

También se calcularon los incrementos de Refracción iónica para los sulfatos puros, los valores vienen dados en la tabla 9. La discrepancia observada en el caso del Mn es debida a los fenómenos de transferencia de carga que existen.

Todos los hechos observados anteriormente demuestran que al entrar una cierta cantidad de Cu se hace inestable la estructura Rómbica de los vitriolos. Esto se justifica teóricamente mediante el Efecto de Jahn-Teller.

En el caso de Mg, Ni y Zn el estado fundamental no está degenerado, o sea su energía no queda afectada por la simetría del entorno del ión.

En la estructura del Vitriolo los iones divalentes están coordinados con 6 moléculas de agua que se disponen según un octaedro regular. El conjunto de octaedros regulares y tetraedros así mismo regulares de los iones SO_4 se disponen en una estructura rómbica.

En los otros iones Fe, Co, y Cu el octaedro se distorsiona ya que la energía del estado fundamental depende de la simetría del entorno en cuyo caso, la simetría de la estructura pasa a ser Monoclínica o Triclínica.

De aquí se deduce teóricamente lo mismo que se ha observado, mientras la isomorfa en los vitriolos Monoclínicos y triclínicos es más completa existiendo el vitriolo monoclínico entre Cu/Fe desde 0 a 1,89 en los Vitriolos Rómbicos y Triclínicos la discontinuidad en la composición corresponde a valores de relación iónica próximos a 1.

AMOROS J. L. (1958).—Cristalofísica Propiedades Continuas Ed. Aguilar Madrid.

AZAROFF & BUERGUER. (1958).—The Powder Method in X Ray Crystallography. Hill Book Company N. York.

BALAREW, Chr., KARAIVANOVA, V. & ASLANIAN, S. (1973).—*Kristall und Technik*, vol. 8, pp. 1-3. Sofía.

BLOSS, D. (1970).—Cristalografía Optica. Ed. Omega.

DANA'S SYSTEM OF MINERALOGY, (1966).—vol. II pp. 487, John Wiley and Sons Inc. New York.

ORGEL LESLIE, E. (1964).—Introducción a la Química de los Metales de Transición. Teoría del Campo del Ligando. Ed. Reverte Barcelona.

PASCAL, P. (1961).—Nouveau Traite de Chimie Minerale, Tomos III, pp. 303, XVI, pp. 879, V pp. 247, XVII pp. 774, Masson et Cie Ed. París.

Fernando Moreno (*), Ramón Vegas (*) & Alberto Marcos ().—SOBRE LA EDAD DE LAS SERIES ORDOVICICAS Y CAMBRICAS RELACIONADAS CON LA DISCORDANCIA «SARDICA» EN EL ANTICLINAL DE VALDELA-CASA (MONTES DE TOLEDO, ESPAÑA)**

Las líneas generales de la estratigrafía de las series cámbricas y ordovícicas en la región de los Montes de Toledo y las Sierras de Guadalupe, fueron establecidas prime-

(*) Dpto. de Geomorfología y Geotectónica. Facultad de Ciencias. Universidad Complutense. Madrid 3.

(**) Dpto. de Geotectónica. Facultad de Ciencias. Universidad. Oviedo.

ramente por LOTZE en 1956. Según dicho autor, los materiales del Ordovícico inferior y del Cámbrico se distribuyen en tres conjuntos característicos: un horizonte superior de cuarcitas masivas (cuarcita «armoricana»), unas «capas intermedias» de naturaleza detrítica y una serie inferior predominantemente de carácter pelítico y en ocasiones con niveles carbonatados bien desarrollados.

El conjunto de cuarcitas masivas (situado siempre por debajo de abundantes faunas de edad Llanvirn-Llandeilo) ha sido tradicionalmente admitido como representante del Arenig y puede ser considerado, en términos generales, como un horizonte cronoestratigráfico en casi todo el ámbito herciniano ibérico. En cuanto al conjunto estratigráfico inferior, los conocimientos actuales permiten considerarlo de edad cámbrica y/o precámbrica; la atribución a una u otra edad es generalmente un problema cuya solución depende en cada caso de ciertos puntos de referencia (existencia de fósiles o de niveles carbonatados de hábito cámbrico, ambiente de sedimentación...).

Las «capas intermedias» son de composición litológica variable, con niveles de conglomerados, que a veces son exclusivos, semipelitas, psamitas y cuarcitas microconglomeráticas. En todo el conjunto destaca siempre una coloración rojo púrpura, debido a la cual se ha utilizado en ocasiones la denominación de «serie púrpura». El espesor de estas «capas intermedias» es también muy variable, alcanzando en ocasiones los 1.000 m. y no superando en otras los 50 m. En cuanto a su edad, LOTZE (op. cit.) las consideró como del Cámbrico superior, con la reserva de no encontrar fauna significativa; esta edad ha sido aceptada tradicionalmente. La posibilidad de incluir el Tremadoc en estos niveles ha sido además admitida por muchos autores, sobre todo a partir de la datación de este piso en la Cordillera Ibérica (ver SCHMITZ 1971); en este sentido, BOUYX (1970, p. 145) ya había considerado como Tremadoc los «schistes rouges» situados entre la cuarcita «armoricana» y los materiales del Precámbrico superior en la región de Alcadia. Esta consideración está basada en la gran similitud existente con la transgresión ordovícica en Bretaña.

Los trabajos que actualmente lleva a cabo uno de los autores (FM) en el Anticlinal de Valdelacasa, han puesto de manifiesto las variaciones de espesor y litología de las «capas intermedias», así como su constancia de afloramiento por encima de una discordancia de naturaleza angular (con un ángulo de discordancia de más de 70° en algunas ocasiones), que las limita del tramo inferior pelítico (Cámbrico inferior y/o Precámbrico superior), tal como había descrito LOTZE (1956) al tratar de las discordancias sárdicas en los Montes de Toledo.

Como puede deducirse de estos datos, el problema de la edad de las series cámbricas y ordovícicas de los Montes de Toledo dista mucho de estar resuelto; este hecho, por una parte, ha dificultado el establecimiento de correlaciones y las divisiones estratigráficas y, en adición, incide plenamente en la datación de la discordancia antes mencionada. Sin embargo, a pesar de la ausencia de cuerpos fósiles, estas series muestran un contenido en icnofósiles relativamente abundante; de éstos, los atribuidos a la actividad de trilobites (*Cruziana* y otros) poseen un valor estratigráfico que ha sido puesto de relieve en publicaciones recientes (SEILACHER, 1970; CRIMES 1970, 1975) y constituyen la única posibilidad de datación y división estratigráfica de este tipo de

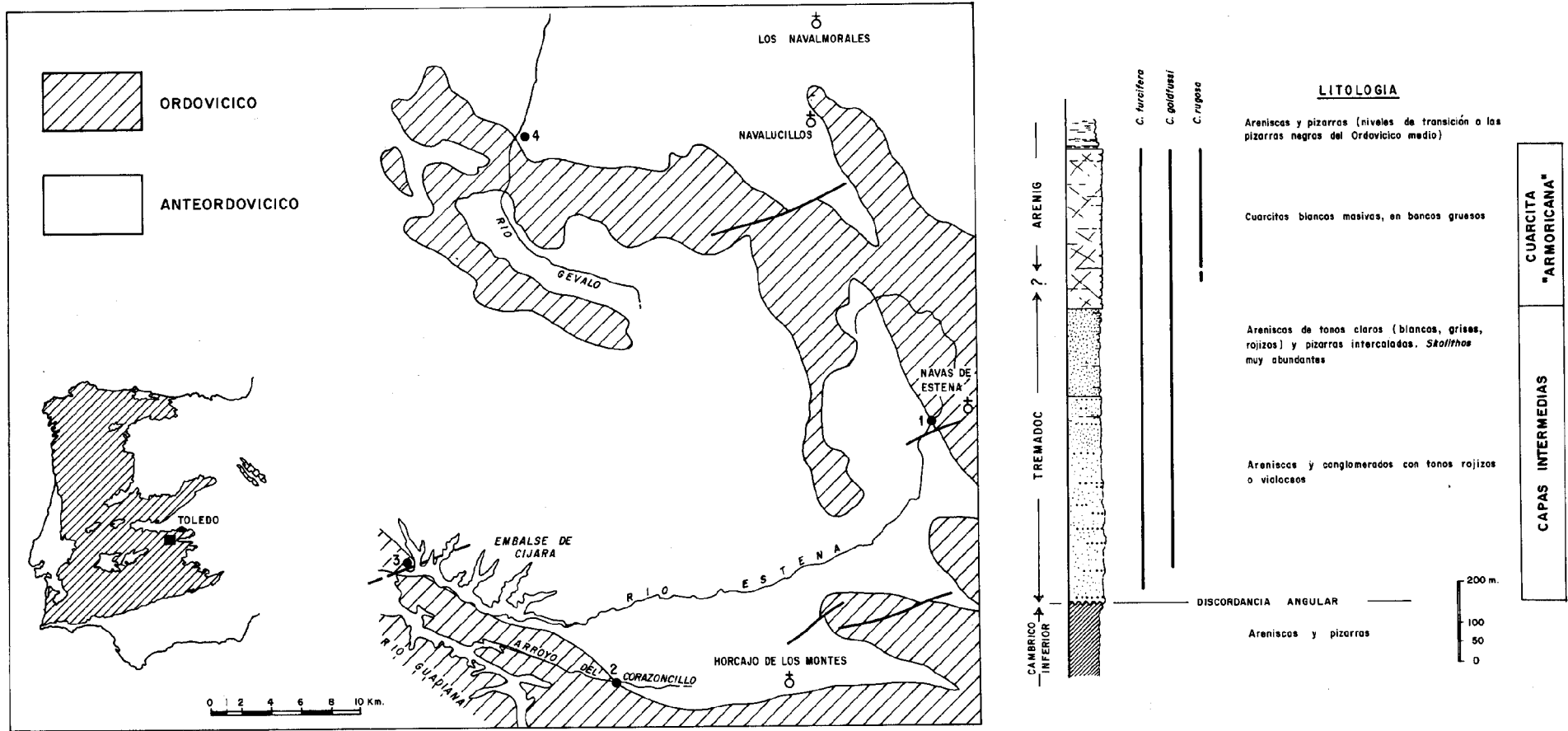


Fig. 1.—Repartición de los terrenos ordovícicos en el área estudiada con la situación de las localidades citadas en el texto y columna estratigráfica esquemática de los materiales del Ordovícico inferior cerca de Navas de Estena (loc. 1), mostrando la distribución de las principales pistas de trilobites y la división estratigráfica propuesta.

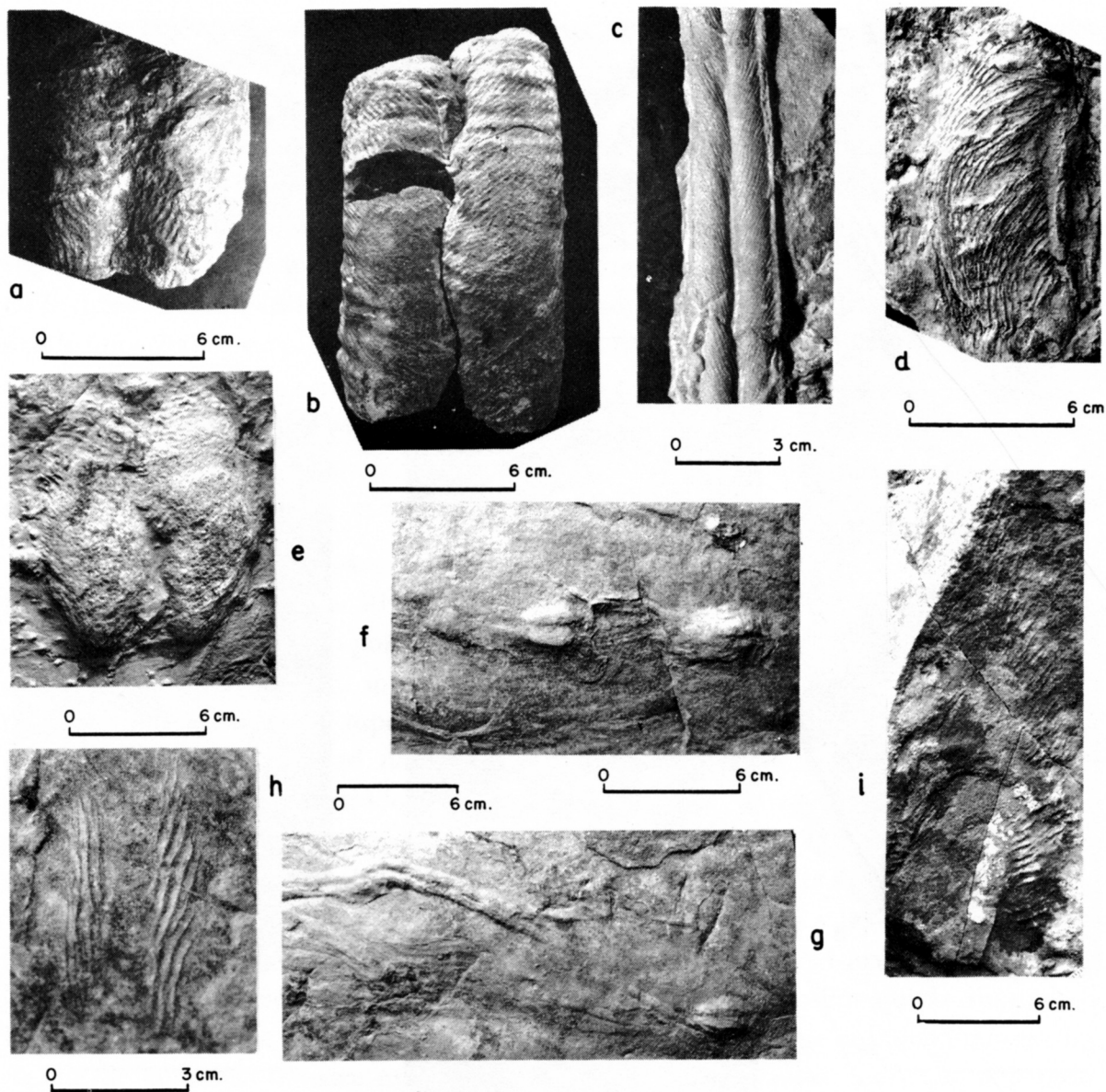


Fig. 2.—Pistas de trilobites en el Ordovícico inferior. Ver fig. 1 para la situación de las localidades. Fotografías e, f, g, h, i, tomadas en el campo. a) *Cruziana furcifera* D'ORBIGNY; cuarcita «armoricana», loc. 1; b) *C. rugosa* D'ORBIGNY cuarcita «armoricana», loc. 3; c) *C. goldfussi* (ROUALT), cuarcita «armoricana», loc. 3; d) *C. furcifera*, cerca de la base de las «capas intermedias», loc. 1; e) *Rusophycus* HALL del «tipo» *C. furcifera*, «capas intermedias» a unos 50 m de la base, loc. 1; f) dos ejemplares de *Rusophycus* en las «capas intermedias», loc. 2; g) *Rusophycus* al final de la pista de reptación, «capas intermedias», mismos niveles que f; h, i) *Diplichnites* DAWSON en las «capas intermedias», loc. 1 (i) y 2 (h).

sucesiones. En este trabajo, se resumen los primeros datos obtenidos sobre estos aspectos a partir del estudio de los icnofósiles en las sucesiones ordovícicas de la terminación suroriental del anticlinal de Valdelacasa; algunos datos fragmentarios sobre icnofósiles localizados en los materiales preordovícicos son también citados. El trabajo de campo ha sido realizado por uno de nosotros (FM); el estudio de los icnofósiles, principalmente llevado a cabo sobre el terreno, ha sido realizado por AM.

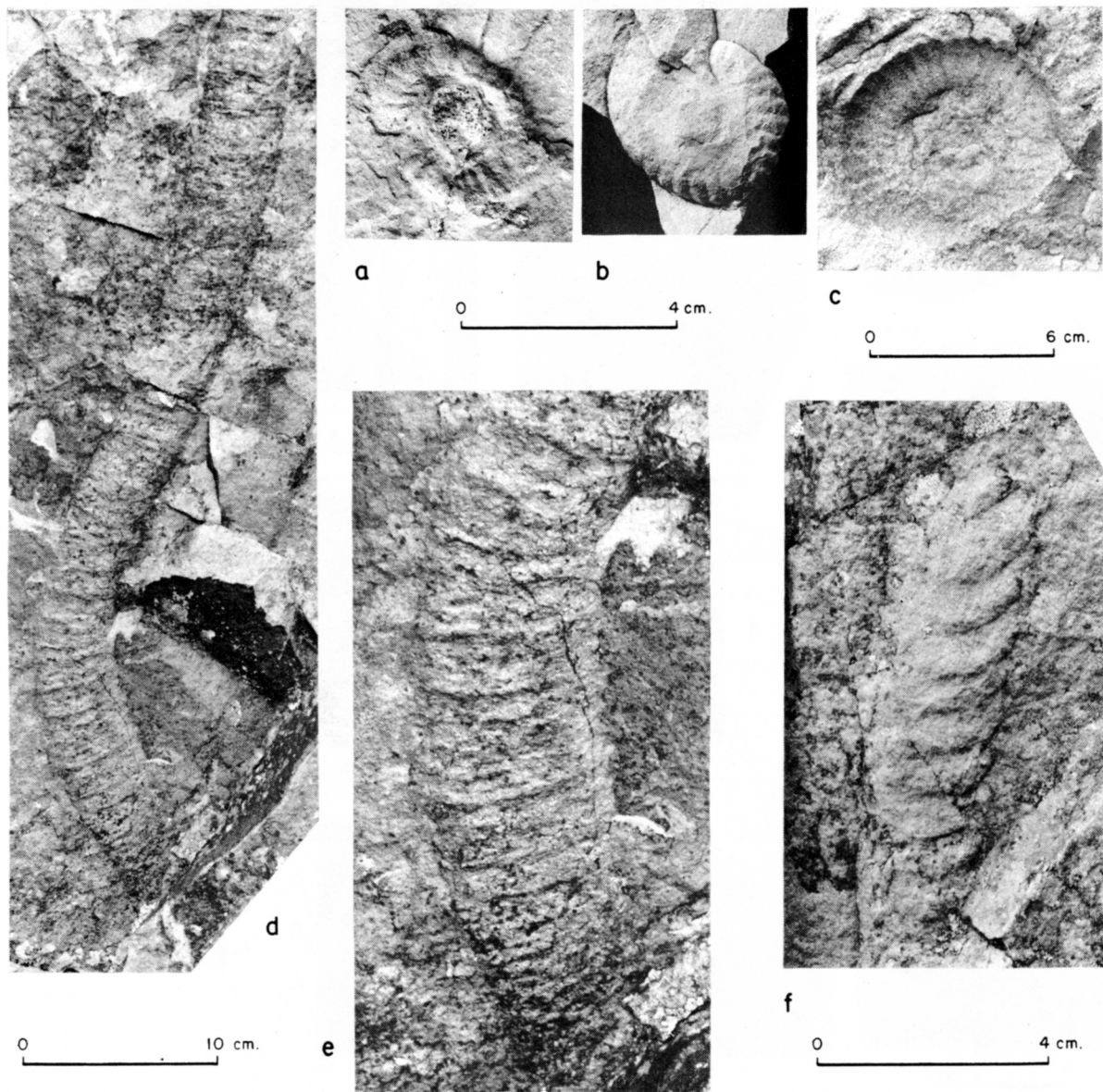


Fig. 3.—Icnofósiles en el Cámbrico inferior. Ver fig. 1 para la situación de las localidades. Fotografías c, d, e, f tomadas en el campo. a, b, c) *Astropolithon* DAWSON; en a y b, la planta circular original de los ejemplares se encuentra modificada como consecuencia de la deformación interna sufrida por la roca; c, relieve negativo en el techo de una capa de arenisca; loc. 1 (c) y 4 (a, b). d, e, f) grandes pistas de reptación (*Scolicia* DE QUATRE-FAGES), en los mismos niveles que c (e, porción aumentada de d).

Características generales de las «capas intermedias» y las cuarcitas «armoricanas»: repartición de los icnofósiles.—Se han examinado tres sucesiones cuya situación dentro de la terminación suroriental del anticlinal de Valdelacasa puede apreciarse en la figura 1. De éstas, la más completa, estudiada recientemente por SAN JOSÉ LANCHA et al. (1974), puede obtenerse a lo largo del río Estena, en las proximidades de Navas de Estena (localidad 1, Fig. 1).

En términos generales, la sucesión (fig. 1) está constituida por casi 1.200 m. de sedimentos clásticos marinos depositados en un medio de aguas someras; diversos

tipos de estructuras sedimentarias inorgánicas (estratificación cruzada, ripple marks, paleocauces y diferentes clases de laminaciones) y orgánicas (*Skolithos*, *Cruziana* y otros), proporcionan suficientes evidencias de este último hecho. A grandes rasgos, parece existir en sentido vertical ascendente una variación en la sedimentación desde condiciones supra-interlitorales a condiciones «offshore-tidal», pero un análisis sedimentológico detallado resta aún por realizar. El paso de los niveles culminantes (cuarcitas «armoricanas») a las condiciones de sedimentación de las pizarras negras del Ordovícico medio («pizarras con *Calymene*») se realiza mediante un tramo transicional de unos 200 m. de pizarras y areniscas alternantes.

Por lo que respecta a la distribución de los icnofósiles, *Skolithos* puede encontrarse en mayor o menor abundancia a lo largo de toda la sucesión, siendo particularmente abundantes en la unidad intermedia (ver fig. 1); la distribución de las principales pistas de trilobites se ha representado así mismo en la fig. 1.

Como puede apreciarse, *Cruziana furcifera* debuta en niveles muy bajos de la formación, tan sólo a unos 30 m por encima de la superficie de discordancia, y muestra una amplia distribución por toda la sucesión, siendo con mucho la especie más abundante. *C. goldfussi* muestra una distribución muy semejante, pero no parece alcanzar niveles tan bajos como la especie anterior. *C. rugosa* comienza a presentarse a partir del comienzo de la unidad de cuarcitas culminantes, siendo en ella relativamente abundante; no se ha registrado nunca su presencia por debajo de esta unidad. Otros icnogéneros atribuidos igualmente a la actividad de trilobites, tales como *Rusophycus* y *Diplichnites*, han sido también localizados cerca de la base de la sucesión.

En las localidades 2 y 3 (fig. 1) las «capas intermedias» y las cuarcitas masivas se encuentran más reducidas que en el corte antes citado. En el arroyo Corazoncillo (loc. 2) esta reducción es muy espectacular, ya que la sucesión queda limitada a 10-15 m de areniscas y pizarras de tonos rojizos o violáceos que culminan con un horizonte de cuarcitas blancas masivas de 10 m de espesor; estas cuarcitas, dan paso, sin términos de transición, a las pizarras negras características del Ordovícico medio. Se han podido localizar varios niveles con pistas situados a unos 5 m por encima de la superficie de discordancia, entre las que se ha podido reconocer *C. furcifera* además de *Rusophycus* y *Diplichnites*. En el embalse de Cíjara (loc. 3) la sucesión es ya más completa, superando los 700 m de espesor total. Desde el punto de vista litológico, esta sucesión muestra características comparables a las del corte del río Estena. En la unidad culminante de cuarcitas masivas se ha podido reconocer la presencia de las tres especies de *Cruziana* del «Grupo Rugosa» (*C. rugosa*, *C. furcifera* y *C. goldfussi*).

Algunas de las pistas de trilobites arriba citadas se encuentran reproducidas en la fig. 2.

Implicaciones de las pistas de trilobites sobre la edad de las «capas intermedias» y la cuarcita «armoricana».—De acuerdo con los datos suministrados por el estudio de las pistas de trilobites en otras regiones, pueden obtenerse conclusiones interesantes en torno a la edad de estos niveles. Así, de acuerdo con CRIMES (1975), pueden adoptarse las siguientes conclusiones con respecto a la distribución de estos icnofósiles en el Cámbrico y Ordovícico inferior (de CRIMES & MARCOS, in litt.):

1) El Arenig se caracteriza por la presencia de *C. rugosa*, *C. furcifera* y *C. goldfussi* y ausencia de *C. semiplicata*.

2) El Tremadoc inferior (Zona de *D. flabelliforme*) contiene *C. semiplicata*, *C. breadstoni* y *tortworthi*.

3) El Cámbrico superior contiene solamente *C. semiplicata*.

En adición, en algunas regiones como el Occidente de Asturias (BALDWIN 1975) y Cordillera Ibérica (SCHEUPLEIN 1970 y SCHMITZ 1971, in CRIMES 1975), dentro de la Zona Asturoccidental-leonesa, existe una mezcla de icnofaunas comprendiendo elementos cámbricos y ordovícicos (cruzianas del «Grupo Rugosa» junto con *C. semiplicata*) que ha sido interpretada como representando el Tremadoc.

El primer hecho importante a destacar en las sucesiones antes citadas es la ausencia de *C. semiplicata*, lo cual implica que el Cámbrico superior no se encuentra representado. Del mismo modo la ausencia de la citada especie y de *C. tortworthi* o *C. breadstoni* excluyen al Tremadoc inferior. Estas conclusiones quedan reforzadas por la presencia de *C. furcifera* y *C. goldfussi* en niveles situados a unas pocas decenas de metros de la base de la sucesión.

En segundo lugar, las únicas especies de *Cruziana* existentes en el corte del río Estena, son las pertenecientes al «Grupo Rugosa»; en estas condiciones, las «capas intermedias» y la cuarcita culminante pueden ser atribuidas sin duda al Ordovícico inferior (Tremadoc y Arenig). La distribución de estas especies ofrece un cierto interés en cuanto a la división icnostratigráfica de estos niveles. Así, si bien *C. furcifera* y *C. goldfussi* se encuentran distribuidas por toda la sucesión, *C. rugosa* queda restringida a los 300 metros culminantes de la misma. Teniendo en cuenta que *C. rugosa* ha sido citada en niveles muy bajos del Arenig (CRIMES 1970) y las conclusiones adoptadas por BALDWIN (1975) para la situación del límite inferior del Arenig en la Serie de los Cabos, puede tentativamente situarse un límite Tremadoc-Arenig dentro de la sucesión de Estena por debajo de los niveles donde coexisten las tres especies del «Grupo Rugosa» (fig. 1). La posición de este límite no es precisa, dado que en la Cordillera Ibérica el límite inferior de edad de *C. rugosa* se extiende probablemente al Tremadoc (SCHEUPLEIN 1970, SCHMITZ 1971).

Iconofósiles en el Cámbrico inferior.—En el corte de Navas de Estena y en el valle del río Gévalo (localidades 1 y 4, fig. 1), los materiales del Ordovícico inferior se apoyan sobre una sucesión detrítica, constituida por una alternancia de cuarcitas, areniscas y pizarras, atribuida generalmente al Cámbrico inferior. Dentro de esta sucesión se han localizado algunos niveles con pistas fósiles clasificables, entre las que destaca por su abundancia *Astropolithon* (más de una decena de ejemplares observados en el campo) (fig. 3). En el valle del río Gévalo *Astropolithon* coexiste con *Skolithos* y pistas de trilobites (*Monomorphicnus* y pequeñas pistas de reptación) en niveles situados a unos pocos metros por debajo de la superficie de discordancia. Otras pistas, atribuibles al icnogénero *Scolicia*, han sido también observadas (fig. 3).

Astropolithon es un icnogénero citado por vez primera por DAWSON (1878) en el Cámbrico inferior de Nova Scotia (Canadá) y que ha sido reportado en diversos niveles dentro de las Areniscas de la Herrería del Cámbrico inferior del NW de España

(LOTZE 1961, FÄRBER & JARITZ 1964, VAN DEN BOSCH 1968, ARBOLEYA 1973); en particular, en la sucesión cámbrica de Barrios de Luna (Zona Cantábrica), *Astropolithon* se encuentra dentro de las «Capas de Barrios», caracterizadas por faunas de *Dolerolenus* del Cámbrico inferior (LOTZE 1961). Su presencia en terrenos de edad diferente al Cámbrico inferior no ha sido hasta el presente registrada.

En conclusión, parece bastante probable la atribución al Cámbrico inferior de los niveles conteniendo *Astropolithon* en los cortes antes citados. Esta conclusión está además apoyada por el hecho de que niveles correlacionables a éstos se sitúan en otras localidades por debajo de una formación carbonatada con faunas del Cámbrico inferior (SAN JOSÉ LANCHETA et al. 1974, MORENO 1974).

Conclusiones.—De acuerdo con los datos anteriormente expuestos, la edad de las «capas intermedias» o «púrpura» de los Montes de Toledo occidentales debe ser considerada como Ordovícico inferior (Tremadoc?); la posibilidad de que estos niveles pertenezcan al Cámbrico superior (s. str.) debe ser excluida.

Dada la continuidad y homogeneidad de los niveles púrpura, es posible obtener conclusiones de índole regional. Así, la datación arriba señalada debe ser extendida a los niveles rojizos que forman el sustrato de las cuarcitas «armóricas» en los Montes de Toledo, Alta Extremadura y Alcuía. En el mismo sentido deben ser consideradas —como niveles equivalentes que alcanzan un mayor desarrollo— las formaciones conglomeráticas del extremo oriental del anticlinal de Alcuía y Despeñaperros (VEGAS 1971).

Además, debe admitirse como «techo» de la discordancia «ibérica» («sárdica») una edad al menos posterior al Tremadoc inferior. En este orden de razonamientos, es preciso reconsiderar la edad de las discordancias angulares «infraordovícicas» descritas en la España central ya que en la mayor parte de los casos deben delimitar el Ordovícico inferior (Tremadoc) de las formaciones de edad Cámbrico inferior o Precámbrico superior.

- ARBOLEYA, M.^a L. (1973).—Nota sobre la icnofauna del Cámbrico de la costa asturiana entre Cudillero y Ballota (NW de España). *Brev. Geol. Ast.*, Año XVII, n.º 3, pp. 37-42, Oviedo.
- BALDWIN, C. T. (1975).—The stratigraphy of the Cabos Series in the section between Cadavedo and Luarca, Province of Oviedo, Northwest Spain. *Brev. Geol. Ast.*, Año XIX, n.º 1, pp. 11-16, Oviedo.
- BOSCH, W. J. Van den (1969).—Geology of the Luna-Sil region, Cantabrian Mountains (NW Spain). *Leidse Geol. Meded.*, vol. 44, pp. 137-225, Leiden.
- BOUYX, E. (1970).—Contribution à l'étude des Formations Ante-Ordoviciennes de la Meseta Meridionale (Ciudad Real et Badajoz). *Mem. Inst. Geol. Min. España*, t. 73, 263 pp., Madrid.
- CRIMES, T. P. (1970).—The significance of trace fossils in sedimentology, stratigraphy and palaeoecology with examples from Lower Palaeozoic strata. In CRIMES, T. P. & HARPER, J. C. (Eds.): Trace fossils. *Geol. J. Spec. Issue*, n.º 3, pp. 101-126. Liverpool.
- (1975).—Trilobite traces from the Lower Tremadoc of Tortworth. *Geol. Mag.*, vol. 112, pp. 33-46.
- CRIMES, T. P. & MARCOS, A. (in litt.).—Trilobite traces and the age of the lowest part of the Ordovician reference section for NW Spain. *Geol. Mag.*
- DAWSON, J. W. (1878).—Suplemento a la 2.^a edición de Acadian Geology: In *Acadian Geology*, 3.^a edic., 102 pp., Macmillan & Co. London.
- FÄRBER, A. & JARITZ, W. (1964).—Die geologie des westasturischen kuestengebietes zwischen San Esteban de Pravia und Ribadeo (NW-Spanien). *Geol. Jb.*, vol. 81, pp. 679-738. Hannover.

- LOTZE, F. (1956).—Über sardische Bewegungen in Spanien und ihre Beziehungen zur assyntischen Faltung. *Geotekt. Symp. zu Ehren von H. Stille*, pp. 129-139.
- LOTZE, F. (1961).—Das Kambrium Spaniens. *Akad. Wiss. Lit. Mainz., Abh. Math. Naturw. Kl.*, año 1961, n.º 6, pp. 283-498.
- MORENO, F. (1974).—Las formaciones anteordovícicas del anticlinal de Valdelacasa. *Bol. Geol. Min.*, t. 85, n.º 4, pp. 10-14, Madrid.
- SAN JOSÉ LANCHÁ, M. A. de, PELÁEZ PRUNEDA, J. R., VILAS MINONDO, L. & HERRANZ ARAUJO, P. (1974).—Las series ordovícicas y preordovícicas del sector central de los Montes de Toledo. *Bol. Geol. Min.*, t. 85, n.º 1, pp. 21-31. Madrid.
- SCHEUPLEIN, R. (1970).—Stratigraphie und Tektonik der Schichtenfolge im Raume Daroca/Calamocha (Westliche Iberische Ketten, NE-Spanien). Tesis Doct. Univ. Würzburg.
- SCHMITZ, U. (1971).—Stratigraphie und sedimentologie im Kambrium und Tremadoc der Westlichen Iberischen Ketten nördlich Ateca (Zaragoza), NE-Spanien. *Münster. Forsch. Geol. Paläont.*, vol. 22, pp. 1-123.
- SEILACHER, A. (1970).—A *Cruziana* stratigraphy of non-fossiliferous Palaeozoic sandstones. In CRIMES, T. P. & HARPER, J. C. (Eds.): Trace fossils. *Geol. J. Spec. Issue* 3252 e3 tt5éé7-476. Liverpool.
- VEGAS, R. (1971).—Precisiones sobre el Cámbrico del Centro y Sur de España. El problema de la existencia de Cámbrico en el valle de Alcudia y en las Sierras del N. de la Provincia de Cáceres (Extremadura Española). *Estud. Geol.* t. 27, pp. 419-425. Madrid.