

# La tectónica y microtectónica de la Cuenca Carbonífera Central de Asturias

\*Pilar Fuente Alonso, y \*\*José A. Sáenz de Santa María Benedit

*Dto. de Geología. Dirección Técnica. HUNOSA. Avda. de Galicia n.º 44, 33005 OVIEDO.*

*\*e-mail: pilar@hunosa.com. \*\*e-mail: jassmb@hunosa.com.*

Recibido el 30 de Septiembre de 1998.

Aceptado el manuscrito revisado el 4 de Enero de 1999.

---

**Resumen:** Por primera vez se describen estructuras tectónicas y microtectónicas observadas en las unidades de producción subterráneas del yacimiento de HUNOSA en la Cuenca Carbonífera Central, subunidad de la Zona Cantábrica. Dichas estructuras se sistematizan por su asociación con las fases de deformación del yacimiento, según el esquema: Deformación interna de las capas de carbón, pliegues parásitos desarrollados flexuralmente y fallas (métricos a decamétricos), asociados a las fases principales de plegamiento hercínico; fallas verticales de desgarre y fracturas subhorizontales a escala del yacimiento, y microtectónica gravitacional relacionadas con los últimos estadios de deformación de la orogenia hercínica; estructuras tectónicas asociadas a un episodio extensional, probablemente alpino inicial. La descripción de las fracturas subhorizontales y las asociadas a los primeros episodios alpinos es novedosa al no existir referencias previas.

**Palabras clave:** Zona Cantábrica, Cuenca Carbonífera Central, Estructura Tectónica, Microtectónica.

**Abstract:** For the first time tectonic and microtectonic structures observed in the pits of HUNOSA in the Central Coal Basin, subunity of the Cantabrian Zone, are described. They are classified according to their association with the phases of deformation of the coal field in agreement with the following scheme: Internal deformation of coal seams, parasitic flexural folds and faults (on a metric a decametric scale) associated to the main phases of the hercynian folding; vertical strike-slip faults and subhorizontal fractures on the coal field scale, and gravitational microtectonics related to the latest stages of deformation of the hercynian orogeny; tectonic structures probably associated with an initial alpine distending episode. The description of subhorizontal fractures as well as of those associated with the alpine episode are novel, no previous references having been reported.

**Key words:** Cantabrian Zone, Central Coal Basin, Tectonic Structure, Microtectonics.

---

Hulleras del Norte, S. A. (HUNOSA) explota un yacimiento de carbón situado en la Cuenca Carbonífera Central (CCC) (Figura 1), una unidad geológica de la Zona Cantábrica del Macizo Hercínico Español (Lotze, 1945; Julivert, 1971). Las explotaciones de carbón de la Empresa se extienden por la práctica totalidad del Carbonífero productivo, de edad Westfaliense D Superior, y están situadas en un medio geológico muy tectonizado que ha dado lugar a numerosos problemas desde el punto de vista del laboreo. La necesidad de incrementar el grado de mecanización, tanto de las explotaciones

subterráneas (talleres) como de las labores de preparación (transversales, guías de capas, etc.), han exigido un conocimiento muy preciso de los problemas derivados de la geología a pequeña escala, obtenido a lo largo de muchos años. Así mismo, la presencia en algunos pozos de una problemática gaseodinámica cuyo origen, al menos en parte, se debe a la presencia de tensiones tectónicas residuales asociadas a pequeños trastornos, ha obligado a estudiar y controlar la microtectónica de la cuenca. El estudio microestructural de los talleres y labores de HUNOSA, ha permitido mejorar la planifica-

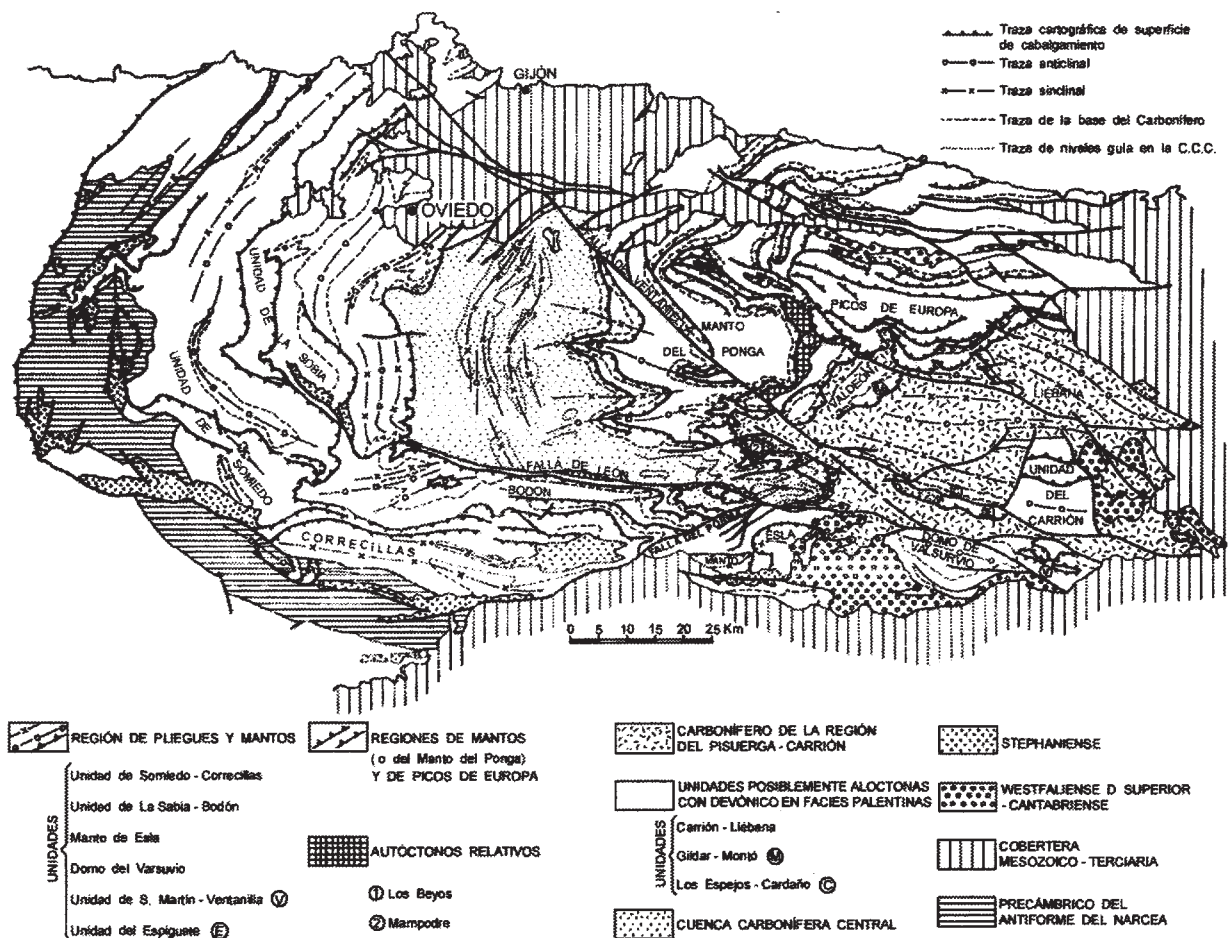


Figura 1. Esquema estructural de la Zona Cantábrica, según Rodríguez Fernández (1983).

ción minera en los aspectos relativos a la cubicación de reservas, la toma de decisiones sobre el aprovechamiento de diferentes campos o capas y la planificación de infraestructuras.

### Descripción geológica general del yacimiento

El yacimiento de HUNOSA se sitúa en la zona central del Principado de Asturias, al Sureste de Oviedo, en los valles del Nalón, Caudal y Aller, con una extensión de unas 70.000 Ha (Figura 2).

La CCC tiene una disposición arqueada con dirección general NE-SW en la mitad Norte, que va orientándose en dirección N-S o ligeramente NW-SE en las áreas más meridionales. En su zona septentrional, de acuerdo con la definición de Julivert (1971), la CCC queda recubierta por sedimentos pérmicos, mesozoicos y terciarios mientras que,

por el Sur, limita con un importante accidente tectónico, la Falla de León; por el Oeste, el límite lo constituye el cabalgamiento basal de la Unidad del Aramo, perteneciente a la Región de Pliegues y Mantos y, por el Este, los materiales carboníferos, junto con otros infrayacentes, cabalgan sobre la región del Manto del Ponga, siendo su base la Escama de Laviana.

El espesor total de sedimentos carboníferos es de unos 6.000 m desde el Tournaisiense hasta el Westfaliense D Superior (Sáenz de Santa María et al., 1985). La sedimentación en el Carbonífero Inferior es calcárea, haciéndose terrígena en la parte media y superior de la serie. Aunque los niveles de carbón aparecen pronto son de escasa potencia, y es durante el último período cuando se deposita la mayor parte de los sedimentos (unos 2.800 m) que contienen niveles de carbón explotables (García

Loygorri et al., 1971; Luque Cabal y Sáenz de Santa María, 1992). En conjunto, la serie estratigráfica tiene un carácter regresivo desde una plataforma carbonatada a medios mareales y de marisma conforme se asciende en ella (Sáenz de Santa María et al., 1985). Son evidentes las influencias de la tectónica hercínica durante la sedimentación. El levantamiento de una cordillera al Oeste queda bien representado en los materiales que colmatan la cuenca. En primer lugar, se observa un incremento muy importante de la subsidencia de la zona que permite la sedimentación de grandes cantidades de materiales terrígenos. Desde el Westfaliense A se produce un claro predominio de los materiales siliciclásticos sobre los materiales carbonatados predominantes en períodos anteriores y cada vez más restringidos hacia el Este y Sureste del ámbito geográfico de sedimentación.

Como resultado de esta evolución tectonosedimentaria regresiva en general, durante el Carbonífero Superior se depositaron cerca de un centenar de niveles carbonosos. Algo menos de la mitad poseen espesores medios explotables (0,8 a 2,00 m). Conjuntamente con el carbón se sedimentaron otros materiales, principalmente areniscas y lutitas, acompañados con menor frecuencia por delgados niveles de calizas y margas. Mención especial debe hacerse de los conglomerados silíceos (Pudingas de Riosa) y calcáreos (Conglomerado de Olloniego), descritos por numerosos autores (García Loygorri, et al, 1971; García Loygorri, 1974; Corrales et al, 1971). Estos cuerpos detríticos, muy potentes y situados en la zona occidental de la cuenca, están muy próximos al frente cabalgante del Aramo; disminuyen rápidamente de potencia en sentido ESE de forma que en las Unidades de la Justa-Aramil y Caudal-Nalón (Truyols, 1983) están representados (Figura 2), respectivamente, por dos niveles de conglomerados de escaso espesor (Pudingas de Generalas y San Antonio) y numerosos niveles de conglomerados calcáreos discontinuos lateralmente denominados gonfolitas, término minero utilizado desde antiguo en la cuenca, que se sitúan en los paquetes superiores (Entrerregueras, Sorriego y Modesta - Oscura) (García Loygorri et al, 1971).

Los niveles productivos de la CCC están subdivididos en agrupaciones litoestratigráficas (Tabla I) que se corresponden, en general, con los tradicio-

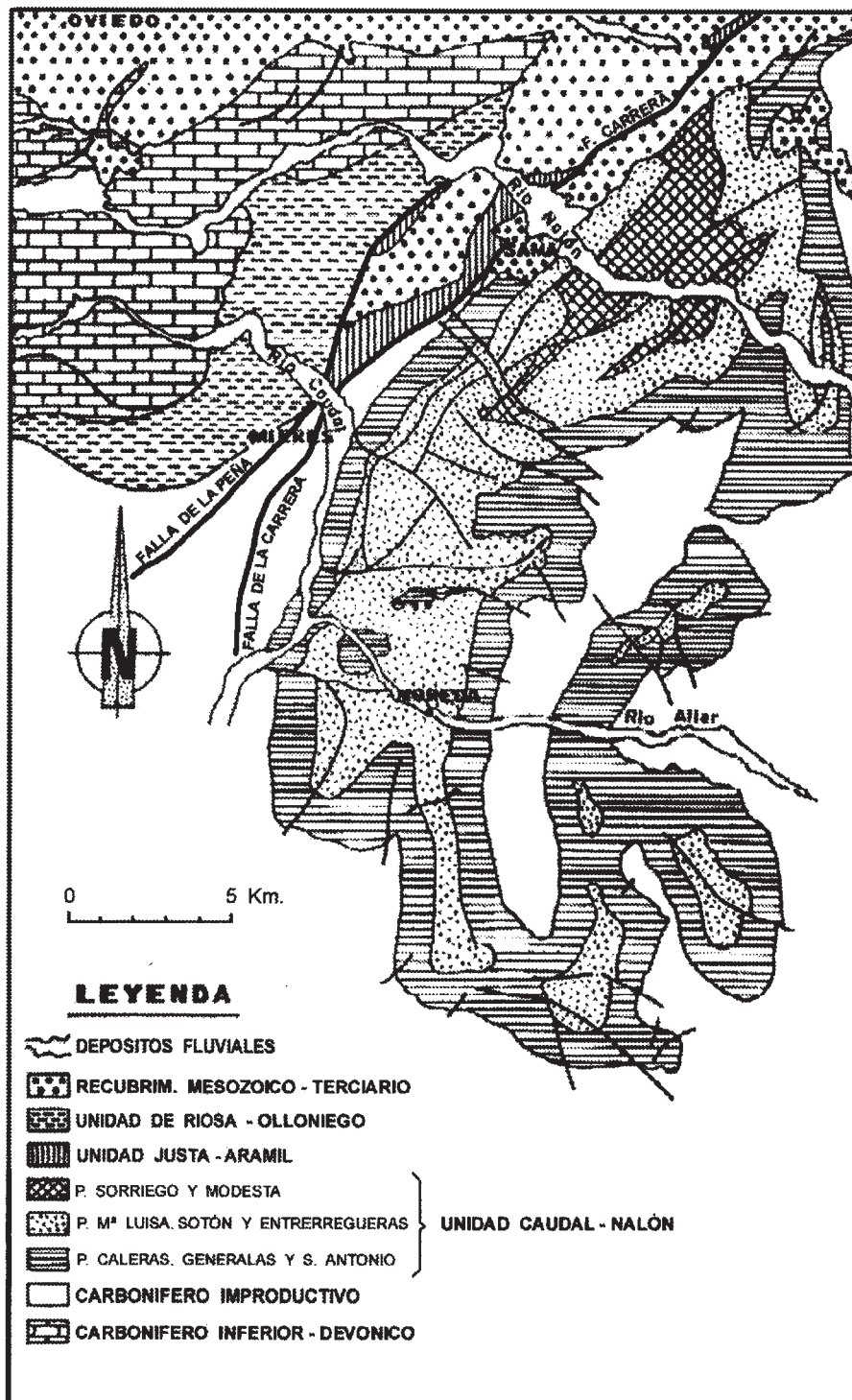
nales paquetes mineros definidos por Adaro (1926), ENADIMSA (1972-1977) y Sáenz de Santa María et al (1985).

La estructura tectónica de la CCC se inscribe en la Zona Cantábrica del Macizo Hercínico Ibérico. La disposición estructural (Rodríguez Fernández, 1983) es fruto del emplazamiento de mantos de despegue con pliegues asociados vergentes hacia el núcleo del "Arco Astúrico", modificados por un replegamiento posterior en el que se han distinguido dos sistemas de pliegues, uno longitudinal a las trazas cartográficas de los Mantos y otro aproximadamente ortogonal al anterior, denominado radial por Julivert y Marcos (1973). Durante la Orogenia Hercínica ocurrieron en esta zona varias fases de deformación cuyas principales estructuras se describen a continuación.

#### *Cabalgamientos y pliegues longitudinales*

Como respuesta a empujes tangenciales de dirección principal Oeste-Este se forman los cabalgamientos. En la CCC se reconocen, además de los cabalgamientos que la limitan (escama de Laviana, al Este, y Unidad del Aramo, al Oeste), al menos dos fracturas inversas muy importantes que independizan las principales subunidades estructurales de la CCC que, de Este a Oeste, son: Caudal-Nalón, La Justa-Aramil y Riosa-Olloniego (Figura 2). Estas fallas inversas (denominadas de La Carrera y La Peña respectivamente) no son bien conocidas al desarrollarse en materiales pizarrosos improductivos. Se trata, posiblemente, de cabalgamientos que producen acortamientos importantes en el interior de la CCC. Así, la Falla de La Peña (Figura 3) acerca las Pudingas de Riosa (paquete Pudingas) y los Conglomerados de Olloniego (paquete Esperanza) a sus partes más distales representadas en las otras unidades, que son mucho más parecidas estratigráficamente entre sí (Truyols, 1983; Leyva y Sáenz de Santa María, 1983; Luque y Sáenz de Santa María, 1984).

Durante el emplazamiento de los mantos, en la CCC se desarrolla un sistema de pliegues longitudinales, de escala kilométrica, cuyos ejes se disponen, en general, en dirección N-S. Estos pliegues responden en su formación a un mecanismo de tipo flexural que origina estructuras concéntricas con li-



**Figura 2.** Geología de superficie del yacimiento de HUNOSA en la Cuenca Carbonífera Central (según datos del Departamento de Geología, Dirección Técnica de HUNOSA).

gero engrosamiento de los estratos en las zonas de charnela. Ejemplos de este tipo de pliegues son el Sinclinal de Barredo, muy cerrado y con bajo ángulo entre los flancos, y el Anticlinal de Revallinas (Figura 3).

#### *Pliegues transversales*

Con posterioridad al desarrollo de las estructuras longitudinales se produce un nuevo plegamiento que responde a un acortamiento máximo Norte-Sur, coincidente con los ejes de los pliegues longi-



Figura 3. Geología del yacimiento de HUNOSA a la cota -100 m (según datos del Departamento de Geología, Dirección Técnica de HUNOSA).

tudinales. El mecanismo de plegamiento es similar al anterior. Las trazas axiales de estos pliegues transversales tienen una disposición radial respecto al Arco Astúrico. En la CCC es donde estos pliegues tienen su máximo desarrollo (Aller, 1986). El Sinclinal de Turón y el Anticlinal de Polio son buenos ejemplos de estas estructuras transversales.

#### *Superposición o interferencia de pliegues*

La presencia de los dos sistemas de pliegues antes descritos da lugar al desarrollo en toda la CCC de un modelo de interferencia de pliegues de gran interés. Los pliegues longitudinales formados en primer lugar son cortados por las estructuras transversales y el efecto principal que éstas producen es deshacer la estructura de aquellos (Julivert y Marcos, 1973; Aller, 1986). Así, el Sinclinal de Turón y el Anticlinal de Polio deshacen el Anticlinal de Revallinas y el Sinclinal de Barredo.

En general, se desarrolla una interferencia en “domos y cubetas” del tipo 1 de Ramsay, aunque dadas las condiciones flexurales de plegamiento, esta clasificación no es directamente aplicable al modelo de interferencia de la CCC (Julivert y Marcos, 1973; Aller, 1986). Los sinclinales de Bello, El Entrego, Sama y San Mamés son ejemplos de cubetas en el sentido citado (Figura 3).

#### *Fracturación del yacimiento*

El yacimiento está afectado por una serie de fracturas asociadas, en primer lugar, a los sistemas de plegamiento que lo han originado. Así mismo, existen fallas posteriores tardihercénicas, permomesozoicas y alpinas que modifican la estructura general y restringen, en gran medida, la existencia de campos de explotación amplios y tectónicamente estables. La descripción de las fracturas es complicada debido a la mezcla de orígenes y a las características propias de las fallas, en ocasiones rejugadas sobre otras anteriores, o bien generadas en zonas de debilidad previa. Hay que destacar, así mismo, que la orientación de las fallas depende de la disposición de las estructuras anteriores y, en concreto, de la disposición de la estratificación que supone una fuerte anisotropía que favorece, en muchos casos, la formación de fracturas con direcciones subparalelas a las de los estratos.

### **Tectónica y microtectónica del yacimiento de HUNOSA**

La tectónica regional descrita, tiene su reflejo en las explotaciones subterráneas de carbón de la CCC dando lugar a un yacimiento muy compartimentado. Así, en general, las explotaciones tienen pequeñas corridas (longitud en la dirección de la capa) y deben explotarse con alturas reducidas (longitud de la capa en el sentido del buzamiento). A continuación se describen estructuras tectónicas observadas en el yacimiento de HUNOSA, que pueden ser clasificadas y relacionadas con algunas de las grandes fases de deformación.

#### *Estructuras menores asociadas a los pliegues*

Las dos fases de plegamiento en la CCC se producen mediante un mecanismo flexural que origina estructuras concéntricas con ligero engrosamiento de los estratos en las zonas de charnela y un cierto grado de aplastamiento. Existe, durante el plegamiento, un fuerte desplazamiento entre estratos que origina numerosas estructuras de detalle (Figura 4) sistematizadas a continuación.

*Plegamiento y fracturación disarmónica intracapa.* Debe señalarse que las capas de carbón están constituidas por diferentes tipos de materiales de características sedimentológicas y geomecánicas muy diversas. Existen numerosos tipos de carbones en función de su cristalinidad, composición maceral, estratificación, resistencia a compresión, composición química, etc. Así mismo, los niveles estériles dentro de las capas de carbón pueden variar mucho en su composición desde arcillas muy carbonosas y plásticas hasta niveles de areniscas. En general, las capas presentan una resistencia muy baja a la deformación, y sus diferentes niveles estratigráficos tienen un comportamiento variable ante el mismo esfuerzo tectónico.

La Figura 5 da idea del comportamiento de las capas de carbón. El nivel de arcillas plásticas carbonosas situado entre dos niveles de carbón compacto y cristalino presenta una serie de pliegues parásitos característicos, mientras los niveles de carbón, aparentemente, no se han deformado. Sin embargo, se observa respecto a otras zonas de la mina, una importante disminución del espesor del carbón

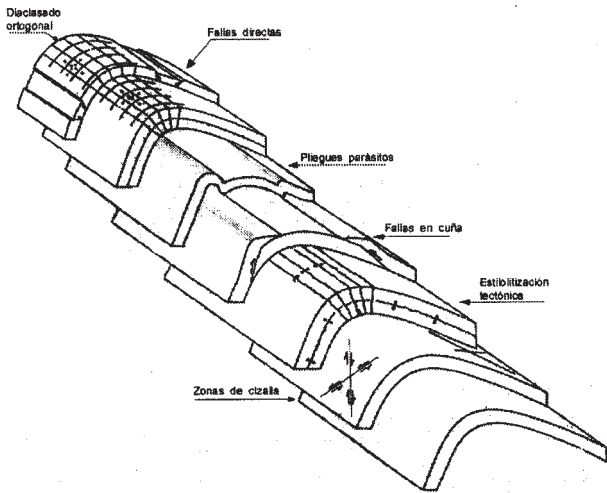


Figura 4. Plegamiento flexural y estructuras asociadas en distintos niveles. Modificado de McClay (1987).

debida a un fenómeno de deformación por deslizamiento o laminación paralela a los hastiales (techo y muro). Este fenómeno de estilolitización tectónica es muy visible sobre los planos internos del carbón que migra hacia la charnela del anticlinal (zona de menor concentración de presiones) dando una falsa impresión de tranquilidad tectónica.

Esta disarmonía entre el comportamiento de los diferentes niveles constituyentes de las capas de carbón es una constante en todo el yacimiento. Así mismo, se observa que, en zonas tectónicamente más estables, las capas sufren importantes grados de deformación mientras que las rocas encajantes no la presentan.

En la Figura 6 se muestran dos casos en los que el fenómeno anterior presenta una mayor evolución dando lugar a una fracturación inversa que afecta a

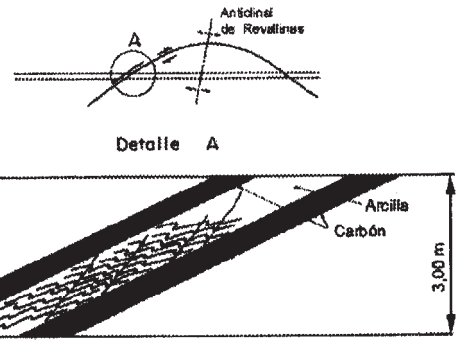


Figura 5. Corte de la capa Jacoba en el Transversal General de Vanguardia de 3ª planta del Pozo Santiago.

los niveles arcillosos. Los niveles de carbón aparecen nuevamente adelgazados por laminación tectónica. El buzamiento de este tipo de fracturas suele ser muy bajo y está relacionado con el buzamiento de la estratificación, produciéndose generalmente en zonas con bajas pendientes y en las cercanías de charnelas de pliegues. Este tipo de estructuras son responsables de muchas irregularidades en talleres tumbados, que representan incrementos súbitos de potencia de las capas. Existe una relación tectónica de estas microestructuras con las charnelas de los pliegues principales, por lo que son predecibles, permitiendo la planificación de la explotación.

Por otro lado, este deslizamiento entre estratos que afecta de forma tan importante a las capas de carbón produciendo su migración, es una fuente de problemas gaseodinámicos en las explotaciones, pues produce estados tensionales residuales no equilibrados capaces de generar, al liberarse, fracturación instantánea de los carbones y afluencia masiva de gas a los frentes de arranque.

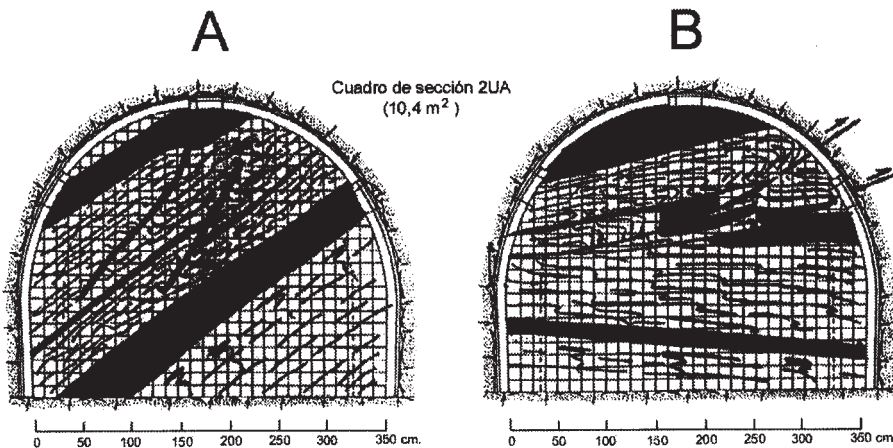
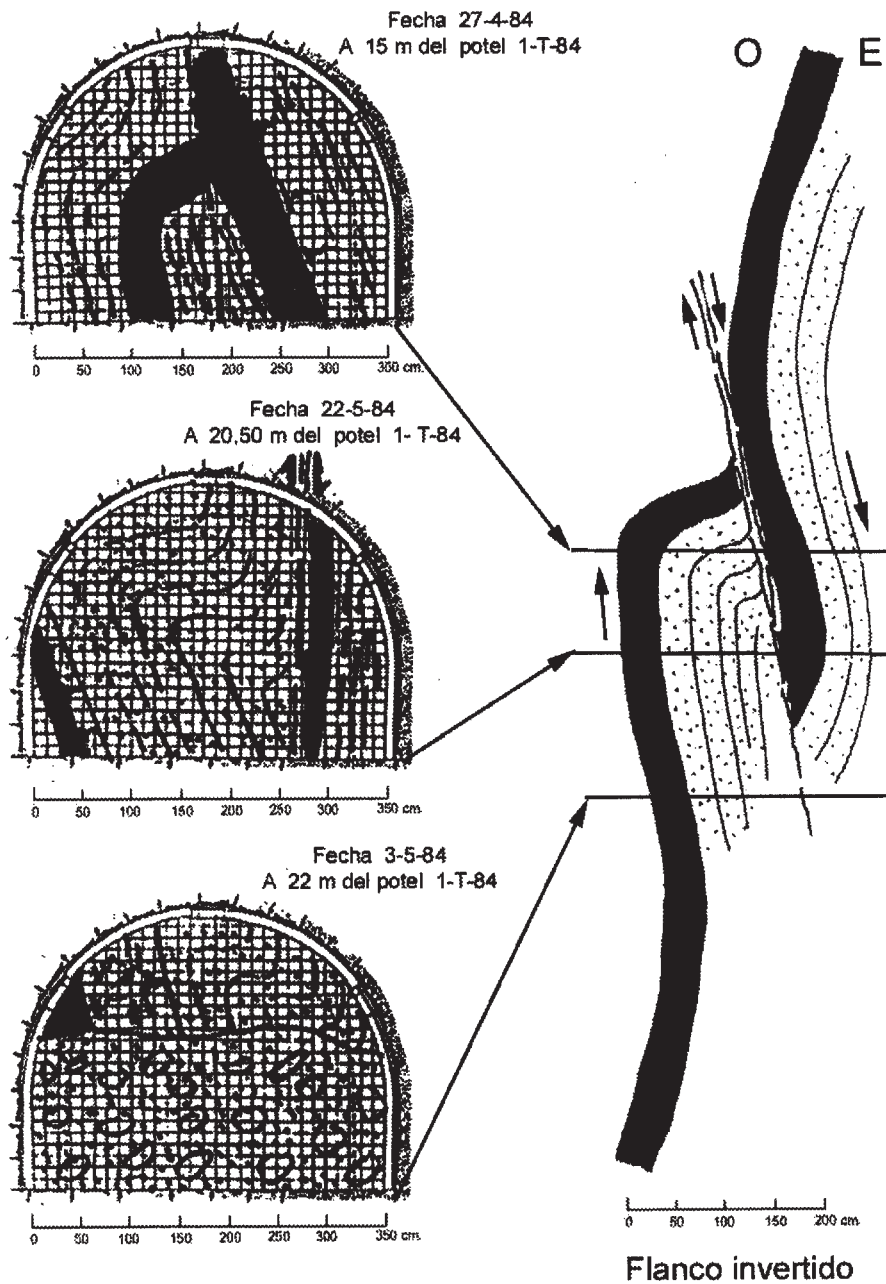


Figura 6. Frentes de avance de guías sobre las capas Ocho (A) y Cuarenta (B) del campo de Tablado, 3ª planta del Pozo San José.



**Figura 7.** Desarrollo de un pliegue parásito en frentes de avance sucesivos de la guía de la capa Jacoba, en el campo de 2ª Rama Norte, 5ª planta del Pozo Santiago.

### Flanco invertido

*Pliegues y fallas parásitas.* Son de orden métrico a decamétrico. Su principal característica es su fácil control, dado que las direcciones y buzamientos de los ejes de los pliegues y las líneas de corte de las fallas son subparalelos a los de las estructuras principales, y puede predecirse su continuidad tanto en planta como en su intersección con los planos de las capas, lo que es de gran ayuda para la planificación de las labores mineras, sondeos, etc. Una característica de este tipo de estructuras es que se han observado en diferentes formas individuales: pliegues pa-

rásitos, pliegues parásitos con su flanco corto fallado y fallas inversas sin relación con pliegues.

En la Figura 7 se muestran los frentes sucesivos de la galería de avance (guía) de la capa Jacoba en el flanco E invertido del Sinclinal de Moreda. En ellos se desarrolla un pliegue con el eje ascendente en la dirección de avance, como se recoge en su interpretación en corte vertical. En la reconstrucción de la terminación periclinal N del Sinclinal (Figura 8) se observa la disposición de estos pliegues y fallas con respecto a la estructura principal tanto en



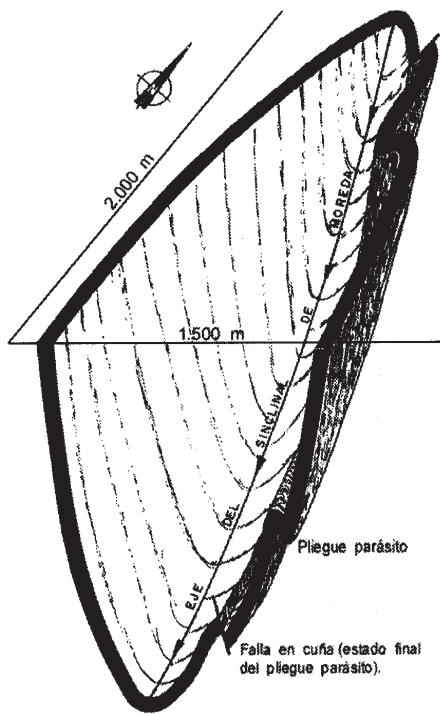


Figura 8. Bloque diagrama de los pliegues parásitos y fallas en cuña en relación con el Sinclinal de Moreda.

planta como en alzado. Por último, la Figura 9 muestra la evolución del pliegue de arrastre y su intersección con el plano de la capa Jacoba del flanco E del Sinclinal de Moreda. En dicho flanco (75° de buzamiento medio) se han detectado varios pliegues de arrastre de este tipo cuya intersección

con la capa es, en todos los casos, paralela al eje del sinclinal de Moreda. En las explotaciones de HUNOSA se han observado multitud de pliegues de arrastre como los descritos, así como el relevo de unos por otros, que suele efectuarse en tramos cortos de corrida (cada 150 m) y de altura (cada 40 m). En ocasiones, sobre el frente de avance de una explotación, se han observado hasta tres pliegues de arrastre en distintas fases de desarrollo.

Las fallas parásitas presentan un aspecto muy neto y limpio, sin zonas brechificadas, y suelen permitir una explotación completa del carbón hasta la intersección del taller con el plano de la falla. En los frentes de guías afectadas por este tipo de trastornos (Figura 10) se comprueba la relación existente entre el buzamiento de la estratificación y el de las fallas que las afectan. Fracturas muy largas de este tipo, subparalelas a la estratificación, pueden producir una duplicación de la capa, amortiguándose dentro de ésta sin llegar a cortar el muro (Figura 11). Este ejemplo manifiesta de nuevo la capacidad de deformación y migración del carbón. El grado de movilidad del carbón ante los esfuerzos tectónicos es tan elevado que, ocasionalmente, puede migrar muchos metros por el plano de falla.

El carbón tiende a acumularse también en las charnelas de los pliegues dando lugar a zonas donde las capas tienen grandes espesores que impiden su explotación por los medios manuales o mecánicos convencionales y sólo pueden ser explotadas me-

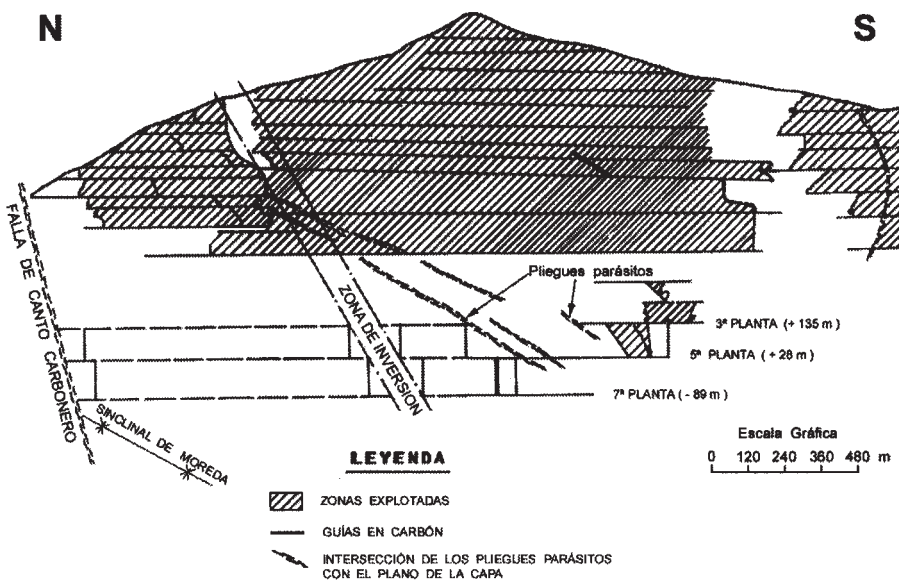
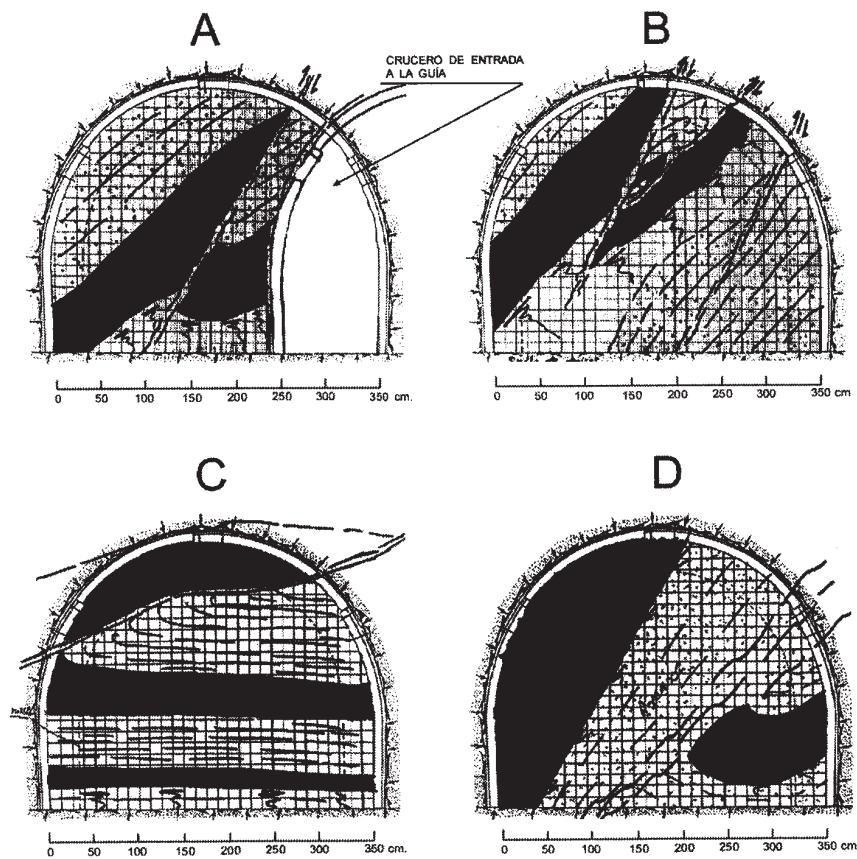
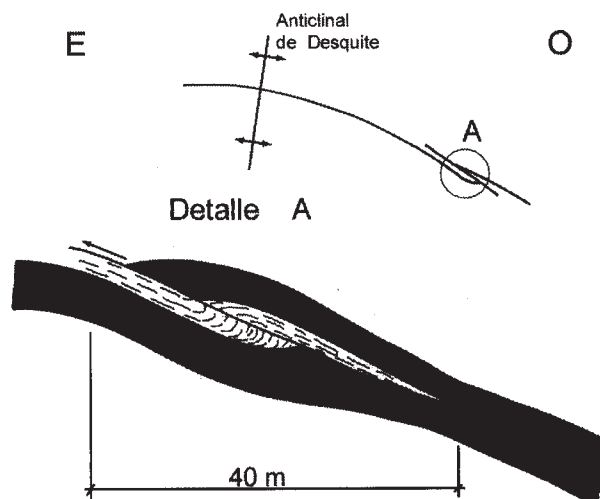


Figura 9. Proyección vertical de las explotaciones históricas de la capa Jacoba (paquetes Generales) en el campo de 2ª Rama Norte del Pozo Santiago. Intersección de los pliegues parásitos con la capa.



**Figura 10.** Fallas en cuña detectadas en los frentes de avance de guías sobre la capa Mariana (A y B) del campo Desquite, 3ª planta del Pozo Aller; capa Cuarenta (C) y capa Uno (D) del campo de Tablado, 3ª planta del Pozo San José.

dante el método de derrabe por subniveles horizontales. Un ejemplo puede verse en la Capa Molino. En la Figura 12 A, se muestran varios frentes sucesivos de la guía (situados en planta en la Figura 12 B). La capa presenta al principio una gran

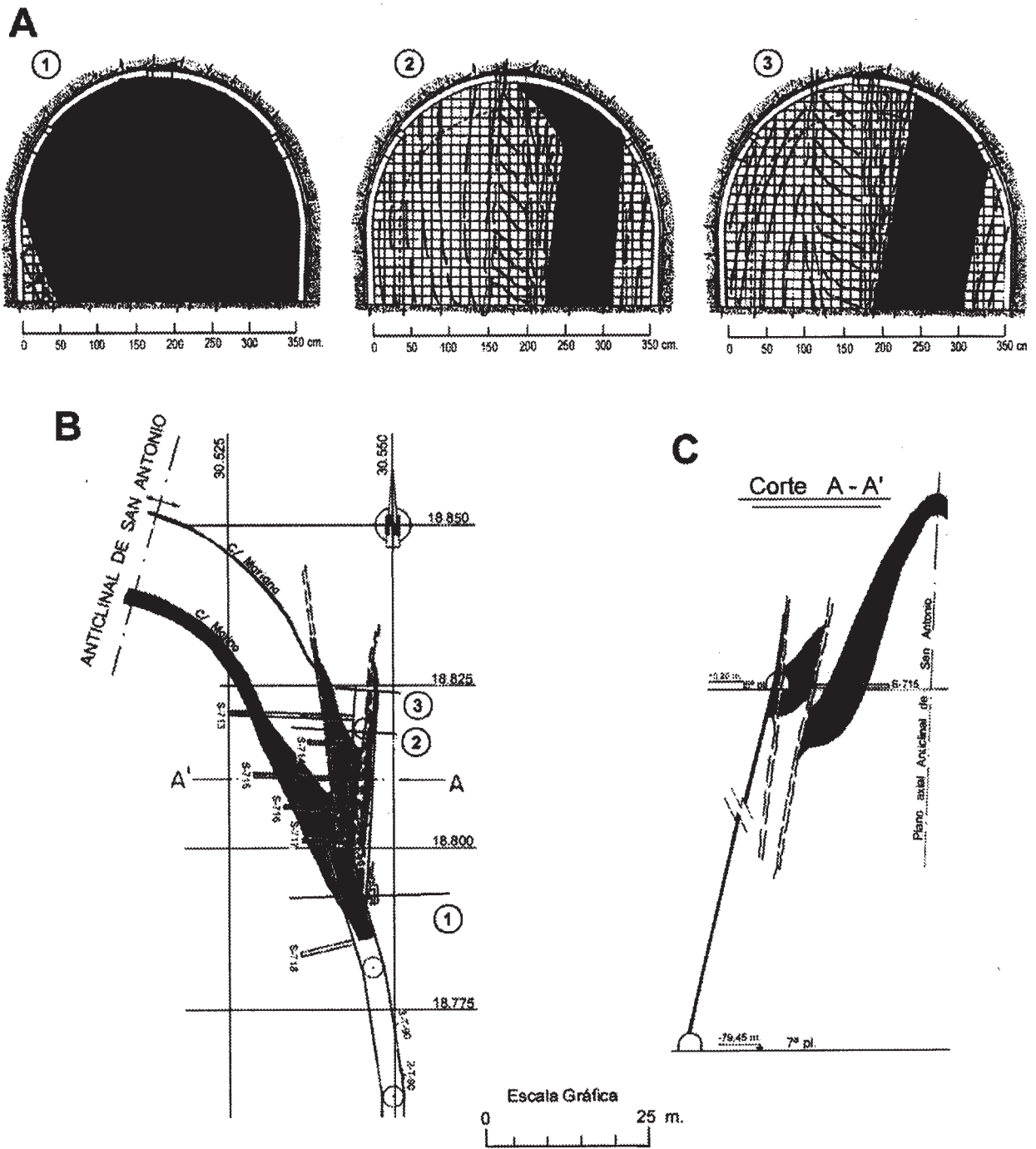


**Figura 11.** Falla en cuña detectada en el frente del taller de explotación sobre la capa Molino 2ª planta bis a 1º piso de Marianas, campo Desquite, Pozo Santiago.

acumulación de carbón por repetición y, posteriormente, se reduce su espesor llevando un plano de falla al muro. La ausencia de pizarras con raíces en este muro dió la pista sobre la existencia de un carbón alóctono inyectado en el plano de falla. Los sondeos realizados (Figura 12 B, C) cortaron la capa con la estructura reflejada tanto en horizontal como en alzado. Se trata de un pliegue parásito, fallado dos veces e inyectado, cuya intersección con la capa tiene  $60^\circ$  de inclinación, igual que el eje de la estructura principal (Figura 13). En este caso, el taller explotado con picadores finalizó al alcanzar la zona de grandes potencias por la dificultad del posteo y el aumento del desprendimiento de grisú. Posteriormente, la zona de acumulación de carbón fue explotada por el método de subniveles.

#### *Tectónica y microtectónica tardihercínica*

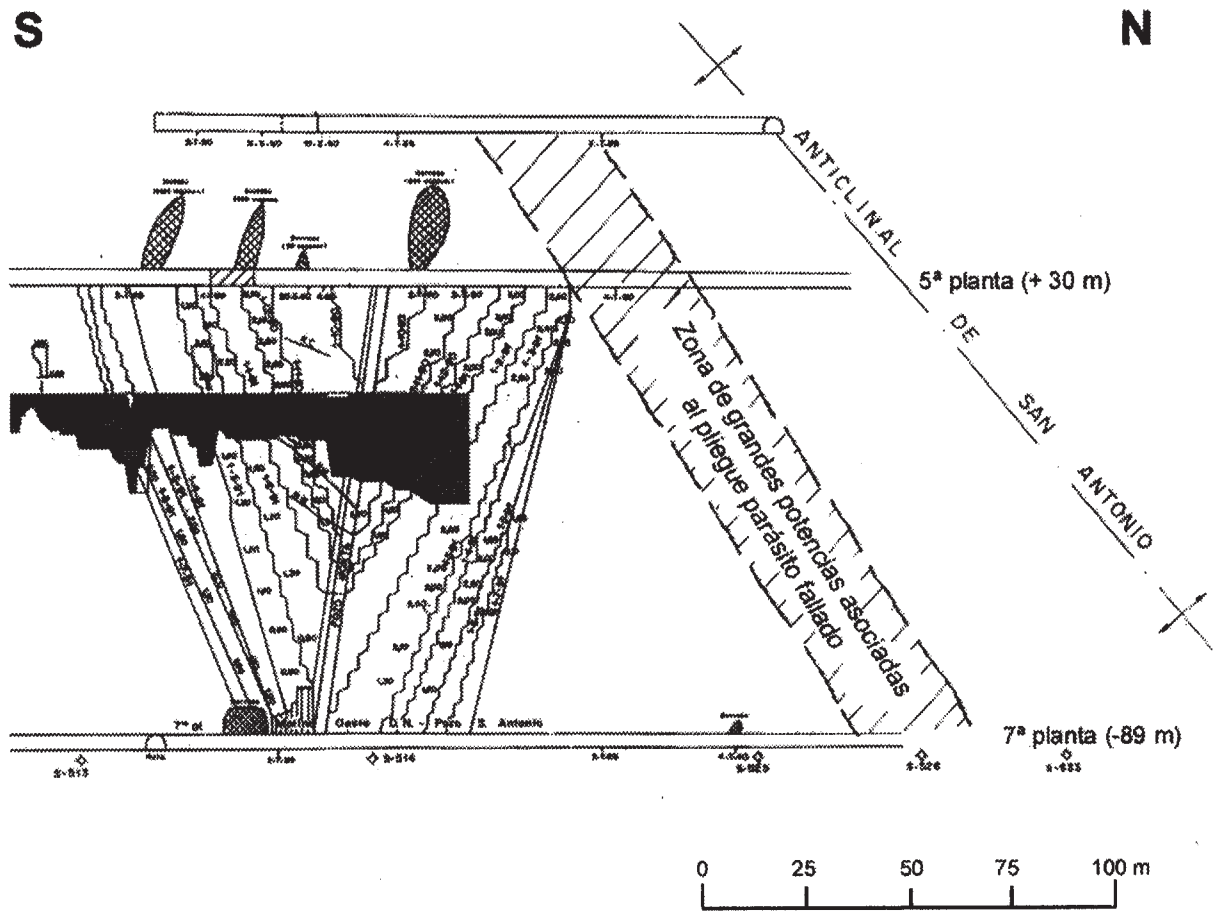
Las estructuras tardihercínicas son muy importantes en la CCC aunque han sido poco estudiadas quizá por la dificultad de observarlas en superficie. Entre ellas se pueden citar los siguientes tipos:



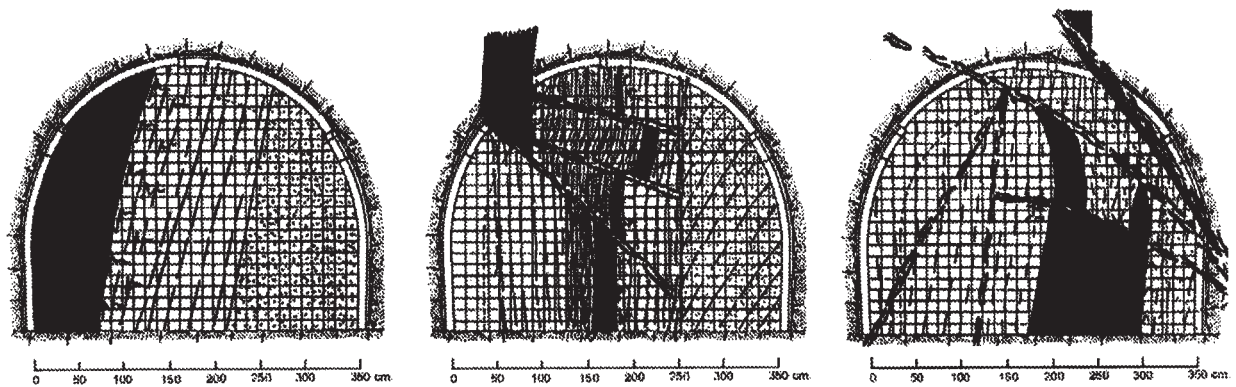
**Figura 12.** A) Desarrollo de un pliegue parásito fallado en frentes de avance sucesivos (1,2 y 3) de la guía de la capa Molino, en el campo Oeste, 5ª planta del Pozo San Antonio. Situación de los frentes en B. B, C) Cortes horizontal y vertical que muestran el desarrollo del pliegue.

*Tectónica de desgarre a escala del yacimiento.* Se trata de fallas que provocan una compartimentación del yacimiento en grandes bloques y que cortan a todas las estructuras preexistentes. Esta fracturación es más evidente en la mitad meridional de la Cuenca donde existen, asociadas a la Falla de

León, algunas fracturas de desgarre levógiro (Falla de Caborana, Falla de Podrizos, etc.) con una cierta componente vertical (elevación de los bloques septentrionales). Se caracterizan por presentar grandes bandas de roca tectonizada hasta de 50 m de anchura con formación de brechas que incluyen nu-



**Figura 13.** Proyección vertical de la capa Molino en el campo Oeste del Pozo San Antonio, con la situación de los talleres de explotación y de la zona de grandes potencias asociada al desarrollo del pliegue parásito fallado.



**Figura 14.** Frentes de avance sucesivos de la guía de la capa Molino Sur, en el campo Oeste, 5ª planta del Pozo San Antonio, en las proximidades de la Falla de Canales.

merosas acumulaciones de carbón, a veces de grandes dimensiones, abundante recristalización de calcita y un cortejo de fracturas asociadas (Figura 14). Cuando fracturas de este tipo están muy proximas y la disposición de la estratificación resulta favora-

ble, se ha observado la presencia de zonas de cizalla, como en el caso del flanco Sur del Sinclinal de Turón en el Pozo San José (Sáenz de Santa María y Fuente, 1992). Este campo, con 80° de buzamiento, está afectado por una fractura (F1) de dirección E -

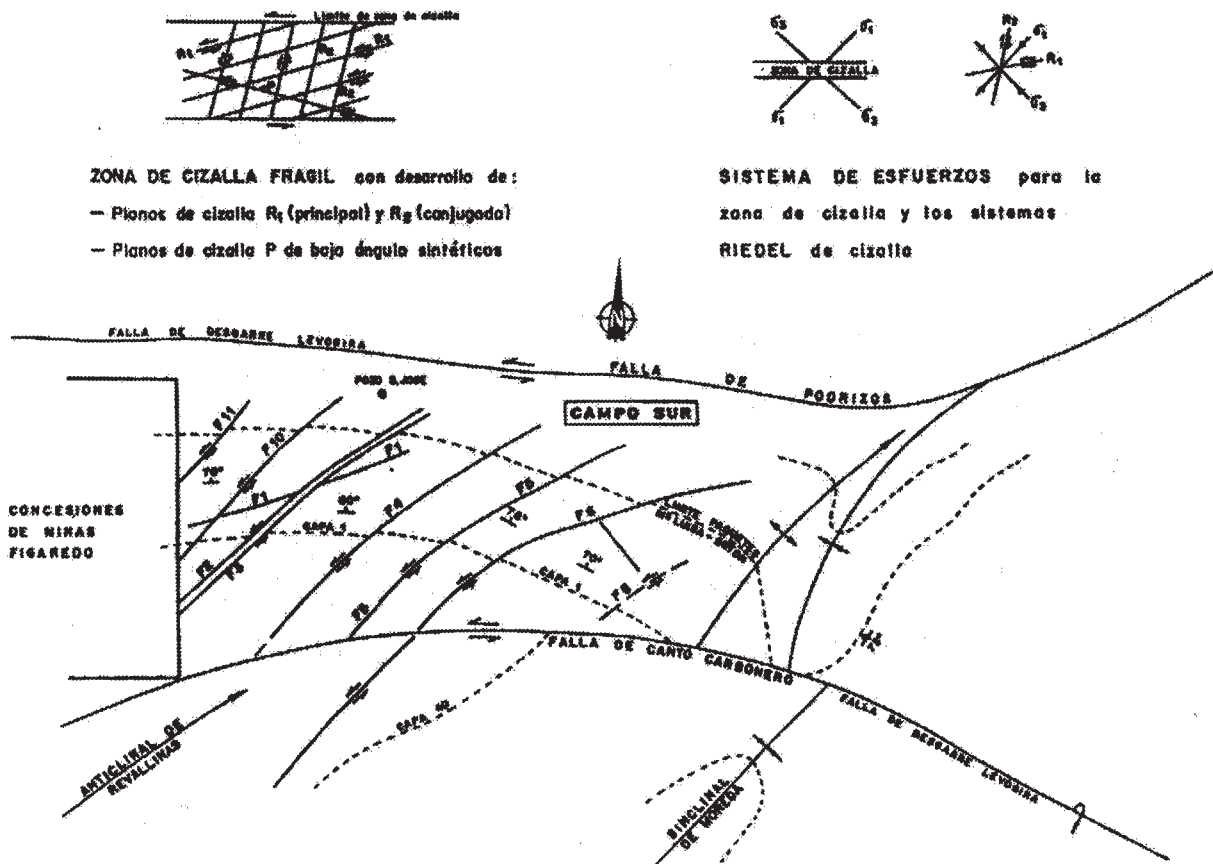


Figura 15. Esquema estructural de la zona de cizalla existente en el Campo Sur del Pozo San José, entre las fallas de desgarre de Canto Carbonero y Podrizos.

O y asociada al plegamiento, que es cortada por un sistema de fracturas de dirección N30-60°E y buzamiento 60-80°NW. La presencia de una de estas fallas cada 150 m de corrida. (Figura 15) impidió la explotación mecanizada de todo el campo.

En la CCC se ha descrito un metamorfismo, de edad probablemente pérmica, cuya intensidad aumenta hacia el Sur y que alcanza valores epizonales en el borde Norte de la Falla de León (Marcos, 1968; Aller y Brime, 1985). El gradiente térmico necesario para producir este metamorfismo ha sido atribuido a la posible presencia en profundidad de focos ígneos que pueden producir incrementos térmicos locales (Aller, 1986). La presencia de fallas como las de León y sus satélites y algunas otras estructuras importantes (Falla de la Peña, etc.), podría haber favorecido la circulación de fluidos magmáticos e hidrotermales (García-López et al., in litt.). En el yacimiento de HUNOSA las Fallas de Caborana y de Podrizos presentan en sus inme-

diaciones unas asociaciones minerales, reflectividad de la vitrinita, rango del carbón y comportamiento gaseodinámico (ENADIMSA, 1972-1977; Alonso y Brime, 1990) que permiten corroborar este fenómeno.

*Fracturación subhorizontal a escala del yacimiento.* En los estudios geológicos realizados en las unidades de explotación se ha observado, frecuentemente, la presencia de fracturas subhorizontales (hasta 30° de buzamiento), algunas de importantes dimensiones bien por su longitud o su salto, acompañadas por fallas satélites (Figuras 16 y 17). Se ha observado que estas estructuras se desarrollan con más intensidad en los flancos, normales o invertidos, de los pliegues principales que presentan elevados buzamientos (por encima de 60°). La edad de esta deformación no se puede precisar con exactitud aunque se aprecia como las fracturas descritas cortan a todas las estructuras hercínicas anteriores con sus fallas y pliegues parásitos.

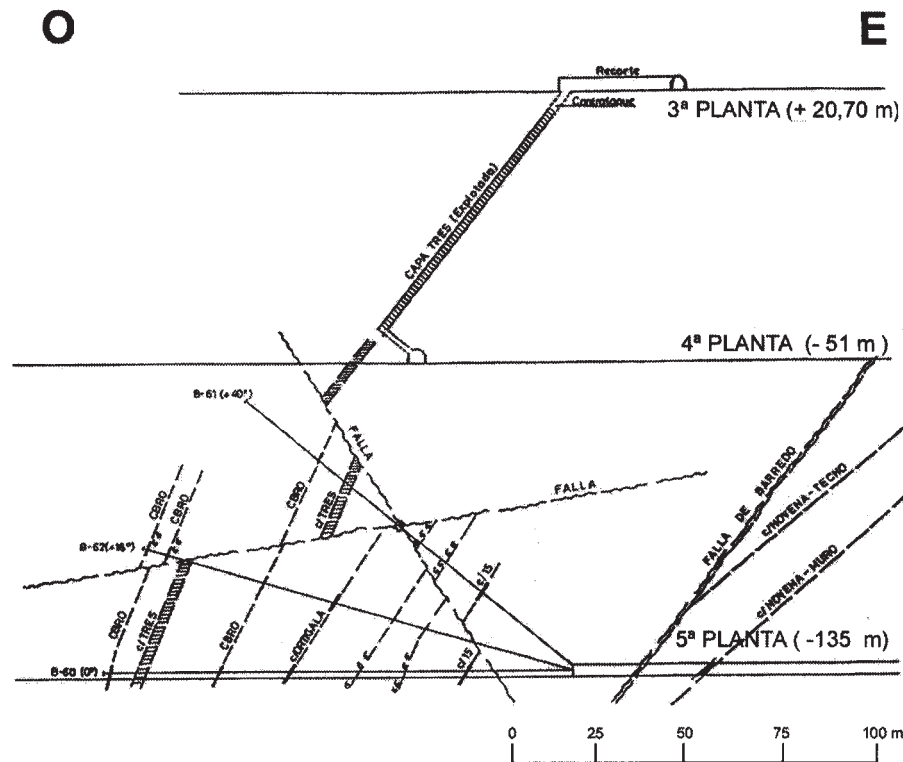


Figura 16. Corte geológico vertical por el Recorte n.º 3 Sur, 5ª planta del Pozo Barredo (Flanco invertido del Sinclinal de Cobertoria - Barredo) mostrando una falla subhorizontal acompañada por una falla satélite, reconocidas mediante sondeos.

En el Pozo Barredo (Figura 16) la capa Tercera, con  $50^\circ$  de buzamiento y 3 m de espesor, se explotó sin problemas hasta 4ª planta (cota -31 m, 300 m de profundidad). La explotación del panel entre 5ª y 4ª plantas, en una corrida de más de 1.000 m, resultó imposible por la aparición de una falla que fue interpretada basándose tanto en los datos geológicos obtenidos en las labores como en sondeos de investigación. Se trata de una falla subhorizontal acompañada por una falla satélite de  $60^\circ$  de buzamiento. En el Pozo Candín se han interpretado, a partir de los datos geológicos existentes y de la topografía de las antiguas labores y explotaciones (Figura 17), varias fallas de este tipo afectando a todas las capas de los paquetes Sotón y María Luisa del flanco vertical del Sinclinal de Sama. La fracturación se desarrolla con intensidad a lo largo de grandes corridas del campo de explotación y en toda la altura del pozo desde 1ª planta de Lláscaras (cota +174,17 m) hasta la última planta nueva del Pozo Candín (8ª planta, cota -455,0 m), impidiendo la mecanización prevista de las capas.

En el Pozo Santa Bárbara (Figura 18), el campo de San Pedro corresponde al flanco Sureste del Sinclinal de Turón ( $80^\circ$  de buzamiento medio). Tradicio-

nalmente, las capas se explotaron sin ningún trastorno importante durante toda la vida de la unidad. Entre las plantas 7ª y 6ª (cotas -4,50 m y +72 m, 280 m de profundidad), se detectó una fractura casi horizontal que se reconoció en detalle mediante sondeos y que eliminó de la planificación minera unos 2000 m de corrida sobre las capas explotables. Estas fracturas horizontales que presentan un desarrollo kilométrico y saltos importantes, en ocasiones superiores a 100 m, no han sido reconocidas en los estudios de superficie realizados en la CCC probablemente debido a la escasez de afloramientos. Así mismo, no se tienen referencias de una fracturación similar a la descrita en otras unidades de la Zona Cantábrica, por lo que constituye un aspecto novedoso en la historia tectónica del área.

*Microtectónica gravitacional.* Se produce por una distensión posterior al cese de los esfuerzos compresivos hercínicos principales. Dada la magnitud de este tipo de trastornos, observados a escala de taller, no es posible conocer su edad relativa y su relación con la fracturación tardihercínica descrita con anterioridad. El desarrollo de estas estructuras debe ser ligeramente posterior a la segunda fase de plegamiento, acomodándose los estratos a su nueva

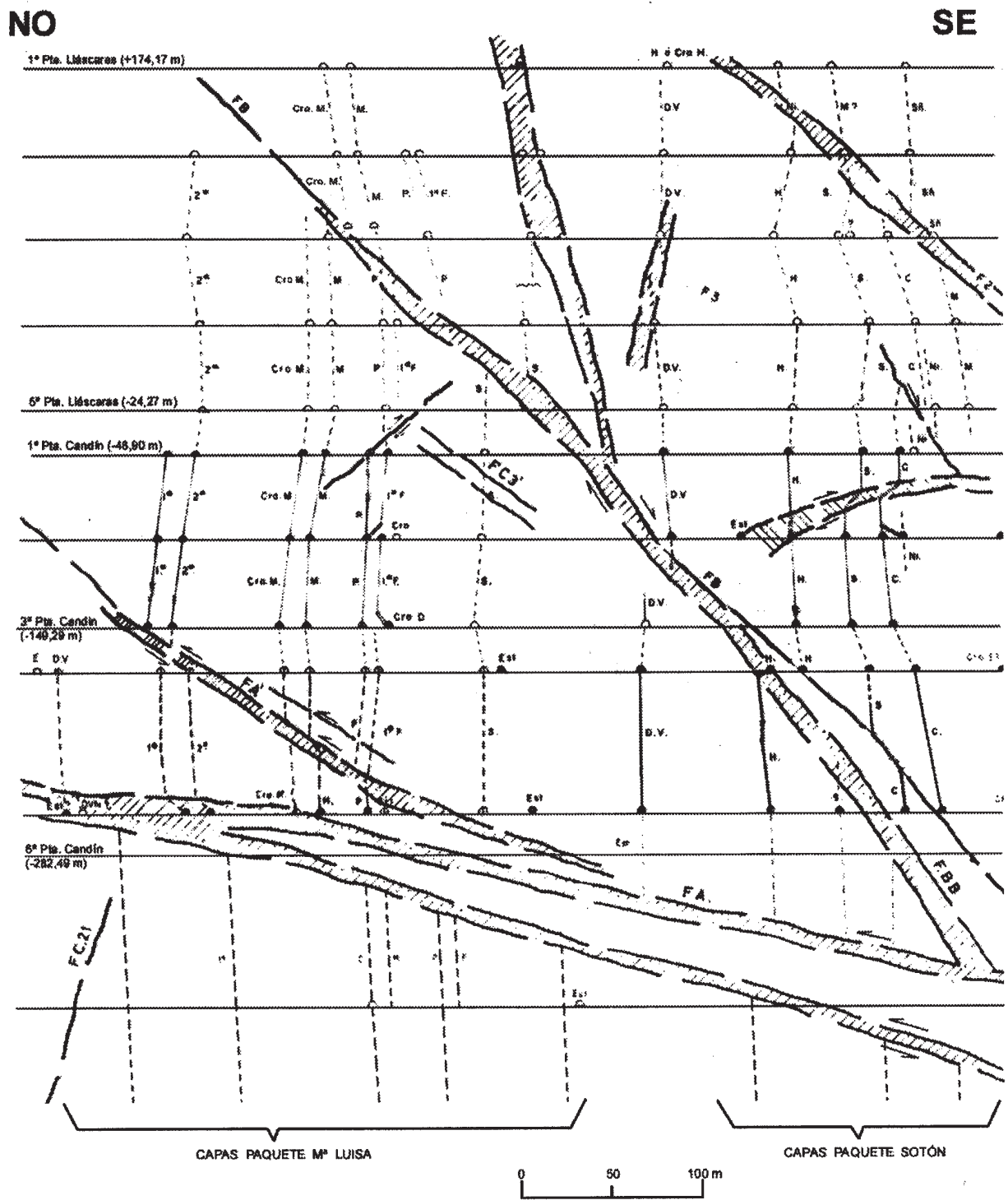
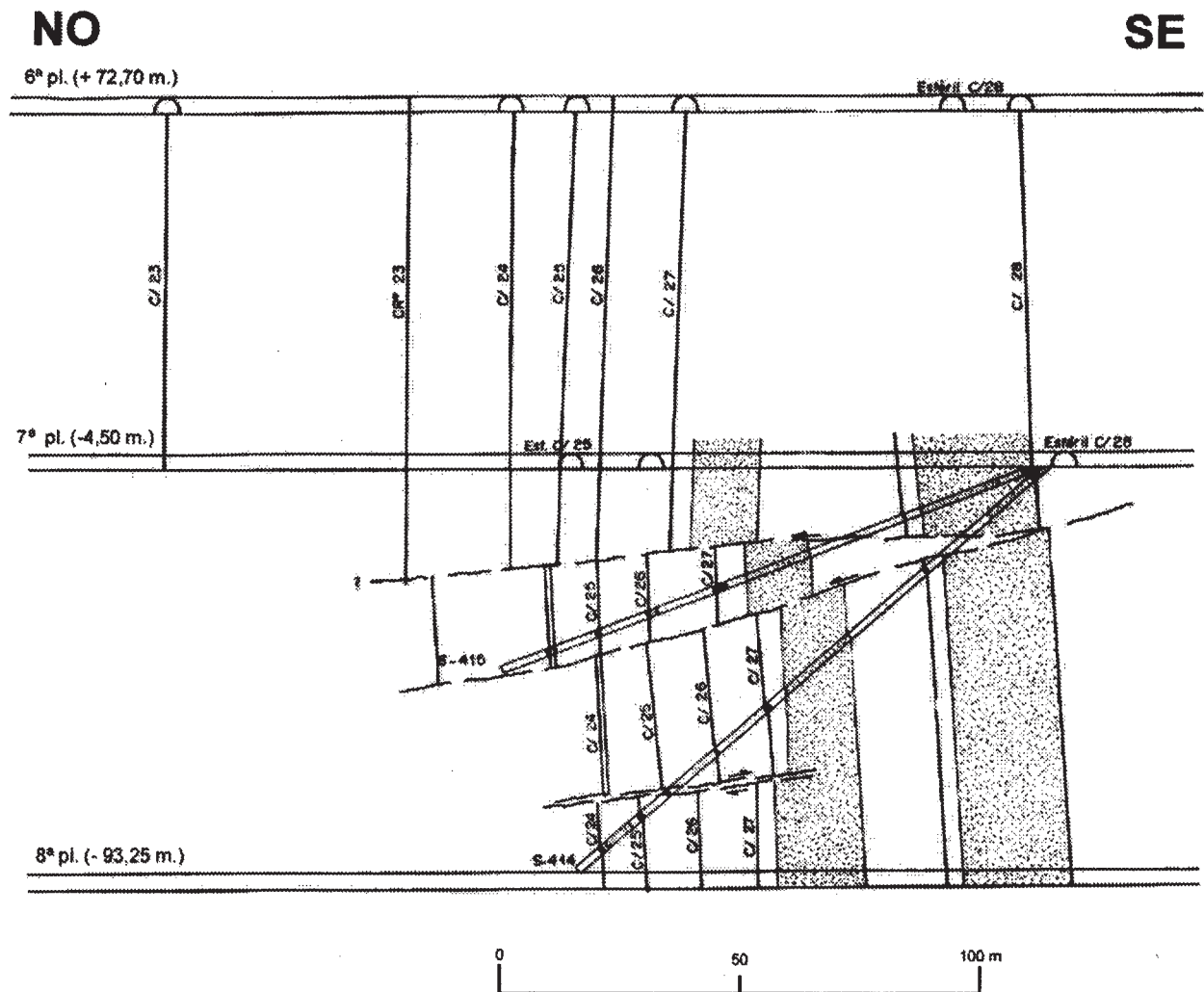


Figura 17. Corte geológico vertical del Campo Centro del Pozo Candín (Flanco vertical del Sinclinal de Sama) mostrando varias fallas del tipo descrito que afectan a las capas de los paquetes Sotón y María Luisa.



**Figura 18.** Corte geológico vertical del Campo San Pedro del Pozo Santa Bárbara (Flanco vertical del Sinclinal de Turón) mostrando una fractura casi horizontal reconocida mediante sondeos a lo largo de 2.000 m del campo de explotación.

situación espacial. Como puede verse en la Figura 19, existen estructuras de tipo pliegues “*facing down*” dentro de los campos subverticales, y fallas subhorizontales en los flancos de los sinclinales con un movimiento relativo de los estratos hacia el núcleo de los mismos. Tanto unas estructuras como las otras son subparalelas a la dirección de los estratos e interfieren con las capas sobre corridas muy largas siendo, por tanto, muy perjudiciales para la explotación minera.

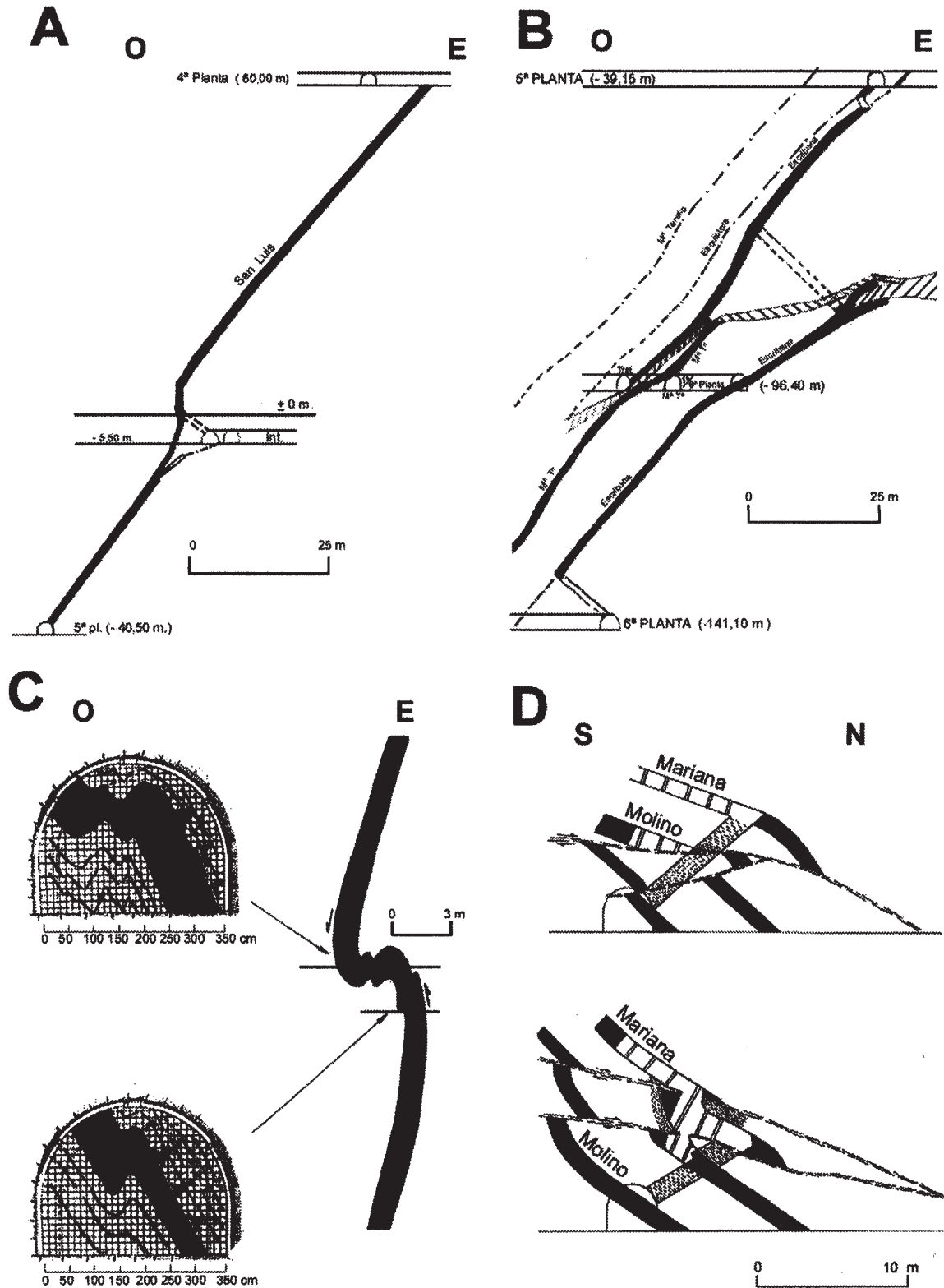
#### *Tectónica distensiva*

Por último, cabe citar la presencia de una fracturación a pequeña escala que retoca toda la estructura anterior. Se trata de una fracturación distensiva,

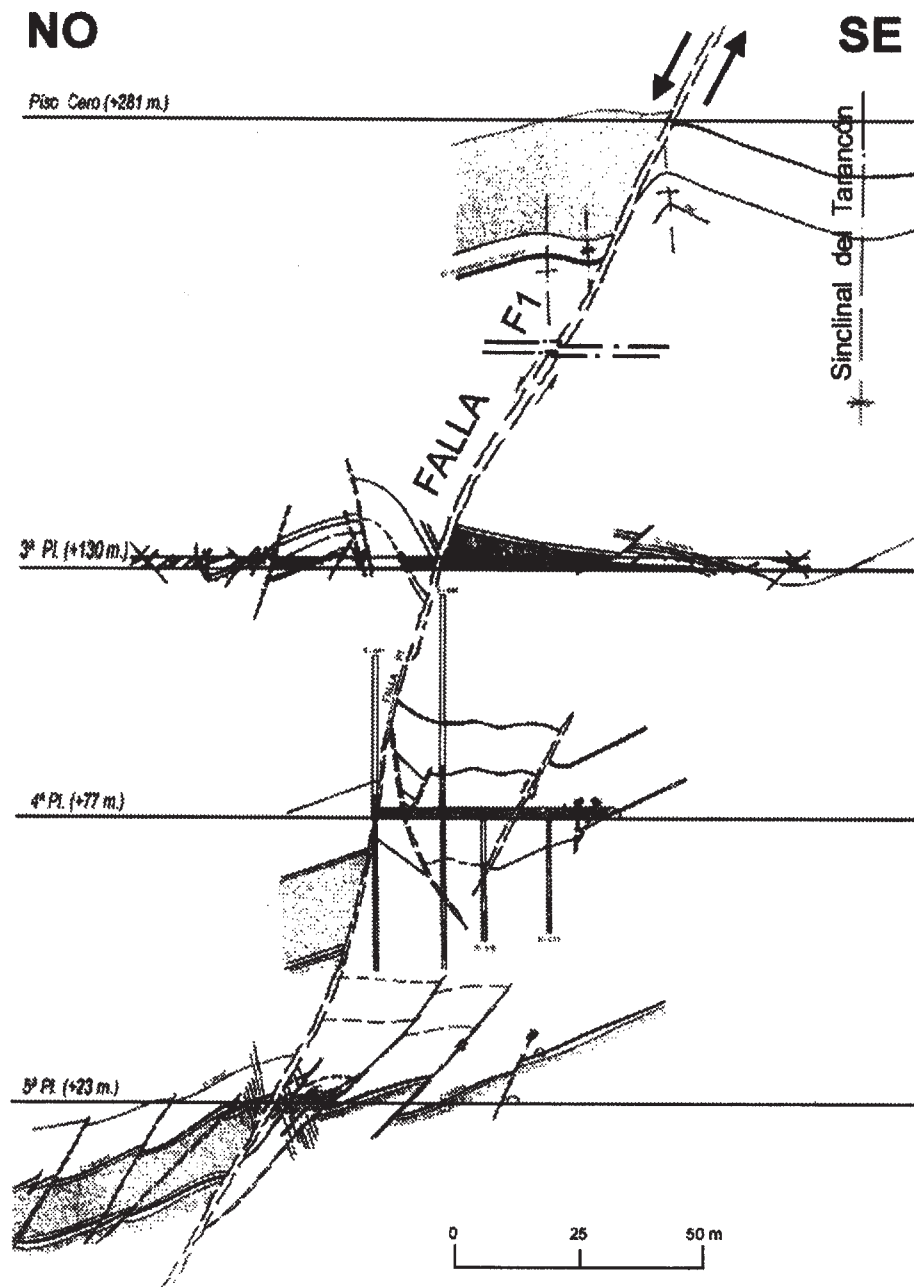
con un juego de bloques en escalón y saltos directos que podría caracterizarse como de Edad Alpina inicial. Como es conocido, el ciclo alpino comienza, en esta zona, con unas etapas extensionales de edades Permotriásica y Jurásico Superior - Cretácico Inferior (Martínez García, 1983; Lepvrier y Martínez García, 1990).

La atribución a esta edad de este tipo de fracturas se basa en la observación de algunas de ellas que utilizan estructuras anteriores para distender el macizo, como puede verse en el ejemplo de la Figura 20 donde una falla (denominada Falla F1) de flanco del Sinclinal de Cobertoria con pliegues parásitos bien desarrollados presenta, en todas las plantas donde se ha reconocido, un salto directo contrario al sentido indicado por dichos pliegues.





**Figura 19.** Pliegues “facing down” y fallas gravitatorias en varios ejemplos de labores mineras subterráneas de HUNOSA. A) Chimenea inicial del taller sobre la Capa San Luis, 5ª a 4ª plantas, 2ª Rama Sur del Pozo San Mames. B) Chimenea inicial del taller sobre la Capa Escribana, 6ª a 5ª plantas, 2ª Rama Sur del Pozo San Mames. C) Frentes de avance sucesivos de la guía de la capa Jacoba, en el campo de 2ª Rama Norte, 5ª planta del Pozo Santiago. D) “Contrataques” de base de los talleres de las capas Molino y Mariana, 7ª planta, campo Desquite del Pozo Santiago.



**Figura 20.** Corte geológico vertical de la Falla F1. Campo Melendros del Pozo Santiago.

### Conclusiones

A partir de múltiples observaciones geológicas realizadas en las explotaciones subterráneas de carbón de HUNOSA en la Cuenca Carbonífera Central, se ha podido establecer, por primera vez, una clasificación de las estructuras tectónicas y microtectónicas que, a grandes rasgos, permite atribuir las a las fases de deformación definidas por diferentes autores para la Zona Cantábrica. Se han descrito, en primer lugar, casos de deformación interna de las capas de car-

bón, pliegues parásitos desarrollados flexuralmente y fallas, asociados todos ellos a las fases principales de plegamiento hercínico; en segundo lugar, se han descrito, a escala del yacimiento, fallas verticales de desgarre y fracturas subhorizontales y, a escala de unidad de explotación, una microtectónica gravitacional, fenómenos relacionados con los últimos estadios de deformación de la orogenia hercínica. En lo relativo a la fracturación horizontal, la descripción es novedosa al no existir referencias previas ni

**Tabla I.** Características generales de los paquetes mineros explotados en las principales Unidades de la CCC.

UNIDAD GEOLOGICA	PAQUETES MINEROS (de muro a techo)	Potencia total del paquete (m)	Número de capas explotables	Potencia media acumulada en carbón (m)
CAUDAL	MODESTA-OSCURA	575	7	7,5
	SORRIEGO	340	5	8,0
	ENTRERREGUERAS	340	3-5	4,5-6,0
–	SOTON	400	8-12	10,5-14,0
NALON	MARIA LUISA	300	6-9	6,5-8,5
	SAN ANTONIO	315	2	1,7
	GENERALAS	300	2-4	2,5-4,5
	CALERAS	310	2	2,5
RIOSA	ESPERANZA	350	3-6	3,5-6,5
–	PUDINGAS	700	3-5	5,0-7,0
OLLONIEGO	CANALES	800	8-12	12,0-15,0

en la superficie de la CCC ni en otras unidades de la Zona Cantábrica. Por último, se citan estructuras tectónicas asociadas a un episodio extensional, probablemente de edad alpina inicial.

La tectónica tardihercínica y la fracturación asociada a los primeros episodios alpinos no tienen el desarrollo de las fases principales de deformación de la Zona Cantábrica. No obstante, constituyen retoques de importancia de la estructura geológica ya establecida que afectan especialmente al laboreo del carbón. No habiendo sido descritas hasta la fecha, la verdadera importancia de estas estructuras solamente podrá establecerse mediante un detallado

análisis de los datos geológicos subterráneos, que amplíe lo esbozado en este artículo.

#### Agradecimientos

Al Prof. Dr. D. Jaime Truyols Santonja que, aunque no ha hecho una lectura crítica de este manuscrito, sí hizo correcciones más generales sobre nuestra formación que nos han permitido desarrollarnos en la vida personal y profesional. A HULLERAS DEL NORTE, S. A. por su colaboración y por poner a nuestra disposición para su publicación los datos de su propiedad contenidos en este artículo. A S. García-López, F. Bastida, C. Brime, J. Aller, M. L. Valín, J. San-López, C. Méndez y J. R. Menéndez-Alvarez por facilitarnos el acceso a su manuscrito sobre "episodios metamórficos en la Zona Cantábrica", previamente a su publicación, que nos ha permitido contrastar algunas ideas sobre los episodios hidrotermales de edad pérmica.

#### Referencias

- Adaro, L. de (1926): *Atlas del estudio estratigráfico de la Cuenca Central de Asturias*. Inst. Geol. Min. Esp.
- Alonso, O. E. y Brime, C. (1990): Mineralogy, geochemistry and origin of the underclays of the Central Coal Basin, Asturias, Spain. *Clays and Clay minerals*, 38 (3), 265-276.
- Aller, J. (1986): *La estructura del sector meridional de las unidades del Aramo y Cuenca Carbonífera Central*. Serv. Public. Principado de Asturias, Consejería de Industria y Comercio. Oviedo, 180 pp.
- Aller, J. y Brime, C. (1985): Deformación y metamorfismo en la parte Sur de la Cuenca Carbonífera Central (NO de España). *C. R. X Congr. Inter. Estrat. y Geol. Carbonífero*, 3: 541-548.
- Corrales, I., Carballera, J. y Manjón, M. (1971): Los conglomerados del borde NW de la Cuenca Carbonífera Central de Asturias y la sucesión productiva inferior. *Trab. Geol. Univ. Oviedo*, 3: 75-86.
- Enadimsa (1972-77): *Investigación de Geología Aplicada en la Cuenca Central Asturiana*. Inédito.
- García-López, S., Bastida, F., Brime, C., Aller, J., Valín, M. L., San-López, J., Méndez, C. y Menéndez-Alvarez, J. R. (1999): Episodios metamórficos y evolución tectónica de la Zona Cantábrica. *Trab. Geol. Univ. Oviedo* (en prensa).
- García Loygorri, A. (1974): Caractères généraux du Basin Central des Asturies (Espagne). *C. R. VII Congr. Int. Strat. Geol. Carb.*, 3: 111-127.
- García Loygorri, A., Ortuño, G., Caride, C., Gervilla, M., Grever, Ch. y Feys, R. (1971): El Carbonífero de la Cuenca Central Asturiana. *Trab. Geol. Univ. Oviedo*, 3: 101-150.
- Julivert, M. (1971): Décollement tectonics in the Hercynian Cordillera of North West Spain. *Am Jour. Sci.*, 270: 1-29.
- Julivert, M. & Marcos, A. (1973): Superimposed folding under flexural conditions in the Cantabrian Zone (Hercynian Cordillera, Northwest Spain). *Am. Jour. Sci.*, 273: 373-375.
- Lepvrier, C. y Martínez García, E. (1990): Fault development and stress evolution of the post-Hercynian Asturian Basin (Asturias and Cantabria, NW Spain). *Tectonophysics* 184: 345-356.
- Leyva, F. y Sáenz de Santa María, J. A. (1983): Las pudingas del Carbonífero de la Cuenca Central Asturiana. Características sedimentológicas y mecanismo de sedimentación. *C.R. X Congr. Inter. Estrat. y Geol. Carbonífero* 3: 223-230.

- Lotze, F. (1945): Zur gliederung der Varisziden der Iberschen Meseta. *Geotekt. Forsch.*, 6: 78-92.
- Luque Cabal, C y Sáenz de Santa María, J. A. (1984): Los conglomerados brechoideos de La Peña (Mieres, Asturias): Características estratigráficas. *I Congr. Esp. de Geología*, 1: 187-197.
- Luque Cabal, C y Sáenz de Santa María, J. A. (1992): HUNOSA: Una geología difícil. *Tierra y Tecnología*, 3: 1-8.
- Marcos, A. (1968): Nota sobre el significado de la "Leon line". *Brev. Geol. Astúrica*, 12 (3): 1-5.
- Martínez García, E. (1983): El Pérmico de la región Cantábrica. En: *Carbonífero y Pérmico de España* (Martínez, C., ed.). IGME, Madrid, 391-402.
- McClay, K. R. (1987): *The Mapping of Geological Structures*. Geological Society of London Handbook Series. Open University Press, 161 pp.
- Rodríguez Fernández, L. R. (1983): Evolución estructural de la Zona Cantábrica durante el Carbonífero. En: *Carbonífero y Pérmico de España*. (Martínez, C., ed.). IGME, Madrid, 151-162.
- Sáenz de Santa María, J. A. y Fuente Alonso, P. (1992): La zona de cizalla del Campo Sur del Pozo San José (Cuenca Carbonífera Central, Asturias). *III Congr. Geol. España y VIII Congr. Latinoam. Geol.*, Simposio Tomo 2: 296-302.
- Sáenz de Santa María, J. A., Luque Cabal, C., Gervilla, M., Laveine, J. P., Lobociak, S., Brousmiche, C., Coquel, R. y Martínez, C. (1985): Aportaciones al conocimiento estratigráfico y sedimentológico del Carbonífero productivo de la Cuenca Central Asturiana. *C. R. X Congr. Inter. Estrat. y Geol. Carbonífero*, 1: 303-326.
- Truyols, J. (1983): La Cuenca Carbonífera Central. En: *Carbonífero y Pérmico de España*. (Martínez, C., ed.). IGME, Madrid, 60-79.