

ROSALES, F.; CARBO, A., y CADAVID, S. (1977): *Transversal gravimétrica sobre el Sistema Central e implicaciones corticales*. Bol. Geol. Min., 88 (6), 567-573.

VEGAS, R., y SURIÑACH, E. (1987): *Engrosamiento de la corteza y relieve intraplaca en el centro de Iberia*. Geogaceta, 2, 40-42.

VIALETTE, Y.; CASQUET, C.; FUSTER, J. M.; IBARROLA, E.;

NAVIDAD, M.; PEINADO, M., y VILLASECA, C. (1987): *Geochronological study of orthogneisses from the Sierra de Guadarrama (Spanish Central System)*. N. Jb. Miner. Mh., 10, 465-579.

WILOBERG, H. G.; BISCHOFF, L., y BAUMANN, A. (1989): *U-Pb ages of zircons from meta-sedimentary rocks of the Sierra de Guadarrama: Implications for the Central Iberian crustal evolution*. Contrib. Miner. Petrol., 107, 253-262.

Original recibido: Diciembre de 1993.

Original aceptado: Enero de 1994.

Análisis estratigráfico de la «Cuarcita de Criadero» en el Sinclinal de Almadén.

Por J. L. GALLARDO-MILLAN (*), P. HIGUERAS (*) y J. M. MOLINA (**)

R E S U M E N

Se presenta un análisis estratigráfico de la Cuarcita de Criadero, que es la roca encajante de la mayor parte de las mineralizaciones de mercurio del distrito minero de Almadén. Es característico para esta unidad litoestratigráfica una potencia considerablemente mayor en el flanco sur del sinclinal de Almadén, donde además se sitúan los principales yacimientos de mercurio, concretamente entre Almadén y Almadenejos, separados unos 12 Km. Hemos caracterizado un estratotipo de la Cuarcita de Criadero en este flanco Sur, levantado en la planta 9.ª de la mina, separando cuatro miembros y un total de 10 tramos, y se ha correlacionado con otras columnas estratigráficas que hemos levantado a lo largo del trazado cartográfico de la unidad en el sinclinal.

Como resultado del estudio, se ha observado que mientras que en el flanco sur la potencia y división en miembros se mantiene con variaciones progresivas menores, a partir de la Mina de El Entredicho hacia el norte, y a todo lo largo del flanco norte la Cuarcita presenta variaciones muy notables y bruscas de potencia y principalmente en la relación de espesores cuarcita/pizarras. En la interpretación sedimentológica propuesta, de acuerdo con estas observaciones, se consideran las cuarcitas del flanco sur como cuerpos laminares de arena (*blanket sandstones*) depositadas en una plataforma o rampa somera bajo la acción de las corrientes de mareas, mientras que las cuarciarenitas, arenitas y limolitas del flanco norte corresponderían a una rampa más profunda con barras lineales de arena aisladas entre las arcillas negras marinas con influencia de aguas continentales y posiblemente deltaica.

Palabras clave: Hercínico, Sinclinal de Almadén, Cuarcita de Criadero, Estratigrafía, Rampas siliciclásticas.

A B S T R A C T

In this paper, a stratigraphic analysis of the Criadero Quartzite, the main host-rock of the mercury mineralizations in the Almaden district, is presented. In the Almaden syncline this lithostratigraphic unit shows, as main feature, higher thickness in the south flank, coincidental with the setting of the largest mercury deposits: Almadén, and El Entredicho, some 12 Kms away from the first.

In the present study a stratotype of the Criadero Quartzite has been characterized in the southern flank, on the 9th level of the Almadén Mine, establishing 4 members and a total of 10 divisions. Also a correlation with other stratigraphic sections along the outcrops of the Criadero Quartzite in the syncline has been done.

As a result of the study, it has been stated that whereas in the south flank the thickness and lateral continuity of the members is maintained with small and progressive variations, on the other hand, from El Entredicho Mine to the north, and all along the northern flank the Quartzite shows important and sudden changes in the thickness, and lithology, specially in the quartzite/shales ratio.

In our proposed sedimentological interpretation, the south flank is considered to be blanket sandstones deposited in a shallow platform under the tidal current action, while the quartzarenites, arenites and siltstones of the north flank must have been deposited in a deeper ramp, with lineal bars of sandstones isolated between marine black shales with continental and, possibly, deltaic influence.

Key words: Hercynian, Almadén syncline, Criadero quartzite, Stratigraphy, Siciliclastic ramps.

(*) Depto. de Ingeniería Geológica y Minera. E.U.P. Almadén. Univ. Castilla-La Mancha. 13400 Almadén (C. Real).

(**) Depto. de Geología. Facultad de Ciencias Experimentales. Univ. de Jaén. 23071 Jaén.

I. INTRODUCCION

Los materiales del Silúrico Inferior del flanco sur del Sinclinal de Almadén presentan varias características geológicas peculiares respecto a las del resto de la Zona Centro Ibérica: presencia de las mineralizaciones de mercurio más importantes del mundo, existencia de un volcanismo básico alcalino, explosivo (piroclástico) y lávico, con enclaves ultrabásicos, y el gran desarrollo en potencia de la unidad cuarcítica que alberga las mineralizaciones antes referidas, es decir, la Cuarcita de Criadero.

En la presente comunicación abordamos el estudio de esta tercera peculiaridad de carácter estratigráfico, así como su posible integración en la interpretación paleogeográfica del área.

Para ello, hemos realizado el levantamiento de varias columnas estratigráficas a lo largo del trazado cartográfico de la Cuarcita de Criadero en el sinclinal, tomando como base de correlación una columna de mayor detalle, considerada como estratotipo, que corresponde a la Planta 9.^a de la Mina de Almadén, con buenas características de exposición y representatividad de esta unidad litoestratigráfica con rango de formación.

II. SITUACION GEOLOGICA Y ANTECEDENTES

La zona estudiada se sitúa en el SO de la provincia de Ciudad Real y E de la de Badajoz. Desde el punto de vista geológico se encuentra en el Sinclinal de Almadén, estructura característica de la Zona Centro Ibérica (fig. 1), cuya estratigrafía, que incluye materiales del Ordovícico, Silúrico y Devónico ha sido descrita por ALMELA et al. (1962), SAUPE (1971a, 1973, 1990), HERNANDEZ (1986), así como en las Hojas MAGNA de Siruela, Valdemanco del Esteras, Chillón y Almadén, entre otros.

La columna estratigráfica tipo del Paleozoico del flanco S del Sinclinal incluye cuatro episodios cuarcíticos, que son muy característicos ya que producen importantes resaltes morfológicos: Cuarcita Armoricana (Arenigiense), Cuarcita de Canteras (Llandeiloense), Cuarcita de Criadero (Llandoveriense Inferior) y Cuarcita de Base (Siegeniense). Cada uno de estos episodios constituye la culminación de una secuencia de carác-

ter regresivo, correspondiendo básicamente a etapas de estadio del nivel del mar bajo (*low-stand*) en el conjunto de la cuenca. La Cuarcita de Criadero se encuentra situada entre las Pizarras de Muro infrayacentes y las alternancias volcanosedimentarias o Pizarras Ampelíticas con Graptolitos suprayacentes.

Como estudios estratigráficos y petrológicos de interés, más específicos acerca de la Cuarcita de Criadero, pueden destacarse los de SAUPE (1971b, 1973, 1990), SAN MIGUEL y PAULITSCH (1974), MORENO (1985), MORENO et al. (1987) e HIGUERAS y BORRERO (1987). Como estudios sedimentológicos previos hay que mencionar los de PUIGDEFABREGAS (1974, 1975), en los que se analizan las estructuras sedimentarias y la distribución de paleocorrientes en la cuarcita de la Mina de Almadén y de la zona de Valdeazogues-Almadenejos.

Es interesante resaltar que hemos considerado para la Cuarcita de Criadero una edad Llandoveriense, de acuerdo con la mayoría de los autores, y especialmente con los escasos datos paleontológicos existentes, como son los de HAFENRICHTER (1980) sobre los Acritarcos silúricos hallados en las pizarras de Chavera (equivalentes estratigráficamente a las Pizarras de Muro), y los de GUTIERREZ y PINEDA (1988) sobre graptolitos que aparecen en dos niveles aproximadamente 2 m por debajo del techo de la Cuarcita del Castellar (equivalente a la Cuarcita de Criadero en el área del Centenillo, Jaén). Estos graptolitos del Aeroniense Inferior (zona 19b de ELLES y WOOD, o informalmente: parte baja del Llandoveriense Medio), representan, al parecer, el primer hallazgo de fósiles determinables en esta unidad cuarcítica. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la persistencia más o menos uniforme de la litología no implica isocronía total de esta formación y de sus límites.

III. ESTRATOTIPO

La sección tipo de esta unidad se ha levantado en la galería de levante de la planta 9.^a de la Mina de Almadén, por tratarse de una galería que atraviesa ortogonalmente la referida unidad, y por la buena calidad de exposición de los materiales y de los contactos con las formaciones

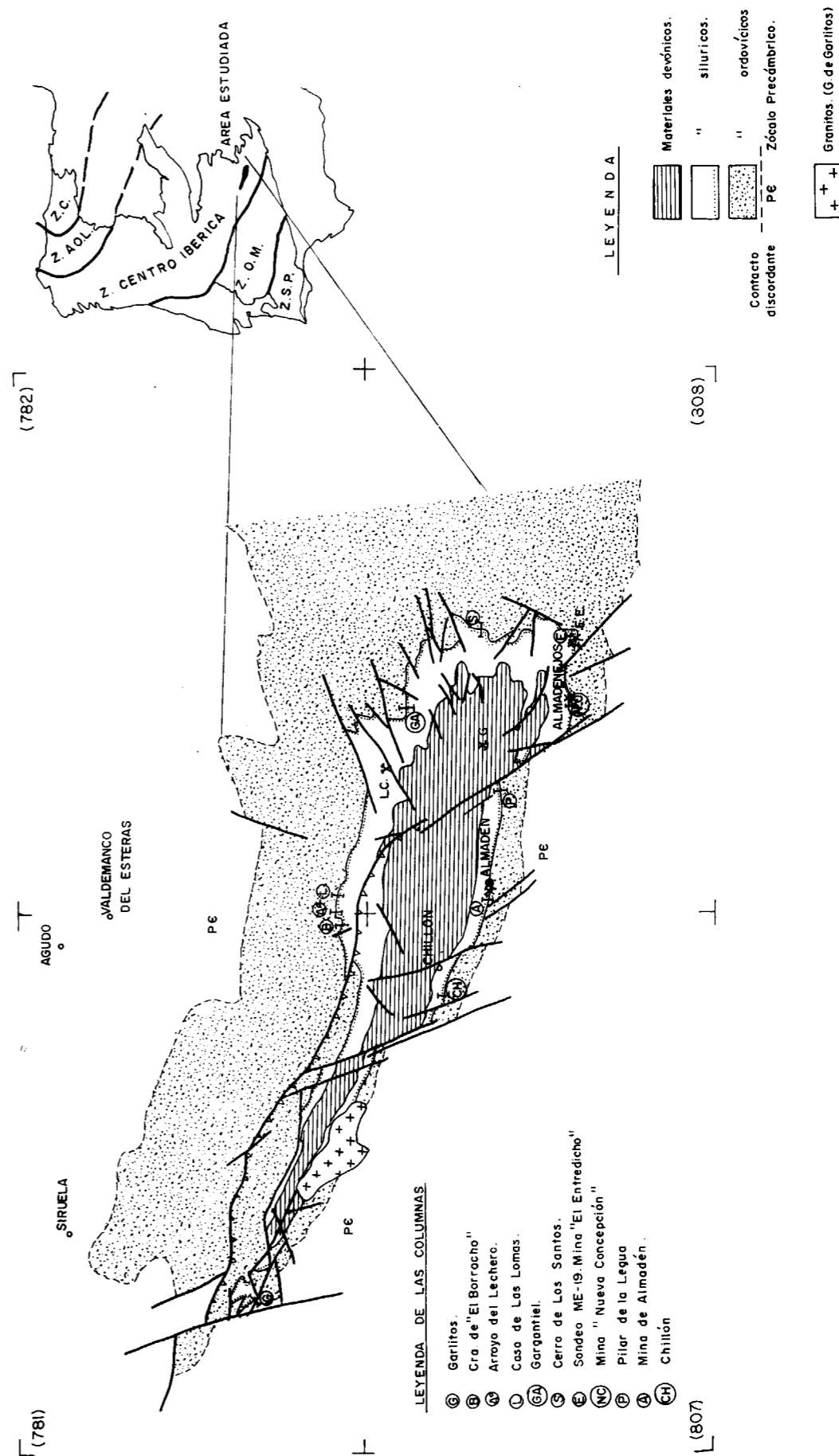


Figura 1.—Esquema geológico y localización de la zona estudiada con la situación de columnas y principales minas de Hg: L.C.: Las Cuevas; G: Guadalperal; A: Almadén; N.C.: Nueva Concepción; E.E.: El Entredicho.

infra y suprayacente, que no es posible encontrar en otros afloramientos fuera de la Mina.

A continuación describimos esta secuencia, que se muestra en la figura 2, a la cual remitimos al lector para mayor detalle. Se han diferenciado cuatro unidades con rango de miembro, de muro a techo: Cuarcitas Inferiores (*Banco de San Pedro*), Pizarras Intermedias, Cuarcitas Intermedias y Cuarcitas Superiores (*Bancos de San Francisco y San Nicolás*) indicando entre paréntesis las denominaciones utilizadas en la Mina correspondientes a los niveles mineralizados. A su vez, dentro de cada una de las tres unidades cuarcíticas hemos diferenciado tres tramos.

La potencia total de Cuarcita de Criadero en el corte estudiado es de 46,5 m, variando en otras secciones de la Mina entre 55 y 60 m, según otros autores (SAUPE, 1973 y 1990; HIGUERAS y BORRERO, 1987).

El contacto con la formación infrayacente, *Pizarras de Muro*, es muy brusco y neto, apareciendo frecuentemente un sill subvolcánico o colada lávica de 1 m de espesor (*blanquillo* en el argot minero). A continuación describimos cada uno de los miembros y tramos diferenciados, de muro a techo (ver la figura 2).

1) *La Cuarcita Inferior* está constituida por tres tramos: a) inferior cuarcítico, b) intermedio pizarroso, y c) superior cuarcítico.

a) El tramo inferior está compuesto por cuarcitas de grano medio, con estratos de 10 a 50 cm de potencia, que constituyen en la sección levantada dos secuencias estratocrecientes (*thickening upward*), y sin estructuras sedimentarias apreciables. Su potencia aquí es de 5 m, variado en otros puntos de la Mina entre 3 y 5 m.

b) El tramo intermedio lo constituye una alternancia finamente tableada de areniscas de grano fino y pizarras, en niveles centimétricos. Se aprecia laminación paralela. La potencia de este tramo es de unos 2 m.

c) El tramo superior es, en sentido estricto, el *Banco de San Pedro* explotado en la Mina. Presenta 3,5 m de potencia (hasta 4,5 en otros puntos de la Mina) y su muro es de carácter erosivo. Es fundamentalmente cuarcítico, aunque muestra intercalaciones piza-

rrosas. Constituyen un conjunto de tres secuencias estratodecrescentes (*thinning upward*), con un espesor máximo de los estratos de 80 cm. Se observa laminación cruzada de bajo ángulo, y ripples simétricos. Es de destacar que se reconoce también la presencia de mineralización de cinabrio, como es característico en este nivel.

2) *Las Pizarras Intermedias* están constituidas por pizarras y limos, con una potencia de 3 m en la sección estratigráfica estudiada, estando comprendida entre 3 y 8 m en otros puntos de la Mina. Las únicas estructuras sedimentarias reconocidas han sido ondulaciones en el techo que corresponden probablemente a *megaripples* simétricos.

3) *Las Cuarcitas Intermedias* constituyen una secuencia de unos 25 m de potencia, en la que se han diferenciado tres tramos que describimos a continuación:

a) El tramo inferior, de 5 m de potencia, se caracteriza por la alternancia de niveles de cuarcitas y areniscas, con algunos niveles poco potentes (varios centímetros como máximo) de pizarras. Hay bastantes estructuras sedimentarias, como estratificación cruzada de bajo ángulo, laminación paralela, laminación convoluta, laminación *flaser*, estructuras de carga y pequeños *slumps*. Constituyen un nivel de referencia bastante característico.

b) El tramo intermedio tiene unos 15 m de potencia, y se caracteriza por presentar secuencias estratocrecientes en areniscas, con estratos de hasta 1,1 m de espesor, y escasos niveles pizarrosos de potencia centimétrica. Presenta laminación cruzada de bajo ángulo, en artesa, y de tipo *hummocky*, laminación paralela, y estructuras de deformación por carga.

c) El tramo superior, de 4 m de potencia en este corte y entre 3 y 4 m en otros puntos de la Mina, presenta un predominio de materiales cuarcíticos, en bancos de unos 50 cm de potencia, con algunas juntas pizarrosas. Solamente se han reconocido laminaciones paralelas.

4) *Las Cuarcitas Superiores* presentan en este

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA "Cuarcita de Criadero" EN PLANTA 9ª DE LA MINA DE ALMADEN

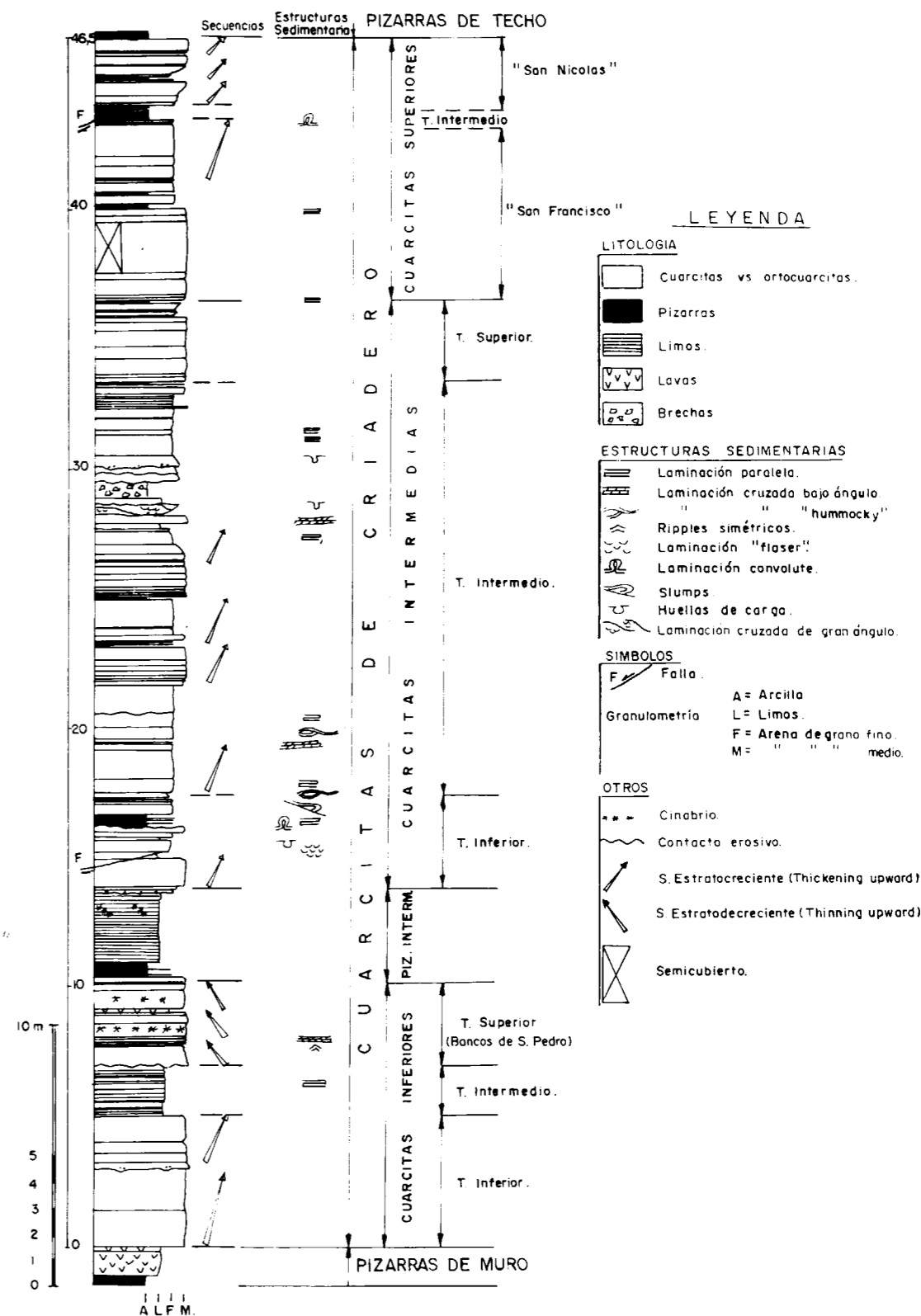


Figura 2.—Estratotipo de la *Cuarcita de Criadero* en el Sinclinal de Almadén.

corte peores caracteres de exposición, ya que están impregnadas por óxidos de Fe procedentes de la alteración de pirita, muy frecuente en este miembro. Su potencia total es variable a nivel del conjunto de la Mina, entre 9 y 12 m, y 10 m en el corte estudiado. Se pueden diferenciar tres tramos:

- El tramo inferior es el *Banco de San Francisco*; como en esta sección se reconoce mal, por estar muy cubierto por óxidos, nos vamos a referir a la levantada por HIGUERAS y BORRERO (1987) en la planta 14 de la Mina. Aquí está constituido por bancos cuarcíticos de potencia entre 30 y 60 cm (localmente hasta 1,20 m), que constituyen dos secuencias estratocrecientes, que presentan laminación paralela. En la sección levantada en planta 9.^a, sin embargo, sólo se reconoce claramente la secuencia superior.
- El tramo intermedio está constituido por pizarras, con un espesor muy constante en toda la Mina de unos 60 cm, y que presenta estratificación-laminación convoluta muy característica. En la sección tipo está muy distorsionada por una falla que afecta fundamentalmente a este miembro.
- El tramo superior es el denominado *Banco de San Nicolás*, de 3 m de potencia, variando según los puntos de la Mina entre 2,5 y 3 m. Está constituido por cuarcitas, en tres secuencias estratocrecientes, con bancos entre 10 y 50 cm de potencia, con juntas de pizarras entre estas secuencias. No se han reconocido estructuras sedimentarias.

El contacto con la unidad litológica suprayacente (Pizarras Ampelíticas con Graptolitos) es un cambio litológico brusco, en el que no se ha reconocido la disconformidad indicada por ARBEY y TAMAIN (1971) y TAMAIN (1972). Para estos autores este mismo contacto en el área de El Centenillo corresponde a una laguna estratigráfica con señales de pulido glaciario sobre las Cuarcitas de El Castellar.

En conjunto, pues, la unidad estratigráfica descrita es una secuencia predominantemente cuarcítica con una relación de cuarcitas y areniscas a pizarras muy alta.

IV. RESTO DEL SINCLINAL

En otras partes del sinclinal se han realizado 18 levantamientos estratigráficos, repartidos en 11 localidades, cuya situación se muestra en la figura 1.

A partir del análisis de estas columnas se deduce la existencia de dos zonas con características estratigráficas y sedimentológicas bien diferenciadas: A) el flanco S del Sinclinal, y B) el cierre periclinal oriental del mismo junto con el flanco N. A continuación describimos las características de cada uno.

IV.A. Flanco Sur

Se caracteriza por una secuencia estratigráfica similar, a grandes rasgos, a la descrita para la Mina de Almadén, situada en la zona central del flanco. La figura 3 muestra un panel de correlación entre las series levantadas en el corte al oeste de Chillón (a 4,7 Kms al O de Almadén), en el indicio del Pilar de la Legua (a una legua = 5.572 m al E de Almadén), en la Mina de la Nueva Concepción (en base a datos de MORENO, 1985, y CRESPO, 1987), y en la Mina de El Entredicho (serie levantada a partir del Sondeo ME-19). Cobre, por tanto, un trazado cartográfico de 20,4 Kms.

En la referida figura 3 se observa cómo la potencia de los diversos miembros varía lateralmente de forma gradual, manteniéndose la subdivisión establecida con gran continuidad. También se reconoce cómo la potencia máxima de la formación se alcanza en las minas de Almadén y El Entredicho.

IV.B. Cierre periclinal oriental y flanco norte

En esta zona, en la que se han levantado 12 columnas, repartidas en cinco localidades, las series establecidas son muy diferentes de la antes descrita, presentando una gran variabilidad local, que se traduce en importantes y bruscos cambios de potencia, así como de la relación pizarras/cuarcitas + areniscas. Estas variaciones hacen difícil establecer correlaciones precisas entre los distintos términos litológicos presentes en cada columna. La figura 4 muestra un panel de correlación general entre cuatro columnas estudiadas en el flanco norte del sinclinal. En la

Legua; NC = Datos sintéticos de la Mina "Nueva Concepción."

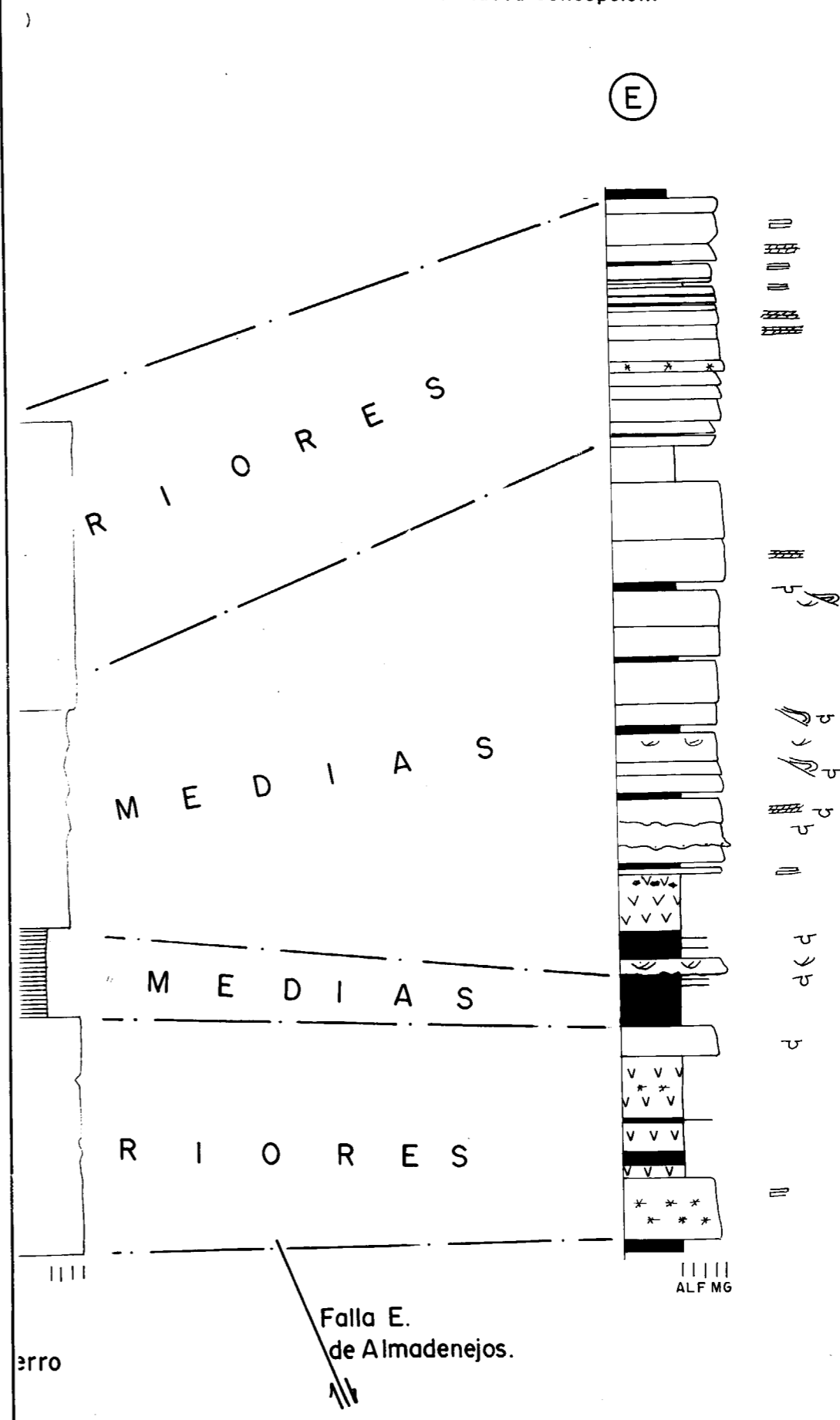
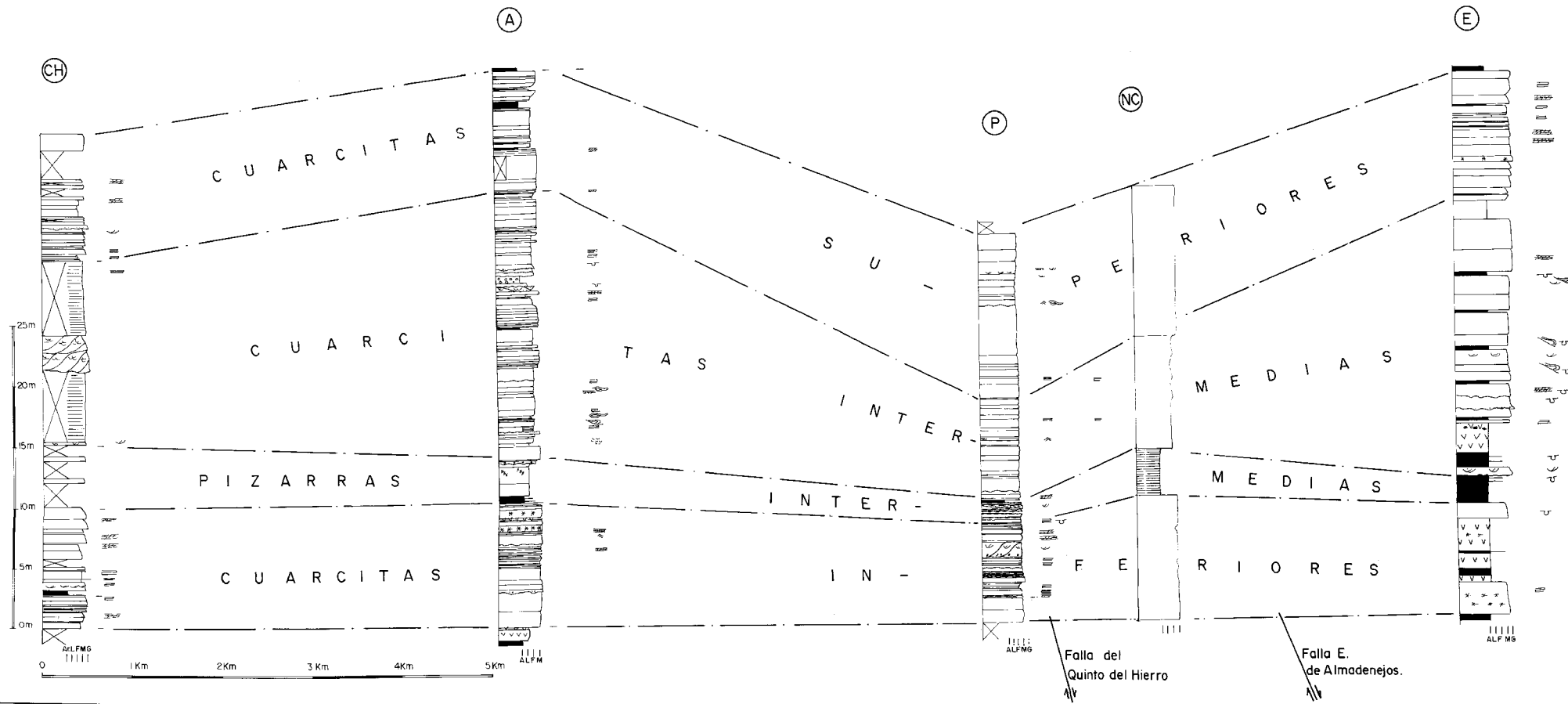


Fig. 3: Correlación de las columnas levantadas en el flanco Sur del Sinclinal de Almadén. (CH = Oeste de Chillón; A= Planta 9^a de la Mina de Almadén; P= Pilar de la Legua; NC= Datos sintéticos de la Mina "Nueva Concepción".
E = Sondeo ME - 19 - Mina "El Entredicho".) (Véase leyenda igual que figura 2.)



a pizarras muy alta.

o-
e-
es
al,
m-
za-
na-
en-
tes
nel
nas
n la

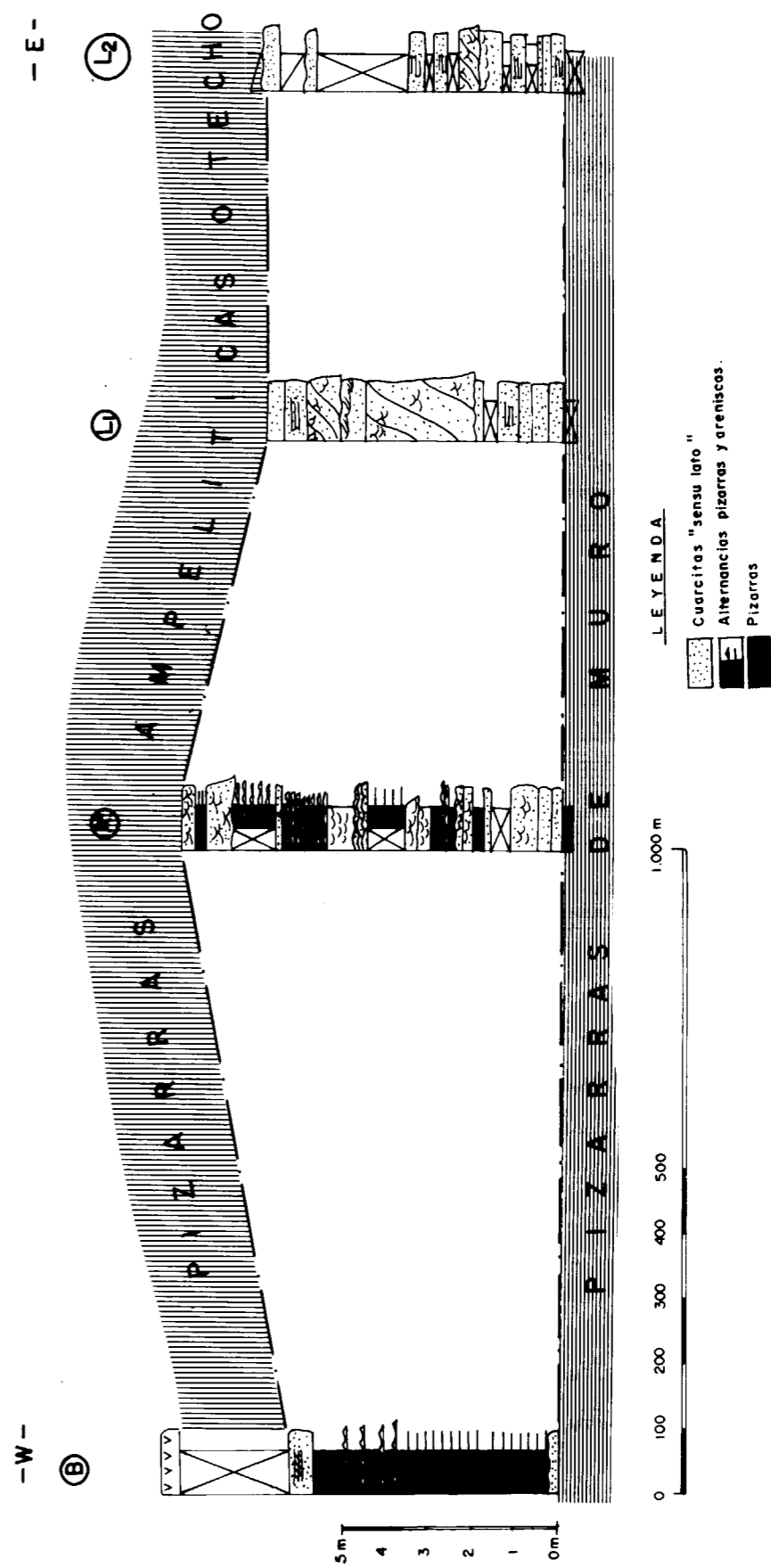


Figura 4.—Correlación de las columnas levantadas en el flanco norte sobre la traza de la *Cuarcita de Criadero* (B: Ctra. Chillón-El Borracho, Km. 6.5; A: Arroyo del Lechero; L1: Las Lomas Oeste; L2: Las Lomas Este).
Estructuras sedimentarias y símbolos, véase fig. 2.

figura 5 puede observarse un panel con siete columnas levantadas en la localidad *Gargantiel*, al NE del sinclinal, que muestra claramente las variaciones de potencia que se producen a pequeña escala en este sector de la unidad estudiada.

En base al análisis de estas figuras 4 y 5, podemos establecer que en este área tienen menor representación los materiales arenosos frente a los pizarrosos, presentando las cuarcitas en sección perpendicular a la estratificación forma lentejón con techo convexo y muro ligeramente cóncavo, con espesores variables entre 0 y 10 m y unos 0 a 200 m de longitud máxima aparente, como se muestra en la figura 5. En algunos casos la ausencia de estos materiales arenosos de morfología lentejón hace que desaparezca el relieve geomorfológico de la cuarcita, que es muy característico en el flanco sur.

V. OTRAS CONSIDERACIONES PETROLOGICAS Y ESTRATIGRÁFICAS

Al microscopio, como ya indicaron SAN MIGUEL y PAULITSCH (1974), puede observarse cómo las texturas sedimentarias de las arenas originales se conservan bastante bien en estas cuarcitas. Son cuarciarenitas según la clasificación de FOLK (1968) u ortocuarzitas de PETTIJOHN (1957), es decir, con más del 95 por 100 de cuarzo. Están formadas por granos de cuarzo monocristalinos, bastante bien redondeados y seleccionados, en los que son raramente observables sobrecrecimientos diagenéticos de cuarzo; sin embargo, sí existen abundantes contactos de disolución a presión entre los granos. Al microscopio, e incluso a simple vista, pueden observarse pequeñas acumulaciones, a modo de microplacers, de minerales pesados: anatasa, rutilo, circón.

La alta madurez textural (buena selección de los granos de cuarzo y, cuando puede verse, su buen redondeamiento), y mineralógica, muestra que los propios procesos sedimentarios, y en menor medida los procesos diagenéticos como la disolución a presión fueron los principales agentes responsables de la pureza de esta cuarcita, especialmente notable en el flanco S del sinclinal de Almadén. La silicificación hidrotermal a bajo pH, que permitiera la disolución de todos los minerales excepto el cuarzo y algunos minerales

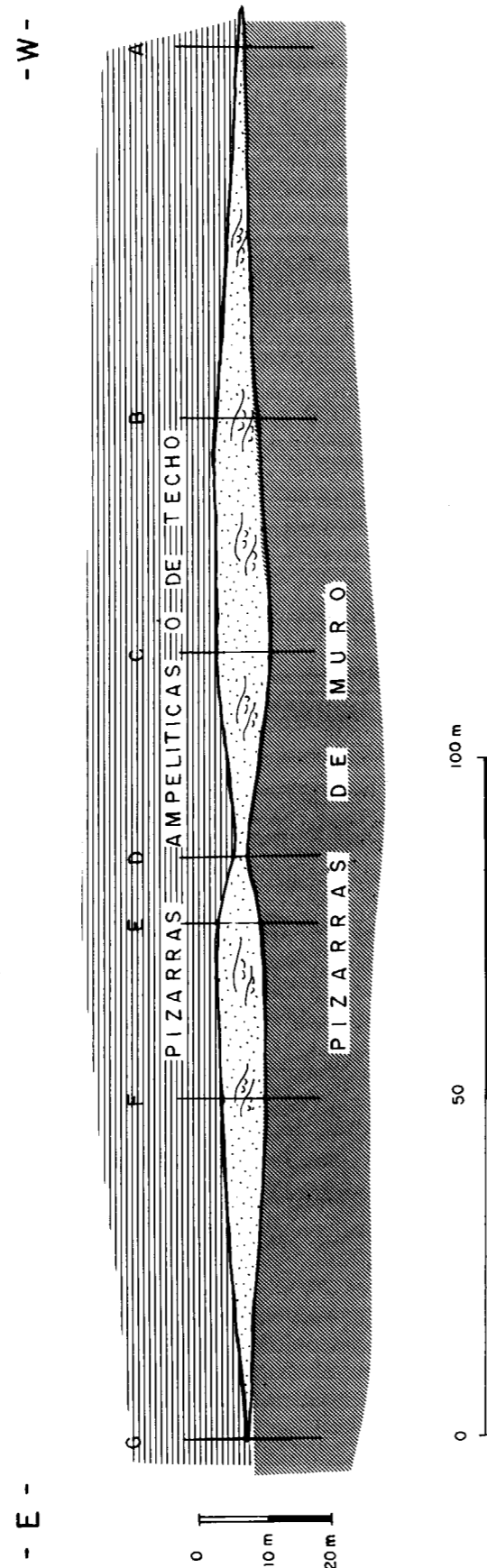


Figura 5.—Morfología de barras que presenta la Cuarcita de Criadero en el flanco norte del Sinclinal, zona de Gargantiel, sobre siete cortes realizados.

de las arcillas, con la formación de la cuarcita, parece poco probable.

Las paleocorrientes medidas a partir de las distintas estructuras sedimentarias apuntan claramente hacia el NE y N., como ya indicara también PUIGDEFABREGAS (1974).

La característica ausencia total de restos fósiles y especialmente de ichnofacies puede ser debida, al menos en parte, a la importante crisis biótica o extinción en masa de especies que tuvo lugar al final del período Ordovícico, de modo que las faunas de plataforma marina del Silúrico Inferior son raras en general (ver, por ejemplo, HOFFMAN, 1989; McLAREN & GOODFELLOW, 1990).

VI. MODELO DE DEPOSITO

De acuerdo con los datos expuestos anteriormente, el medio de depósito de la Cuarcita de Criadero correspondería a una plataforma o rampa siliciclástica somera, en la que habría que diferenciar dos áreas de S a N que corresponderían a las anteriormente delimitadas.

En el flanco S las arenas se habrían depositado en mares someros con dominio mareal como *cuerpos laminares de arena (blanket sandstones)* que se extenderían en un área relativamente amplia. De acuerdo con las estructuras sedimentarias observadas, a la acción de las corrientes de marea se le superpondrían otras corrientes inducidas principalmente por las tormentas. Se sucederían períodos de buen tiempo, en que los agentes fundamentales de transporte eran las corrientes de marea, corrientes oceánicas y oleaje en aguas poco profundas, con otros de tormenta en los que se reforzaba la acción mareal, debido fundamentalmente al viento, corrientes de deriva, y oleaje de mayor energía. Durante el buen tiempo los *megaripples* migraban pendiente abajo hacia el N-NE, en la dirección de la corriente de marea dominante. Cuando se producían tormentas aumentaba la energía, hasta que en cierto momento se hacía suficientemente intensa como para destruir los *megaripples* aplanando el fondo marino.

Para el cierre periclinal oriental y flanco norte las arenas y cuarcitas podrían corresponder a antiguas *barras lineales de arena*, caracteriza-

das por presentar una morfología claramente lineal, alargada en la dirección de las paleocorrientes dominantes, es decir, en dirección NE-SO o N-S. Estas barras se presentarían aisladas entre las arcillas y limos marinos propios de medios menos energéticos, y estarían compuestas por areniscas con una elevada madurez textural y mineralógica. Sus dimensiones no serían muy grandes, aunque sólo hemos podido determinar su anchura aparente (entre 0 y 200 m) y su altura (entre 0 y 10 m). Como ya indicábamos anteriormente, en la figura 5 se muestra la forma lenticular una de estas barras en una sección transversal, aproximadamente perpendicular a la dirección de alargamiento. Correspondería a la progradación de los ambientes arenosos energéticos más someros del S sobre la plataforma lutítica de baja energía más profunda situada al norte. La figura 6 muestra un bloque-diagrama simplificado del modelo sedimentario propuesto.

El modelo de paleocorrientes unidireccional, no bipolar, con transporte neto de sedimento preferentemente en una dirección (coincidente con la corriente mareal más intensa) que se presenta en la Cuarcita de Criadero es típico de los depósitos de areniscas de plataformas mareales antiguas (ver, por ejemplo, JOHNSON & BALDWIN, 1986, p. 264). Además, las corrientes de marea son el agente más efectivo en la producción de areniscas maduras textural y mineralógicamente, así como el mecanismo más favorable y capaz de transportar el gran volumen de arenas que componen la Cuarcita de Criadero. Estas arenas deben haber tenido su área fuente primaria en zonas costeras o deltaicas que se situarían más o menos contemporáneamente hacia el S-SO de los afloramientos estudiados.

VII. CONCLUSIONES

El estudio realizado en la cuarcita de Criadero del Sinclinal de Almadén ha permitido poner de manifiesto que existen diferencias estratigráficas acusadas entre el flanco S por un lado y el cierre periclinal oriental y flanco N del sinclinal por otro. Estas diferencias se reflejan en una potencia mayor y más homogénea de la cuarcita, y una diferenciación clara en cuatro miembros, de gran continuidad lateral, en el flanco sur, así como un predominio de materiales pizarrosos,

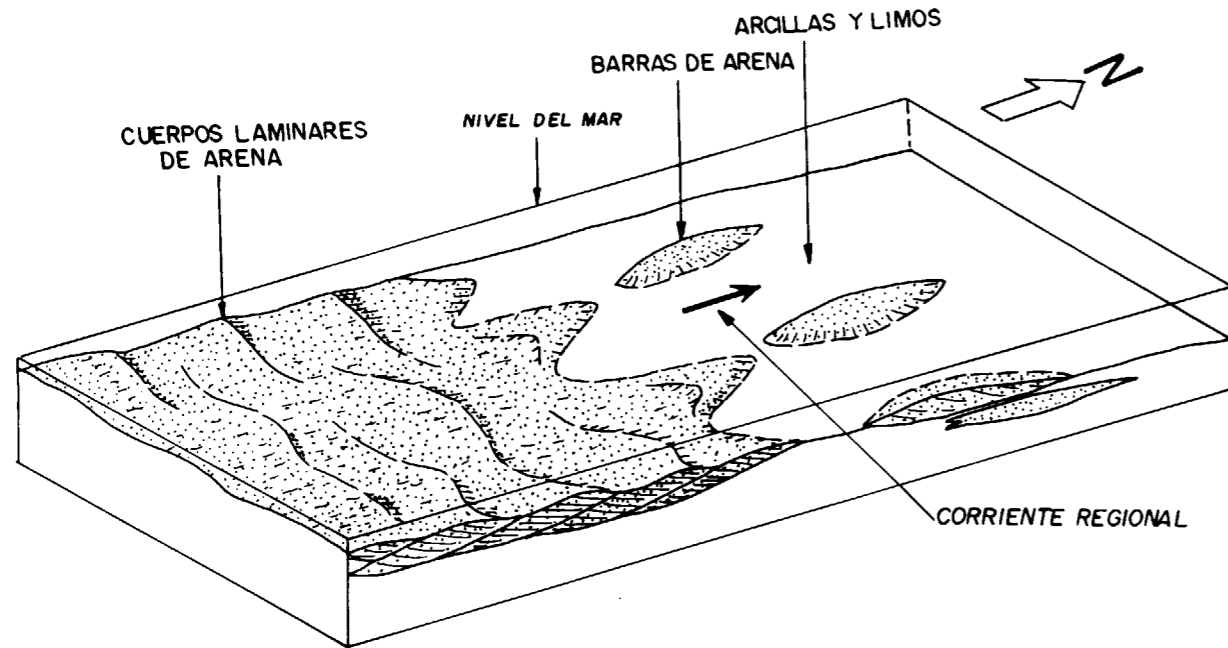


Figura 6.—Esquema del MODELO SEDIMENTARIO propuesto.

con formas lenticulares de arenas individualizados de forma discontinua en la segunda zona.

La Cuarcita de Criadero se habría depositado en una plataforma siliciclástica con una zona al S más somera bajo la acción de las corrientes marales y de tormentas, y una zona progresivamente más profunda hacia el N con barras lineales de arenas progradantes sobre la plataforma lutítica de menor energía.

VIII. AGRADECIMIENTOS

A Minas de Almadén y Arrayanes, y en especial a Angel Hernández Sobrino, Jefe del Departamento de Geología, por la colaboración prestada, y a Javier Ustarroz Astorga, Jefe del Departamento de Geología Subterránea, por su permiso para trabajar en la Mina. Agradecemos al Dr. J. T. Oliveira la revisión y corrección crítica del manuscrito original; sus comentarios y sugerencias han enriquecido este trabajo.

REFERENCIAS

ALLER, J.; BASTIDA, F.; ORTEGA, E., y PEREZ-ESTAUN, A. (1986): *Aportación al conocimiento estructural del Sinclinal de Almadén*. Bol. Geol. Min., 97, 5, pp. 608-621.

ALMELA, A.; ALVARADO, M.; COMA, E.; FELGUEROSO, C., y QUINTERO, I. (1962): *Estudio geológico de la región de Almadén*. Bol. Geol. Min., t. 73, pp. 193-327.

ARBEY, F., y TAMAIN, G. (1971): *Existence d'une glaciation siluro-ordovicienne en Sierra Morena (Espagne)*. C. R. Ac. Sc. Paris (Ser. D), 272, pp. 1721-1723.

CRESCO, J. L. (1987): *Investigación mediante sondeos del área de «La Nueva Concepción»*. Informe Interno. Minas de Almadén. 12 pp.

FOLK, R. (1968): *Petrology of sedimentary rocks*. Ed. Hemphill's, Austin. 170 pp.

GARCIA SANSEGUNDO, J.; LORENZO ALVAREZ, S., y ORTEGA GIRONES, E. (1987): *Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000. Hoja núm. 781 (Siruela)*. Serv. de Publ. Min. Industria y Energía. 48 pp.

GARCIA SANSEGUNDO, J.; LORENZO ALVAREZ, S., y ORTEGA GIRONES, E. (1987): *Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000. Hoja núm. 808 (Almadén)*. Serv. de Publ. Min. Industria y Energía. 60 pp.

GUTIERREZ MARCO, J. C., y PINEDA VELASCO, A. (1988): *Datos bioestratigráficos sobre los materiales silúricos del subsuelo de El Centenillo (Jaén)*. Comun. II Congreso Geol. España, Granada. v. 1, pp. 91-94.

HAFENRICHTER, M. (1980): *The lower and upper boundary of the Ordovician System of some selected regions (Celtiberic, Eastern Sierra Morena) in Spain*. N. Jb. Geol. Paleon. Abh., 160, pp. 138-148.

HERNANDEZ, A. (1948): *Estructura y génesis de los yacimientos de mercurio de la zona de Almadén*. Tesis Doctoral. Univ. de Salamanca.

HERNANDEZ URROZ, J.; LORENZO, S.; MIRA, M.; MONTSERIN, V., y RODRIGUEZ PEVIDA, L. S. (1984): *Cartografía y Memoria hoja 1:50.000 de Chillón, núm. 807*. Inédita.

HIGUERAS, P., y BORRERO, J. (1987): *Trabajos realizados en la Mina de Almadén*. Julio-octubre 1987. Informe Interno. Minas de Almadén. 13 pp.

HOFFMAN, A. (1989): *Mass extinctions: the view of a sceptic*. J. Geol. Soc. London, 146, pp. 21-35.

JOHNSON, H. D., y BALDWIN, C. T. (1986): *Shallow siliciclastic seas*. In: Reading, H. G. (ed.). *Sedimentary environments and facies*, pp. 229-282.

McLAREN, D. J., y GOODFELLOW, W. D. (1990): *Geological and biological consequences of giant impacts*. Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 18, pp. 123-171.

MOLINA, J. M., y FERNANDEZ CARRASCO, J. (1987): *Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000. Hoja núm. 782 (Valdemanco del Esteras)*. Serv. de Publ. Min. Industria y Energía. 60 pp.

MORENO GUTIERREZ, A. (1985): *Estudio sedimentológico, geoquímico y metalogénico de los sondeos: VO-4, E-7, PL-1, RN-2 en la concesión «Almadén»*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. 428 pp.

MORENO GUTIERREZ, A.; LLAMAS, F. J.; ALCANTARA, R.; MONSEU, J., y MAZADIEGO, L. F. (1987): *Caracterización de la materia orgánica contenida en la «Cuarcita del Criadero» de Almadén por pirólisis Rock-Eval*. Bol. Geol. Min., t. 98-5, pp. 699-704.

PETTIJOHN, F. J. (1957): *Sedimentary rocks*. Ed. Harper, Nueva York, 2.ª ed. 718 pp.

PUIGDEFABREGAS, C. (1974): *Estudio de las relaciones entre paleocorrientes y direcciones de mineralización en la Mina de Almadén*. Compañía General de Sondeos. Informe Inédito. Minas de Almadén. 8 pp.

PUIGDEFABREGAS, C. (1975): *Estudio de paleocorrientes en la Cuarcita de Criadero - Zona de Valdeazogues y Almadenejos*. Compañía General de Sondeos. Informe Inédito. Minas de Almadén. 10 pp.

SAN MIGUEL, A., y PAULITSCH, P. (1974): *Petrofabrics of Almadén quartzites*. I Congreso Internacional del Mercurio. Barcelona. Vol. 1, pp. 201-205.

SAUPE, F. (1971a): *La série ordovicienne et silurienne d'Almadén (Province de Ciudad Real, Espagne)*. Bur. Rech. Géol. Min. (Paris) Mém., vol. 73, pp. 355-365.

SAUPE, F. (1971b): *Stratigraphie et pétrographie du «Cuarcita del criadero» (Valentien) à Almadén (Province de Ciudad Real, Espagne)*. Bur. Rech. Géol. Min. (Paris) Mém., vol. 73, pp. 139-149.

SAUPE, F. (1973): *La geologie du gisement du Mercure d'Almadén (Province de Ciudad Real, Espagne)*. Thèse Sci. Terre, Univ. Nancy. 342 pp.

SAUPE, F. (1990): *Geology of the Almadén Mercury deposit, Province of Ciudad Real, Spain*. Economic Geology 85, pp. 482-510.

TAMAIN, G. (1972): *Recherches géologiques et minières en Sierra Morena orientale (Espagne)*. Thèse Univ. Paris Sud (Centre d'Orsay). 870 pp.

Original recibido: Diciembre de 1993.

Original aceptado: Enero de 1994.