

*La cuenca Jurásica del Tarim suroccidental,
provincia de Xinjiang
(República Popular de China).
Relación con el Tethys nororiental
y evolución durante el ciclo himalayense*

*The Jurassic basin in the south-west of Tarim,
Xinjiang (China).
Himalayan cycle evolution and comparisson
with the north-east of the Tethys*

Joseph CANEROT* y Guosheng QU**

RESUMEN

El Jurásico de la Provincia de Xinjiang, en China occidental, está conservado por una parte en el Norte, en diferentes cuencas continentales y por otra en el Sur, en la cadena de Pamir-Kunlun occidental, donde se desarrolló una amplia plataforma marina somera. Dentro del primer dominio, la cuenca de Kashgar revela un potente relleno detrítico abarcando facies de conos de piedemonte, de ríos anastomosados y meandriformes, de llanuras de inundación y de deltas lacustres. Contiene escasas intercalaciones de rocas volcánicas y de calizas lacustres. Los materiales vienen del Noroeste y se desplazan hacia el Sureste. En la zona marina meridional, sólo el Jurásico superior ha sido estudiado. Se trata de facies de plataforma somera con capas de margas, arcillas, areniscas y calizas biogénicas, de alta energía, indicando ambientes de llanuras mareales. La cuenca de Kashgar corresponde a una fosa continental compleja NW-SE de tipo «pull-apart», relacionada con un movimiento jurásico probable de transtensión con desgarre derecho a lo largo de las zonas laterales de fallas NE-SW del Tianshan y del Altun Tagh. La plataforma

* Laboratoire de Stratigraphie séquentielle et Micropaléontologie, URA (CNRS) 1405, Université Paul Sabatier, 39, Allées Jules Guesde, 31062 Toulouse, France.

** State Seismological Bureau, Institute of Geology, Qijiahuizi, P.O. Box 634, 1000029 Beijing, People's Republic of China.

marina del Karakorum queda incluida dentro del margen pasivo norte del Tethys oriental. Han podido existir comunicaciones periódicas entre ambas áreas sedimentarias por encima de los paleo-altos intermedios más o menos erosionados de Pamir y Kunlun occidental. Durante el Mesozoico y el Cenozoico, la fosa jurásica rellena fue convertida sucesivamente en una zona de derramamientos continentales (Cretácico inferior), de plataforma marina somera muy extensa (Cretácico superior), de cuenca de antepais poco plegada (Paleógeno-Neógeno inferior) y finalmente de cuenca flexural muy subsidente (Neógeno superior y Cuaternario).

Palabras clave: Jurásico, Cuenca continental, Kashgar, Xinjiang, China.

RÉSUMÉ

Le Jurassique de la Province du Xinjiang, en Chine occidentale, est conservé d'une part au Nord, en différents bassins continentaux et d'autre part au Sud, dans le Pamir et le Kunlun occidental où se développa une vaste plate-forme marine peu profonde. Au sein du premier domaine, le bassin de Kashgar révèle un puissant remplissage détritique englobant des faciès de cônes de piedmont, de réseaux fluviatiles en tresse ou méandriiformes, de plaines d'inondation et de deltas lacustres. Il admet de rares intercalations de roches volcaniques et de calcaires lacustres. Les matériaux viennent du Nord Ouest et se déplacent vers le Sud Est. Dans la zone marine méridionale, seul le Jurassique supérieur a été étudié. Il montre des faciès de plate-forme peu profonde comportant des couches de marnes, d'argiles, de grès et de calcaires biogènes, de haute énergie, évoquant des environnements de replats de marée. Le bassin de Kashgar correspond à un fossé continental complexe NW-SE, de type «pull-apart», créé au Jurassique par un mouvement probable de transtension en relation avec des décrochements dextres le long des zones de failles latérales NE-SW du Tianshan et de l'Altun Tagh. La plate-forme marine du Karakorum est alors comprise dans la marge passive nord de la Tethys orientale. Ces deux domaines marin et continental ont vraisemblablement pu se trouver épisodiquement en connexion à travers les zones hautes intermédiaires plus ou moins érodées du Pamir et du Kunlun occidental. Au cours du Mésozoïque et du Cénozoïque, le fossé jurassique comblé fut progressivement remplacé par une zone d'épandages continentaux (Crétacé inférieur), une plate-forme marine très extensive et peu profonde (Crétacé Supérieur), un bassin d'avant-pays peu plissé (Paléogène - Néogène inférieur) et finalement par un bassin flexural très fortement subsident (Néogène supérieur et Quaternaire).

Mots clés: Jurassique, Bassin continental, Kashgar, Xinjiang, Chine.

ABSTRACT

In the Xingiang Province (Western China), the Jurassic sediments are conserved in different northern continental basins the same as in the Southern huge shallow marine platform of Western Kunlun and Pamir. Within the first continental domain, the Kashgar Basin shows a thick terrigenous complex involving alluvial fan, fluvial (braided, meandering, flood plain) and lacustrine delta environments with interbedded limestones and volcanics. Deposits generally flow from NW to SE. In the southern area, the only Upper Jurassic has been studied. The observed facies involving marls, sandstones and biogenic limestones indicate shallow marine and mainly tidal flat conditions. The Kashgar Basin corresponded to a NW-SE complex, continental, pull-apart type trough, created during the Jurassic period through dextral wrench faulting along the lateral NE-SW Tienshan and Altung Tagh fault zones. At the same time, the Karakorum marine platform was involved in the passive margin of the eastern Tethys. Both marine and continental realms seem to have been temporally connected through the intermediate Pamir and western Kunkun eroded Highs. During the Mesozoic and Cenozoic periods, the filled up jurassic trough moved progressively to a continental spreading area (Lower Cretaceous), followed by a huge shallow marine carbonate platform (Upper Cretaceous), a foreland basin (Paleogene - lower Neogene) and finally a flexural strongly subsiding basin (Upper Neogene - Quaternary).

Key words: Jurassic, Continental Basin, Kashgar, Xinjiang, China.

1. INTRODUCCIÓN

Situada en la parte noroccidental de la República Popular de China, la provincia de Xinjiang o Provincia Autónoma Uygur presenta extensos afloramientos de Jurásico en dos áreas distintas (figura 1):

- las cuencas septentrionales de Junggar, Turfan, Tarim NE y Tarim SW;
- la zona montañosa meridional del Karakorum.

La serie sedimentaria, cuyo espesor puede superar los 2000 metros, está generalmente plegada y fallada. Esta serie es continental en el Norte y marina en el Sur.

Los afloramientos jurásicos son conocidos desde hace muchos años por los geólogos mineros por sus ricos yacimientos de carbón aún explotados a cielo abierto, especialmente en los bordes de las cuencas continentales (Yang *et al.*, 1986). Recientemente, éstos han sido también activamente estudiados por los geólogos petroleros. Las capas carbonosas han sido, en efecto, transformadas en

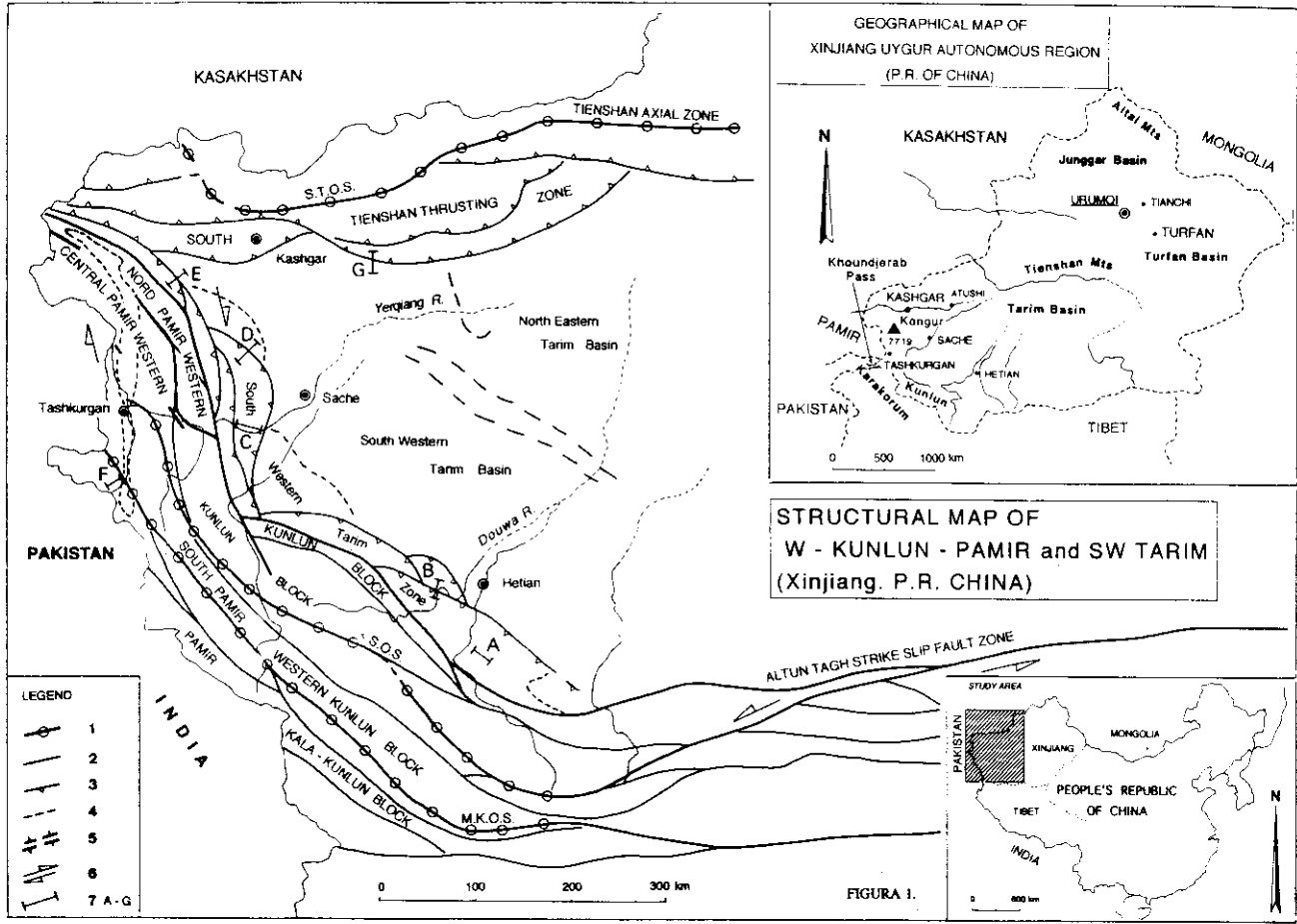


FIGURA 1.

hidrocarburos durante las fases de estructuración de estas cuencas subsidentes. De esta forma, el Tarim corresponde a una de las zonas más prometedoras de China para los próximos años (Hendrix, 1992).

Durante el mes de Julio de 1996, los autores tuvieron la oportunidad de visitar varios cortes del Mesozoico y del Terciario de las cuencas de Junggar, de Turfan, del Tarim SW y del Karakorum con el objeto de recabar datos sedimentológicos y estructurales a fin de proponer un esquema lo más detallado posible de la evolución geodinámica regional durante los ciclos yanshaniense (Jurásico-Cretácico) e himalayense (Terciario-Cuaternario).

El presente trabajo está enfocado al estudio del Jurásico de la cuenca continental del Tarim SW o «Cuenca de Tashgar» y sus relaciones con el Jurásico marino del Karakorum. También se presentan algunos aspectos de la evolución geodinámica regional post-jurásica para proponer una visión de conjunto del margen norte del Tethys oriental en la provincia de Xinjiang durante estos dos ciclos post-hercínicos.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

La actual cuenca compleja del Tarim SW (500-1000 m de altura) se sitúa entre las cadenas montañosas de Tianshan (5-6000 m) y de Kunlun-Pamir (7-8000 m) que la rodean y cabalgan respectivamente al Norte y Sur (figura 1).

El cabalgamiento norte presenta un amplio desarrollo con dirección E-W en la zona de Kashgar, donde el Paleozoico (Ordovícico, Silúrico, Devónico y Carbonífero) se superpone directamente (corte G de la figura 1) y mecánicamente al Terciario (Paleógeno y Neógeno). El Mesozoico queda completamente ausente por erosión o no depósito a lo largo del Alto de Kelpin (figuras 1 y 7).

El cabalgamiento sur muestra un arco con convexidad norte a lo largo de las escamas del Tarim SW (Hetian y Sashe). Más al Sur aparecen las unidades estructurales de Tarim Norte - Kunlun Oeste, de Pamir Central - Kunlun Oeste, de Pamir Sur - Kunlun Oeste y de Karakorum (Kala - Kunlun), separadas por las dos grandes zonas de sutura de Kudi - Subashi (K.S.O.S.) y de Maza - Kangxiwa (M.K.O.S.).

FIG. 1.—*Mapa geográfico y estructural de la región estudiada.*

FIG. 1.—*Carte géographique et structurale de la région étudiée.*

FIG. 1.—*Geographic and structural map of the study area.*

1. Zonas de sutura (KSOS: sutura paleozoica de Kudi-Subashi; MKSOS: sutura triásica de Maza-Kangxiwa); 2. Límite de las grandes unidades estructurales; 3. Cabalgamientos; 4. Límites supuestos de unidades estructurales; 5. Alto del Tarim central o de Kelpin; 6. Fallas de desgarre con sentido; 7. Cortes realizados: A. Mina Buya; B. Rio Duwa; C. Rio Yerqiang; D. Rio Yigeziya; E. Carretera del Karakorum; F. Rio Kalaqigu; G. Kashgar-Atoshi. No se ha encontrado en la literatura ninguna descripción de los cortes B, C y D, muy alejados de toda vía de comunicación y por ello inéditos. El Jurásico está ausente por falla en el corte C y por no depósito en el corte G.

Todas estas estructuras están relacionadas genéticamente con el movimiento de subducción de India bajo Eurasia a lo largo del conjunto montañoso Himalaya - Tibet (Matte *et al.*, 1996). Su organización y su geometría reflejan, además, el desarrollo de una gran falla de desgarre dextro, NW-SE (rampa lateral), que en el Sur de la provincia de Xinjiang, acompaña el cabalgamiento de Pamir - Kunlun sobre el Tarim (Qu *et al.*, 1996).

El Jurásico continental ha sido estudiado en cuatro cortes (Mina Buya, Rio Duwa, Rio Yigeziya y Carretera del Karakorum) localizados a lo largo de las escamas de Hetian y de Sashe. El Jurásico marino de la Zona del Karakorum se encontró en el corte de Kalaqigu, cerca del Collado de Kunjirap (Khoundjerab), entre China y Pakistan (figura 1).

3 CUENCA CONTINENTAL DE KASHGAR

El Jurásico del Tarim suroccidental recubre a la formación triásica continental de Huoxia, compuesta de conglomerados pardos, areniscas, calizas y capas de carbón. Ha sido dividido en cinco formaciones litológicas (Fm) sucesivas (Li Yong'an, Cao Yundong & Sun Dongjiang, 1996; Zhou Zhiyi & W.T. Dean, 1996), cuyo espesor presenta variaciones muy amplias a lo largo de la región:

- la Fm Shalitax (326-1314m), compuesta de areniscas, conglomerados y calizas con intercalaciones de rocas volcánicas;
- la Fm Kangsu (142-1500m) compuesta por areniscas y calizas con capas de carbón;
- la Fm Yangye (160-1030m) constituida por calizas oscuras, areniscas finas y margas;
- la Fm Targar (80-533m) formada por un conglomerado seguido de calizas y areniscas;
- y la Fm Kuzgongsu (400m) donde aparecen conglomerados pardos, rojos o verdes, areniscas rojas y calizas arenosas de color gris.

Este conjunto está seguido por areniscas y arcillas cretácicas de color rojo ladrillo.

La edad de la serie jurásica no se ha podido precisar por la escasez de restos de plantas y de moluscos en las capas carbonosas de origen lacustre. Por comparación con el conjunto carbonoso de las cuencas del Tarim nororiental, del Turfan y del Junggar (Hendrix *et al.*, 1995), las cuatro primeras formaciones han sido atribuidas al Jurásico Inferior y Medio y la última al Jurásico Superior (Li Yong'an, Cao Yundong & Sun Dongjiang, 1996).

Durante nuestra investigación en campo, no se ha encontrado ningún fósil determinable. Relacionamos el Jurásico con el conjunto oscuro, carbonoso, localizado entre un Pérmico marino detrítico o carbonatado (el Triásico no está representado) y el Cretácico detrítico, continental, de color rojo ladrillo.

De Noroeste a Sureste (figura 1) se caracterizan tres sectores por facies, asociaciones de facies, espesores y paleoambientes específicos.

3.1. CARRETERA DEL KARAKORUM (E, figura 1)

El Jurásico aflora a lo largo de la carretera que conduce desde Kashgar hasta el Collado de Kunjirap, en la entrada de la garganta, a un centenar de kilómetros al noreste de la ciudad de Tashkurgan, cerca de la antigua cementera de Oyttag. Este está incluido dentro de un conjunto plegado que abarca de Suroeste a Noreste desde el Paleozoico hasta el Cuaternario y cabalga el relleno cenozoico de la cuenca de Kashgar.

La serie, inversa, cuyo buzamiento general es de 45 grados hacia el Suroeste, presenta un espesor alrededor de 1600 metros. Los contactos entre las rocas volcánicas del Pérmico en la base (Suroeste) y las areniscas rojo ladrillo del Cretácico Inferior en el techo (Noreste), son mecánicos. Muchas fallas interrumpen la continuidad del corte (figuras 2 y 3).

Se han definido cuatro secuencias. La primera (J1, 4-500 m) incluye conglomerados gruesos de color gris oscuro con cantos rodados de paleozoico (calizas y cuarcitas, llegando a 30 cm. de diámetro), seguidos de areniscas con intercalaciones de rocas graníticas (ignimbritas?) y de margas intercaladas con capas de carbón. La segunda (J2, 5-600 m) presenta conglomerados con cantos exclusivamente cuarzosos, centimétricos, areniscas oscuras con base erosiva (paleocanales), estratificación cruzada y capas de carbón (antigua explotación). La tercera (J3, 3-400 m) está compuesta de conglomerados de color gris o morado (cantos de cuarzo, calizas y rocas volcánicas de 5 a 10 cm), de areniscas pardas, canalizadas, intercaladas con rocas volcánicas oscuras y de arcillas y margas carbonosas con escasos bancos de calizas. La última secuencia (J4, 150 metros visibles) de color pardo típico, muestra únicamente conglomerados (cantos esféricos de calizas, cuarzo y areniscas de 2 a 20 cm de diámetro) seguidos de areniscas con estratificación cruzada (indicando una dirección de aporte de Sur a Norte). Una falla interrumpe la continuidad dentro de la unidad y marca un paso brusco al Cretácico Inferior. Así, las formaciones descritas por autores anteriores no han podido ser caracterizadas.

Las facies indican un ambiente fluvial, desde la parte media o baja de abanicos de piedemonte (conglomerados) hasta un borde de lago (margas con capas de carbón), pasando por barras de canales (areniscas gruesas) y de meandros (areniscas más finas) y finalmente por llanuras de inundación (arcillas) y borde de lago (margas y calizas carbonosas).

Las cuatro secuencias pueden ser interpretadas como unidades tecto-sedimentarias cuya evolución cronológica indicaría un alejamiento por pulsaciones sucesivas del área fuente meridional (disminución del tamaño de los cantos), de Noreste a Suroeste. Los materiales volcánicos intercalados podrían estar relacionados con fases de distensión durante este período jurásico.

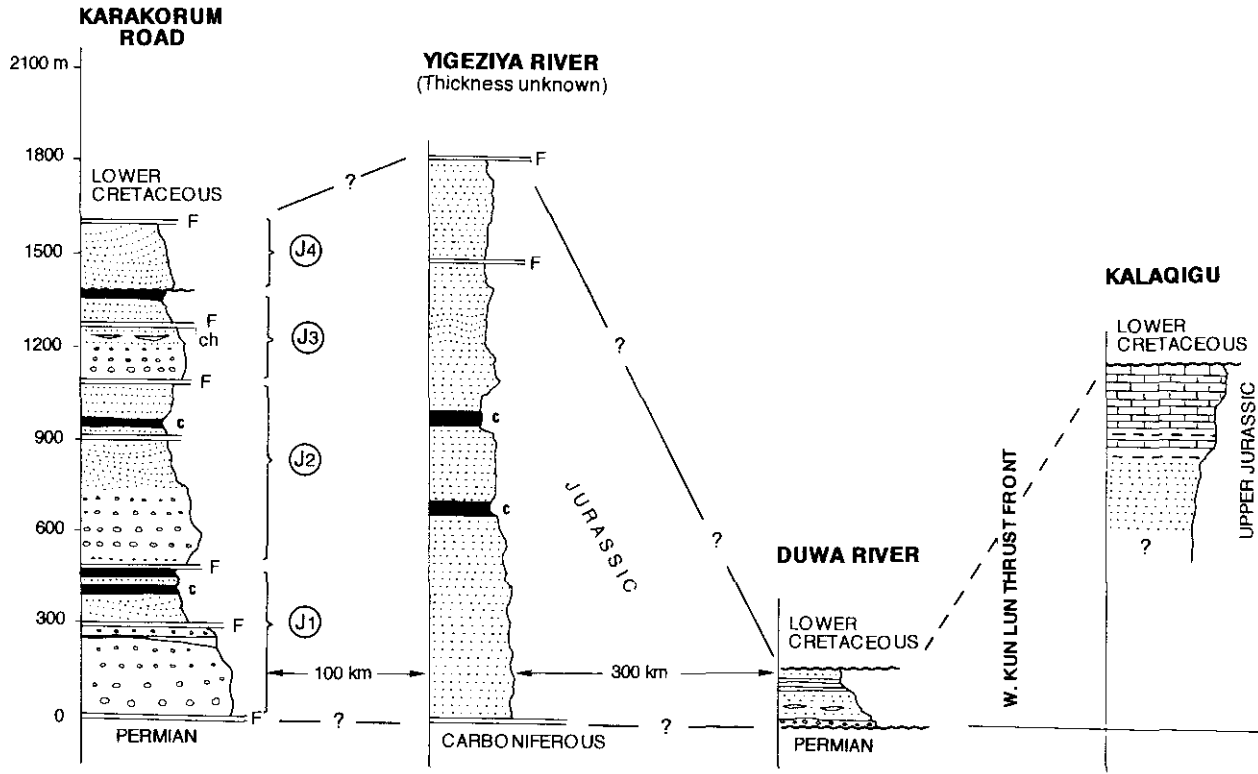


FIG. 2.—Intento de correlación en el Jurásico continental de la cuenca de Kashgar y el Jurásico marino del Karakorum más meridional.

FIG. 2.—Essai de corrélations dans le Jurassique continental du bassin de Kashgar et le Jurassique marin du Karakorum, plus méridional.

FIG. 2.—Tentative correlation of the continental Jurassic in the Kashgar Basin and the marine Jurassic in the southern Karakorum area.

Leyenda detallada en el texto. J1 - J4: secuencias tecto-sedimentarias; c: carbón; ch: canales; F: fallas. No se ha respetado la escala horizontal. Además, un desgarre muy importante (*West Kunlun Thrust Front*) separa los cortes del río Duwa y de Kalaqigu.

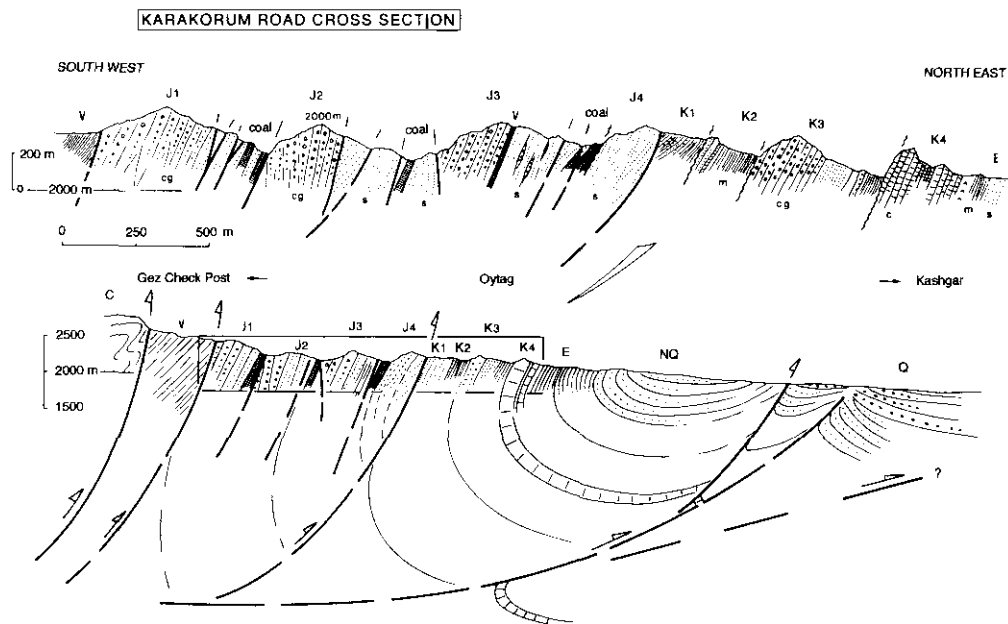


FIG. 3.—Corte de la carretera del Karakorum. (E, figura 1).

FIG. 3.—Coupe de la route du Karakorum (E, figure 1).

FIG. 3.—Cross section along the Karakorum highway (E, figure 1).

C. Carbonífero; J1, J2, J3, J4. Secuencias tecto-sedimentarias del Jurásico; K1, K2, K3. Secuencias tecto-sedimentarias del Cretácico Inferior; K4. Cretácico Superior; E. Paleógeno y Neógeno inferior; NQ. Neógeno superior y Cuaternario antiguo; Q. Cuaternario reciente; c. Calizas y dolomías; cg. Conglomerados; m. Margas, arcillas y yesos; s. Areniscas; V. Rocas volcánicas oscuras (basaltos); v. Rocas graníticas.

Arriba: corte del borde norte de la carretera.—La serie jurásica, muy potente, queda incompleta por fallas. Aparecen bien las cuatro secuencias tecto-sedimentarias (conglomerados - areniscas - arcillas carbonosas) indicando, de base a techo, bajo una clara disminución de la energía de transporte, un alejamiento del área fuente de los materiales detríticos.

Abajo: interpretación estructural.—El Jurásico está integrado en el flanco inverso de un amplio sinclinal volcado hacia el NE bajo el empuje del bloque paleozoico de Gez Chest Post. Se supone una superficie de despegue (rampa) en la cobertera más profunda con amortización frontal en el Cuaternario.

3.2. RIO YIGEZIYA (D, figura 1)

La escama tectónica situada al Oeste de la ciudad de Sashe queda compuesta de terrenos paleozoicos, mesozoicos y cenozoicos cabalgando el Cuaternario de la cubeta del río Yerqiang. El Jurásico aflora en buenas condiciones en la parte noroccidental de la unidad, a lo largo del valle del río Yigeziya.

La serie, cuyo espesor (desconocido) supera los 1800 metros (figura 2), es incompleta y cabalga al Neógeno y al Cuaternario antiguo hacia el Noreste por medio de una escama anticlinal de calizas y dolomías oscuras del Carbonífero (figura 4), utilizadas para fabricar cemento. Más al Suroeste, el Jurásico está a su vez cabalgado por las potentes masas carbonatadas del Carbonífero que se encuentran cerca de un antiguo pantano destruido por las crecidas del río

La orilla meridional muestra una sucesión de areniscas de color gris y de arcillas oscuras, afectadas por pliegues inversos o volcados. En la parte noroccidental del corte se observan en detalle secuencias de 10 a 50 centímetros de espesor, asociando areniscas gruesas con fragmentos de madera, estratificación oblicua paralela y base canalizada, areniscas finas con estratificación plana paralela y arcillas siltsas. Potentes intercalaciones de arcillas carbonosas resaltan la estructura del conjunto. Más al Suroeste, a la altura de la presa del pantano, se desarrolla una potente sucesión de secuencias decimétricas, entre éstas, turbiditas formadas por areniscas granocrecientes, areniscas con estratificación plana paralela, areniscas finas, onduladas y arcillas gruesas con estratificación paralela.

El conjunto jurásico del río Yigeziya indica un depósito subacuático sobre una pendiente de baja inclinación, bastante alejado del área fuente y con alta tasa de sedimentación. Este ha sido interpretado como *un frente de abanico deltaico lacustre, progradante hacia el Sureste.*

3.3. RIO DUWA (B, figura 1).

A 50 kilómetros al Suroeste de la ciudad de Hetian se encuentra el barranco del río Duwa que corta bajo excelentes condiciones de afloramiento toda la serie mesozoica del borde sur de la cuenca continental de Kashgar.

El Jurásico se apoya estratigráficamente sobre los carbonatos marinos someros del Pérmico por medio de un conglomerado basal discontinuo (figuras 2 y 5), el cual está cubierto por areniscas finas de color beige o rojo, con estratificación oblicua curva, atribuidas sin datos paleontológicos al Cretácico Inferior. El conglomerado incluye cantos rodados centimétricos de cuarzo blanco provenientes probablemente del zócalo paleozoico. Le sigue un conjunto de 150 metros de arcillas arenosas de color rojo ladrillo en la base, gris en la parte media y más oscuro (presencia de materia orgánica) en la parte alta. La serie arcillosa invertida presenta algunas intercalaciones (de menos de 1 metro de espesor y de 10 a 20 metros de continuidad) de areniscas finas con límite inferior convexo (paleocanales) y límite superior plano.

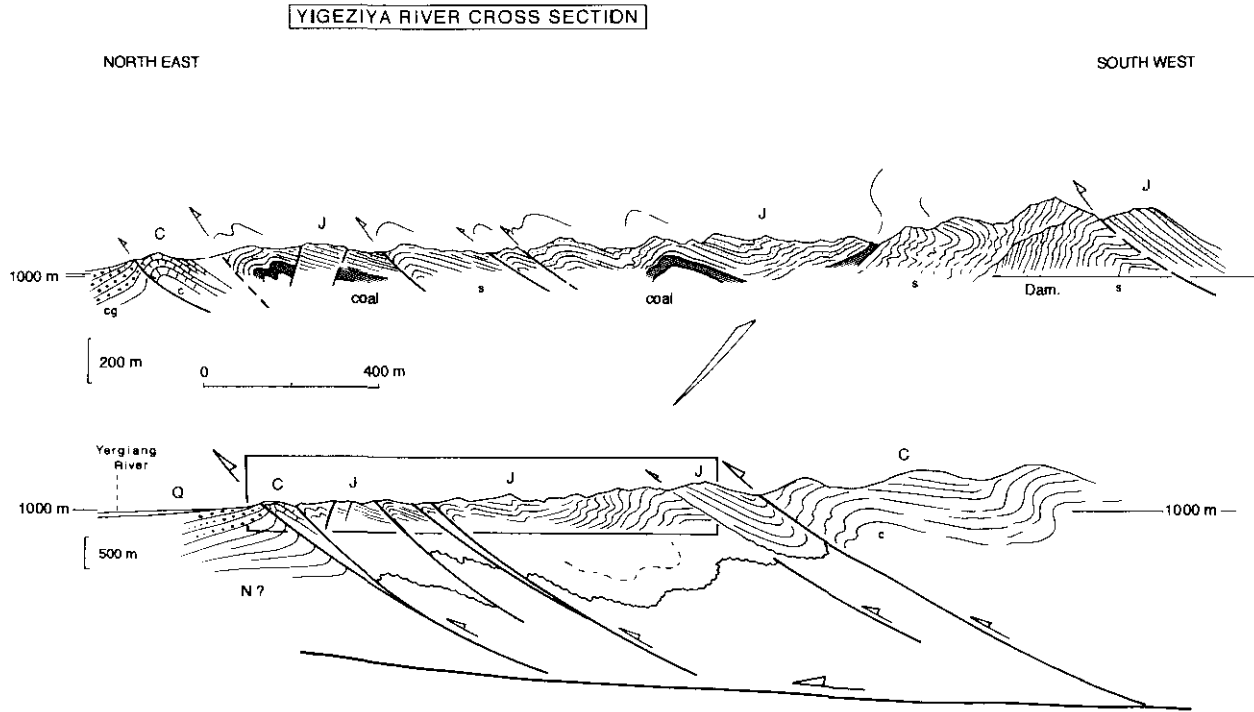


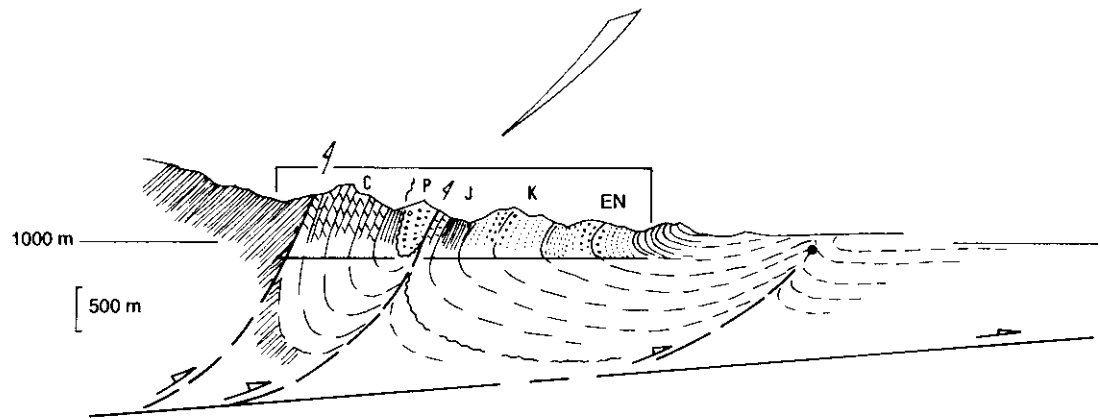
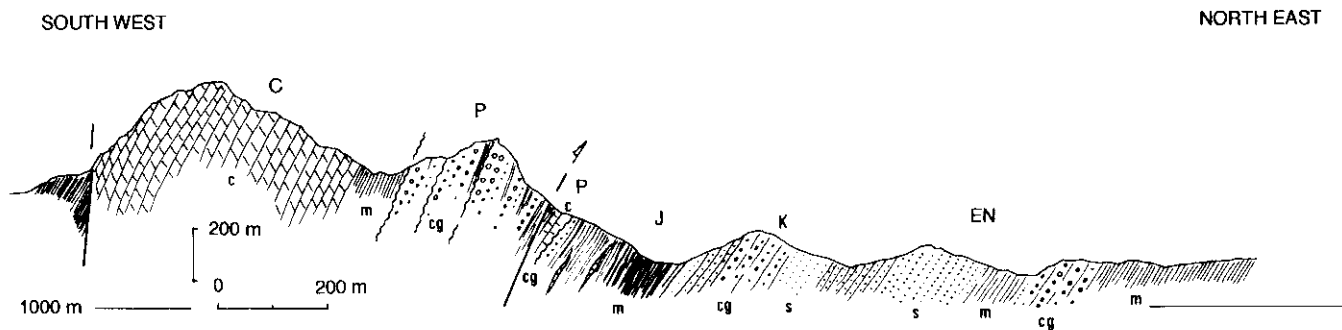
FIG. 4.—Corte del Río Yigeziya. (D, figura 1).

FIG. 4.—Coupe de la rivière Yigeziya (D, figure 1).

FIG. 4.—Cross section along the Yigeziya river (D, figure 1).

C. Devónico y Carbonífero; J. Jurásico; N. Neógeno; Q. Cuaternario; c. Calizas; cg. Conglomerados; s. Areniscas y arcillas; Dam. Antiguo pantano.
 Arriba: corte del pantano (dam).—El espesor del Jurásico con facies de areniscas y arcillas deltaicas es desconocido. Sus pliegues numerosos y apretados indicarían un despegue general profundo (rampa frontal). La compresión sigue desarrollándose.
 Abajo: interpretación estructural.—Las fallas inversas y cabalgamientos se unen a una superficie de despegue profunda (rampa en el Fanerozoico y Precámbrico?).

DUWA RIVER CROSS SECTION



Las areniscas indicarían el desarrollo de lóbulos turbidíticos distales, de baja energía. Los materiales muy finos y la tasa de sedimentación muy baja hacen pensar en una fuente muy alejada. Estos sedimentos jurásicos corresponderían a la parte distal de un abanico deltaico (prodelta) lacustre.

El corte más meridional de Mina Buya (A, figura 1) presenta, bajo malas condiciones de afloramiento (deslizamientos de ladera), una serie jurásica más potente, más rica en areniscas con estratificación cruzada y capas de carbón, que está siendo activamente explotado. Esta serie ha sido considerada como más cercana a un frente deltaico lacustre.

4. PLATAFORMA MARINA DEL KARAKORUM

El corte de Kalaqigu, situado a unos sesenta kilómetros al Sur de Tashkurgan (altura superior a los 4500 metros), en el borde septentrional del valle que sube desde esta ciudad hasta el Collado de Kunjirap (Kala-Kunlun Block, corte F, figura 1) presenta un Jurásico totalmente diferente del Jurásico del Tarim suroccidental (Gaetani *et al.*, 1990). Sólo el Malm superior ha sido estudiado (figuras 2 y 6).

Este corte presenta unos 400 metros de areniscas y margas ricas en restos carbonosos, seguidas de calizas bioclásticas (lamelibranquios y gasterópodos) localmente organizadas en secuencias de rellenos de canal, de orden métrico. El buzamiento es de 25 a 30 grados hacia el Suroeste. Los foraminíferos encontrados en la parte alta del conjunto (*Alveosepta jaccardi* junto con *Pseudocyclammina lituus*) indican una facies tethysiana típica y una edad kimmeridgiense para estas calizas.

Las capas carbonatadas están cubiertas por areniscas canalizadas y arcillas continentales de color rojo ladrillo del Cretácico inferior. El contacto entre el Jurásico y el Cretácico ha sido recientemente interpretado como estratigráfico (Li Yong'an, Cao Yundong & Sun Dongjiang, 1996) presentando el último sistema una estructura sinclinal y una discordancia angular con el anterior en sus dos flancos. En realidad, la serie cretácica corresponde a una escama mo-

FIG. 5.—Corte del Río Duwa (B, figura 1).

FIG. 5.—Coupe de la rivière Duwa (B, figure 1).

FIG. 5.—Cross section along the Duwa river (B, figure 1).

C. Carbonífero cabalgado al Suroeste por el Precámbrico esquistoso; P. Pérmico; J. Jurásico; K. Cretácico; EN. Paleógeno y Neógeno inferior; c. Calizas y dolomías; cg. Conglomerados; m. Arcillas; s. Areniscas. *Arriba: corte detallado.*—Se nota el escaso espesor del Jurásico bajo facies de arcillas deltaicas distales, sus contactos estratigráficos con el Pérmico a la izquierda y con el Cretácico inferior a la derecha, lo mismo que la presencia de un nivel conglomerático basal y unas intercalaciones de areniscas (lóbulos prodeltaicos).

Abajo: interpretación estructural.—El Jurásico se integra en el flanco inverso de un amplio sinclinal volcado hacia el NE. En el SW, El Pérmico (conglomerados y calizas) y el Carbonífero (calizas y dolomías) están cabalgados por una potente serie esquistosa precámbrica (a la izquierda). Se supone la presencia de una superficie de despegue (rampa frontal) cuya profundidad es desconocida.

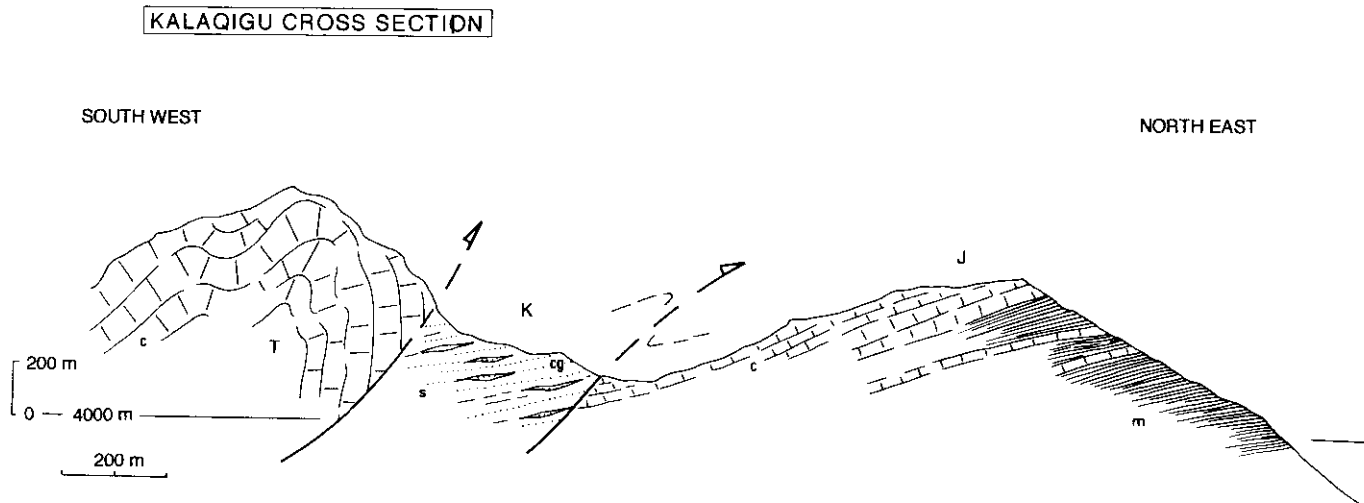


FIG. 6.—Corte de Kalaqigu. (F, figura 1).

FIG. 6.—Coupe de Kalaqigu (F, figure 1).

FIG. 6.—Cross section of the Kalakigu area (F, figure 1).

T. Triásico; J. Jurásico; K. Cretácico Inferior; c. Calizas; m. Margas y arcillas; s. Areniscas.

El Jurásico Superior marino está tectónicamente cubierto por el Cretácico Inferior continental. Más hacia la izquierda, el Triásico marino y muy potente cabalga sobre este Cretácico continental.

noclinal pellizcada entre el Jurásico al Noreste y el Triásico (potente masa de calizas marinas) al Suroeste (figura 6).

Los paleoambientes jurásicos observados son de *plataforma marina somera* con influencia del oleaje sobre una llanura muy extensa.

5. PALEOGEOGRAFÍA.

Las facies del Jurásico continental, norte, indican claramente el desarrollo de un conjunto sedimentario incluyendo tres zonas paleoambientales distintas:

— *Medios fluviales al Noroeste*, ilustrados por el corte de la carretera del Karakorum (E, figura 1). Están representados por conos coalescentes de piedemonte (conglomerados), barras de ríos anastomosados y meandriiformes, arcillas de llanura de inundación y por fin margas con capas de carbón y escasos bancos calcareos de borde de lago.

— *Medios de orla lacustre en el centro del área de estudio*, representados por el corte del río Yigeziya (D, figura 1) donde se desarrolla un potente aparato deltaico. El alto número de secuencias de areniscas y arcillas carbonosas, su grano fino, su débil espesor, y la sorprendente monotonía de la serie, lo mismo que la ausencia de importantes rellenos de paleocanales, indican una sedimentación de frente de abanico subacuático subsidente, bastante alejado de la llanura deltaica. Este paleoambiente queda confirmado por la presencia de algunos depósitos de origen turbidítico.

— *Medios de fondo de lago o de parte distal de abanico deltaico en el Sureste*, atravesados por el corte del río Duwa (B, figura 1). Son arcillas y margas carbonosas, muy homogéneas, con escasos rellenos arenosos interpretados como lóbulos prodeltaicos. La reducción de espesor de la serie y el pequeño tamaño de los materiales terrígenos atestiguan el alejamiento del área fuente de los mismos. El desarrollo de bancos arenosos más gruesos en el afloramiento de Mina Buya (A, figura 1) confirma la presencia de un cuerpo deltaico secundario, más oriental.

Estas zonas pueden ser incluidas dentro del relleno de una cuenca continental o cuenca de Kashgar, «abierta» hacia el Sureste donde aparece la depresión de Hetian (figura 7). Las escasas estructuras sedimentarias (paleocanales, estratificaciones oblicuas) indican un aporte desde el Oeste o Noroeste. Así, el área fuente de los materiales corresponde a los altos occidentales de la «paleocadena» del Kunlun occidental y del Pamir. El estudio de los afloramientos situados al Oeste de la ciudad de Kashgar (Bureau of Geological and Mineral Resources, 1977) permitiría precisar la extensión occidental de la cuenca. En todo caso, la compresión himalayense ha aproximado considerablemente (probablemente más de 100 km) las zonas estructurales hoy situadas a lo largo de estos altos, cuya extensión original sigue siendo totalmente desconocida.

En el corte de la carretera del Karakorum, la evolución vertical de las facies, caracterizada por el paso de conglomerados gruesos con cantos de la cobertera paleozoica (Carbonífero y Pérmico) cercana, en la base, a conglomerados más finos, con pequeños cantos de cuarzo procedentes de zonas más elevadas y de la cima (figuras 2 y 3), indica un alejamiento del área fuente de Noreste a Suroeste. La sucesión de facies jurásicas dentro de los cortes de los ríos Yigeziya y Duwa con paso de capas arenosas dominantes en la parte baja a capas arcillosas dominantes en el techo, confirma esta interpretación.

El Jurásico de la zona marina meridional del Karakorum, representado por el corte de Kalaqigu, revela unas facies de plataforma somera con polaridad sedimentaria hacia el Sur y el Tethys (Yang Zunyi *et al.*, 1986; Wang Hongzhen *et al.*, 1996). Así los materiales detríticos (cuarzo, fragmentos vegetales) encontrados en la parte alta de la serie procederían del Norte y de los mismos altos de Kunlun occidental y del Pamir, progresivamente erosionados durante este período. Tenemos aquí el borde del margen pasivo norte del Tethys oriental (Li Chunyu *et al.*, 1982).

Las relaciones entre la cuenca continental norte de Kashgar y el margen meridional del Karakorum no pueden actualmente ser precisadas debido a la tectónica compresiva himalayense. Sin embargo se sospechan comunicaciones directas por lo menos episódicas por encima de la antigua cadena del Kunlun-Pamir, casi totalmente erosionada al final del Jurásico.

Por su origen fluvial o lacustre y su riqueza en restos vegetales, los depósitos jurásicos de la zona de estudio sugieren un clima húmedo con lluvias monzónicas. Condiciones análogas han sido descritas en las cuencas vecinas de Tarim norte, de Junggar y de Turfan (Hendrix *et al.*, 1995).

6. EVOLUCIÓN GEODINÁMICA

El Jurásico del Tarim suroccidental está incluido dentro del ciclo yanshensiense que abarca el Mesozoico post-triásico y precede al ciclo himalayense o cenozoico (Yang Zunyi *et al.*, 1986).

Por este período de tectónica discontinua, la cuenca formada en la región de Kashgar ha sido interpretada como cuenca de fracturación (*down-faulting stage*, de Yang Zunyi *et al.*, 1986) o como cuenca de antepaís (*foreland basin* de Lee, 1985, Huang *et al.*, 1991, Allen *et al.*, 1993, Hendrix *et al.*, 1995) relacionada con una fase de compresión y plegamiento particularmente bien marcada en la cadena montañosa más septentrional de Tianshan.

Nuestras observaciones nos conducen a reconocer una cuenca muy subsidiada de tipo «graben» o «fosa continental», orientada en dirección NW-SE y localizada entre los altos del Paleo-Kunlun y de Kelpin que la rodean, respectivamente, en el Suroeste y el Noreste. Su apertura en forma de cuenca de «pull-apart» se interpreta por medio del juego sinsedimentario de las dos grandes zonas de fallas de desgarre dextral SW-NE de Tianshan al Noroeste y de Altun Tagh al Sureste (figura 7).

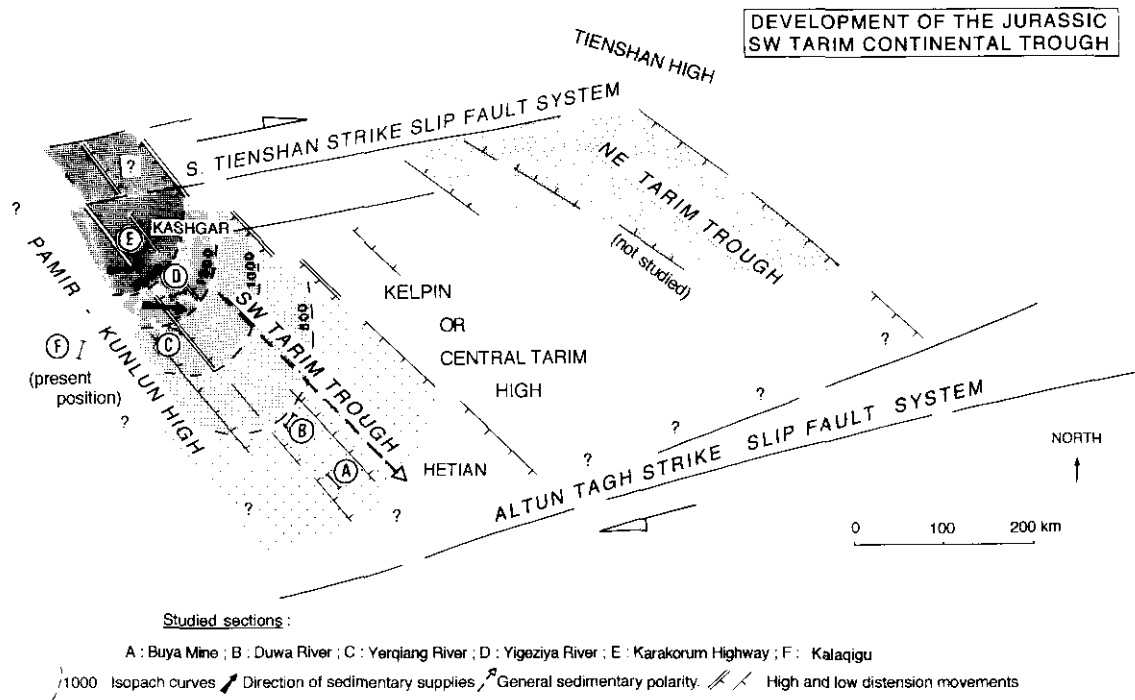


FIG. 7.—La fosa continental jurásica del Tarim suroccidental o de Kashgar.

FIG. 7.—Le fossé continental jurassique du Tarim sud-occidental ou fossé de Kashgar.

FIG. 7.—The continental Jurassic trough of SW Tarim or Kashgar trough.

Se puede ver la localización de las fallas normales NW-SE limitando los diferentes bloques, el desarrollo del relleno detrítico de la cuenca, más grueso y potente en el Noroeste y más fino y delgado en el Sureste y finalmente el juego de desgarre dextral a lo largo de las zonas de fallas laterales del Tianshan y del Altun Tagh. La cuenca de «pull-apart» está limitada al Noreste por el Alto de Kelpin donde el Terciario se superpone directamente sobre el Paleozoico. Más al Noreste aparece la cuenca del Tarim nororiental (no estudiada en este trabajo) donde el Jurásico presenta de nuevo un importante desarrollo. La importancia de la compresión himalayense (Neógeno) en la zona del Alto de Pamir y Kunlun no permite indicar el límite suroeste de la cuenca de Ta-

Los datos disponibles de subsuelo indican una disminución gradual de espesor hacia el alto del Tarim central (Qu, 1995; Jia *et al.*, 1997). Así, el relleno de la fosa presenta una sección muy disimétrica con grandes espesores de materiales gruesos en las partes meridional y occidental y potencias menores de materiales finos, más carbonosos, en las partes septentrional y oriental (figura 8-1). Las fallas normales que permiten el hundimiento del sustrato pre-jurásico están orientadas de Noroeste a Sureste, paralelas y sintéticas.

Al final del Jurásico, la fosa es rellenada por los sedimentos fluviales y lacustres. *El Cretácico Inferior* (figura 8-2) *está representado por derramamientos delgados sobre pendientes débiles o llanuras continentales*, de sedimentos fluviales y eólicos de color rojo, indicando un cambio climático hacia condiciones de menor pluviosidad. Este cambio de facies anuncia *la amplia transgresión marina del Cenomaniense-Turonense* (figura 8-3). Hasta el principio del Terciario, toda la parte suroccidental del Tarim queda cubierta por una plataforma carbonatada con rudistas y foraminíferos bentónicos caracterizando ambientes muy someros. Los sedimentos marinos no sobrepasan los 100 metros, indicando una tasa de sedimentación muy reducida y la ausencia de movimientos tectónicos notables.

Durante el Terciario, todos estos sedimentos mesozoicos están afectados por *la compresión himalayense que convertirá el antiguo graben en una cuenca típica de antepaís*, con juego inverso de las fallas normales anteriores. El estadio precoz del Paleógeno y Neógeno inferior (cuenca de antepaís s.s.) marcado por el depósito de materiales terrígenos finos (figura 8-4) quedará seguido por *la etapa de sedimentación muy activa y muy gruesa* (cuenca flexural) *del Neógeno superior y Cuaternario* (figura 8-5).

La cuenca continental de Kashgar y la plataforma marina somera del Karakorum presentan así un buen ejemplo de evolución jurásica bajo distensión o

FIG. 8.—*Diferentes etapas de la evolución geodinámica de la cuenca de Kashgar.*

FIG. 8.—*Etapas successives de l'évolution géodynamique du bassin de Kashgar.*

FIG. 8.—*Successive steps in the geodynamic evolution of the Kashgar basin.*

1. Jurásico: Cuenca continental de tipo graben o fosa; 2. Cretácico Inferior: Derramamientos continentales; 3. Cretácico Superior: Plataforma marina somera; 4. Paleógeno-Neógeno Inferior: Cuenca de antepaís; 5. Neógeno Superior: Cuenca flexural; CP. Carbonífero y Pérmico; J. Jurásico; K1. Cretácico Inferior; K2. Cretácico Superior; EN. Paleógeno y Neógeno Inferior; NQ. Neógeno y Cuaternario; c. Calizas y dolomías; cg. Conglomerados; m. Margas y arcillas; s. Areniscas.

Se puede ver:

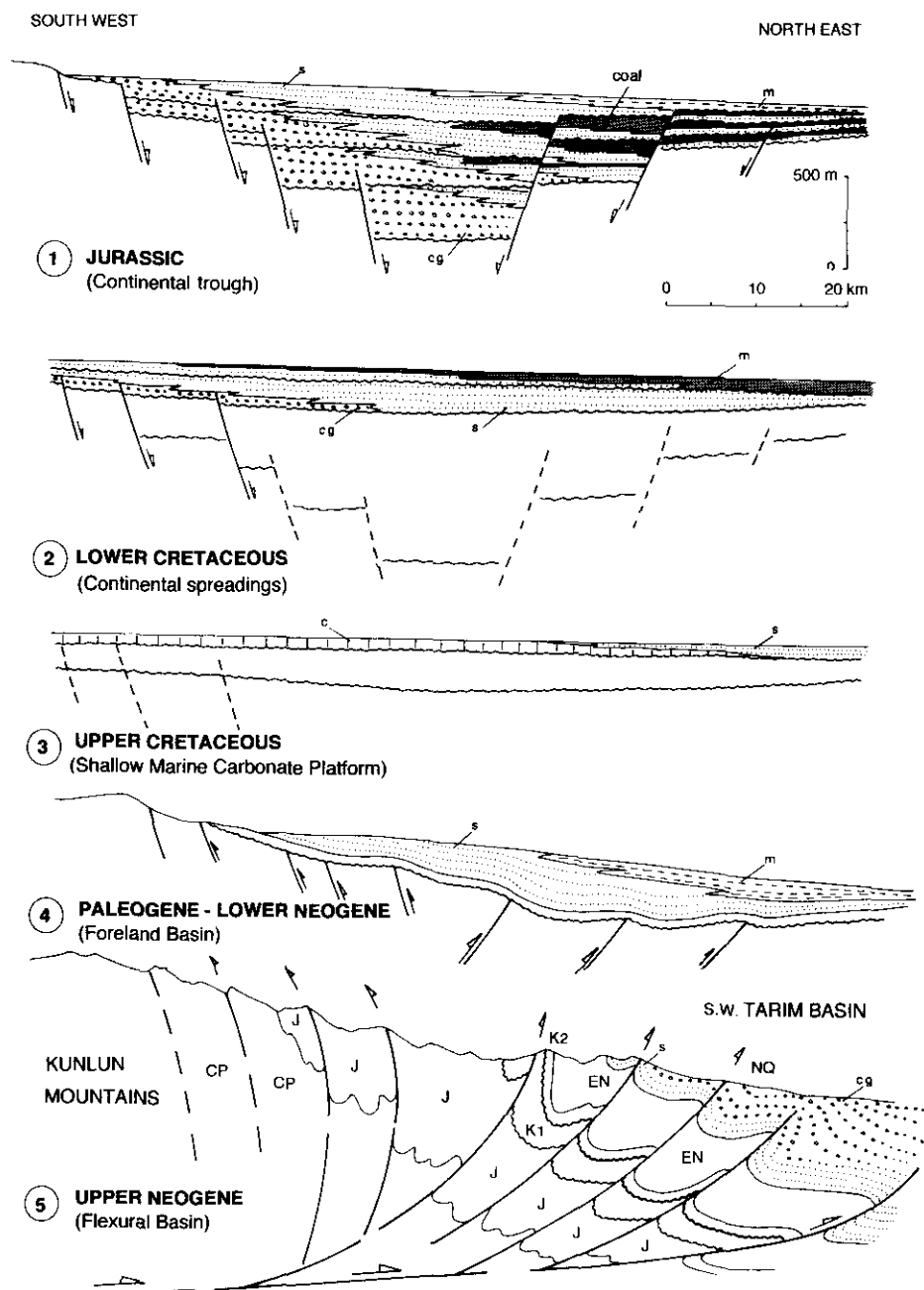
— la disminución progresiva de la influencia tectónica en distensión (transtensión) durante el Mesozoico (ciclo yanshaniense);

— el aumento gradual de la tectónica compresiva (transpresiva) durante el Cenozoico (ciclo himalayense);

— la inversión estructural con fallas normales convertidas en fallas inversas y cabalgamientos;

— el desarrollo supuesto de una superficie de despegue (rampa frontal) dentro de la cobertera sedimentaria, durante el período de compresión himalayense. Esta rampa incluye probablemente varios niveles dentro del relleno Precámbrico y Fanerozoico.

La interpretación propuesta supone una erosión muy importante del Jurásico depositado en el borde norte del Alto de Kunlun y Pamir.



transtensión en el margen norte, pasivo, del Tethys oriental. Se nota también, como en otras partes del dominio tethysiano (Debelmas & Mascle, 1991), la influencia (herencia geológica) de la organización paleogeográfica mesozoica sobre la estructuración posterior, bajo régimen compresivo o transpresivo. Así, las fallas normales se convierten en fallas inversas o cabalgamientos, indicando una clara *inversión estructural*. Pero el gran desplazamiento himalayense hacia el Norte, probablemente a lo largo de una rampa frontal profunda en el Sur y más superficial en el Norte, induce la sobreelevación y la erosión progresiva del relleno mesozoico. Todas las interpretaciones tendrán que tener en cuenta esta irremediable evolución y sus consecuencias estructurales, pero también paleogeográficas y geodinámicas.

Los cortes inéditos realizados en las cuencas continentales más septentrionales e independientes de Turfan y del Junggar presentan una evolución geodinámica mesozoica y cenozoica muy semejante a la evolución de la cuenca de Kashgar. Este resultado conduce a interpretar esta evolución a la escala de las paleoplasas incluídas dentro del proceso de transtensión y de transpresión : placas del Tibet, del Tarim, del Junggar y de los Altai (Li Yong'an *et al.*, 1996).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los Profesores M. Colchen, R. Enay y J.P. Bassoulet por su ayuda para mejorar el manuscrito primitivo. Muchas gracias también a P. Eichene por la realización de las figuras y al Profesor G. Meléndez, por su amable invitación a presentar este trabajo en el Congreso de Alcañiz sobre el Jurásico de Iberia y de las zonas peritethysianas.

REFERENCIAS

- ALLEN, M. B.; WINDLEY, B. F.; ZHANG, Ch. & GUO, J. (1993): «Evolution of the Turfan basin, Chinese Central Asia». *Tectonics*, 12, 4, 889-896.
- BUREAU OF GEOLOGICAL AND MINERAL RESOURCES, Xinjiang Uygur Autonomous Region (1977): *Geological maps of Xinjiang*, block 45, four sheets, 1: 500.000, BGXP, Urumqi, Xinjiang.
- DEBELMAS, J. & MASCLE, G. (1991): *Les Grandes Structures Géologiques*. Enseignement des Sciences de la Terre. Masson ed. Paris, Milan, Barcelone, Bonn: 299 pp.
- GAETANI, M. *et al.* (1990): «The North Karakorum side of the Central Asia geopuzzle». *Geological Society of America Bull.*, 102, 54-62.
- HENDRIX, M. S. (1992): *Sedimentary basin analysis and petroleum potential of Mesozoic strata, northwest China*: Ph. D. thesis, Stanford University, Stanford, California, 565 pp.
- HENDRIX, M. S.; BRASSELL, C.; CARROLL, A. R. & GRAHAM, S. A. (1995): «Sedimentology, Organic Geochemistry and Petroleum Potential of Jurassic Coal Measures: Tarim, Junggar and Turpan Basins, Northwest China». *AAPG Bulletin*, 79, n.º 7, 929-959.
- HUANG, D.; ZHANG, D.; LI, J. & HUANG, X. (1991): «Hydrocarbon genesis of Jurassic coal measures in the Turpan basin, China» *Organic Geochemistry*, v. 17, 827-837.

- JIA , Ch. & COLL. Div. (1997): «Tectonic characteristics and Petroleum, Tarim Basin, China». *Petroleum Industry Press*, Beijing, 295 pp.
- LEE, K.Y. (1985): «Geology of the Tarim Basin with special emphasis on petroleum deposits, Xinjiang Uigur Zhihiqu, NW China». *U. S. Geol. Surv.*, Open File Rep. OF 85-0616, 1-55.
- LI YONG'AN, Cao Yundong & SUN DONGJIANG (1996): «Structural Geology along the Sino-Pakistan Highway in the Western Kunlun Mountains of China». *30th International Geological Congress*, Beijing. Field Trip Guide T113/T363. Geological Publishing House, Beijing: 21 pp.
- MATTE, Ph.; TAPPONNIER, P.; ARNAUD, N.; BOURJOT, L.; AVOUAC, J. P.; VIDAL, Ph.; LIU, Q.; PAN, Y. & WANG, Y. (1996): «Tectonics of Western Tibet, between the Tarim and the Indus». *Earth and Planetary Science Letters*, 142, 311-330.
- QU, G. (1995): *Géologie de la Chine*. Publ. Université Paul Sabatier, Toulouse: 37 pp.
- QU, G.; CANEROT, J.; ZONGQI, W. & MIN, Z. (1996): «Arc Tectonics in orogenic belts». *Scientia Geologica Sinica*. 31, 4, 313-326.
- WANG, H. & RESEARCH GROUP (1996): «A Brief Explanation on the Serial Maps of World Reconstruction of Paleocontinents. SSLC Project Group, 8. Exhibition Center». *30th International Geological Congress*, Beijing: 14 pp.
- YANG, Z.; CHENG, Y. & WANG, H. (1986): *The Geology of China*. Clarendon Press, Oxford: 303 pp.
- ZHYI, Z. & DEAN, W. T. (1996): *Phanerozoic Geology of Northwest China*. Solid Earth Sciences Research in China. Science Press, Beijing. 316 pp.

Manuscrito recibido : 20 de Septiembre de 1997

Manuscrito aceptado : 10 de Septiembre de 1998