

Formación Pozo Nuevo: una nueva secuencia litoestratigráfica de plataforma del Ordovícico Temprano de la región central de Sonora, México

Emilio Almazán-Vázquez^{1,*}, Blanca E. Buitrón-Sánchez² y Oscar Franco-Vega¹

¹ Departamento de Geología, Universidad de Sonora,

Bvld. Luis Encinas y Rosales, 83000 Hermosillo, Sonora, México.

² Departamento de Paleontología, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México,

Cd. Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 México, D. F., México

almazan@geologia.uson.mx

RESUMEN

El estudio de secuencias paleozoicas en el noroeste de México permite interpretar la distribución paleogeográfica y los ambientes sedimentarios ocurridos en la margen suroccidental del cratón de Norteamérica. En los alrededores de la Ciudad de Hermosillo, Sonora, afloran rocas del Ordovícico Temprano (490–470 Ma). La unidad a sido denominada Formación Pozo Nuevo y está constituida por catorce miembros, que en conjunto forman un espesor de 2,490 metros, caracterizados litológicamente por una predominancia de caliza con pedernal, que alterna con capas subordinadas arcillo-calcáreas y de arenisca cuarzosa. Los estratos carbonatados contienen trilobites silicificados (*Ectenonotus* sp., *Trigonocerca* sp., *Perissopliomera* sp., *Kainella* sp. y agnóstidos), gasterópodos (*Maclurites* sp. y *Lecanospira* sp.), braquiópodos (*Orthidiella* sp., *Aporthophyla* sp., *Hesperonomia* sp. y *Anomalorthis* sp.), nautiloideos (*Coreanoceras* sp., *Phragmosiphon* sp. y *Protocycloceras* sp.), briozoarios, crinoides, e icnofósiles del género *Skolithos*. Los géneros *Trigonocerca*, *Perissopliomera* y *Kainella* se reportan por primera vez para el Ordovícico de México. El rango estratigráfico de los fósiles identificados corresponde al Ordovícico Temprano y las rocas que los contienen formaron parte del margen del cratón de Norteamérica durante el Paleozoico. Las estructuras sedimentarias primarias, aunadas a la diversidad de fauna, son indicativas de ambientes someros de plataforma.

Palabras clave: Formación Pozo Nuevo, invertebrados, Ordovícico, Sonora, México.

ABSTRACT

The study of paleozoic sequences in northwestern Mexico allows to interpret the paleogeographic distribution and sedimentary environments from the southwestern margin of the North American craton. Near of the city of Hermosillo, in central Sonora, an Early Ordovician sedimentary succession crops out. This succession has been named Pozo Nuevo Formation and is characterized by fourteen members having a total thickness of 2,490 m. The main lithology includes cherty limestone, alternating with minor calcareous shale and quartz sandstone. The carbonate strata contain silicified trilobites (*Ectenonotus* sp., *Trigonocerca* sp., *Perissopliomera* sp., *Kainella* sp., and agnostids); brachiopods (*Orthidiella* sp., *Aporthophyla* sp., *Hesperonomia* sp., and *Anomalorthis* sp.); nautiloids (*Coreanoceras* sp., *Phragmosiphon* sp., and *Protocycloceras* sp.); bryozoans; crinoids; and ichnofossils assignable to the genus *Skolithos*. The genera *Trigonocerca*, *Perissopliomera*, and *Kainella* are reported for the first time in Ordovician rocks of Mexico. The stratigraphic range of the fossils corresponds to the Early Ordovician (490–470 My) and the rocks that contain the fauna were deposited in a shelf setting at the southwestern margin of the North American craton. The primary sedimentary structures and the fauna diversity are indicative of inner and shallow shelf sedimentary environments.

Key words: Pozo Nuevo Formation, invertebrates, Ordovician, Sonora, Mexico.

INTRODUCCIÓN

La presencia de rocas del Proterozoico y Paleozoico en el Estado de Sonora permite constatar que esta región formó parte del cratón de Norteamérica. Las secuencias de rocas formadas durante el periodo Ordovícico (490–443 Ma) han sido estudiadas en siete localidades en Sonora (Figura 1). Estos estudios, iniciados en 1980, han sido importantes para conocer las características estratigráficas, litológicas y de contenido faunístico de las secuencias ordovícicas; sin embargo los datos aportados no han permitido proponer un modelo aceptable sobre las condiciones paleogeográficas y cronoestratigráficas de las secuencias.

Existen escasas publicaciones sobre el Ordovícico de Sonora. Entre ellas Peiffer-Rangin *et al.* (1980), en el área La Casita–Los Chinos (Figura 1) de la región central de Sonora, reportaron una litología consistente en pedernal negro y rojo oscuro, con argilita y conteniendo radiolarios, además de caliza arrecifal con corales mal conservados como *Streptelasma* sp., *Palaeophyllum* sp. y *Calapoecia* sp. En el Cerro Cobachi, los mismos autores señalan que la secuencia está formada por pedernal y argilita, cubiertos por estratos de arenisca de cuarzo, capas de baritina con moldes de braquiópodos pentaméridos y ortáceos, así como estratos arcillosos con graptolitos de los géneros *Climacograptus*, *Orthograptus* y *Dicranograptus*. En la misma área del Cerro Cobachi, Noll (1981) nominaron como “Grupo Guayacán” (Figura 1) a una secuencia ordovícica de 250 m de espesor

compuesta de arenisca masiva que gradúa a lutita calcárea y carbonosa con graptolitos, arenisca calcárea, caliza y bandas de pedernal. Montes-Pesqueira y Campillo-Corrales (1983), en su tesis sobre el área del Cerro Cobachi (Figura 1), establecen que el espesor del grupo es de 290 m y que las capas de lutita contienen graptolitos como *Dicranograptus* sp., *Orthograptus* sp. y *Climacograptus* sp. del Ordovícico Tardío.

Posteriormente Stewart *et al.* (1988) describieron, de manera preliminar, la geología de la Sierra de López (Figura 1), que incluye una secuencia cámbrico-ordovícica, a la que dividieron en diez diferentes unidades; las primeras tres unidades corresponden a rocas del Cámbrico y las siete restantes a rocas depositadas durante el Ordovícico. El espesor total de la columna litológica ordovícica es de 1,695 m y la litología dominante es caliza, con horizontes subordinados arcillo-calcáreos y dolomíticos. En la parte superior de la columna estratigráfica, la litología dominante es de cuarcita. La fauna fósil está constituida por trilobites, braquiópodos, gasterópodos y conodontos del Ordovícico.

Más tarde, Almazán-Vázquez (1989) reportó una secuencia de 475 m de espesor de rocas del Ordovícico en la margen occidental del Valle de Arivechi (Figura 1), en la región centro oriental de Sonora, denominada “Formación El Santísimo”. De la base a la cima, la formación está constituida por: la Unidad A de lutita calcárea masiva de 70 m de espesor; la Unidad B de lutita calcárea, en capas delgadas, y caliza arcillosa con filocáridos parecidos a *Caryocaris*,

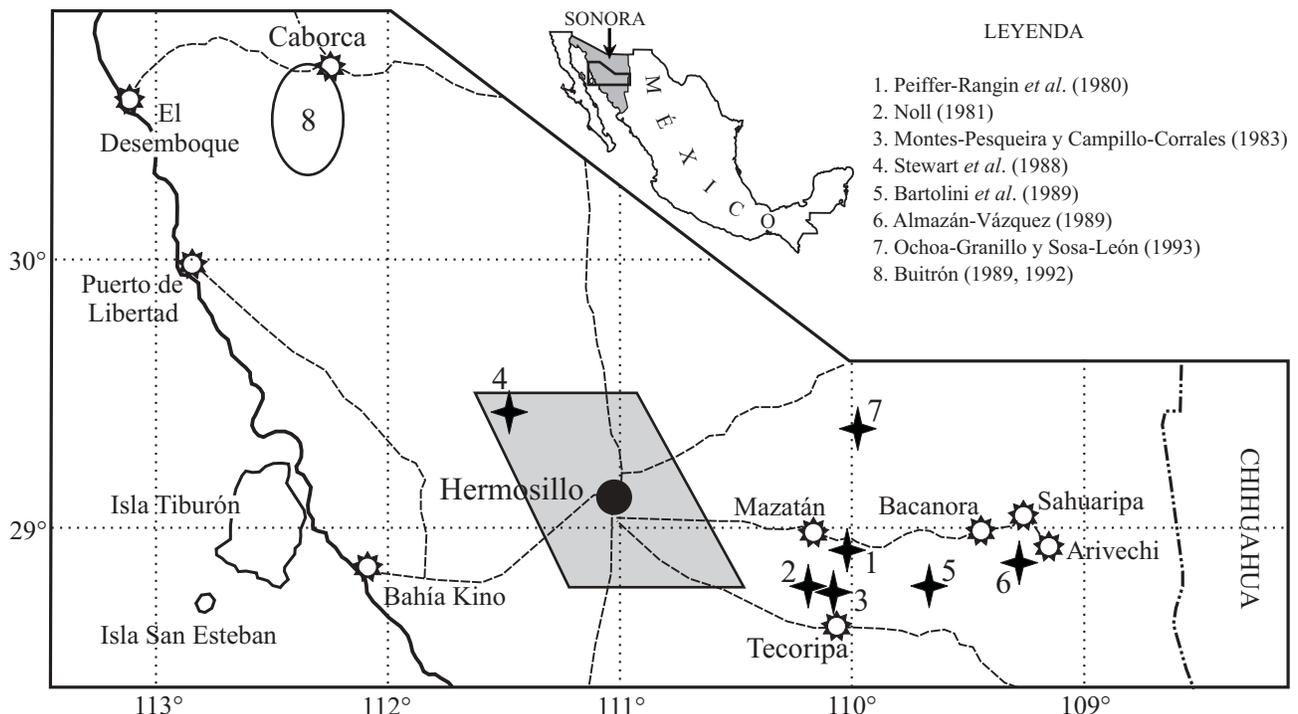


Figura 1. Plano de localización del área de estudio y de ubicación de localidades consideradas en trabajos previos publicados sobre el Ordovícico en Sonora.

trilobites de los géneros *Geragnostus*, *Parabolinella* y *Simphysurina*, braquiópodos de la Familia Lingullidae y equinodermos y un espesor de 225 m; la Unidad C, de 180 m, esta formada predominantemente de caliza, en capas medianas a gruesas.

En la Sierra El Aliso (Figura 1) Bartolini *et al.* (1989) definieron al Ordovícico Inferior en una sección consistente en lutita negra con cantidades menores de limolita y arenisca de cuarzo, con graptolitos mal conservados; le sobreyace el Ordovícico Medio con arenisca de cuarzo y lutita, con graptolitos de las especies *Nemagraptus gracilis* y *Climacograptus bicornis* e indicativos del Ordovícico Tardío, además de caliza con pedernal que contiene conodontos. Ochoa-Granillo y Sosa-León (1993) nombraron en la Sierra Agua Verde (Figura 1) a la “Formación El Boquinete”, la cual se caracteriza por una composición de lutita calcárea, caliza arenosa, caliza con pedernal y arenisca. La fauna fósil está representada por braquiópodos como *Liricamera* sp. y *Dipareplasma* sp., corales como *Palaeoalveolites* sp., *Palaeophyllum* sp. y *Streptelasma* sp., además de fragmentos de crinoideos, briozoarios y ostrácodos que permiten asignarle una edad del Ordovícico.

En las cercanías del Rancho Pozo Nuevo (Figura 2), Ávila-Angulo (1987) describió las rocas del Ordovícico como una secuencia de dolomía con capas de pedernal, intercalaciones de cuarcita, arenisca calcárea, caliza con pedernal y fósiles de trilobites, braquiópodos, cefalópo-

dos, briozoarios y crinoideos, a la cual denomina “Unidad Caliza Pozo Nuevo”. En las proximidades del Rancho Las Norias (Figura 2), Vega y Araux (1987) describieron una secuencia del Ordovícico, de 700 m de espesor, compuesta de caliza con intraclastos, lutita calcárea, caliza masiva, dolomía y arenisca. La caliza presenta pedernal y tiene fósiles de gasterópodos, braquiópodos, trilobites, nautiloideos, briozoarios, crinoideos e icnofósiles. Franco-Vega *et al.* (2000) publicaron un estudio preliminar sobre las rocas del Ordovícico del Rancho Pozo Nuevo, Sonora.

En este trabajo presentamos los resultados de un estudio detallado realizado en dos áreas de estudio localizadas en las cercanías del Rancho Pozo Nuevo y Rancho Las Norias, respectivamente (Figura 2). El Rancho Pozo Nuevo se ubica a 72 km, en dirección noroeste 45°, de la Ciudad de Hermosillo, Sonora. Para el acceso a la zona, primero se transita durante 60 km por la Carretera Estatal 88 que comunica a la Ciudad de Hermosillo con la Mina Pilares. A partir de este punto, se continúa por un camino de terracería, tomando una dirección hacia el noreste y, después de recorrer 12 km, se llega al rancho Pozo Nuevo. El área de estudio en los alrededores del Rancho Pozo Nuevo, en donde se encuentran las rocas ordovícicas, queda enmarcada por las coordenadas 29°25'38" y 29°29'08" de latitud norte y 111°17'14" y 111°20'00" de longitud oeste (Figura 3). El Rancho Las Norias se localiza aproximadamente a 30 km al oriente de la Ciudad de Hermosillo, Sonora (Figura 2). El

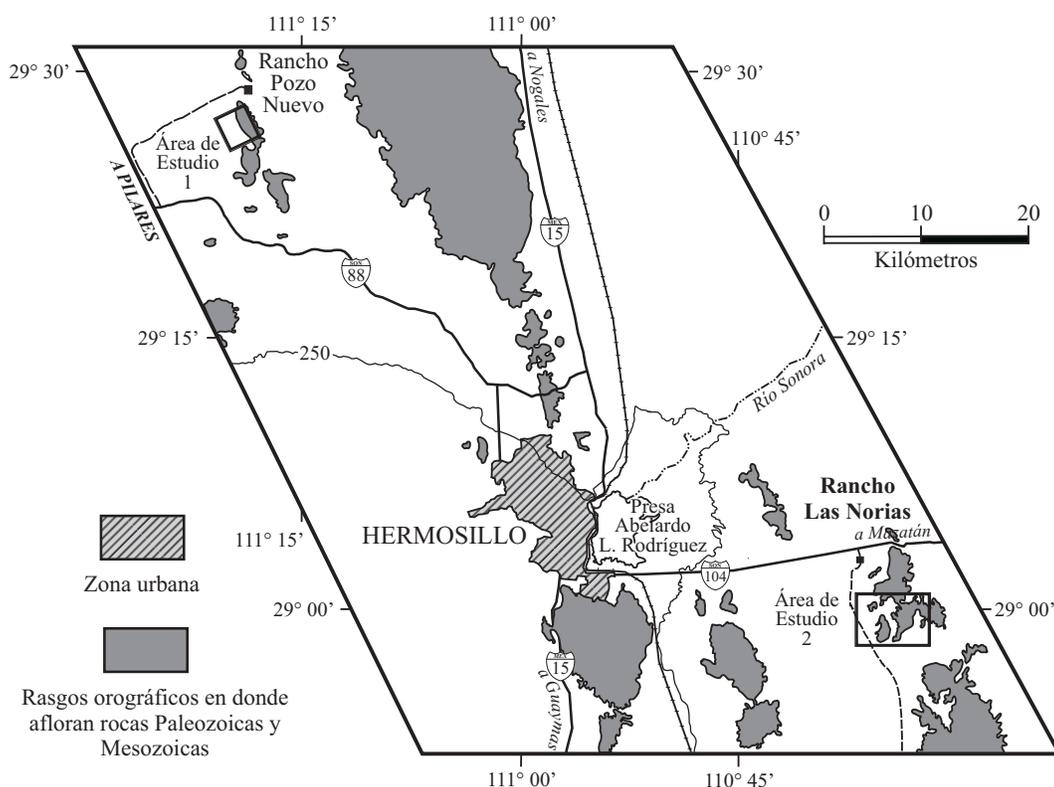


Figura 2. Plano de detalle con la ubicación de las áreas de estudio de la Formación Pozo Nuevo, del Ordovícico Temprano, en la región central del Estado de Sonora.

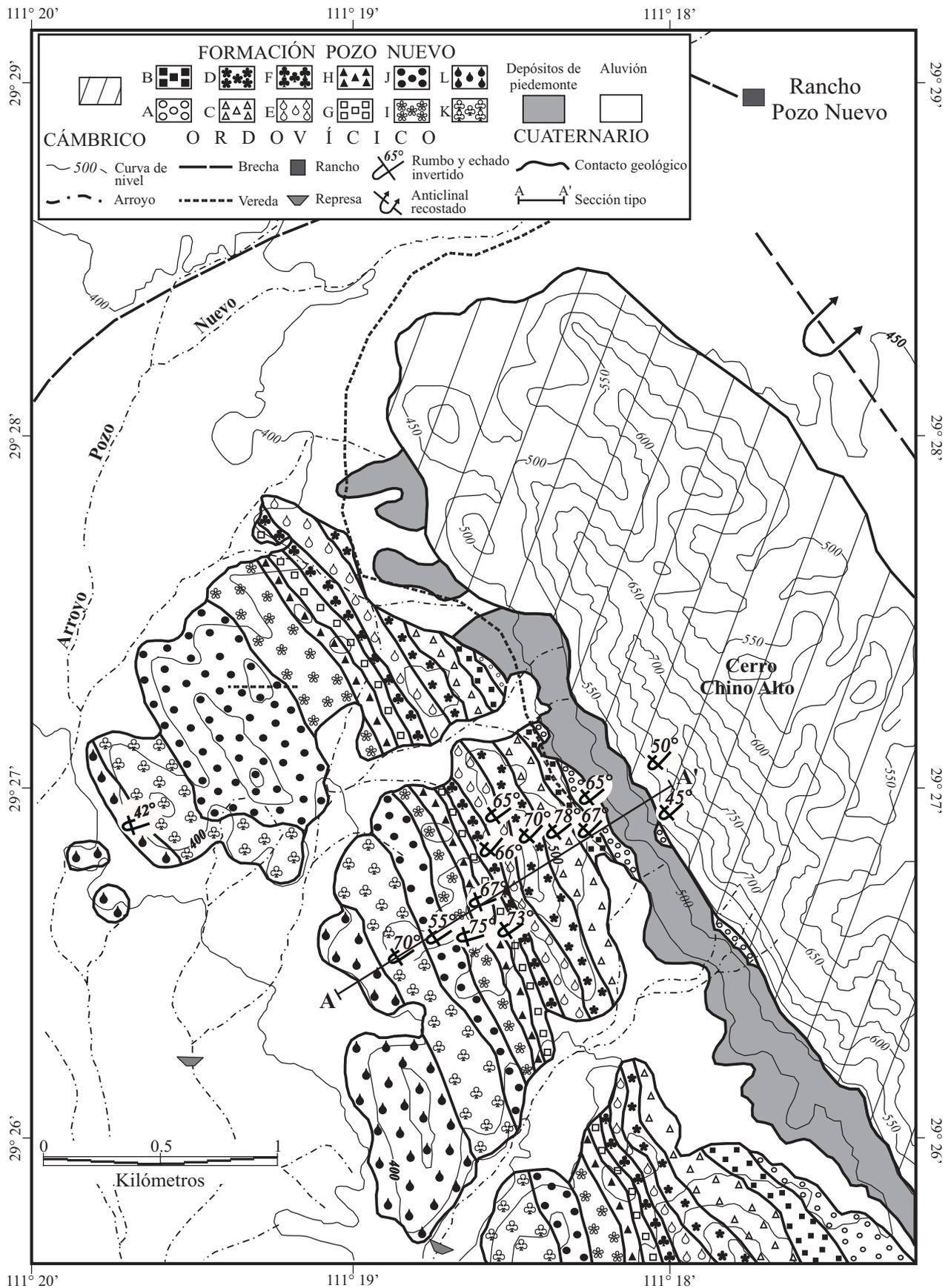


Figura 3. Plano geológico con los miembros de la Formación Pozo Nuevo, del Ordovícico Temprano, en el área del Rancho Pozo Nuevo, Sonora.

acceso se realiza por la Carretera Estatal 104 que comunica a las poblaciones de Hermosillo y Mazatán. Los afloramientos de rocas sedimentarias del Ordovícico se ubican a 5 km al sur del Rancho Las Norias, de donde se accede por un camino de terracería. La zona de estudio próxima al Rancho Las Norias queda enmarcada por las coordenadas 28°58'19" y 29°01'28" de latitud norte y 110°35'19" y 110°39'40" de longitud oeste (Figura 4).

Este estudio tiene como objetivo dar a conocer, de manera detallada, las características litoestratigráficas de rocas sedimentarias del Ordovícico Temprano en la región central de Sonora y la variedad de organismos fósiles que las particularizan. El estudio estratigráfico de mayor detalle

permite conocer con mayor exactitud la edad y ambientes sedimentarios, haciendo énfasis en las relaciones entre las rocas y su contenido de fósiles, y permite establecer correlaciones estratigráficas más confiables entre las localidades en donde están expuestas secuencias ordovícicas.

LITOESTRATIGRAFÍA

Formación Pozo Nuevo, nueva unidad estratigráfica

Dos kilómetros al suroeste del Rancho Pozo Nuevo (Figuras 2, 3), se encuentra expuesta una secuencia sedi-

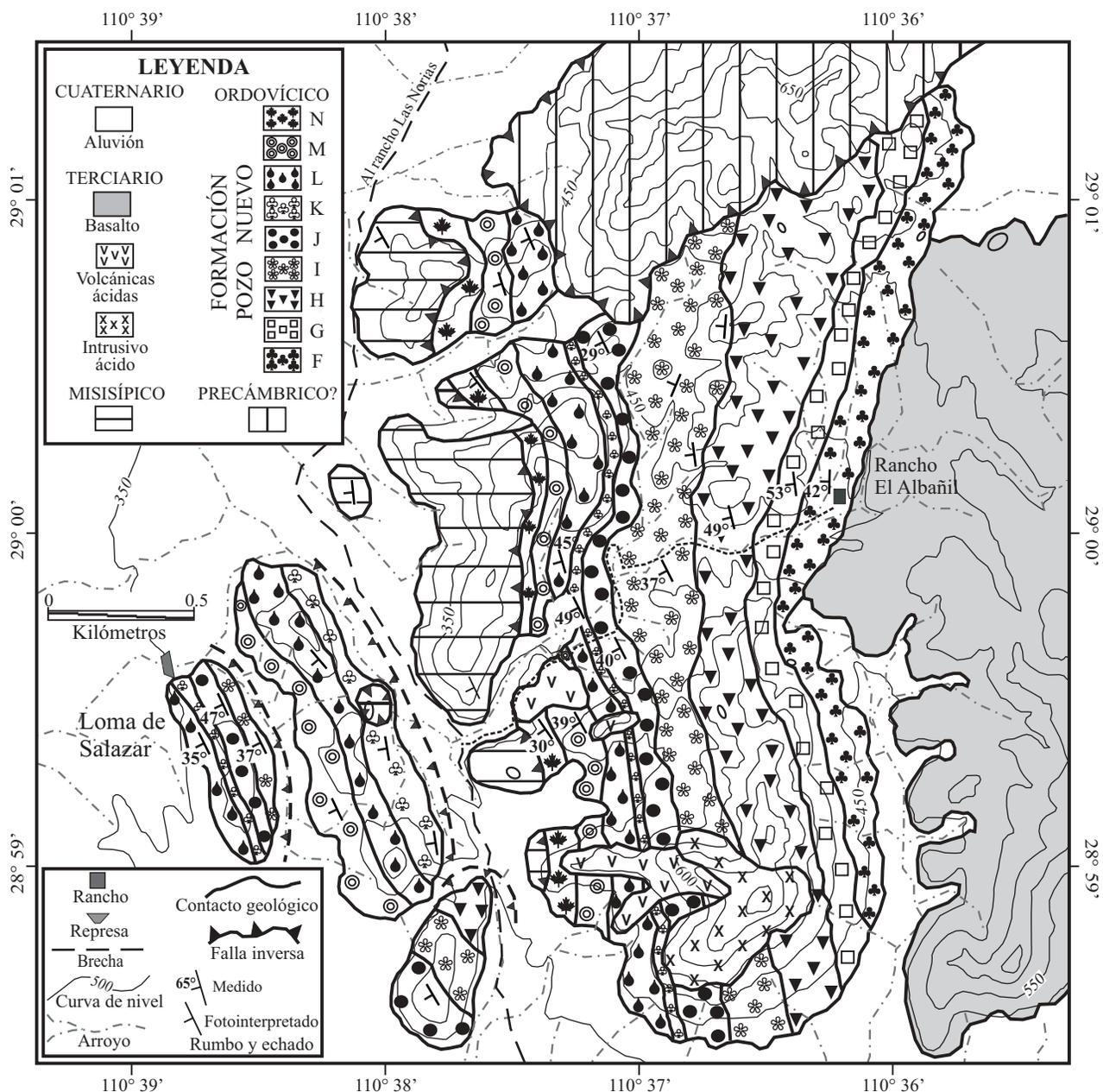


Figura 4. Plano geológico que muestra la distribución de los miembros de la Formación Pozo Nuevo en el área del Rancho Las Norias, Sonora.

mentaria predominantemente calcárea, con alternancias sub-bordinadas de rocas arcillosas y detríticas, correspondientes al Ordovícico. Los afloramientos de la serie ordovícica en las cercanías del rancho Pozo Nuevo y en el área del rancho Las Norias cubren, en ambos lugares, un área de ~8 km² y tienen una separación entre sí de 85 km. Con base en las características litológicas determinadas y el conjunto de fósiles identificados en el presente trabajo, se hace la propuesta de elevar a rango de Formación a la Unidad Caliza Pozo Nuevo definida por Ávila-Angulo (1987).

Sección tipo

La sección tipo se orienta sensiblemente noreste-suroeste teniendo como coordenadas en el extremo noreste 29° 27' 00" de latitud norte y 111° 18' 00" de longitud oeste y en el extremo suroeste 29°26'24" de latitud norte y 111°19'00" de longitud oeste (Figura 3). La columna estratigráfica (Figura 5) en la localidad tipo en el Rancho Pozo Nuevo está constituida por un espesor de 1,600 m, los cuales, con base en sus características litológicas y faunísticas, han sido

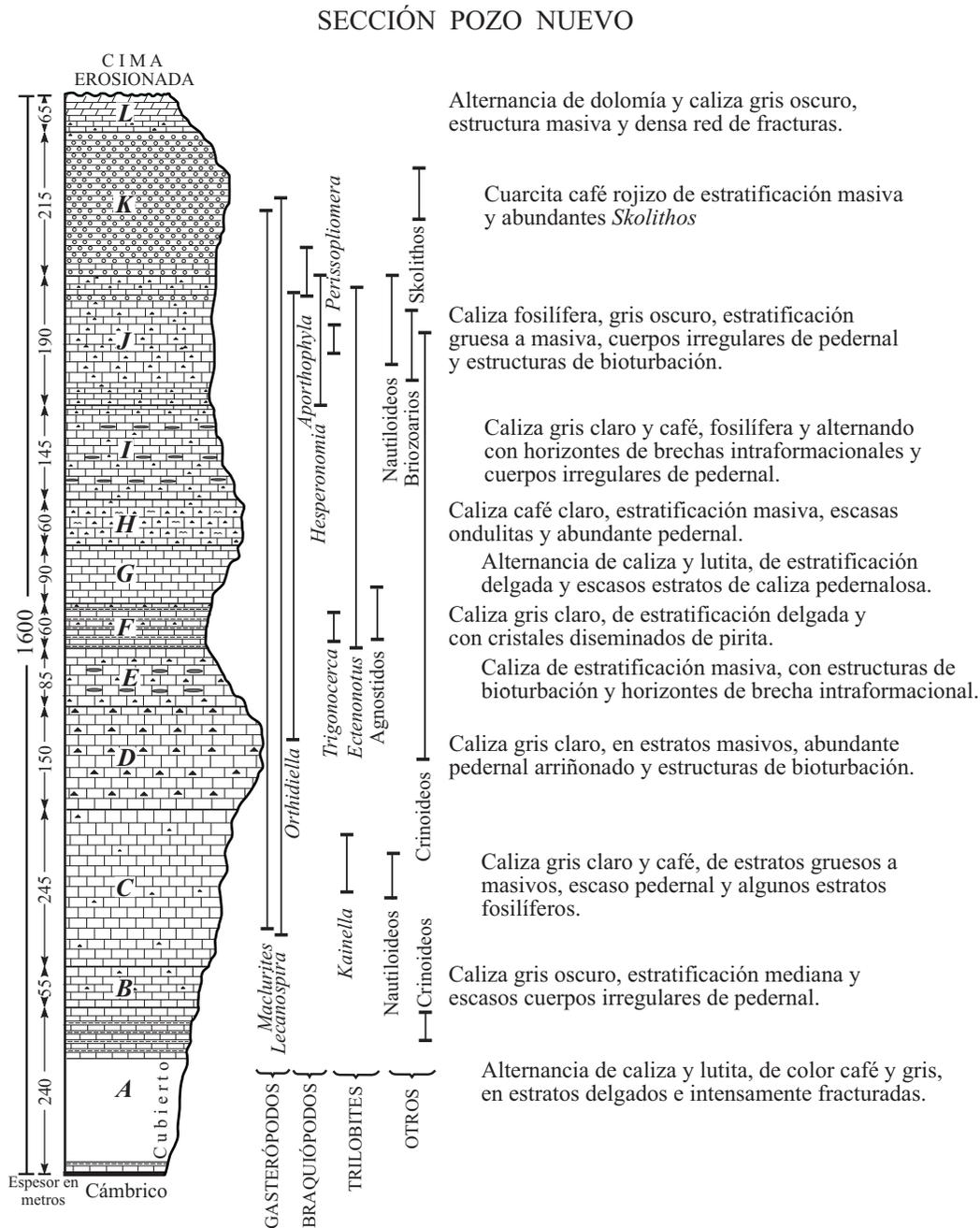


Figura 5. Columna litoestratigráfica de la Formación Pozo Nuevo, del Ordovícico Temprano, expuesta en el Rancho Pozo Nuevo, Sonora, México.

divididos en doce miembros litoestratigráficos, denominados con las letras de la A a la L (Figura 5).

La columna estratigráfica en los alrededores del Rancho Las Norias (Figura 6) complementa los afloramientos del Rancho Pozo Nuevo, ya que también muestra los miembros de F a L, que son la prolongación al sureste de las rocas expuestas en el Rancho Pozo Nuevo, y además contiene dos miembros somitales más (M y N), que no afloran en Pozo Nuevo (Figuras 4, 6 y 7).

La base estratigráfica de la secuencia ordovícica, que aflora en el Rancho Pozo Nuevo, descansa, de manera concordante, sobre rocas del Cámbrico, mientras que su parte superior ha sido erosionado. La cima de la secuencia del Cámbrico se caracteriza por una caliza masiva, con bandas de pedernal con espesor de 1 hasta 5 centímetros, que contienen pigidios de trilobites; además de caliza de color gris claro, carente de pedernal y de estructura masiva. La descripción litoestratigráfica de la Formación Pozo Nuevo del Ordovícico, es la siguiente, de la base a la cima de la columna.

Miembro A

El Miembro A (Figura 5) constituye la base de la secuencia ordovícica y tiene un espesor de 240 m. La base y el contacto de las rocas del Ordovícico observados en los cauces de algunos arroyos es transicional y concordante con la secuencia de rocas del Cámbrico.

La estratificación del paquete de rocas está orientada noroeste 48° sureste y presenta un echado de 65° al noreste. En la base se observa una litología arcillo-carbonatada, de color verdoso y densamente fracturada; los estratos varían de 2 mm hasta unos 20 cm de espesor, siendo la mayoría de 10 cm. La parte superior del Miembro A es una secuencia monótona de caliza gris y café claro, alternando con láminas delgadas arcillosas. El espesor de los estratos calcáreos varía entre 0.5 y 5 cm, siendo la mayoría de unos 2 cm de espesor. Con frecuencia los estratos calcáreos tienen, en su plano superior de estratificación, gran cantidad de estructuras hexagonales de ~3 mm de diámetro y una longitud que no supera los 2 cm. Estos rasgos podrían corresponder a fragmentos de columnas de crinoideos que han sido pobremente preservados. Asimismo, con frecuencia se presentan icnofósiles con estructura paralela a la estratificación, los cuales se localizan en el plano superior de la estratificación. Menos frecuentes son las ondulitas de oleaje, simétricas, y con distancias entre cresta y cresta de unos 5 cm en promedio. Asimismo, las rocas presentan densas redes de microfracturamiento y los estratos manifiestan pliegues métricos como efecto de una significativa deformación. Petrográficamente, los carbonatos en la matriz de la caliza constituyen el 85% de la roca, y el resto lo constituyen 5% de arcillas y 10% de fragmentos de probables columnas de crinoideos. Debido al intemperismo, el Miembro A se presenta frecuentemente cubierto por coluvión de las rocas cámbricas, situadas en posición topográfica más elevada, y sólo se pueden ver afloramientos del Miembro A de algunos metros.

Miembro B

El Miembro B está constituido predominantemente de capas carbonatadas resistentes al intemperismo y la erosión. Tiene un espesor de 55 m de caliza carente, en apariencia, de macrofauna. Es de color gris oscuro, que intemperiza a gris claro y su estratificación varía de laminar a mediana, alcanzando los estratos hasta 25 cm de espesor. En general los carbonatos constituyen un 90% de la roca y el 10% restante es pedernal. La actitud estructural de las capas es NO 43° SE, con un echado de 67° al noreste.

La caliza contiene cuerpos irregulares y esporádicos de nódulos de pedernal que se distinguen por una tonalidad café debida a la oxidación del hierro presente. Este miembro se caracteriza también por una densa red de fracturas, lo que ocasiona un importante diastrofismo a la estratificación de la unidad. Ciertas capas presentan una evidente ondulación ocasionada por efectos de esfuerzos compresivos sobre el paquete litológico.

Miembro C

El Miembro C está constituido por 245 m de rocas carbonatadas (Figura 5), en las que se incrementa el porcentaje del pedernal, en cuerpos irregulares, bandas delgadas de corta dimensión lateral o estructuras arriñonadas de dimensiones pequeñas. Las rocas carbonatadas son de color gris oscuro en superficie intemperizada y alternan con caliza de color café claro. Los estratos son predominantemente delgados, desde 2 hasta 15 cm de espesor.

La caliza ocasionalmente contiene restos de trilobites del género *Kainella* (Figura 8-12), así como gasterópodos del género *Lecanospira*, braquiópodos articulados y nautiloideos mal conservados. Una capa de coquina de 40 cm contiene restos de gasterópodos del género *Maclurites*. Localmente, el Miembro C presenta pliegues cerrados o estructuras caóticas como efecto de una fuerte deformación.

Petrográficamente, los carbonatos constituyen el 70% de la caliza, el pedernal un 20% y el 10% restante lo constituyen restos de organismos fósiles. Los estratos presentan un rumbo NO 48° SE y un echado de 78° al noreste.

Miembro D

El Miembro D tiene un espesor de 150 m y los estratos constituyen escarpes prominentes, debido a su resistencia a la erosión. La litología consiste en caliza gris al intemperismo, con estratificación masiva y abundantes cuerpos irregulares de pedernal. Intercalados se encuentran estratos delgados arcillo-carbonatados de tonalidades rojizas. En este miembro se presentan estratos de brechas intraformacionales, de unos 15 cm de espesor. Ciertos horizontes calcáreos muestran estratificación cruzada en la parte superior de los estratos. La estructura masiva de la roca incluye abundantes bandas de pedernal que varían de 10 cm a 50 cm de espesor y lateralmente alcanzan longitudes de hasta 5 m. En las calizas, los carbonatos constituyen el 80% de la roca y el pedernal el 20% restante. La actitud estructural de las capas es NO 42° SE, con un echado de 70° al noreste (Figura 3).

SECCIÓN LAS NORIAS

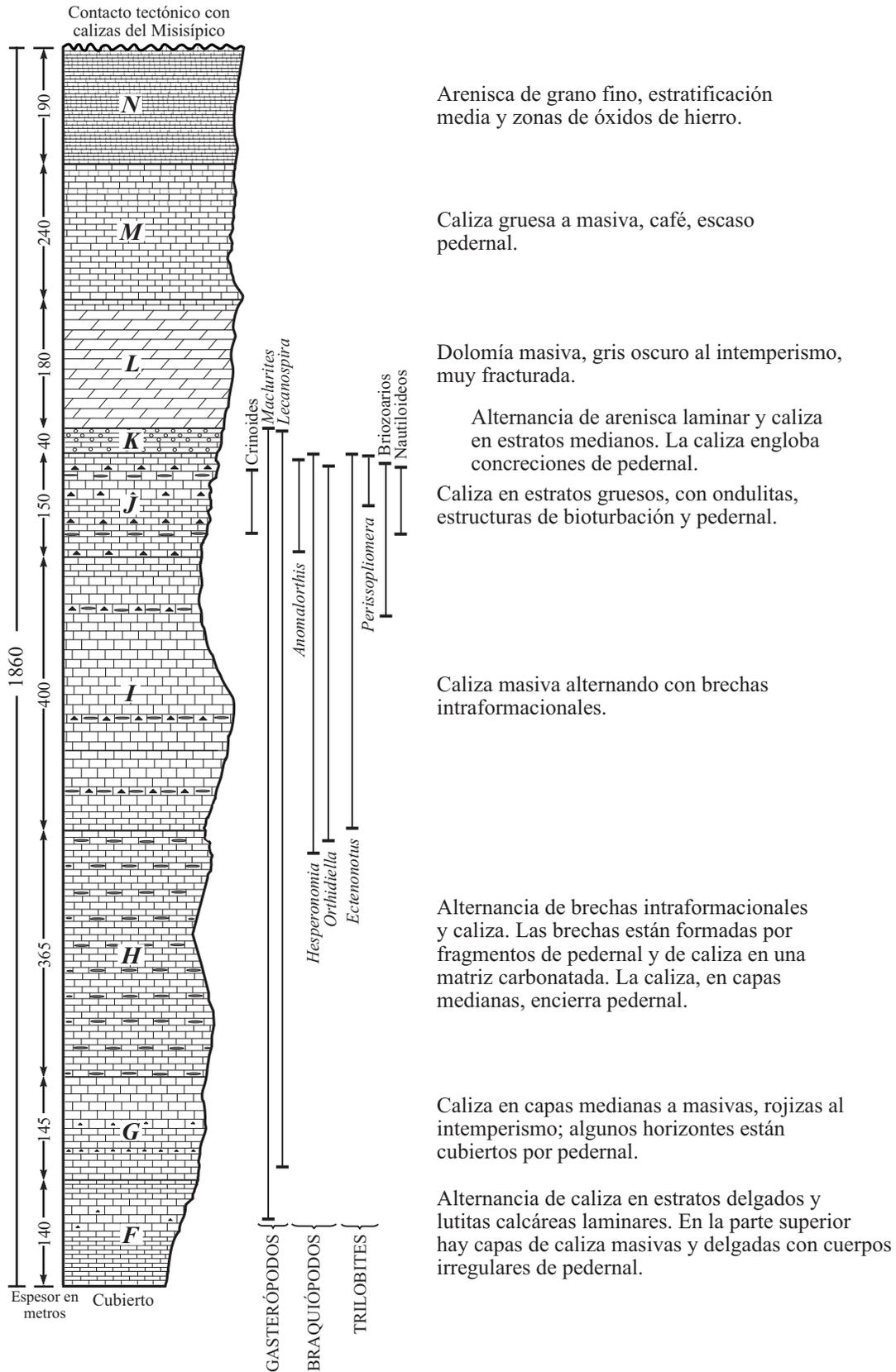


Figura 6. Columna litoestratigráfica y miembros de la Formación Pozo Nuevo, del Ordovícico Temprano, en el Rancho Las Norias, Sonora.

En la secuencia, algunas capas están compuestas de fragmentos de organismos, dispuestos caóticamente, entre los que se pueden reconocer columnas de crinoideos, braquiópodos del género *Orthidiella* (Figura 8-2) y numerosas espinas cefálicas de trilobites. Son comunes los icnofósiles de gusanos litófagos, ubicados en el plano superior de las capas en posición paralela a la estratificación, los cuales tienen un diámetro de 2 cm en promedio y una longitud que alcanza el orden de varias decenas de centímetros. Localmente, la litofacies presenta pliegues cerrados, anticlinales y sinclinales, del orden de varios metros.

Miembro E

El Miembro E presenta un espesor de 85 m y está constituido por caliza café claro y gris en superficie de intemperismo, interestratificada con sedimentos arcillo-calcareos, de tonalidades rojizas debido a oxidación de hierro, dispuestos en capas delgadas y presentes en un porcentaje de 20% del miembro. En la parte media del miembro se encuentran estratos delgados, carbonatados, interdigitados con lutita, con estructuras de *boudinage*. El espesor predominante de las capas de caliza varía de 2 a 10 cm, aunque en menor cantidad también se encuentran estratos carbonatados masivos con bandas de pedernal. Algunas capas presentan icnofósiles y ondulitas. Las capas de brechas intraformacionales abundan en este miembro.

La roca, en términos generales, está formada por 60% de carbonatos, 30% de pedernal y 10% de bioclastos, algunos identificados con gasterópodos. Los niveles estratigráficos presentan un rumbo NO 29° SE y un echado de 65° al noreste.

Miembro F

El Miembro F, tiene un espesor de 90 m y está formado predominantemente de carbonatos de color gris claro al intemperismo, con estratificación delgada e intercalaciones de capas delgadas a laminares de lutita (Figura 5). Los estratos presentan un rumbo NO 22° SE y un echado de 66° al noreste. Petrográficamente, los carbonatos constituyen un 70% de la caliza, la arcilla un 10%, y los organismos fósiles un 15%. Presenta también un 5% de pirita, cuyo origen posiblemente es epigenético.

Ciertos estratos carbonatados contienen fragmentos de equinodermos, trilobites como agnóstidos, *Trigonocerca* (Figura 8-13) y *Ectenonotus* (Figura 8-6); además de gasterópodos tylostomados y arqueogasterópodos del género *Maclurites*.

En la zona del Rancho Las Norias, el Miembro F de la Formación Pozo Nuevo, con un espesor de 140 m, corresponde a las rocas del Ordovícico más antiguas expuestas en esta localidad (Figuras 4 y 6). La actitud estructural de los estratos es NO 25° SE y su echado es de 42° hacia el sureste (Figura 4).

El miembro F muestra una litología constituida en la base por 90 m de estratos delgados de caliza de tonalidades rojas, con un fracturamiento intenso y una densa red de

vetillas de calcita. Los estratos calcáreos alternan con capas delgadas arcillo-carbonatadas. Posteriormente hay 35 m de caliza en capas masivas, con cuerpos irregulares de pedernal y gasterópodos del género *Maclurites*. Le continúan 15 m de caliza de estratificación delgada, densamente fracturada y con cristales de pirita (<1 mm) diseminada.

Miembro G

El Miembro G consiste de 90 m de estratos delgados de caliza de tonalidades café y lutita intercaladas (Figuras 3 y 4). Los carbonatos ocupan un 70% de la roca, las arcillas un 10%, los organismos fósiles un 15% y el pedernal el 5% restante. El miembro presenta un intenso fracturamiento que le ocasiona un fuerte diastrófismo al paquete sedimentario. En general, las capas tienen un rumbo NO 53° SE, con un echado de 73° al noreste.

Es frecuente la presencia de grandes concentraciones de fragmentos de fósiles formando coquinas. Los fósiles comunes son gasterópodos de los géneros *Maclurites* y *Lecanospira*; trilobites agnóstidos y de los géneros *Ectenonotus* (Figura 8-9) y *Kainella* (Figura 8-13); braquiópodos del género *Orthidiella* (Figura 8-1) y restos de tallos de crinoideos.

En la localidad del Rancho Las Norias, el Miembro G tiene un espesor de 145 m y está formado por caliza con estratificación mediana a masiva, de tonalidad rojiza al intemperismo y color gris en fractura fresca. Algunos estratos contienen un porcentaje significativo de pedernal, en el cual es posible observar fósiles silicificados de gasterópodos, particularmente de los géneros *Lecanospira* y *Maclurites*, asociados a fragmentos de trilobites. La actitud de los estratos es NO 25° SE y su echado de 53° hacia el suroeste (Figura 4).

Miembro H

Este miembro, en la zona de estudio del Rancho Pozo Nuevo, tiene un espesor de 60 m de caliza de color café claro con estratificación masiva, abundante pedernal y una gran cantidad de fósiles. Fisiográficamente conforma escarpes prominentes. Es frecuente observar, en la parte superior de diversos niveles del paquete estratigráfico, estructuras de bioturbación y ondulitas, conservadas gracias a un proceso de reemplazamiento del material carbonatado por pedernal. La actitud de las capas es NO 21° SE y un echado de 67° al noreste.

Al microscopio, la roca está compuesta por carbonatos que ocupan un 50% del volumen de la caliza, pedernal en un 30% y organismos fósiles en un 20%. Los fósiles característicos son gasterópodos del género *Lecanospira* y *Maclurites*, braquiópodos del género *Orthidiella*, trilobites como *Ectenonotus* (Figura 8-7 y 8-11) y placas de tallos de crinoideos.

En la zona del Rancho Las Norias, el Miembro H está constituido por 365 m (Figuras 4 y 6) de una alternancia de brechas intraformacionales y caliza de estratificación mediana, de tonalidad gris, con pedernal. La actitud estructural

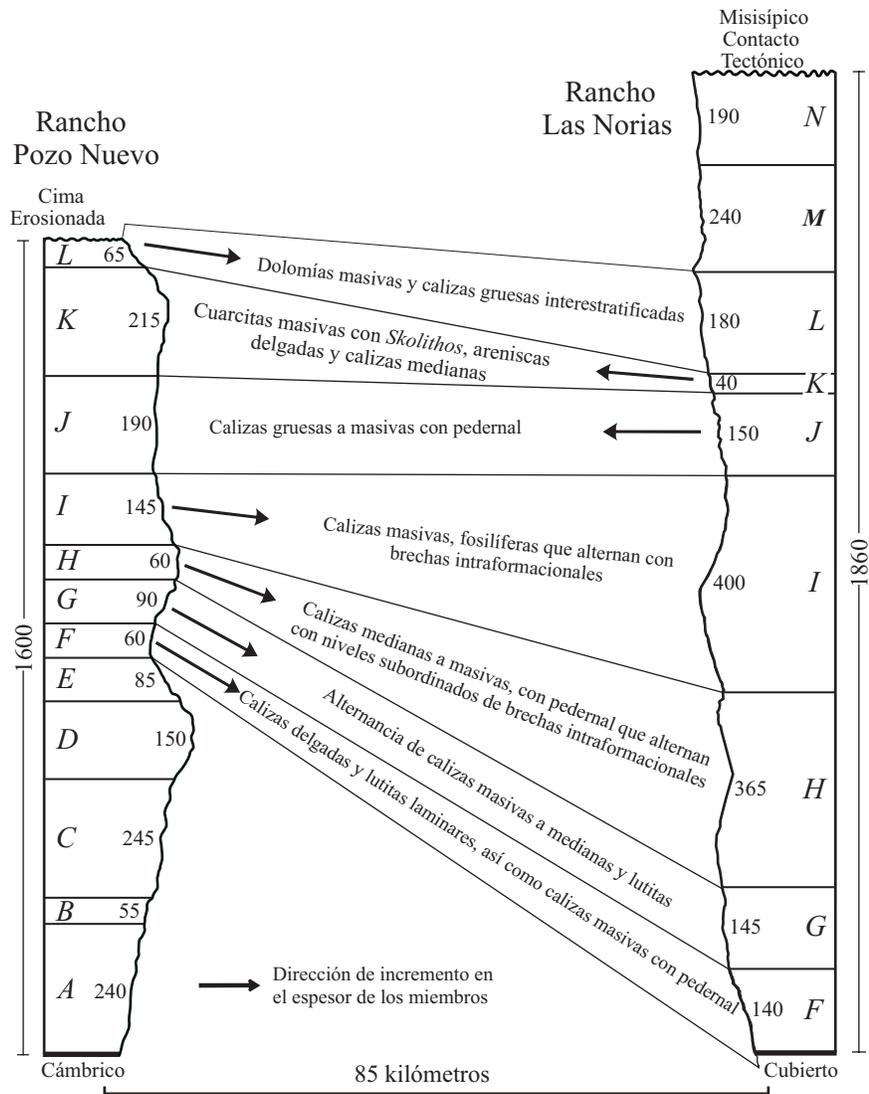


Figura 7. Correlación litoestratigráfica entre las columnas de la Formación Pozo Nuevo expuestas en los ranchos Pozo Nuevo y Las Norias, Sonora, México.

de los estratos es NO 27° SE y un echado de 49° hacia el suroeste. Las brechas intraformacionales están constituidas por 50% de clastos de caliza, 20% de fragmentos de pedernal y 30% de una matriz de carbonato de calcio. Los clastos, de pedernal o de caliza, tienen un tamaño que varía de 0.5 a 2 cm de longitud. En estos horizontes litológicos son comunes los icnofósiles, situados en los planos superiores de las capas.

En los estratos calcáreos se observan *Maclurites* y *Leconospira* entre los gasterópodos, mientras que entre los braquiópodos se encuentran *Hesperonomia* (Figura 8-3) y *Orthidiella* (Figura 8-2); asimismo hay trilobites del género *Ectenonotus* (Figura 8-5).

Miembro I

El Miembro I, en el Rancho Pozo Nuevo (Figura 3), tiene un espesor de 145 m y se compone de caliza de color

gris claro, estratificación masiva, con cuerpos irregulares de pedernal y gran cantidad de fósiles; las rocas carbonatadas alternan con algunas brechas intraformacionales (Figura 5). Petrográficamente, los carbonatos constituyen un 70% de las rocas calcáreas, el pedernal un 15% y otro 15% son organismos fósiles. La tendencia general del rumbo de los estratos es NO 42° SE y un buzamiento de 75° hacia el suroeste.

Los fósiles son gasterópodos de los géneros *Lecanospira* y *Maclurites*, trilobites del género *Ectenonotus* (Figura 8-6) y algunos niveles presentan restos de tallos de crinoides.

En el área del Rancho Las Norias (Figura 4), el Miembro I está compuesto por 400 m de caliza masiva, con cuerpos y concreciones de pedernal (Figura 6). En este miembro también son comunes las brechas intraformacionales intercaladas con los estratos calcáreos. Las brechas

tienen un espesor promedio de un metro y están formadas en un 30% de clastos de caliza, 20% de organismos fósiles, 10% de fragmentos de pedernal y 40% de carbonato de calcio. La actitud de los estratos es NO 20° SE y echado de 37° hacia el suroeste.

Es frecuente observar abundantes organismos fósiles silicificados, primordialmente braquiópodos de los géneros *Hesperonomia* (Figura 8-3) y *Orthidiella*, además de gasterópodos como *Maclurites* y *Lecanospira* y fragmentos de trilobites del género *Ectenonotus* (Figura 8-8).

Miembro J

En el Rancho Pozo Nuevo, el Miembro J tiene un espesor de 190 m y consiste en caliza de color gris oscuro, con estratificación gruesa a masiva, estructuras de bioturbación, cuerpos y bandas irregulares de pedernal y una gran variedad de organismos fósiles silicificados. Los carbonatos de calcio constituyen un 50% de la roca, 20% el pedernal y 30% los restos fósiles. En general los estratos tienen un rumbo NO 42° SE y un echado de 55° al noreste (Figura 3).

Los fósiles corresponden a gasterópodos de los géneros *Maclurites* y *Lecanospira*, braquiópodos del género *Orthidiella* y *Aporthophyla* (Figuras 8-14, 8-15 y 8-16), trilobites de los géneros *Perissopliomera* y *Ectenonotus* (Figura 8-10), así como también briozoarios, nautiloideos, fragmentos de columnas de crinoideos e icnofósiles. El tamaño de los nautiloideos varía de 5 a 15 cm de longitud y de 2 a 5 cm de diámetro; los gasterópodos presentan un diámetro entre 2 y 5 cm.

El Miembro J aflora también al sur del Rancho Las Norias y se caracteriza por presentar un espesor de 150 m de caliza en estratificación masiva con alternancia de capas de pedernal con una abundante fauna fósil (Figura 6). Intercalados hay estratos, de 20 cm de espesor, de brechas intraformacionales, constituidas en un 20% de clastos calcáreos, 30% de organismos fósiles, 15% de pedernal y 35% de matriz de carbonato de calcio. La actitud de los estratos es NO 20° SE y un echado de 40° hacia el suroeste (Figura 5).

La fauna fósil del miembro esta compuesta por gasterópodos de los géneros *Maclurites* y *Lecanospira*, braquiópodos de los géneros *Orthidiella*, *Anomalorthis* (Figura 8-4) y *Hesperonomia*, pigidios y cefalones de trilobites de los géneros *Ectenonotus* y *Perissopliomera*, briozoarios, nautiloideos del género *Coreanoceras* (Figura 8-17), fragmentos de columnas de crinoideos y estructuras esféricas de probable origen orgánico.

Miembro K

El Miembro K está constituido por 215 m de rocas predominantemente siliciclásticas. Domina la cuarcita de tonalidades rojizas debidas a la presencia de óxidos de hierro y la estratificación cruzada es frecuente (Figura 5). El espesor de las capas arenosas varía de 10 cm hasta más de un metro. Hacia la cima, la secuencia clástica se vuelve de un color más blanco, de niveles estratigráficos

predominantemente gruesos a masivos, con espesores de hasta 125 cm. A los 5 m sobre la base del Miembro K hay un paquete concordante de 10 m de caliza de color gris. Hacia la cima de la columna estratigráfica, los carbonatos son más esporádicos, dando paso a una secuencia clástica de arenisca de cuarzo. Los estratos presentan un rumbo NO 54° SE, con un echado de 70° al noreste.

Las facies clásticas parecen carecer de macroorganismos fósiles, sin embargo varios niveles denotan abundantes horadaciones, con diámetros que varían de 1 a 5 cm, de icnofósiles del género *Skolithos*. Dichas estructuras llegan a alcanzar hasta 30 cm de longitud, ocupan una posición perpendicular a la estratificación de la roca, en una densidad muy elevada, ya que la separación entre ellas alcanza únicamente 2 ó 3 cm, lo que genera una intensa red de perforaciones y que le dan a la roca una estructura de panal. Por otra parte, en las calizas se observan fósiles de gasterópodos del género *Maclurites* y *Lecanospira*, braquiópodos del género *Aporthophyla* y escasos fragmentos de columnas de crinoideos mal preservados.

Por otra parte, en la localidad del Rancho Las Norias (Figura 4), el Miembro K consiste en una alternancia de arenisca, caliza y dolomía que constituyen una columna sedimentaria con un espesor de 40 m (Figura 6). La caliza presenta estratificación mediana, contiene concreciones de pedernal y presenta escasos gasterópodos de los géneros *Lecanospira* y *Maclurites*. La arenisca es de estratificación laminar a delgada, de grano fino inferior a 0.1 mm de diámetro, tonalidad roja al intemperismo y café en fractura fresca. La actitud estructural de los estratos es NO 15° SE y un echado de 49° hacia el suroeste.

Algunos estratos presentan una gran concentración de gasterópodos, en donde los ejemplares de *Lecanospira* son predominantemente superiores en número a los del género *Maclurites*.

Miembro L

El Miembro L, con un espesor de 65 m en el Rancho Pozo Nuevo (Figura 5), se caracteriza litológicamente por intercalaciones de dolomía de color gris oscuro y caliza de color gris claro, aparentemente desprovistas de macrofauna e intercalaciones y, en menor cantidad, de horizontes arcillosos. Este miembro está incompleto, debido a que su parte superior ha sido erosionada. La dolomía y la caliza presentan un intenso fracturamiento, lo que confiere a la unidad un arreglo estratigráfico caótico. Las dolomías tienen estratificación gruesa a masiva, con una densa red de pequeñas fracturas, realizadas por procesos de disolución, que confieren a la roca una estructura poligonal. Es frecuente la presencia de zonas con ortocuarcitas y areniscas de cuarzo, así como horizontes de sedimentos químicos totalmente brechados por efectos de tectonismo. En las dolomías, los cristales de dolomita constituyen el 60% de la roca, carbonato de calcio el 30% y pedernal el 10%. En general los estratos presentan un rumbo NO 75° SE y un echado de 42° al noreste.

El Miembro L, expuesto en el área del Rancho Las

Norias (Figura 4), presenta un espesor de 180 m y su litología (Figura 6) consiste en dolomía de estratificación masiva, de tonalidad café en fractura fresca, e intensamente fracturada. Los estratos presentan un rumbo NO 19° SE, con un echado de 45° al suroeste. En el Rancho Las Norias, además, afloran dos miembros que no se observan en los alrededores del Rancho Pozo Nuevo.

Miembro M

El Miembro M, expuesto al sur del Rancho Las Norias (Figura 4), tiene un espesor de 240 m y está constituido por caliza de estratificación gruesa a masiva, color café y con vetillas de calcita (Figura 6). En orden ascendente estratigráfico, el miembro presenta un cambio transicional a una alternancia de caliza y ortocuarcita. La actitud estructural de los estratos es NO 20° SE y un echado de 39° hacia el suroeste.

Miembro N

El Miembro N en el rancho Las Norias tiene un espesor de 190 m, pero su cima esta cubierta discordantemente por una potente sección de caliza del Misisípico en contacto tectónico (Figura 4). La unidad consiste en ortocuarcita de grano fino, estratificación mediana, color café en fractura fresca y algunas zonas de alteración a óxidos de hierro y manganeso, lo que le da en superficie una tonalidad café y rojo al intemperismo (Figura 6). Los estratos presentan una actitud estructural NO 19° SE y un echado de 30° hacia el suroeste.

DISCUSIÓN

Consideraciones litoestratigráficas

Desde el Rancho Pozo Nuevo al Rancho Las Norias existen notables variaciones de espesor en diversos miembros (Figura 7). Así se puede observar que, en los 85 km de separación entre los dos sitios, hay un aumento de espesor de la columna estratigráfica del Rancho Pozo Nuevo, con respecto a la del Rancho Las Norias. El Miembro F es superior en 230%; el Miembro G es un 161% más grande; el Miembro H es superior en 600% y los Miembros I y L rebasan un 275%. En contraparte, a medida que se asciende estratigráficamente en la columna de la Formación Pozo Nuevo, se observa un decremento en el espesor de los Miembros J y K, desde el Rancho Pozo Nuevo hacia el Rancho Las Norias, observándose en el primero una disminución en el espesor de un 21%; mientras que la reducción más notable ocurre en el Miembro K, que en el Rancho Las Norias se reduce hasta un 81.4%.

Tomando en consideración el espesor de los Miembros M y N expuestos en el área del Rancho Las Norias y adicionándolo a la columna de la Formación Pozo Nuevo, que aflora en los alrededores del rancho del mismo nombre, se podría restituir una columna estratigráfica más completa que

alcanzaría el orden de 2,490 m. A pesar de ser un espesor considerable, éste puede ser mayor ya que en estos dos sitios no se ha encontrado el contacto estratigráfico con secuencias depositadas durante el Silúrico.

Consideraciones estructurales

La secuencia sedimentaria expuesta en la zona del Rancho Pozo Nuevo se caracteriza por un rumbo noroeste-sureste, el cual varía de N21°O a N75°O, estando los más frecuentes comprendidos entre N42°O y N48°O (Figura 3). La intensidad del buzamiento de los estratos varía desde 42° hasta 78° hacia el noreste. Por consiguiente, el paquete se comporta de manera consistente, tanto en la orientación de la estratificación como en el buzamiento de las capas.

Considerando que hacia el oriente de las rocas del Ordovícico se encuentran expuestos grandes espesores de rocas carbonatadas del Cámbrico (Stewart *et al.*, 1988), se interpreta que éstas deben encontrarse ocupando una posición más axial en una estructura anticlinal. Tomando en cuenta estas consideraciones es posible determinar que los depósitos ordovícicos deberían presentar un buzamiento orientado hacia el suroeste, sin embargo, este rasgo esta invertido al noreste (Figura 3), por lo que se infiere que el paquete sedimentario se encuentra estructuralmente volcado en un pliegue isoclinal.

El rumbo estructural del paquete sedimentario del área del Rancho Las Norias es consistente con el mostrado por las rocas en el Rancho Pozo Nuevo, ya que ambos guardan una orientación noroeste-sureste, variando de N15°O a N27°O, con rumbo predominante entre los N19°O y N25°O (Figura 4), aunque se observa una ligeramente mayor proximidad al Norte en el rumbo del paquete que aflora en el Rancho Las Norias. El paquete sedimentario en el Rancho Las Norias se comporta como una estructura monoclinial, cuyas capas buzando al suroeste, con intensidades que varían desde 30° hasta 53°, lo que demuestra una menor intensidad de deformación tectónica con relación al edificio sedimentario del Rancho Pozo Nuevo.

En el área del Rancho Las Norias se interpreta otro rasgo estructural mayor representado por escamas estructurales, algunas del Misisípico con corales zaphrentidos y otra de edad probable del Precámbrico (Figura 4) superpuestas tectónicamente a las rocas del Ordovícico; inclusive algunas escamas de las mismas rocas ordovícicas que rompen con la continuidad estratigráfica, como son las próximas a la Loma de Salazar y que en conjunto manifiestan un desplazamiento cabalgante de suroeste a noreste.

Consideraciones fosilíferas

El contenido fosilífero de las rocas ordovícicas de los Ranchos Pozo Nuevo y Las Norias está caracterizado por trilobites, braquiópodos, gasterópodos y crinoideos y, en

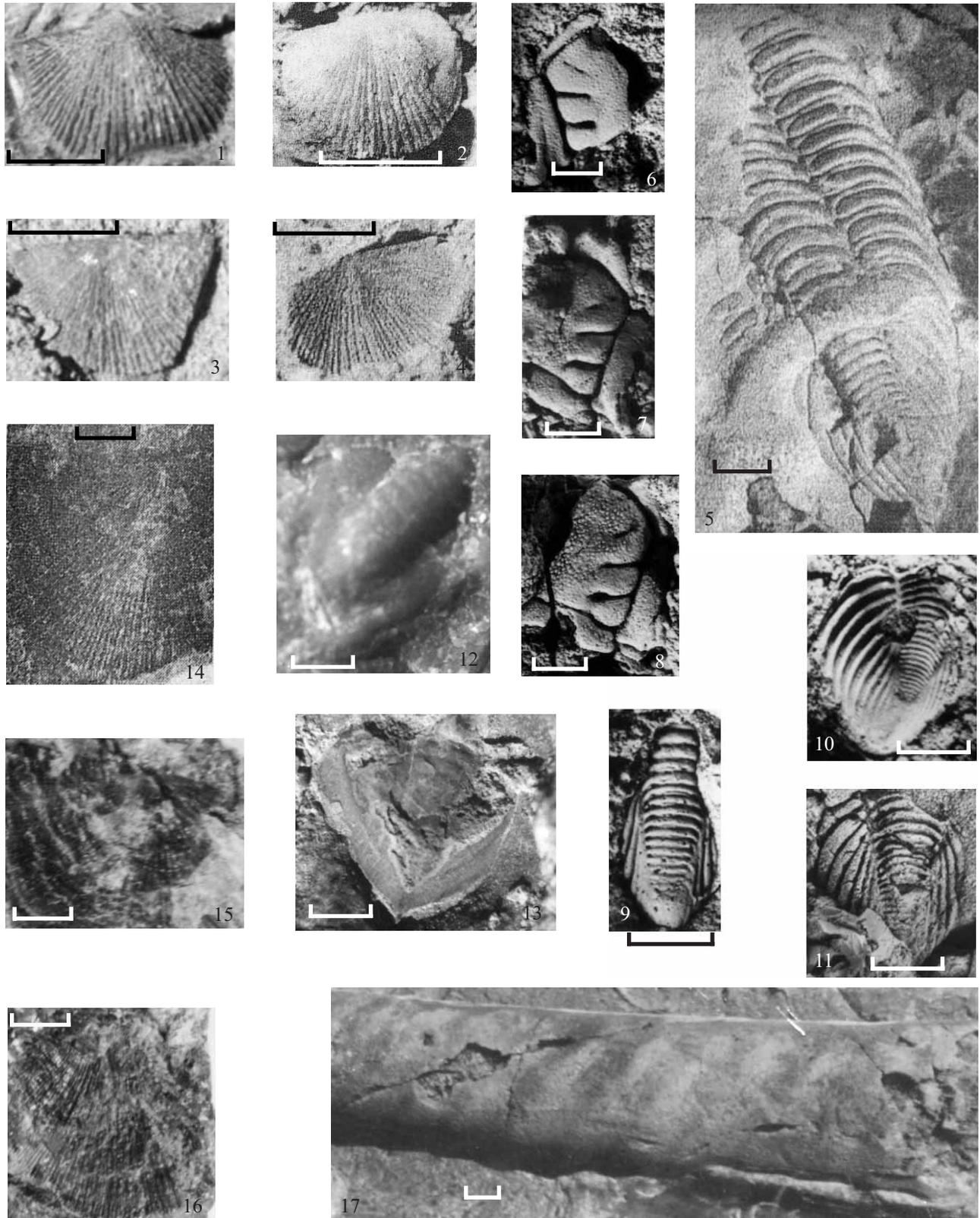


Figura 8. Ilustración de organismos invertebrados de la Formación Pozo Nuevo, expuesta en los Ranchos Pozo Nuevo y Las Norias. 1 y 2: *Orthidiella*; 3: *Hesperonomia*; 4: *Anomalorthis*; 5: tórax y pigidio de *Ectenonotus*; 6, 7 y 8: cefalones de *Ectenonotus*; 9, 10 y 11: pigidios de *Ectenonotus*; 12: *Kainella*; 13: *Trigonocerca*; 14, 15 y 16: *Aporthophyla*; y 17: *Coreanoceras*. La barra en todas las figuras representa 0.5 cm.

menor abundancia, nautiloideos, briozoarios e icnofósiles (Figuras 5 y 6). La mayoría de los organismos invertebrados se han preservado gracias a la silicificación de sus estructuras que facilitó su identificación.

Los gasterópodos se localizaron desde el Miembro C hasta el Miembro K, cubriendo un espesor de rocas mayor a los 1,100 m. Los trilobites se han colectado en el Miembro C y posteriormente desde el Miembro F hasta el Miembro J, en un espesor de 600 m de la columna estratigráfica.

En los miembros A, D, E, F, G, H, I y J se observaron diversos géneros de crinoideos, cubriendo unos 700 m de la columna de la Formación Pozo Nuevo. Los braquiópodos, con frecuencia, forman coquinas y se encuentran contenidos en las rocas de los miembros del D hasta el K, lo que representa unos 700 m de la columna.

Consideraciones paleogeográficas

Las publicaciones sobre rocas sedimentarias del Paleozoico en México y su contenido biótico son escasas y aisladas. Los conjuntos faunísticos han sido estudiados parcialmente y en algunos casos sólo se menciona su existencia como grupo. De tal manera que el análisis de la distribución de la biota paleozoica es incompleto y únicamente se han podido establecer relaciones de algunos elementos faunísticos, principalmente braquiópodos, gasterópodos y trilobites de la región ubicada en los alrededores de Caborca (Figura 1-8), localizada en el noroeste de Sonora y de la región suroeste de los Estados Unidos de América (Buitrón, 1989, 1992).

La fauna de invertebrados fósiles del Ordovícico en las localidades de los Ranchos Pozo Nuevo y Las Norias es diversa y numerosa, ya que comprende alrededor de 25 géneros entre gasterópodos, nautiloideos, trilobites, crinoideos e icnofósiles. Los icnofósiles son abundantes en las rocas clásticas del Miembro K, en la localidad del Rancho Pozo Nuevo, donde se observan abundantes horadaciones de posibles gusanos litófagos, cuya altura puede alcanzar hasta 30 cm y el diámetro entre uno y cinco centímetros, que han sido identificados como la traza fósil denominada *Skolithos*. A nivel mundial, Häntzschel (1962) los cita del Cámbrico–Ordovícico de Europa, América del Norte, Groenlandia y Tasmania. Por otra parte, Aceñolaza (1992, p. 108) informa sobre la presencia de numerosos ejemplares de *Skolithos* en niveles de cuarcita y arenisca calcárea, en localidades ordovícicas de Argentina, Brasil y Paraguay.

Los gasterópodos se encuentran abundantemente representados en las calizas de los Miembros J y K, tanto en las localidades del Rancho Pozo Nuevo como en la del Rancho Las Norias (Figuras 5 y 6). Se han identificado los géneros *Lecanospira* y *Maclurites*. Knight et al. (1960, p. I188, I189) citan la presencia de *Lecanospira* en el Ordovícico de Texas y Australia y la de *Maclurites* en el Ordovícico de la Formación Sustenes, expuesta en la parte central del Estado de Chihuahua.

Los géneros de braquiópodos corresponden a *Orthidiella*, *Aporthophyla*, *Anomalorthis* y *Hesperonomia* (Ulrich y Cooper, 1936; Williams y Wright, 1965; Ross et al., 1991), citados del Ozarquiano de Canadá y del Ordovícico de la región noreste de Utah, en Estados Unidos. También Buitrón (1989, 1992) menciona la presencia de *Hesperonomia* en el Ordovícico de la parte central del estado de Chihuahua, y Benedetto (1994) describe a este género en las rocas arenigianas (Ordovícico Temprano) del Sistema Famatina, Argentina.

El nautiloideo *Coreanoceras* ha sido descrito del Ordovícico de Canadá y este de Asia; el género *Phragmosiphon* ha sido reportado en Canadá y Estados Unidos; y el género *Protocycloceras* también se ha reportado en Canadá (Teicher, 1964).

Los trilobites se identificaron con los géneros *Kainella* (Shimer y Shrock, 1944; Berg y Ross, 1959), *Trigonocerca* (Ross, 1951; Harrington et al., 1959); *Perissopliomera* (Ross, 1970, comunicación escrita; Fortey, 2001; Jell y Adrain, 2003) y *Ectenonotus* (Whittington, 1961; Almazán-Vázquez et al., 2000). Especies del género *Ectenonotus* fueron descritas por Whittington (1961) en Quebec, Newfoundland, Nevada y Nueva York; este mismo autor encontró afinidad entre las faunas de trilobites y braquiópodos de Nevada y Newfoundland. Vaccari (2003, p. 242) establece relaciones de parentesco entre el género *Ectenonotus* y *Benedettia*, éste último colectado en el Ordovícico de la Formación San Juan, Precordillera Argentina. Bordonaro (1989, p. 124) hizo la reconstrucción paleogeográfica, con base en la distribución perigondwánica de las faunas de *Kainella* y *Olenida-Ceratopyge* identificadas con la provincia Acado-Báltica o Atlántica y anota que la mayoría de los géneros de trilobites de América del Sur tienen afinidad con géneros de Europa, África y América del Norte; por lo que también guardan afinidad los géneros reportados en el presente trabajo de las localidades de los Ranchos Pozo Nuevo y Las Norias. En esta ocasión se cita por vez primera la presencia de los géneros de trilobites *Trigonocerca*, *Kainella* y *Perissopliomera* en rocas del Ordovícico de México. Los crinoideos únicamente pudieron ser identificados a nivel de clase debido a la mala conservación de los especímenes, los cuales están presentes en los horizontes calcáreos de los Miembros A y D formando numerosas columnas y placas aisladas.

Consideraciones cronoestratigráficas

Los diferentes géneros de trilobites, gasterópodos y braquiópodos mencionados anteriormente, son fósiles índice del Ordovícico. Así se tiene que los géneros de trilobites *Ectenonotus* (Raymond, 1920), *Kainella* (Walcott, 1925) y *Trigonocerca* (Ross, 1951) vivieron en los mares del Ordovícico Temprano. Entre los gasterópodos, *Lecanospira* es fósil índice del Ordovícico Temprano (Butts, 1926), mientras que *Maclurites* cubrió todo el Periodo Ordovícico (Lesueur, 1818). Otro grupo fósil importante identificado

en la zona de estudio son los braquiópodos, teniendo como géneros característicos *Orthidiella*, *Hesperonomia*, *Apothophyla* y *Anomalorthis*; de acuerdo con Ulrich y Cooper (1936), estos géneros son indicativos del Ordovícico Temprano.

Con base en las evidencias cronoestratigráficas mencionadas, el conjunto faunístico fósil presente a lo largo de la columna estratigráfica permite afirmar que las rocas que constituyen la Formación Pozo Nuevo fueron depositadas durante el Ordovícico Temprano.

Consideraciones paleosedimentarias

La serie litológica expuesta en el Rancho Pozo Nuevo y en el Rancho Las Norias, en el Estado de Sonora, refleja una sedimentación de plataforma continental, ubicada marginalmente en la porción suroeste del cratón de Norteamérica y caracterizada por la frecuente presencia de estructuras de actividad orgánica que generó patrones de diferentes tipos de icnofósiles, huellas de oleaje con amplitud de crestas variadas, brechas intraformacionales que podrían reflejar ambientes subaéreos o flujos de detritos subacuáticos marinos y estructuras de estratificación cruzada, que indican un transporte de carga de fondo. La diversidad y abundancia de organismos marinos encontrados, así como la abundancia de calizas y areniscas de cuarzo permite proponer el modelo de un ambiente paleosedimentario de plataforma marina, de aguas someras, durante el Ordovícico Temprano en el Estado de Sonora.

CONCLUSIONES

El estudio litoestratigráfico y el contenido de fósiles de dos secuencias del Paleozoico Temprano en el centro de Sonora, México, permite desprender las conclusiones siguientes:

Una columna litológica de 2,490 m depositada durante el Ordovícico Temprano descansa concordantemente sobre rocas del Cámbrico, contacto observado en el área de estudio 1 (Figuras 2 y 3). Se propone elevar al rango de Formación Pozo Nuevo a la secuencia descrita que se caracteriza por un contenido fósil de braquiópodos, gasterópodos y trilobites; así como de crinoides, nautiloideos e icnofósiles en una menor proporción. Los tres primeros grupos presentan fósiles índice del Ordovícico Temprano. También se reportan por vez primera, para Sonora y México, la presencia de los trilobites de los géneros *Trigonocerca*, *Kainella* y *Perissoplomera* en rocas del Ordovícico Temprano. Esta fauna y su litología son características de ambientes de plataforma marina, de aguas cálidas, con un tirante de agua somera y posiblemente con ambientes subaéreos intermitentes. La Formación Pozo Nuevo es una unidad de referencia para el Ordovícico Temprano de la región central de Sonora.

REFERENCIAS

- Aceñolaza, F.G., 1992, El Sistema Ordovícico de Latinoamérica, en Gutiérrez-Marco, J.C., Saavedra, J., Rábano, I. (eds.), Paleozoico Inferior de Ibero-América: España, Universidad de Extremadura, UNESCO, IGCP, proyectos 249, 270, 271 y 277, 85-118.
- Almazán-Vázquez, E., 1989, El Cámbrico-Ordovícico de Arivechi, en la región centro-oriental del Estado de Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, 8(1), 58-66.
- Almazán-Vázquez, E., Vega-Granillo, R., Buitrón-Sánchez, B.E., 2000, Un trilobite del Ordovícico Temprano, *Ectenonotus westoni* (Billings), del Rancho Las Norias, en la región central del Estado de Sonora, México (resumen), en Segunda Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra: GEOS, 20(3), p. 298.
- Ávila-Angulo, R., 1987, Consideraciones geológicas y estratigráficas de la porción NW de Hermosillo: México: Hermosillo, Son., Universidad de Sonora, Departamento de Geología, tesis de licenciatura, 78 p.
- Bartolini, C., Stewart, J.H., Carter, C., Murchey, B.L., Reptski, J.E., 1989, Stratigraphy of Paleozoic eugeoclinal strata in Sierra El Aliso, central Sonora, Mexico: Universidad de Sonora, Departamento de Geología. Boletín 6(1,2), 11-21.
- Benedetto, J.L., 1994, Braquiópodos ordovícicos (Arenigiano) de la Formación Suri en la región del Río Chaschuil, Sistema Famatina, Argentina: Ameghiniana, 40(2), 239-248.
- Berg, R.R., Ross, R.J. Jr., 1959, Trilobites from the Peerless and Manitou Formations, Colorado: Journal of Paleontology, 33(1), 106-119.
- Bordonaro, O., 1989, Biogeografía y evolución gondwánica durante el Paleozoico Inferior en América Latina, en Eventos del Paleozoico Inferior en Latinoamérica: Tucumán, Argentina, Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales, Instituto Miguel Lillo, Correlación Geológica, 5, 109-130.
- Buitrón, B.E., 1989, El Paleozoico Inferior de México, en Eventos del Paleozoico Inferior en Latinoamérica: Tucumán, Argentina, Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales, Instituto Miguel Lillo, Correlación Geológica, 5, 131-136.
- Buitrón, B.E., 1992, Las rocas sedimentarias marinas del Paleozoico Inferior de México y su contenido biótico, en Gutiérrez-Marco, J.C., Saavedra, J., Rábano, I. (eds.), Paleozoico Inferior de Ibero-América: España, Universidad de Extremadura, UNESCO, IGCP, Proyectos 249, 270, 271 y 277, 193-201.
- Butts, C., 1926, The Paleozoic rocks, en Adams, G.I., Butts, C., Stephenson, L.W., Cooke, C.W., Geology of Alabama: Tuscaloosa, Alabama Geological Survey, Special Report, 14, 40-230.
- Fortey, R.A., 2001, Trilobite systematics; the last 75 years: Journal of Paleontology, 75(6), 1141-1151.
- Franco-Vega, O., Mendoza Madera, A.C., Aguilar, R., Almazán-Vázquez, E., 2000, Formación Pozo Nuevo, una secuencia bioestratigráfica de plataforma del Ordovícico Temprano en la región central de Sonora (resumen), en Segunda Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra: GEOS, 20(3), p. 152.
- Häntzschel, W., 1962, Trace fossils and problematica, en Moore, R.C. (ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, Part W, Miscellanea: Geological Society of America, University of Kansas Press, W177-W245.
- Harrington, H.J., Henningsmoen, G., Howell, B.F., Jaanusson, V., Lochman-Balk, C., Poulsen, C., Rasetti, F., Richter, E., Richter, R., Schmidt, H., Sdzuy, K., Struve, W., Tripp, R., Weller, J. M., Whittington, H.B., 1959, en Moore, R.C. (ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, Part I, Arthropoda: Geological Society of America, University of Kansas Press, O170-539.
- Jell, P.A., Adrain, J.M., 2003, Available generic names for trilobites: Memoirs of the Queensland Museum 48(2), 331-553.
- Knight, J.B., Cox, L.R., Keen, A.M., Batten, R.L., Yochelson, E.L., Robertson, R., 1960, Systematic descriptions [*Archaogastropoda*], en Moore, R.C. (ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, Part I, Mollusca: Geological Society of America, University of Kansas Press, I169-I351.

- Lesueur, C.A., 1818, Observations on a new genus of fossil shells: Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 1, 310-313.
- Montes-Pesqueira, M., Campillo-Corrales, A.I., 1983, Geología del Yacimiento de Barita de Cobachi, Sonora. México: Hermosillo, Son., Universidad de Sonora, Departamento de Geología, tesis de licenciatura, 131 p.
- Noll, J.H., 1981, Geology of the Picacho Colorado area, northern Sierra de Cobachi, central Sonora, México: Flagstaff, Arizona, Northern Arizona University, tesis de maestría, 169 p.
- Ochoa-Granillo, J.A., Sosa-León, J.P., 1993, Geología y estratigrafía de la Sierra Agua Verde con énfasis en el Paleozoico: Hermosillo, Son., Universidad de Sonora, Departamento de Geología, tesis, 59 p.
- Peiffer-Rangin, F., Echávarri-Pérez, A., Salas-Piza, G., Rangin, C., 1980, Sur le présence de l'Ordovicien supérieur à graptolites dans le nord-ouest du Mexique: Paris, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série D, 290, 13-16.
- Raymond, P. E., 1920, The appendages, anatomy, and relationships of trilobites: New Haven, Memoirs of the Connecticut Academy of Arts and Sciences, 7, 169 p.
- Ross, R.J. Jr., 1951, Stratigraphy of the Garden City Formation in northeastern Utah, and its trilobite faunas: New Haven, Yale University, Peabody Museum Natural History, Bulletin, 6, 161 p., 36 pl.
- Ross, R.J. Jr., James, N.P., Hintze, L.F., Ketner, K.B., 1991, Early middle Ordovician (Whiterockian) paleogeography of basin ranges (resumen): American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, 75(2), p. 378.
- Shimer, H.W., Shrock, R.R., 1944, Index Fossils of North America: Cambridge, The Massachusetts Institute of Technology Press, 837 p.
- Stewart, J.H., Ketner, K.B., Amaya-Martínez, R., 1988, Preliminary studies of Cambrian and Ordovician rocks near Sierra Lopez, Sonora, Mexico, *en* Segundo Simposio sobre Geología y Minería de Sonora, Excursiones de Campo: Hermosillo, Sonora, Departamento de Geología de la Universidad de Sonora; Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A. C., Distrito Sonora; Dirección General de Fomento Minero del Gobierno del Estado de Sonora; Instituto de Geología y Estación Regional Noroeste de la Universidad Nacional Autónoma de México, 1-10.
- Teicher, C., 1964, Endoceratoidea, *en* Moore, R.C. (ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, Part 3, Mollusca: Geological Society of America, University of Kansas Press, K160-K216.
- Ulrich, E.O., Cooper, G.A., 1936, New genera and species of Ozarkian and Canadian brachiopods: Journal of Paleontology, 10(7), 616-631.
- Vaccari, N.E., 2003, Trilobites de la Formación San Juan, Precordillera Argentina; Pliomeridae Raymond, 1913: Ameghiniana, 40(2), 239-248.
- Vega-Granillo, R., Araux, E., 1987, Estratigrafía del Paleozoico en el área del Rancho Las Norias, Sonora central: Universidad de Sonora, Departamento de Geología, Boletín, 4(1-2), 616-631.
- Walcott, C.D., 1925, Cambrian Geology and Paleontology, V, No. 3, Cambrian and Ozarkian trilobites: Smithsonian Miscellaneous Collections, 75(3), 59-146.
- Whittington, H.B., 1961, Middle Ordovician Pliomeridae (Trilobita) from Nevada, New York, Quebec, Newfoundland: Journal of Paleontology, 35(5), 911-922.
- Williams, A., Wright, A.D., 1965, Orthida, *en* Moore, R.C. (ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda: Geological Society of America, University of Kansas Press, H299-H361.

Manuscrito recibido: Mayo 7, 2005

Manuscrito corregido recibido: Noviembre 26, 2005

Manuscrito aceptado: Diciembre 13, 2005