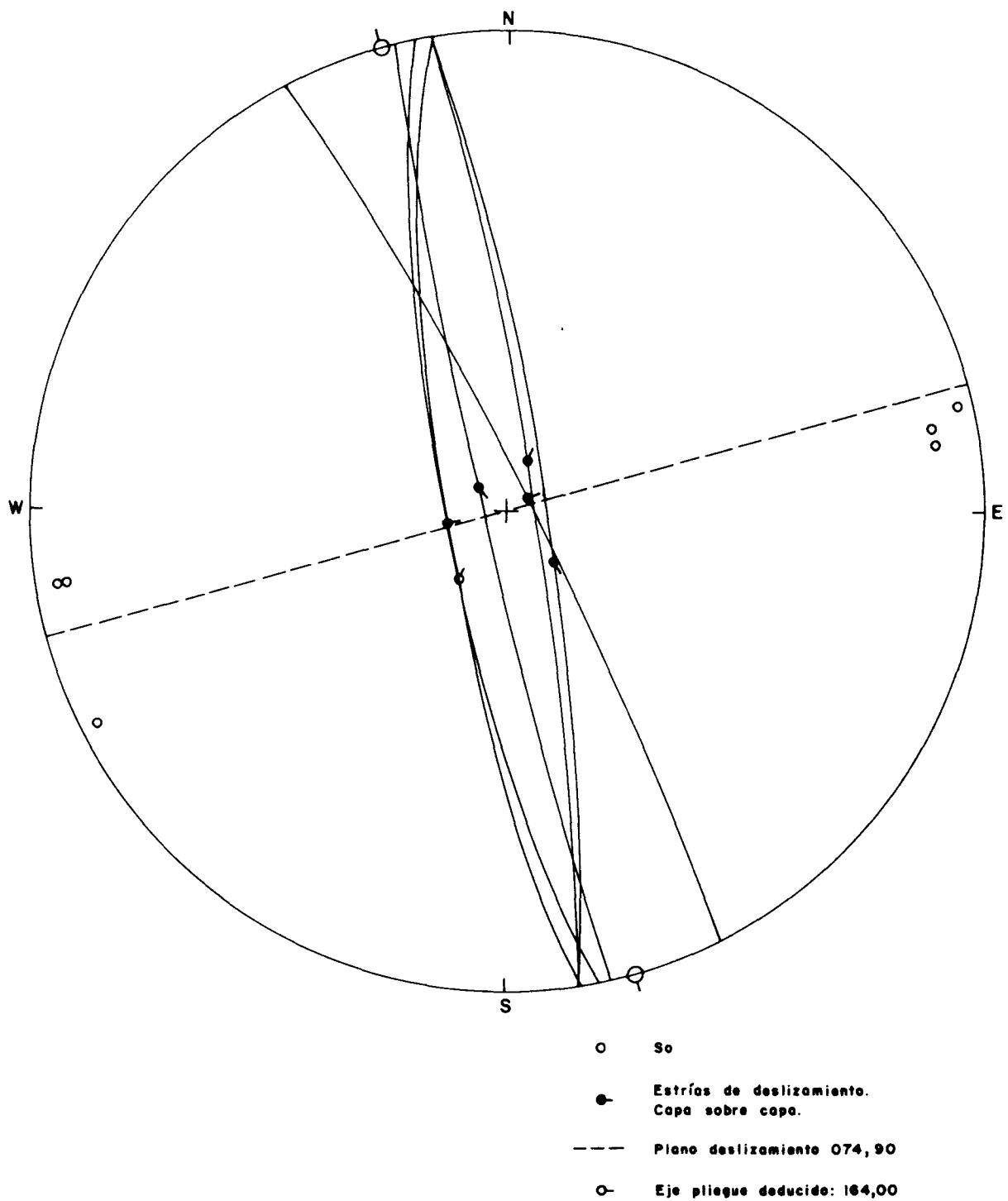


Figura.- 2.2 Proyección estereográfica de datos de estrías de deslizamiento capa sobre capa medidas en calizas del Cretácico Superior del flanco oriental del anticinal de Carrascalano - Fuente del Perro.

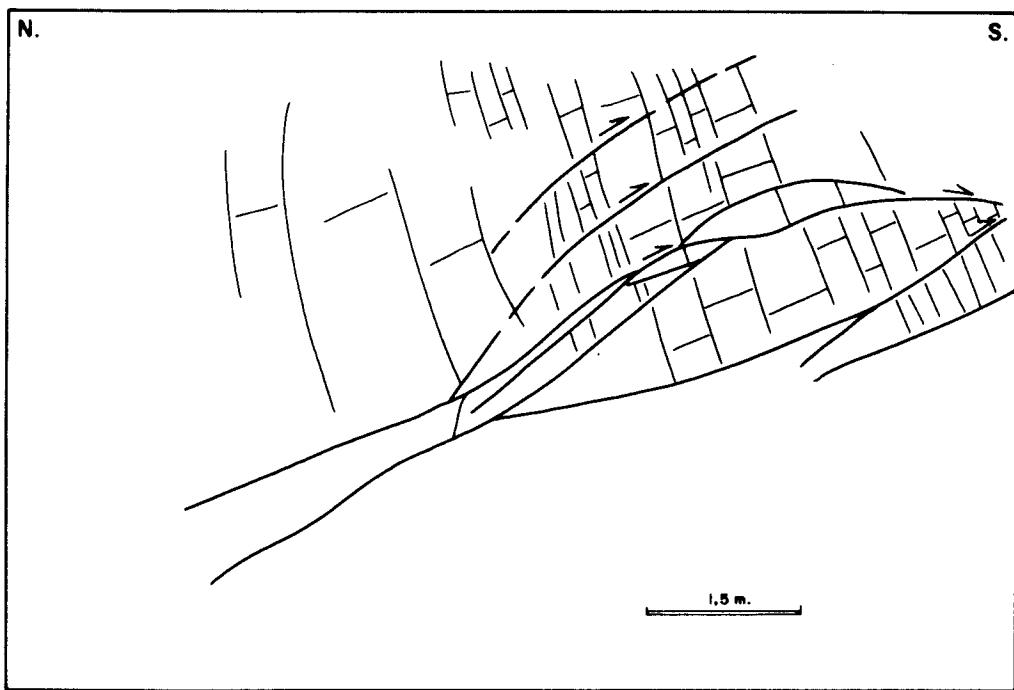


Figura.- 2.2 "Horses" o lenticulas en calizas cretacicas del piano occidental del anticinal de Carrascollano.

Original en la hoja de Priego

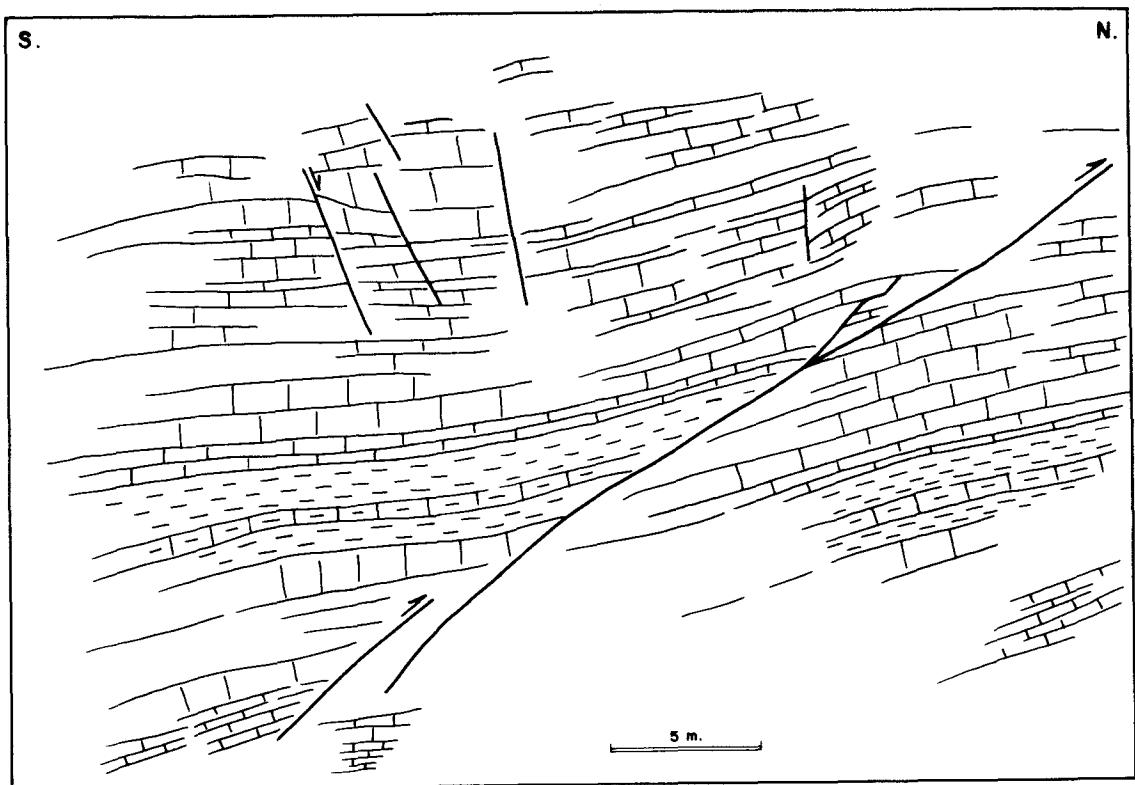


Figura.-24 Falla inversa afectando a materiales del Mesozoico. Flanco O
del anticlinal de Carrascalano.

Original en la hoja de Priego nº 563

Los otros dos anticlinales, de direcciones semejantes y que afectan a los mismos materiales, sin llegar a aflorar al Rethiense, se sitúan uno en cada lado del anterior.

El anticlinal de Fuertescusa, también con dirección NO-SE y amplitud de 1 Km., está situado al E del de Carrasco-llano. Los materiales aflorantes más antiguos corresponden al Jurásico.

Su flanco occidental queda limitado por una falla inversa de igual dirección que el plegamiento.

El anticlinal de La Herradura, con dirección NO-SE y amplitud 1,5 Km. aproximadamente, situado al NO del de Carrascollano tiene su flanco occidental verticalizado y cabalgante sobre el Cretácico del anticlinal de Bascuñana.

Este anticlinal se continúa en la Hoja nº 538 de Valdeolivas, donde llega a aflorar su núcleo y presenta tendencia a la geometría en "cofre".

Dominio de la Depresión de Mariana

Este dominio queda enmarcado entre el dominio de pliegues, encofrados y cabalgamientos y la alineación de Bascuñana, y ocupa la parte más oriental de las Hojas de Priego y Gascueña, (nº 563 y 586).

Es un gran sinclinorio de dirección submeridiana ocupado por depósitos terciarios.

En la Hoja de Priego (nº 563) se encuentra el cierre periclinal de dicho sinclinorio, constituido por materiales

del Cretácico superior y de las facies Garumán. Estos presentan buzamientos variables entre 29° y 45°.

Hacia el centro de la depresión afloran materiales detríticos del Eoceno, Oligoceno y Mioceno, discordantes sobre el Garumán.

Aunque la orientación regional del sinclinalorio es N-S, los pliegues menores que afectan tanto a los depósitos de facies Garumán como a los Paleógenos y Miocenos tienen direcciones variables en torno a NE-SO. Así se observa un sinclinal situado al E de La Frontera de dirección NO-SE y amplitud 2,5 Km. que se prolonga hacia el Norte pasando por Cañamares, y un anticlinal y un sinclinal situados al Norte de la localidad de Collados.

Dominio de la alineación de Bascuñana

Separa el dominio de la depresión de Mariana del dominio de la Depresión Intermedia.

Esta alineación aparece en superficie como un anticlinal de dirección NNO-SSE y amplitud unos 3 Km., que recorre las Hojas de Priego y Gascueña, (nº 563 y 586).

Es un anticlinal asimétrico, con el flanco oriental más tendido que el occidental. Este último aparece en algunos puntos como un cabalgamiento vergente hacia el Oeste del Cretácico sobre el Terciario.

En el extremo suroriental de la Hoja de Gascueña y nororiental de la Hoja de Villar de Olalla (nº 609) dicho anticlinal gira progresivamente hacia el Sur, prolongándose

en el anticlinal de Cuenca, de rumbo NO-SE, ya en la Hoja nº 610 de Cuenca.

El anticlinal de Bascuñana afecta a los materiales del Mesozoico y su núcleo, que únicamente aflora en la altura de Priego, debido al encajamiento del río Escabas, está constituido por materiales del Jurásico y Rethiense (figura 2.5).

En la Hoja de Villar de Olalla, en el flanco occidental del anticlinal de Bascuñana, se ha observado un dúplex que indica acortamiento en dirección NE-SO (figura 2.6).

Dicho anticlinal se encuentra afectado por fallas inversas paralelas a su eje de dirección submeridiana en varias zonas de su recorrido.

Dominio de la Depresión Intermedia

Abarca la mayor parte de la zona de estudio.

La Depresión Intermedia constituye una amplia zona que separa la Serranía de Cuenca de la Sierra de Altomira. Está ocupada por sedimentos paleógenos y miocenos.

En su conjunto es un área tabular. No obstante aparecen algunas estructuras de plegamiento en su borde oriental, en una banda paralela a la alineación de Bascuñana. Dichas estructuras afectan tanto a los materiales Paleógenos como a los del Mioceno, y tienen una orientación general NNO-SSE. A continuación se da una breve descripción de los mismos.

Afectando las calizas Paleógenas aflorantes al E de Priego aparecen cuatro pequeños pliegues de amplitudes inferiores a 200 m. y dirección NO-SE.

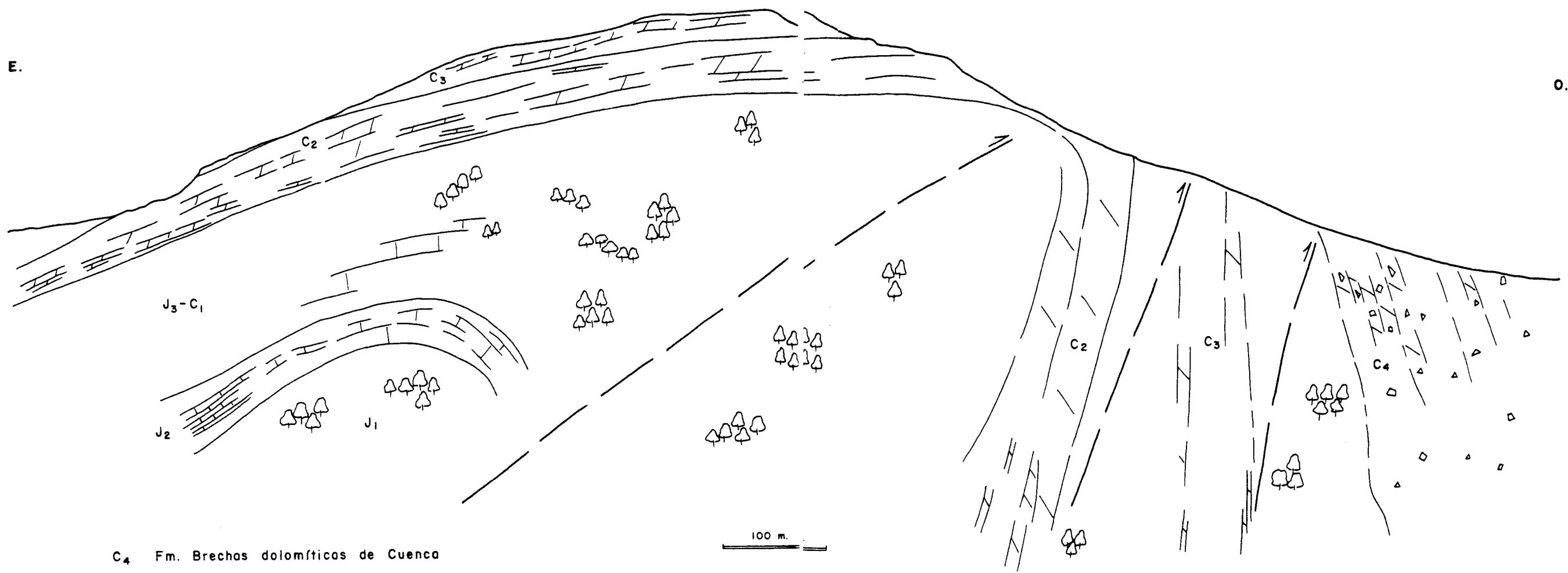


Figura.-2.5 Anticinal de Bascuñana a la cultura de Priego



Figura 2.6 Duplex producido en el flanco O del anticlinal de Bascuñana

Tanto las calizas lacustres del Aragoniense aflorantes al O de Priego como las aflorantes al SE de Albalate de las Nogueras, están afectadas por sendos sinclinales de dirección NNO-SSE y amplitud 1 Km respectivamente.

En la figura 2.7 puede observarse el sinclinal del O de Priego en cuyo núcleo se ha instalado una terraza tobácea del río Escabas.

El sinclinal de Chillarón-La Estrella aparece en las Hojas de Gascueña y Villar de Olalla con dirección NO-SE. En el borde sur de la Hoja de Gascueña y borde norte de la de Villar de Olalla llega a ponerse con dirección NE-SO para después volver a tomar el rumbo anterior. Afecta a los materiales de la facies Garum, a los depósitos de edad Eoceño-Oligoceno y a los detríticos del Mioceno, discordantes sobre los anteriores. Tiene una amplitud que aumenta de 1 Km. a 2 Km. hacia el Sur. Este sinclinal se continúa al Sureste de la Hoja de Cuenca.

El anticlinal de Puente de la Sierra está presente en las Hojas de Gascueña y Villar de Olalla con una dirección que varía de NNE a NO. Se desarrolla en superficie en los materiales del Garum y el Paleógeno, aflorando el Cretácico calcodolomítico en el borde oriental de la Hoja de Villar de Olalla. Tiene una amplitud aproximada de 1 Km. Es paralelo al sinclinal de La Estrella y se continúa al igual que éste, en la Hoja de Cuenca, (nº 610).

También afectando a las facies Garum, en la Hoja de Gascueña, existe un pequeño anticlinal de dirección NNO y amplitud 1 Km. Es un anticlinal tumbado y vergente hacia el NE, cuyo flanco oriental está afectado por una fractura que

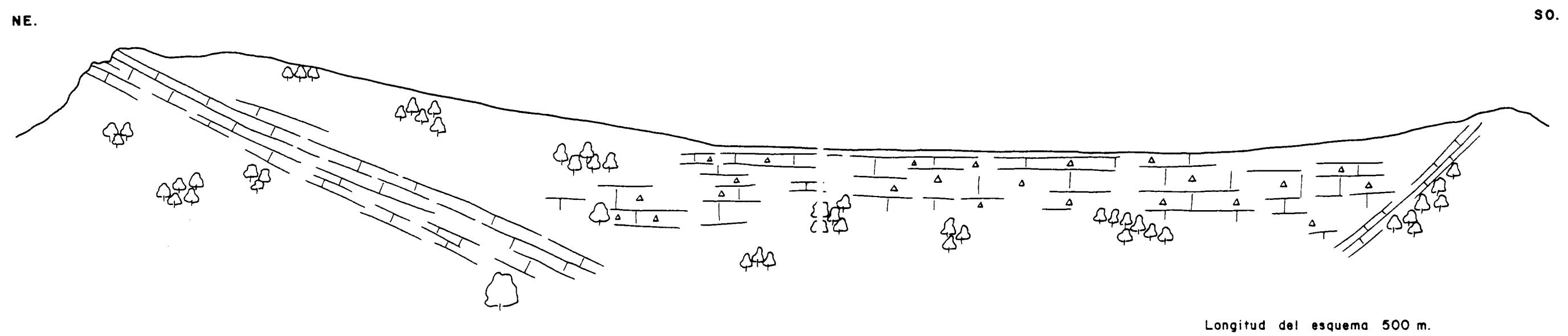


Figura.-27. Terraza tobácea del río Escabas depositada discordante en el núcleo de un sinclinal constituido por calizas lacustres del Mioceno inferior.

se prolonga hacia el sur con rumbo N, poniendo en contacto los materiales de la facies Garumna con los materiales detriticos del Mioceno.

En la Hoja de Villar de Olalla, entre el sinclinal de La Estrella y la alineación de Bascuñana, aparece el sinclinal de Tondos, con dirección aproximada 165 y amplitud de unos 700 m. que afecta a las calizas lacustres del Aragonense, discordantes sobre los materiales de la facies Garumna.

Al Sur de la Hoja de Villar de Olalla, aparece el sinclinal del mismo nombre, con orientación NO-SE y amplitud 1 Km., que afecta a los materiales detriticos de edad Eocene-Oligoceno.

Por último, en el límite sur de esta Hoja, aparece la terminación periclinal del anticlinal de Tórtola-Valdeganda. Presenta una orientación NO-SE y una amplitud de unos 2 Km. Este anticlinal se encuadra en las Hojas de San Lorenzo de la Parrilla (nº 634) y Fuentes (nº 635), y está desarrollado en materiales del Cretácico y Jurásico.

ANALISIS MICROESTRUCTURAL

Se han realizado once estaciones de medidas situadas dos de ellas en calizas Jurásicas (1a y 1b de la Hoja nº 563 de Priego), seis en calizas del Cretácico superior (2 y 3 de la Hoja nº 563 de Priego, 1, 2 y 3 de la Hoja nº 586 de Gascueña y 3 de la Hoja nº 609 de Villar de Olalla) y tres en calizas del Mioceno (4 de la Hoja nº 586 de Gascueña y 1 y 2 de la Hoja nº 609 de Villar de Olalla).

Para el análisis de las poblaciones de fallas se han utilizado tres métodos estadísticos que permiten la recons-

trucción de los estados de paleoesfuerzo que caracterizan la evolución tectónica del área: el método geométrico-cinemático de los Diedros Rectos (PEGORARO, 1972) que orienta sobre la complejidad de la población de fallas, y los métodos dinámicos de Etchecopar (ETCHECOPAR et al., 1981; ETCHECOPAR, 1984) y Diagrama yR (SIMON GOMEZ, 1984). Este último, por su carácter gráfico, proporciona una mejor visualización de las soluciones.

En los casos en los que la estratificación no se encontraba subhorizontal ha sido necesaria la realización de sucesivos Diagramas yR abatiendo la población de fallas según la dirección de plano de estratificación y, en cada caso, con distintos buzamientos para llegar a visualizar las distintas soluciones obtenidas por el método de Etchecopar.

A continuación se describen las doce estaciones analizadas. Los resultados gráficos del análisis se recogen en la figura 2.8 y en los anexos.

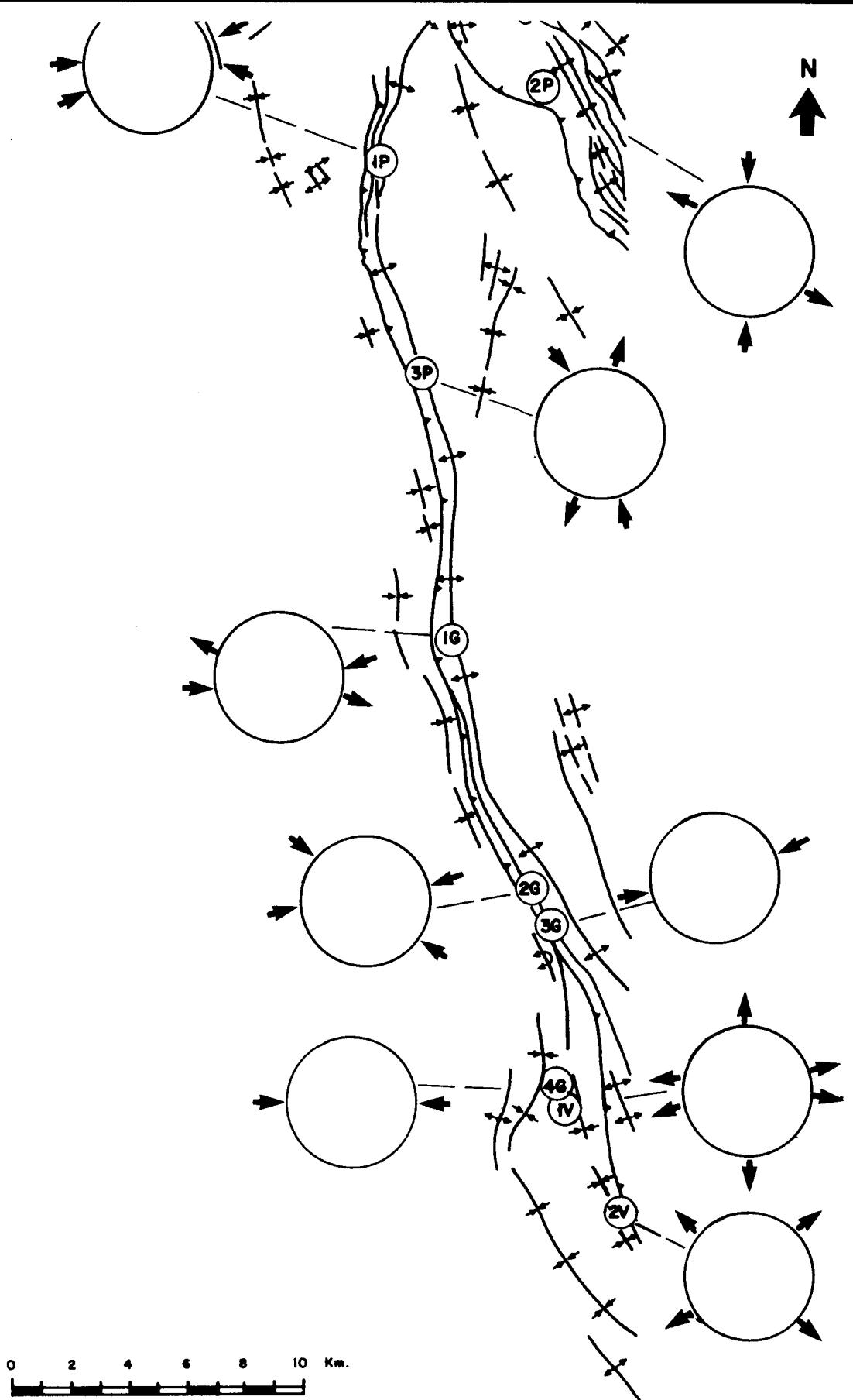
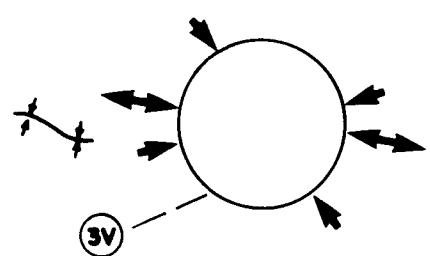


Figura.-2.8 Esquema tectónico, situación de las estaciones y representación estereográfica de los tensores de esfuerzos obtenidos a partir del análisis de los datos de microestructuras.



HOJA DE PRIEGO

ESTACIÓN 1A (CONVENTOSA)

Situación: Carretera de Priego al Convento de San Miguel de la Victoria, unos 700 m. antes de llegar al convento. Coordinadas U.T.M. 30TWK604782.

Litología y estratificación: Flanco occidental del anticlinal NNO de Bascuñana, con estratificación 147,35 O. Calizas bioclásticas lumaquélidas, estratificadas, con abundantes superficies ferruginosas, correspondientes a la Fm. Barahona (Pliensbachiano-Toarciano).

Microestructuras: Se han medido 29 microfallas. Los indicadores cinemáticos eran principalmente estrilolitos. La población de fallas se agrupa en dos familias de direcciones NO-SE y E-O que constituyen un sistema conjugado de fallas direccionales.

Análisis de fallas:

- Método Diedros Rectos: Se obtiene un máximo compresivo bastante bien definido, con una dirección aproximada E-O y subhorizontal, y un máximo distensivo con dirección N-S.

- Método Etchecopar: Se obtiene una única solución de ejes inclinados con σ_1 099, 190; σ_2 018, 26N; σ_3 157,

575 y valor de la relación de esfuerzos $R = \sigma_z - \sigma_x = 0$

(compresión uniaxial $\sigma_x = \sigma_z = \sigma_2 = \sigma_3$) que explica 24 fallas si se consideran únicamente las dos primeras clases del histograma y 26 si se consideran las tres primeras. La posición de las fallas en el círculo de Morh indica que su orientación es óptima para el movimiento bajo este estado de esfuerzos.

- Método Diagrama y R: Ha sido necesario abatir la población de fallas según el plano de estratificación 147,35 O. A pesar de existir una cierta dispersión de las fallas, aparece un nudo bien definido con dirección σ_y entre 095 y 115 y $R = 0,1$, que se sitúa en el campo del desgarre ($\sigma_z = \sigma_2$) próximo a la compresión uniaxial ($R = 0$, $\sigma_z = \sigma_x$).

El elipsoide hallado tiene dos de sus ejes contenidos en el plano de estratificación y el tercero (σ_2) perpendicular. Ello sugiere que la fracturación en esta localidad se produjo como consecuencia de un episodio compresivo en régimen de desgarre con dirección σ_1 095, muy próximo a la compresión uniaxial, que habría actuado antes del plegamiento de las capas.

ESTACIÓN 1B (SAN MIGUEL)

Situación: Situada en la carretera de Priego al convento de San Miguel de la Victoria, unos 400 m. antes de llegar a éste. Coordenadas U.T.M. 30TWK607782.

Litología y estratificación: Núcleo del anticlinal de Bascúnana, con estratificación 092, 11S. Calizas bioclásticas lumáclicas, estratificadas, con abundantes superficies ferruginosas, correspondientes a la Formación Barahona (Pliensbachiano-Toarciano).

Microestructuras: Se han medido 21 picos estilolíticos que dan una dirección de compresión 075, 6 O. También se ha medido una reducida población de fallas, 11, cuyos indicadores del movimiento eran principalmente estrillolitos. La población de fallas corresponde a un sistema conjugado de fallas direccionales con direcciones preferentes ONO-ESE y NE-SO.

Análisis de fallas:

- Método Diedros Rectos: Se obtiene un máximo compresivo poco definido, con una dirección que varía de 030 a 090, y un máximo distensivo con una dirección entre 120 y 180. La inmersión en ambos casos recorre un abanico muy amplio (de 0° a 70°).

- Método Etchecopar: Se obtiene una única solución de ejes inclinados con σ_1 070, 6E; σ_2 145, 68N; σ_3 162, 215 y $R = 0,31$ (desgarre $\sigma_z = \sigma_2$), que agrupa 10 fallas en las dos primeras clases del histograma. La posición de las fallas en el círculo de Mohr nos indica que su orientación es óptima para el movimiento bajo este estado de esfuerzos.

- Método Diagrama yR: Ha sido necesario abatir la población de fallas según el plano de estratificación 097, 16S. A pesar de que las fallas presentan una amplia dispersión, aparece un nudo poco definido con σ_y con dirección entre 060 y 080, que se sitúa en el campo de desgarre ($\sigma_z = \sigma_2$) con un valor de R entre 0,50 y 1,00. Este valor es mayor que el obtenido por el método de Etchecopar, pero está igualmente dentro del campo de desgarre. La solución obtenida mediante el análisis de las fallas es perfectamente coherente con la dirección de compresión deducida a partir de los picos estilolíticos.

El elipsoide hallado tiene dos de sus ejes contenidos en el plano de estratificación y el tercero (σ_3), perpendicular.

La fracturación en esta localidad se habría producido como consecuencia de un episodio compresivo con dirección de σ_1 070 en régimen de desgarre, que habría actuado antes del plegamiento de las capas.

ESTACION 2 (CANHAMARES)

Situación: Carretera comarcal de Cañamares a Fuertescusa, a unos 3 Km. del primero: U.T.M. 30TWK663808.

Litología y estratificación: Flanco occidental del anticlinal NO de Carrascollano, con estratificación 091, 68S. Dolomías masivas del Turoniense, correspondientes a la Fm. Dolomías de la Ciudad Encantada.

Microestructuras: Se han medido 21 microfallas. Los indicadores de movimiento eran escalones de calcita y estrilolitos. La población de fallas se agrupa en dos familias de direcciones ONO-ESE y E-O.

Análisis de fallas:

- Método Diedros Rectos: Se obtienen varios máximos compresivos y distensivos muy dispersos. La población de fallas responderá probablemente a varios tensores.

- Método Etchecopar: Se han obtenido dos tensores solución de ejes inclinados:

(a) con σ_1 077, 54E; σ_2 033, 27N; σ_3 134, 21E y $R = 7,69$ (distensión triaxial $\sigma_z = \sigma_1$), que explica 9 fallas agrupadas en las tres primeras clases del histograma. La posición de las fallas en el círculo de Mohr indica que su orientación es buena para el movimiento bajo este estado de esfuerzos.

(b) con σ_1 002, 585; σ_2 009, 32N; σ_3 097, 3E y $R = 0,25$ (degarre $\sigma_z = \sigma_2$), que explica 6 fallas si se consideran únicamente las dos primeras clases de histograma y 8 si se consideran las tres primeras. Su posición en el círculo de Mohr indica que su orientación no es óptima para el movimiento bajo este estado de esfuerzos. Probablemente corresponden a la reactivación de planos que ya existían.

- Método Diagrama y R: Ha sido necesario abatir la población de fallas según dos planos para visualizar los nudos correspondientes a los tensores solución. Se ha abatido según el plano de estratificación 091, 68S estableciéndose el tensor (b), con un σ_y con dirección entre 000 y 010 y valor de R que presenta bastante dispersión dentro del campo de desgarre, $\sigma_z = \sigma_2$ (entre 0,10 y 0,60). Abatiendo según el plano 091, 10S se obtiene un nudo con dirección de σ_y entre 020 y 040 y $2 > R > 1$ (distensión triaxial $\sigma_z = \sigma_1$). Esta solución se acerca a la correspondiente al tensor (a) obtenida por el método de Etchecopar, sin embargo presenta una diferencia notable en el valor de R .

La fracturación en esta localidad se produjo como consecuencia de dos episodios de fracturación, uno compresivo y en régimen de desgarre con dirección de σ_1 002, que actuó antes del plegamiento, y otro en régimen de distensión triaxial con dirección de σ_3 134, que actuó contemporáneo con los últimos episodios del plegamiento.

ESTACION 3 (ALBALATE)

Situación: Carretera comarcal de Albalate de las Nogueras a La Frontera, a unos 2,5 Km. del primero. U.T.M. 30TWK619708.

Litología y estratificación: Flanco occidental del anticlinal de Bascuñana, estratificación no identificable. Brechas dolomíticas del Senoniense correspondientes a la Fm. Brechas de Cuenca.

Microestructuras: Se han medido 22 microfallas que se agrupan en dos familias de direcciones N-S y NNE-SSO. Los tectoglifos eran estríololitos y cantos pulverizados.

Análisis de fallas:

- Método Diedros Rectos: Se obtienen un máximo compresivo de dirección 150 y un máximo distensivo de dirección entre 020 y 090. Las inmersiones de ambos pueden ser muy variadas.

- Método Etchecopar: Se han obtenido dos tensores solución:

(a) con σ_1 115, 80E; σ_2 102, 10 O; σ_3 012, 2N y valor de R = 12,50 (distensión triaxial $\sigma_z = \sigma_1$), que explica 13 fallas agrupadas en las tres primeras clases del histograma. La posición de las fallas en el círculo de Mohr indica que su orientación es buena para el movimiento bajo ese estado de esfuerzos, pero no óptima. Posiblemente corresponde a reactivación de fracturas ya existentes.

(b) de ejes inclinados, con σ_1 154, 75; σ_2 059, 35E; σ_3 074, 54 O y $R = 0,80$ (desgarre $\sigma_z = \sigma_2$). Explica sólo 5 fallas agrupadas en las dos primeras clases del histograma. Su posición en el círculo de Mohr indica que su orientación no es buena para el movimiento bajo este estado de esfuerzo, podría ser por tanto una solución ficticia, buena únicamente desde el punto de vista matemático, pero mecánicamente improbable.

- Método Diagrama yR:

Sin abatir: la máxima acumulación de curvas se da en el campo de la distensión triaxial ($\sigma_z = \sigma_1$), pero no queda bien determinado el tensor que mejor las explica, ya que las curvas tienden a ser paralelas y tienen el segmento horizontal muy largo.

Abatido según el plano 126, 55 O: queda determinado un tensor con dirección de σ_y entre 130 y 150 y valor de R entre 0,80 y 1,00. Esta solución coincide con el tensor (b) obtenido por el método de Etchecopar, con lo que se establece como solución buena a pesar de que la posición de las fallas en el círculo de Mohr no sea favorable.

La fracturación en esta localidad se produjo como consecuencia de dos episodios, uno en régimen de distensión triaxial con dirección de σ_3 012 posterior al plegamiento y otro compresivo en régimen de desgarre con dirección de σ_1 154.

HOJA DE GASCUEÑA

ESTACION 1 (TORRALBA)

Situación: Situada al este de la localidad de Torralba, en lo alto de la pista que atraviesa la Sierra, próxima al Alto del Eliso. U.T.M. 30TWK638622.

Litología y estratificación: Flanco este del anticlinal de Bascuñana, estratificación irregular. Brechas dolomíticas y carniolas del Cretácico superior (Santonense-Campaniense).

Microestructuras: Se han medido 25 microfallas, que se agrupan en dos familias de direcciones E-O y NE-SO. Dominan las fallas con componente inversa. Los indicadores del movimiento eran principalmente cantos pulverizados y estrilolitos.

Análisis estructural:

- Método Diedros Rectos: Se obtienen varios máximos compresivos y distensivos muy dispersos. La población de fallas responderá a varios tensores.

- Método Etchecopar: Se han obtenido dos tensores solución:

(a) σ_1 071, 10 O; σ_2 160, 95; σ_3 030, 76N; valor de R = -11, que explica 11 fallas agrupadas en las dos primeras clases del histograma. La posición de las fallas en el círculo de Mohr indica que su orientación no es buena para el movimiento bajo este estado de esfuerzos y puede corresponder, por tanto, a una solución ficticia, buena únicamente desde el punto de vista matemático, pero mecánicamente improbable.

(b) de ejes inclinados, con σ_1 013, 68N; σ_2 013, 21S; σ_3 103, 00 y R = 1,90 (distensión triaxial $\sigma_z = \sigma_1$), que explica 8 fallas agrupadas en las dos primeras clases del histograma. La posición de las fallas en el círculo de Mohr indica que su orientación es óptima para el movimiento bajo este estado de esfuerzos para tres de las fallas, las cinco restantes en posición más desfavorable pueden corresponder a la reactivación de planos ya existentes.

- Método Diagrama yR:

Sin abatir: la máxima acumulación de curvas se da en el campo de la compresión triaxial ($\sigma_z = \sigma_3$). La dispersión de las curvas, su tendencia a ser paralelas y la gran longitud de sus segmentos horizontales hace que el tensor solución no quede bien definido. Esta solución podría coincidir con el tensor (a) obtenido por el método de Etchecopar.

Abatido según el plano 160, 15 O: queda determinado un tensor con dirección σ_y 020 y valor de R = 1,50 (distensión triaxial $\sigma_z = \sigma_1$). Esta solución coincide con el tensor (b) obtenido por el método de Etchecopar.

La fracturación de esta localidad se produjo como consecuencia de dos episodios, uno en régimen de distensión triaxial con dirección de σ_3 103 que actuó antes del plegamiento.

miento, y otro en régimen de compresión triaxial ($\sigma_z = \sigma_3$) con dirección de σ_1 071 y posterior plegamiento.

ESTACION 2 (BASCUNANA)

Situación: Situada al noreste de la localidad de Bascuñana de San Pedro, en una cantera abierta en calizas cretácicas, sobre un barranco que desemboca en el Arroyo de la Virgen por la margen izquierda. U.T.M. 30TWK662531.

Litología y estratificación: Flanco oeste del anticlinal de Bascuñana, la estratificación varía desde 167, 25 O a 157, 22E ya que las calizas forman un anticlinal laxo. Dolomías y calizas blancas con foraminíferos "Lacacina" (Santonense-Campaniense).

Microestructuras: Se han medido 42 microfallas con estrías y 12 picos estitolíticos. Los estitolitos dan una dirección de compresión 129, 10E. La población de fallas se agrupa en dos familias de direcciones NNO-SSE y NO-SE en las que dominan las fallas con componente sinestral y dextral. Los indicadores cinemáticos eran principalmente estrilolitos y en algunos casos escalones de calcita.

Análisis de fallas:

- Método Diedros Rectos: Se obtiene un máximo compresivo con dirección aproximada 100 y subhorizontal y un máximo distensivo también subhorizontal con dirección 010.

- Método Etchecopar: Se han obtenido tres tensores, solución:

(a) σ_1 128, 40; σ_2 038, 2N; σ_3 157, 85S; $R = -0.03$ (compresión triaxial $\sigma_z = \sigma_3$), que explican 15 fallas agrupadas en las dos primeras clases del histograma. La posición de las fallas en el círculo de Mohr indica que su orientación es óptima para el movimiento bajo este estado de esfuerzos para unas (creación de nuevos planos de fractura) y buena para otras (reactivación de fracturas preexistentes), excepto para una cuyo movimiento según este tensor es poco probable.

(b) σ_1 124, 15E; σ_2 025, 32N; σ_3 056, 54O; $R = 0,20$ (desgarre $\sigma_z = \sigma_2$), explica 11 fallas agrupadas en las dos primeras clases del histograma. La posición de las fallas en el círculo de Mohr indica que su orientación es buena para el movimiento bajo este estado de esfuerzos para todas excepto para una cuyo movimiento según este tensor es poco probable.

(c) de ejes inclinados, con ' σ_1 073, 8 O; σ_2 178, 60N; σ_3 159, 28S y $R = 0,24$, explica 6 fallas agrupadas en las dos primeras clases del histograma. La posición de las fallas en el círculo de Mohr indica que su orientación es óptima para el movimiento bajo este estado de esfuerzos para todas excepto para una cuyo movimiento según este tensor es muy improbable.

- Método Diagrama yR:

Sin abatir: Se obtiene un tensor solución definido por un σ_y con dirección entre 120 y 130 y valor de $R = 0,00$ (compresión uniaxial $\sigma_x = \sigma_z = \sigma_2 = \sigma_3$). Esta solución coincide con el tensor (a) obtenido por el método de Etchecopar, y a su vez viene corroborado por la dirección de compresión deducida a partir de los estilolitos.

Abatido: Se ha abatido una parte de la población según el plano 167, 250 y otra según 157, 22E, en función del flanco donde fueron medidas. La dispersión de las fallas es bastante grande. Se obtiene un tensor solución definido por σ_y con dirección entre 120 y 150 y valor de R entre 0,00 y 0,50 (compresión uniaxial-desgarre). Esta solución coincide con el tensor (b) obtenido por el método Etchecopar. No ha sido posible visualizar el tensor (c) por este método, por lo que su corroboración queda pendiente de su coherencia con los tensores obtenidos en otras estaciones. Los tensores (a) y (b) son muy parecidos, sin embargo el método de Etchecopar no admitía un sólo tensor para explicar los dos grupos de fallas. Esto podría indicar una duración prolongada en el tiempo (mientras se producía el plegamiento) de un único tensor de esfuerzos con pequeñas variaciones de la orientación.

ESTACION 3 (SAN PEDRO)

Situación: Situada al NE de la localidad de Bascuñana de San Pedro, en un barranco que desciende del Cerro de los Losares y desemboca en el Arroyo de Bascuñana. U.T.M. 30TWK664523.

Litología y estratificación: Flanco occidental del anticlinal de Bascuñana. estratificación no identificable. Brechas dolomíticas del Cretácico superior (Santoniano-Campaniano).

Microestructuras: Se han medido 14 microfallas que se agrupan en tres familias dominantes de direcciones NO, NNO y NE. La mayoría presenta componente sinestral. Los indicadores de movimientos eran principalmente estrilolitos.

Análisis de fallas:

- Método Diedros Rectos: Se han obtenido dos máximos compresivos con direcciones aproximadas 070 y 090 subhorizontales y un máximo distensivo también subhorizontal con dirección entre 150 y 180.

- Método Etchecopar: Se ha obtenido un tensor solución definido por: σ_1 065, 16 O; σ_2 126, 60E; σ_3 163, 25N y valor de $R = 0,5$, explica 7 fallas agrupadas en las dos primeras clases del histograma. La posición de las fallas en el círculo de Mohr indica que su orientación es buena para el movimiento bajo este estado de esfuerzos.

- Método Diagrama y R: Ha sido necesario abatir según el plano 036, 30 O. Se ha obtenido un nudo que viene definido por la dirección de σ_y entre 065 y 070 y $R = 0,5$ (campo de desgarre $\sigma_z = \sigma_2$). Esta solución coincide con el tensor obtenido por el método Etchecopar. La fracturación en esta localidad se produjo como consecuencia de un episodio compresivo en régimen de desgarre con dirección de σ_1 065.

ESTACION 4 (TONDOS)

Situación: Situada en el límite sur de la Hoja, al comienzo de la pista que sale al norte de la localidad de Tondos.
U.T.M. 30TWK664868.

Litología y estratificación: Borde de la Depresión Intermedia, muy próximo al contacto con los materiales mesozoicos de la Sierra. Estratificación variable. Calizas lacustres del Aragoniense, bien estratificadas.

Microestructuras: Se han medido 13 microfallas. Presentan una familia dominante con dirección aproximada 080.

Análisis de fallas:

- **Método Diedros Rectos:** Los campos de extensión y compresión son muy amplios y poco definidos.

- **Método Etchecopar:** Se ha obtenido un tensor solución definido por: σ_1 096, 12 O; σ_2 066, 76E; σ_3 005, 7S; $R = 0,26$ (desgarre $\sigma_z = \sigma_2$). Explica 8 fallas agrupadas en las dos primeras clases del histograma. La posición de las fallas en el círculo de Mohr indica que su orientación es buena para el movimiento bajo este estado de esfuerzos.

- **Método Diagrama yR:** Ha sido necesario abatir según el plano de estratificación 127, 17S, por lo que la fracturación fue anterior al plegamiento. Se obtiene un nudo que corresponde a un tensor solución con dirección de σ_y 095 y $R = 0,20$ (campo de desgarre $\sigma_z = \sigma_2$).

El elipsoide hallado tiene dos de sus ejes contenidos en el plano de estratificación y el tercero (σ_z) perpendicular.

La fracturación en esta localidad se ha producido como consecuencia de un episodio compresivo en régimen de desgarre con dirección de σ_1 096 que habría actuado antes del plegamiento de las capas.

HOJA DE VILLAR DE OLALLA

ESTACION 1 (MUELA)

Situación: Situada al NE de la localidad de Tondos, junto a la misma y en la base de la Muela. U.T.M. 30TWK669468.

Litología y estratificación: Borde de la Depresión Intermedia, muy próximo al contacto con los materiales del mesozoico de la Sierra. Estratificación 000, 110. Calizas lacustres del Aragoniense-Vallesiense bien estratificadas.

Microestructuras: Se han medido 23 diaclasas que se agrupan en tres familias dominantes de direcciones NNO, NNE y E.

Ello sugiere que en esta localidad actuaron tres tensores distensivos con direcciones de σ_3 , ENE, ESE y N. Los tres pueden corresponder a un mismo episodio distensivo con σ_3 y σ_2 de direcciones aproximadas E y N que se intercambiarían entre ellos (según el modelo propuesto por SIMON et al., 1988).

ESTACION 2 (MOCHOGRAND)

Situación: Al este de la localidad de Arcos de la Cantera, en la base del Mocho Grande. Coordenadas U.T.M. 30TWK685423.

Litología y estratificación: Borde de la Depresión Intermedia, muy próximo al contacto con los materiales mesozoicos de la Sierra. Estratificación 009, 11 O. Calizas lacustres del Aragoniense-Vallesiense bien estratificadas.

Microestructuras: Se han medido 34 diaclasas que se agrupan en dos familias de direcciones NE y NO.

En esta localidad actuó un episodio distensivo en σ_3 y σ_2 de direcciones NE y NO que se intercambiarían entre ellos (según el modelo propuesto por SIMON et al., 1988).

ESTACION 3 (VILLAROLAL)

Situación: Al Sur de la Hoja, fuera de la misma. Al final de la pista que sale al Sur de la localidad de Villar de Olalla, es una cantera de piedra caliza. U.T.M. 30TWK685275.

Litología y estratificación: Flanco E del anticlinal de Tórtola-Valdeganga. Estratificación 127, 54 N. Dolomías masivas y a techo calizas dolomíticas bien estratificadas. Turonense.

Microestructuras: Se han medido 45 microfallas, que se agrupan en cuatro familias de direcciones NNE, NE, ENE y ONO. Dominan marcadamente las fallas con componente sinestral. Los indicadores cinemáticos eran escalones de calcita y estríolitos.

Análisis de fallas:

- Método Diedros Rectos: Campos de distensión y compresión muy amplios. La población de las fallas responderá probablemente a varios tensores.

- Método Etchecopar: Se han obtenido cuatro tensores solución:

(a) de ejes inclinados, con σ_1 079, 38E; σ_2 052, 48 O; σ_3 158, 14N y valor de $R = 0,26$ (desgarre $\sigma_z = \sigma_2$). Explica 14 fallas agrupadas a las tres primeras clases del histograma. La posición de las fallas en el círculo de Mohr indica que su orientación es bastante buena para el movimiento bajo este estado de esfuerzos.

(b) σ_1 141, 5S; σ_2 052, 3 O; σ_3 172, 84N; $R = -0,05$ (compresión triaxial $\sigma_z = \sigma_3$). Explica 9 fallas agrupadas en las dos primeras clases del histograma. La posición de las fallas en el círculo de Mohr indica que su orientación es bastante buena para el movimiento bajo este estado de esfuerzos.

(c) de ejes inclinados, con σ_1 098, 42E; σ_2 056, 40 O; σ_3 116, 23N; $R = 0,42$ (desgarre $\sigma_z = \sigma_2$). Explican 8 fallas agrupadas en las tres primeras clases del histograma. La posición de las fallas en el círculo de Mohr indica que su orientación es buena para el movimiento bajo este estado de esfuerzos.

(d) de ejes inclinados, con σ_1 023, 14 S; σ_2 125, 41 O; σ_3 098, 46E; $R = 1,03$ (distensión triaxial $\sigma_z = \sigma_1$). Explica 7 fallas agrupadas en las dos primeras clases del histograma.

La posición de las fallas en el círculo de Mohr indica que su orientación no es buena para el movimiento bajo este estado de esfuerzos y puede corresponder, por tanto, a una

solución ficticia, buena únicamente desde el punto de vista matemático, pero mecánicamente improbable.

- Método Diagrama yR:

Sin abatir: Se obtiene un tensor solución definido por un σ_y y con dirección entre 135 y 145 y $R = 0,00$ (compresión uniaxial $\sigma_x = \sigma_z = \sigma_2 = \sigma_3$). Esta solución se aproxima bastante al tensor (b) obtenido por el método de Etchecopar.

Plano abatido 127, 54N: Se obtiene un tensor solución definido por un σ_y entre 075 y 085 y valor de R entre 0,00 y 0,30 (desgarre $\sigma_z = \sigma_2$). Esta solución coincide con el tensor (a) obtenido por el método de Etchecopar. La fracturación producida por este tensor será anterior al plegamiento y probablemente a la fracturación producida por el tensor (b).

Plano abatido 127, 40N: La dispersión es bastante grande. Se obtiene un tensor solución definido por un σ_y entre 090 y 105 y un valor de R dentro del campo de desgarre ($\sigma_z = \sigma_2$). Esta solución coincide con el tensor (c) obtenido por el método de Etchecopar. En este mismo diagrama yR se observa que las fallas explicadas por el tensor (d) obtenido por el método de Etchecopar se agrupan intersectándose en el campo de la distensión triaxial ($\sigma_z = \sigma_1$). El hecho de que todas las fallas tengan algo de componente normal dificulta la definición del nudo. No hay que olvidar que esta solución es mecánicamente improbable y por tanto puede ser falsa, y deberá ser corroborada con las soluciones obtenidas en otras estaciones.

La fracturación en esta localidad se produjo como consecuencia de un episodio compresivo en régimen de desgarre con dirección de σ_1 079 que actuó antes del plegamiento de

las capas, dos episodios, uno compresivo también en régimen de desgarre con dirección σ_1 098 y otro distensivo con dirección σ_3 098 que habrían actuado durante el inicio del plegamiento, y un episodio compresivo en régimen de compresión triaxial muy próxima a la uniaxial con dirección de σ_1 que habría actuado con posterioridad al plegamiento.

INTERPRETACION TECTONICA

Los movimientos previos a la orogenia alpina s.s. son de tipo distensivo y tienen lugar durante el Cretáceo superior en el marco de una etapa de subsidencia controlada por la contracción térmica, que se produce a continuación de los Movimientos Aústricos que son de edad Albiense inferior y Albiense superior-Cenomaniana en la Serranía de Cuenca (I.G.M.E., 1988).

Estos aparecen reflejados a escala microestructural en las estaciones números 1 de la Hoja nº 586 de Gascueña y 3 de la Hoja nº 609 de Villar de Olalla.

El resto de las deformaciones observadas en las Hojas pueden considerarse incluidas en la orogenia alpina s.s

Aunque la mayor parte de las macroestructuras compresivas, pliegues y cabalgamientos, se alinean según las direcciones NNO y NO, también aparece alguna estructura transversal a éstas, de dirección NE.

En los bordes de la Depresión Intermedia y el Sinclinal de Mariana la serie paleógena es discordante sobre los depósitos del Cretáceo terminal y aparece a su vez plagada. Sobre ellas se disponen otros depósitos continentales atribuidos al Mioceno inferior, que fosilizan pliegues del Paleógeno y están también suavemente plegados.

Las orientaciones de las macroestructuras y resultados del análisis microestructural sugieren la existencias de varias fases de compresión, que corresponden con las encontradas por otros autores en distintos lugares de la Ibérica (NE-SO, N-S, E-O, NO-SE).

La dirección de máxima compresión NE presumiblemente relacionada con el plegamiento principal de la Cadena y que originó las estructuras de rumbo NO (dominio de los pliegues encofrados y cabalgamientos), no se encuentra representada en las microestructuras frágiles de las estaciones analizadas.

En el sinclinalorio de Mariana esta fase queda registrada por la discordancia entre el Paleógeno y los depósitos del Mioceno Inferior.

Sin embargo sí hay reflejo microestructural de una compresión ENE a E (estaciones 1a y 1b de la Hoja nº 563 de Priego, 1, 2, 3 y 4 de la Hoja nº 586 de Gascueña y 3 de la Hoja nº 609 de Villar de Olalla) que sería la responsable del origen de las macroestructuras de rumbo NNO observadas en la región (Sinclinalorio de Mariana y Alineación de Bascuñana). Esta compresión se corresponde con la tercera fase de compresión que da lugar a la estructuración de la Cadena (Fase Neocastellana, AGUIRRE et al., 1976). De acuerdo con los datos microestructurales esta fase perdura durante todo el plegamiento en esta región.

En el análisis microestructural se ha obtenido también una compresión de dirección de máximo acortamiento N-S que no tiene reflejo a escala macroestructural, pero sí tiene su correlación en otras muchas áreas de la Cordillera, con dirección variable de NNE a NNO: borde N de Cameros (CASAS, 1987), sector occidental de la Depresión del Ebro (GARCIA y

SIMON, 1986), Rama Castellana (CAPOTE et al., 1982, parte centro oriental de la cadena (SIMON, 1984; CASAS, 1985; SIMON y APARICIO, 1988). Con los datos disponibles resulta imposible conocer el momento de su actuación con respecto a las otras compresiones, si bien en otros puntos de la cordillera queda clara su posterioridad respecto a la compresión NE.

Dos compresiones más de direcciones NO y NNO aparecen reflejadas en los resultados del análisis microestructural. La compresión NO parece manifestarse tanto temprana como tardíamente. Por tanto puede tratarse de dos compresiones distintas con igual dirección: una que actuó con anterioridad al plegamiento y que dió lugar a la discordancia entre el Paleógeno y Cretácico, y otra que actuó con posterioridad al plegamiento principal y que originó los pliegues de rumbo NE.

La primera ha sido situada al final del Cretácico o intraeocena en otros sectores de la Cordillera. La segunda está representada de manera bastante uniforme en el sector oriental de la Ibérica y también ha sido encontrada en algunos puntos del sector occidental de la cadena como el área de Sigüenza (ALVARO, 1975).

En resumen la evolución tectónica del área está marcada principalmente por la sucesión de cuatro etapas compresivas:

- 1.- La más antigua, de dirección NO a NNO que provocó la discordancia entre el Paleógeno y Cretácico. Dentro de la Rama Castellana, esta compresión ha sido citada por ALVARO (1975), CAPOTE et al. (1982) y MANERA (1982). Cabe la posibilidad de que dicha compresión llegue a coexistir y/o alternar repetidamente con la compresión principal NE

(ALFARO, 1987, DE VICENTE, 1988), con lo que quedaría explicada su actuación post-plegamiento principal en esta región.

Sin embargo, otros autores (I.G.M.E., 1988; ALVARO, 1989) defienden la hipótesis de que existe una compresión NO tardía que consideran ligada a la compresión ENE (Fase Neocastellana) y como una evolución temporal de la misma que mostraría un giro progresivo de la dirección de acortamiento.

- 2.- Compresión NE, que es la responsable de la arquitectura principal de la Cordillera Ibérica, y que se manifiesta en la región únicamente a escala macroestructural. Equivalente a la Fase Castellana de PEREZ GONZALEZ et al. (1971).
- 3.- Compresión N-S que únicamente aparece reflejada a escala microestructural, pero que tiene su correlación en otras muchas áreas de la Cordillera. Para GUIMERA y ALVARO (1989) y GUIMERA (1988) esta es la única dirección de compresión primaria a escala regional en la Cordillera Ibérica. El resto de las compresiones correspondería a desviaciones en las trayectorias de los esfuerzos compresivos provocadas por los grandes accidentes de zócalo y cobertura.
- 4.- Compresión ENE a E-O, responsable de estructuras de plegamiento y fallas inversas de dirección NNO a N (alineación de Bascuñana) y que aparece repetidamente reflejada en los resultados del análisis microestructural. Es la Fase Neocatellana.

BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, E.; DIAZ MOLINA, M. y PEREZ GONZALEZ, A. (1976). "Datos paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Sur española". Trab. Neog. Cuaternario, 5, 7-29.
- ALFARO, J.A. (1987). "Sobre la tectónica frágil y neotectónica del NE de la Sierra de Albarracín". Tesis de Lic. Univ. Zaragoza, 120 pp.
- ALFARO, M. (1975). "Estíolitos tectónicos y fases de plegamiento en el área de Sigüenza (borde del Sistema Central y la Cordillera Ibérica)". Estudios Geol., 31 (3-4), 241-247.
- ALVARO, M. (1989). "Mapa Geológico de España E. 1:50.000 Hoja 564 (Fuertescusa) I.T.G.E.
- CAPOTE, R.; DIAZ, M.; GABALDON, V.; GOMEZ, J.J.; SANCHEZ DE LA TORRE, L.; RUIZ, P.; ROSELL, J.; SOPEÑA, A. y YEBENES, A. (1982). "Evolución sedimentológica y tectónica del Ciclo Alpino en el tercio noroccidental de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica". Temas Geológico-Mineros, I.G.M.E., Madrid, 290 pp.
- CASAS SAINZ, A. (1985). "Análisis de la deformación frágil en el área de Alcaine (Teruel)". tesis de Licenciatura, Univ. Zaragoza, 162 pp.
- CASAS SAINZ, A. (1987). "El estado de esfuerzos durante el Terciario en la Depresión de Arnedo (La Rioja)". Acta Geol. Hisp. (en prensa).

- DE VICENTE, G. (1988). "Análisis poblacional de fallas. El sector de enlace Sistema Central-Cordillera Ibérica". Tesis Doctoral Univ. Complutense de Madrid. 371 pp. (inédito).
- ETCHECOPAR, A.; VASSEUR, G. y DAIGNIERES, M. (1981). "An inverse problem in microtectonics for the determination of stress tensors from fault population analysis". J. Struct. Geol. 3 (1), 51-65.
- ETCHECOPAR, A. (1984). "Etude des états de contrainte tectonique cassante et simulations de deformations plastiques (approche mathématique)". Thèse d'Etat U.S.T.L. Montpellier, 269 pp.
- GRACIA PRIETO, F.S. y SIMON GOMEZ, J.L. (1986). "El campo de fallas miocenas de la Bardena Negra (provincias de Navarra y Zaragoza)". Bol. Geol. Min., 97 (6), 693-703.
- GUIMERA, J. (1988). "Estudi estructural de l'enllaç entre la Serralada Ibérica i la Serralada Costanera Catalana". Thèse Doct. Univ. de Barcelona, 2 vols., 600 pp.
- GUIMERA, J. y ALVARO, M. (1989). "Structure et evolution de la Compression alpine dans la Chaine Iberique et la Chaine Côtière Catalane (Espagne)". Boll. Soc. Geol. France (en prensa).
- C.G.S. (1988). "Mapa Geológico 1:200.000 nº 46 (Cuenca-Guadalajara)". Memoria. I.G.M.E. (Inédito).
- JULIVERT, M. ; FONTBOTE, J.M.; RIBEIRO, A. y CONDE, L. (1974). "Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares". I.G.M.E.

- MANERA BASSA, A. (1982). "Determinación de cuatro fases de deformación en el extremo suroccidental de la Sierra de Altomira". *Estudios Geol.*, 37, 233-243.
- MATTAUER, M. (1976). "Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre". *Omega*, 524 pp.
- PEGORARO, O. (1972). "Application de la microtectonique à un étude de néotectonique. Le golfe Mahasque (Crète Centrale)". *Thèse IIIème cycle. U.S.T.L. Montpellier*, 41 pp.
- PEREZ GONZALEZ, A.; VILAS, L.; BRELL, J.M. y BERTOLIN, M. (1971). "Las series continentales al Este de la Sierra de Altomira". *1º Congr. Hisp. Luso-Amer. Geol. Econom. Tomo 1, secc. 1*, pp. 357-376.
- SIMON GOMEZ, J.L. (1984). "Compresión y Distensión Alpinas en la Cadena Ibérica oriental". *Tesis Doctoral, Univ. Zaragoza. Publ. Instituto de Estudios Turolenses, Teruel*, 269 pp.
- SIMON GOMEZ, J.L. y PARICIO CARDONA, J. (1988). "Sobre la Compresión neógena de la Cordillera Ibérica (algunas precisiones a propósito de los comentarios de J. Guimerá al trabajo "Aportaciones al conocimiento de la compresión tardía en la Cordillera Ibérica centro-oriental: la cuenca neógena inferiro del Mijares. Teruel-Castellón")". *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.