

NUEVA VISIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y ESTRATIGRÁFICA DEL PALEOZOICO INFERIOR EN FLANCO SUR DE LOS ANDES VENEZOLANOS.

NEW SEDIMENTOLOGICAL AND STRATIGRAPHICAL VISION OF THE LOWER PALEOZOIC IN THE SOUTHERN FLANK OF THE VENEZUELAN ANDES.

J. C. Laya¹, R. Pérez², P. Viscarret³

Recibido: 9-6-08; Aprobado: 18-7-08.

RESUMEN

La secuencia sedimentaria del Paleozoico Inferior aflora en el Flanco sur de Los Andes, y ha sido descrita como formaciones Caparo y El Horno ubicadas en la zona sur del río Caparo en el estado Barinas. En el estudio de estas formaciones se realizó una caracterización estratigráfica y sedimentológica de los depósitos. Se estudiaron afloramientos, se analizaron 84 secciones finas y los resultados de difracción de rayos X en roca total y arcillas, con el propósito de la caracterización de facies. Los resultados permitieron determinar que el ambiente sedimentario es marino nerítico a plataforma externa. En modelo secuencial se pueden enunciar 4 sistemas escadenados bien representados, el primero que corresponde al intervalo A y representa un (HST) terminando en un (SB) por debajo de los conglomerados del tope del Intervalo A, que corresponde al (LST), luego (TST) evidenciado por el intervalo B que finaliza en MFS, que sirve de base para el último (HST), equivalente al intervalo C para cerrar la secuencia.

Se interpreta una sola unidad litostratigráfica representativa del Paleozoico Inferior, denominada Formación Caparo, con una sedimentación continua desde el Ordovícico (Caradociense?) hasta el Silúrico (Ludloviense?), edades determinadas a partir de análisis bioestratigráficos de macrofósiles. Palabras Clave: Formación Caparo, Formación El Horno, Estratigrafía, Ordovícico, Paleocambiente, Paleozoico Inferior, Silúrico.

ABSTRACT

The Lower Paleozoic sequence of sedimentary outcrops in southern flank of the Andes, and has been described as Caparo and El Horno Formations located on the south side of the Caparo River in Barinas State. In the study of these formations a stratigraphic and sedimentological characterization of the deposits was made. Outcrops were studied, 84 thin sections and the results of X-ray diffraction in total rock and clay were analyzed, with the aim of facies characterization. The results revealed that the sedimentary environment is neritic marine to external platform. In the sequential model 4 well represented chained systems can be found, the first one corresponds to the A interval and represents a (HST) finishing in (SB) below the conglomerates at the ceiling of the A interval, which corresponds to (LST), then (TST) evidenced by the B interval ending in MFS, which serves as a basis for the last (HST), equivalent to C interval to finish the sequence. Only one representative lithostratigraphic unit of the Lower Paleozoic is interpreted, called Caparo Formation, with a continuous sedimentation from the Ordovician (Caradocian?) until the Silurian (Ludlovian?), with age determination based on macrofossil biostratigraphic analysis.

Key words: Caparo Formation, lower Paleozoic, Ordovician, paleoenvironment, sedimentology, Silurian, stratigraphy.

INTRODUCCIÓN

El ciclo Paleozoico Inferior en Venezuela se inicia en el Cámbrico con las formaciones Hato Viejo y Carrizal, en el subsuelo de la Cuenca Oriental de Venezuela, en las áreas de Zuata y Machete Actualmente Junín y Boyacá, mientras que el Ordovícico ha sido reconocido en el Macizo de El Baúl, en el estado Cojedes, representado por el Grupo El Barbasco (formaciones Mireles, Cerrajón y Cañaote). En el Flanco Surandino este ciclo está constituido por las formaciones Caparo y El Horno, de edades Ordovícico y Silúrico, respectivamente. Estas formaciones son el objeto de estudio de este trabajo y afloran al sur del río Caparo en las adyacencias de la población de Santa Bárbara de Barinas, municipio Ezequiel Zamora, estado Barinas, Venezuela (Figura 1).

La geología de superficie proporcionó información para la reconstrucción, de modelos paleogeográficos del Paleozoico inferior en la región, a partir de la recolección de datos bioestratigráficos que contribuyeron tanto a las referencias cronoestratigráficas como paleoambientales de las unidades y sedimentológicas que le proporcionaron los elementos que conforman las conclusiones de esta investigación.

¹Ing° Geol°, Grupo de Investigación de Ciencias de la Tierra "Tierra", Universidad de Los Andes, e-mail: jayajc@ula.ve

²Ing° Geol°, Grupo de Investigación de Ciencias de la Tierra "Tierra", Universidad de Los Andes, e-mail: robertperezchacon@hoymail.com

³Ing° Geol°, Dr. Grupo de Investigación de Ciencias de la Tierra "Tierra", Universidad de Los Andes, e-mail: yviscarret@ula.ve

ANTECEDENTES

El nombre de la serie Caparo-Bella Vista originalmente Caparo-Bella Vista, publicada por Christ (1927) fue utilizada para describir una secuencia sedimentaria y metamórfica al sur del río Caparo al cual asignó una edad de Paleozoico Inferior. Posteriormente Künding (1938) la divide en dos unidades, una llamada Caparo y otra Bella Vista para designar una serie sedimentaria y otra, metamórfica, respectivamente. Después Leith (1938) en Laya & Pérez (2001) identificó fósiles hallados por Terry (en Schuchert, 1935) que los describió en la localidad tipo que definitivamente establecieron una edad Ordovícica para la secuencia sedimentaria. Leith (1938) en (Laya & Pérez, 2001) identificó el *Dicranograptus caparoensis* y *Cryptolithus terryi* que determinaron una edad de Ordovícico Medio. González de Juana, et al. (1980) modificó el rango de la unidad a formación Caparo y suministró la primera descripción adecuada. Pierce (1960) separó estas capas de la Formación Caparo, denominándola Formación Remolino, nombre que fue posteriormente rechazado.

En 1964 las compañías Shell y Creole extendieron la Formación Caparo a toda la secuencia Ordovícico-Silúrico, registrando un espesor de 1670 metros. Shagam (1968) se refiere a una unidad en el mismo sentido que las Compañías anteriormente mencionadas. En el mismo año 1968 Martín C., postula que la sección silúrica ha sido separada con el nombre de Formación El Homo según informe inédito realizado por Arnold para la Compañía Shell que designa rocas sedimentarias de edad Silúrica medio a inferior expuestas en la Quebrada El Hornó en las adyacencias del Paso Caparo, estado Barinas. En la segunda edición del Léxico Estratigráfico de Venezuela (1970) se restringe la Formación Caparo al intervalo Ordovícico. Luego en 1972, Boucot et al. (1972) hacen una recopilación de 5 faunas de braquiópodos silúricos de la región del río Caparo, específicamente

en los caños: El Cambur, El Arco, El Oso, El Homo; asimismo en el río Suripá, que indican una buena representación de edades desde el Llandoveryano, Ludloviano y Wenlockiano, del Silúrico.

Fierro (1977), hace referencia a la secuencia representada por conglomerados, areniscas, lutitas graptolíticas interestratificadas con abundante fauna del Ordovícico al Silúrico que incluye dentro del Grupo Caparo. Benedetto y Ramírez, (1982) postulan relaciones de las secuencias sedimentarias Precámbrico-Paleozoicas del norte de Sudamérica con el norte de África y relacionan la secuencia del Ordovícico Caradociano de la Formación Caparo en la zona del Antiatlás en África con el Grupo Klauua que es transgresivo también del Caradociano inferior; posee una fauna similar a la de la Formación Caparo, además propone dos columnas estratigráficas, una de la zona del Paso Caparo y otra de la Quebrada Cordero. Estos autores también proponen el concepto de que ambas masas continentales estuvieron unidas durante el Precámbrico Paleozoico y también sugieren el desarrollo de eventos tectonoestratigráficos similares por lo menos durante el Paleozoico temprano y posiblemente también para el Precámbrico tardío.

Laya & Pérez (2001), realizaron estudios de superficie generando nuevos datos, y proponiendo nuevas interpretaciones que se comparten en este trabajo, como la interpretación de una sola unidad litoestratigráfica llamada Fm. Caparo para este volumen de roca, sin embargo no se comparte ambiente sedimentario, donde estos autores muestran una balmeiría más profunda.

METODOLOGÍA

Para la elaboración de este proyecto se realizó un estudio geológico utilizando técnicas convencionales de geología de superficie, donde se levantaron columnas estratigráficas de 18 secciones simples, para luego completar las columnas compuestas del área. La toma de muestras se hizo al

momento de observarse cambios de facies importantes. Dependiendo del tipo de muestra se realizaron análisis petrográficos, difracción de rayos X, los cuales sirvieron para determinar la interpretación paleoambiental, mientras que la recolección de muestras fósiles fue útil para dataciones cronológicas y paleoambientales.

RESULTADOS**Descripciones litológicas generales**

Para realizar la descripción se separó la secuencia en tres intervalos, aunque la litología ocurre muy variable y heterogénea, pero se presentan pequeñas diferencias entre cada uno y se describen como litología predominante para cada uno, comenzando por secuencia de rocas, tiene un espesor de 700 m, aproximadamente y corresponde al intervalo inferior A (Figura 2). En su parte inferior se observan areniscas de grano fino masivas (Figura 1), algunas veces calcáreas con tonalidades grises que meteorizan a pardo y naranja, intercaladas con limolitas arcillosas grises meteorizadas, finamente laminadas eventualmente fosilíferas, sobre ésta se encuentran unas calizas de poco espesor (Figura 2) y limolitas. En su parte media destacan areniscas masivas de grano fino a medio infrayacentes a unas calizas masivas muy fosilíferas y algunas limolitas, posteriormente se presentan capas potentes de areniscas gruesas conglomeráticas con granos angulosos mal escogidos y matriz arcillosa masivas, intercaladas con conglomerados y limolitas arcillosas con abundantes restos fósiles, algunas areniscas de grano fino.

Este paquete se divide en dos secuencias del Ordovícico y Silúrico con un espesor aproximado de 900 m y corresponde al intervalo medio. La secuencia ordovícica presenta en su mayoría lutitas y limolitas arcillosas grises tanto silíceas como calcáreas con nódulos y fósiles (Figura 3), observándose las últimas en el tope de la secuencia ordovícica?, también se presentan algunas areniscas de

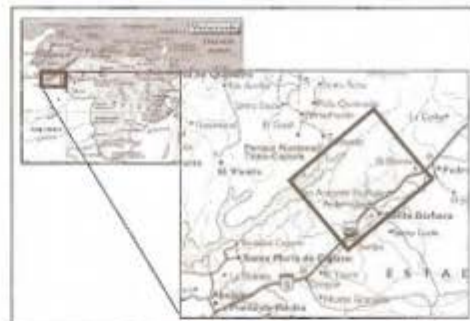


Figura 1. Ubicación del Área de estudio en el Flanco Sur de Los Andes de Venezuela (modificado de Popic, 2005).

grano grueso generalmente masivas y esporádicamente laminadas.

La secuencia silúrica se inicia con lutitas calcáreas o margas grises fosilíferas y lutitas silíceas intercaladas con pequeños horizontes de areniscas de grano fino a grueso; sobre ésta se encuentra una delgada capa de caliza con fragmentos de fósiles, mientras que hacia la parte superior de este Intervalo B continúan las lutitas silíceas grises fosilíferas con intercalaciones de areniscas de grano fino.

El intervalo superior C tiene un espesor aproximado de 1.100 m que corresponde, en su parte basal, con areniscas de granos gruesos angulosos a subangulosos y mal escogidos (Figura 4), además conglomerados intercalados con limolitas grises fosilíferas y escasos horizontes calcáreos, también presentan algunas areniscas de grano fino subangulosos y escogimiento moderado. En su parte media existen areniscas de grano grueso a medio de tonalidades grises con estratificación cruzada planar y algunas masivas e intercaladas con limolitas silíceas laminadas paralelamente. La parte superior de este intervalo comienza con intercalaciones de areniscas de grano fino y limolitas y sobre estas capas se encuentran limolitas finamente laminadas silíceas y se repletan las intercalaciones hacia arriba de la secuencia. Hacia el tope del intervalo predominan las capas potentes de areniscas de granos finos, masivos, pardos y amarillentos, con escasos paquetes de areniscas gruesas y limolitas grises.



Figura 2. Columna generalizada sin escala de la Fm. Caparo para el Flanco Sur de Los Andes.



Figura 3. A. *Platystrophia* cf. *P. extensa*. Muestra CH222-M102 y B. *Dicranograptus caparoensis*. Muestra CH98-M36 (Laya & Pérez, 2001).

Bioestratigrafía

El estudio paleontológico (macrofósiles) se realizó tomando en consideración criterios taxonómicos. Los fósiles se encuentran mayormente en limolitas arcillosas, lutitas limosas y en areniscas de grano fino, bien sea como fósiles individuales o concentrados en capas fosilíferas.

Las muestras estudiadas presentan, en su mayoría, fósiles completos con buen estado de preservación, pertenecientes a los phylums: *Brachiopoda*, *Estomochordata* (graptolites), *Porifera* (esponja), *Artrópodos* (trilobites), *cystoidea* (*Equinodermos*), *Cnidarios* (corales), entre otros. Sin embargo en algunas muestras sólo se presentaban restos fósiles, cuya identificación era difícil e inexacta. Según el CVET (1997) la secuencia sedimentaria del Paleozoico inferior aflorante al sur del río Caparo, Flanco Surandino, pertenece a dos unidades formacionales, denominadas Formación Caparo y Formación El Horno. En estas dos formaciones fueron identificados una serie de fósiles representativos de edad Ordovícica y Silúrica, respectivamente. Entre las faunas recolectadas por diferentes autores entre los años 1920 y 1980 en diferentes localidades fosilíferas en esta área, destacan:

Para el Ordovícico han sido citados braquiópodos: *Schizopharella*, *Lepidocyclus*, *Zygospira*, graptolites: *Dicanograptus nicholsoni*, *Dicanograptus caparoensis*, *Climacograptus patifera*, *Orthograptus sp.*, *Glyptograptus cf. teretiusculus*, *Amphigraptus cf. A. divergens*, trilobites: *Dalmanella sp.*, *Glyptotis sp.*, *Onniella sp.*, *Platystrophia cf. P. Extensa*, *Bicusplina sp.*, *Onnia terryi*, *Flexicalimene sp.* Estos fósiles son representativos del Ordovícico, específicamente del Caradociense según Leith (1935) en Benedetto y Sánchez (1979).

En esta sección se observó una serie de especímenes que fueron útiles para la interpretación del ambiente de sedimentación a partir de sus características paleoecológicas, como los Hexactinélidos, que

indican ambiente marino, próximo costero; los braquiópodos que sugiere un ambiente marino nerítico de aguas tranquilas, y además se observaron graptolites como *Dicanograptus nicholsoni*, *Dicanograptus caparoensis*, *Flexicalimene sp.* de ambiente marino nerítico externo, así como *Platystrophia cf. P. extensa*. (Figuras 3A y 3B). En otro de los especímenes que se presentan con ambientes similares incluso se observaron briozoos y gasterópodos. Todos estos elementos fósiles fueron concluyentes para toda la secuencia pero pocos precisos en la evolución vertical.

Para el Silúrico se identificaron los siguientes braquiópodos: *Meiodia subundata prima*, *Mendacella cf. M. uberis*, *Leptaena cf. L. valentia*, *Fardenia filistriata*, *Spigerina gaspensis*, *Eocoelia curtisi ziegler*, *Plectodonte sp.*, *Plectatrypa imbricata*, *Amphistrophia cf. A. funiculata*, *Shagamella ludloviensis*, *Cosiospira cf. safordi*, *Isorthis cf. mackenzii*. Estos fósiles son indicativos del Silúrico, Llandoveryense Ludloviense.

Interpretación de ambientes y análisis secuencial

Las asociaciones de facies de la secuencia sedimentaria del Paleozoico inferior está representada en 3 intervalos mayores que representan 4 sistemas encadenados; el intervalo inferior A corresponde a un ambiente nerítico externo con variaciones de energía de baja a moderada, en donde existían desarrollos delgados de calizas mudstone y rudstone depositadas en cortos períodos de tiempo representando el sistema encadenado de alto nivel HST. Luego la secuencia presenta un engrosamiento hacia el tope indicando una regresión producto de la reactivación tectónica de la cuenca, depositando abruptamente sedimentos muy gruesos tipos guijarros y guijones pertenecientes principalmente a rocas metamórficas e ígneas y en menor proporción a rocas sedimentarias, estos depósitos significarían la presencia del LST o sistema de bajo nivel, y en su base un límite de secuencia SB,

como se muestra en la figura 4.

El intervalo medio muestra una sucesión de facies transgresivas (TST) que llegan a la máxima profundización de la cuenca (MFS), donde se interpretan ambientes marinos, tipo nerítico muy externo como se señala con el sombreado sobre el bloque esquemático de la figura 4. También se presentan algunos depósitos de la parte superior del talud con influencia de movimientos de masas sin evidencia clara. Las condiciones que prevalecen en este ambiente son propicias para depositación y preservación de materia orgánica. El intervalo superior caracteriza un ambiente nerítico interno, próximo costero progradante, además de facies carbonáticas delgadas y en el tope influencias de mareas y tormentas, así como también de procesos sedimentarios litorales con fluctuaciones de niveles de energía que algunas veces se presentan en forma cíclica, haciéndose hacia la parte superior más arenoso, representando los sistemas de alto nivel (HST) de la siguiente secuencia (Figura 5). Alloestratigráficamente las secuencias mostradas se ajustan muy bien al modelo descrito en los párrafos anteriores, donde las superficies cronológicas muestran esta evolución, sin embargo, litoestratigráficamente no se observan diferencias significativas en todo este volumen de roca, como se muestra en la figura 6, soportando la idea de una sola unidad litoestratigráfica para todo este intervalo.

CONCLUSIONES

En general el ambiente de sedimentación de la Formación Caparo es marino y se puede interpretar los dos primeros intervalos A y B como ambiente nerítico interno a externo con algunos depósitos carbonáticos esporádicos; mientras que el intervalo superior C se deposita en un ambiente nerítico interno a próximo costero con influencia de mareas y tormentas. La fuente de sedimentos que conforman la secuencia sedimentaria proviene principalmente de rocas ígneas y metamórficas y en menor proporción de rocas sedimentarias.

A partir del análisis bioestratigráfico de grupos faunales como graptolites *Dicanograptus caparoensis*, *Dicanograptus nicholsoni*, *Diplograptus*; trilobites: *Platystrophia cf. extensa*, *Flexicalimene sp.*, *Dalmanella sp.*, *Onnia terryi*; Braquiópodos: *Rasereia sp.*, *Meiodia subundata prima*, *Leptaena valentia*, *Amphistrophia cf. A. funiculata*, *Isorthis cf. mackenzii*, *Eocoelia curtisi ziegler*, *Fardenia filistriata*. Estos fósiles sugieren una edad para la Formación Caparo Ordovícica (Caradociense?) a Silúrica (Ludloviense).

En el modelo secuencial se pueden encontrar 4 sistemas encadenados bien representados: el primero que corresponde al intervalo A y representa un Sistema de Alto Nivel (HST) que termina en un límite de secuencia (SB) por debajo de los conglomerados del tope del Intervalo A, el cual correspondería al LST o sistema de bajo nivel, luego un sistema encadenado Transgresivo (TST) evidenciado por el intervalo B que finaliza en MFS o superficie de máxima inundación, que sirve de base para el último HST equivalente al intervalo C para cerrar la secuencia.

En el trabajo realizado en las secciones no se evidenciaron diferencias litoestratigráficas entre las formaciones Caparo (CVET, 1997) y El Horno (CVET, 1997), además de pertenecer al mismo evento sedimentario, por lo tanto se propone el uso de una sola unidad litoestratigráfica denominada Formación Caparo, de edad Ordovícica (Caradociense?) a Silúrica (Ludloviense?) eliminando la Formación El Horno como unidad formal ya que no cumple con los requisitos mínimos para serlo, además las características litoestratigráficas no permiten diferenciar en campo las dos unidades, mientras que la ausencia de macrofósiles característicos en ambas unidades que se presenta en el 90% de los estratos levantados, hace del contenido fósil un criterio ineficiente para distinguir ambas unidades en campo.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestros agradecimientos al equipo de trabajo de la extinta Gerencia de Visión País VIPA, especialmente a la Dra. Xiomara Márquez, y al Dr. Felipe Audemard por el apoyo en la realización de esta investigación, además del Dr. Andrés Pilloud, Al Grupo de Investigaciones de Ciencias de la Tierra "Terra", por el apoyo en la realización de este trabajo. Al Ing. Rafael del Rosario, por la contribución a esta investigación.

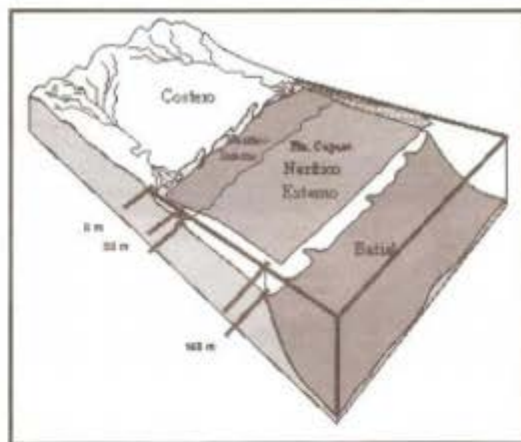


Figura 4. Ambiente de sedimentación propuesto para la Fm. Caparo.

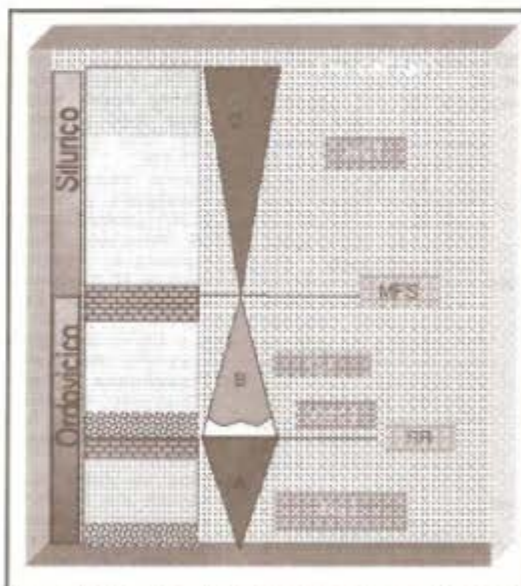


Figura 5. Modelo de estratigrafía secuencial propuesto para la Fm. Caparo.

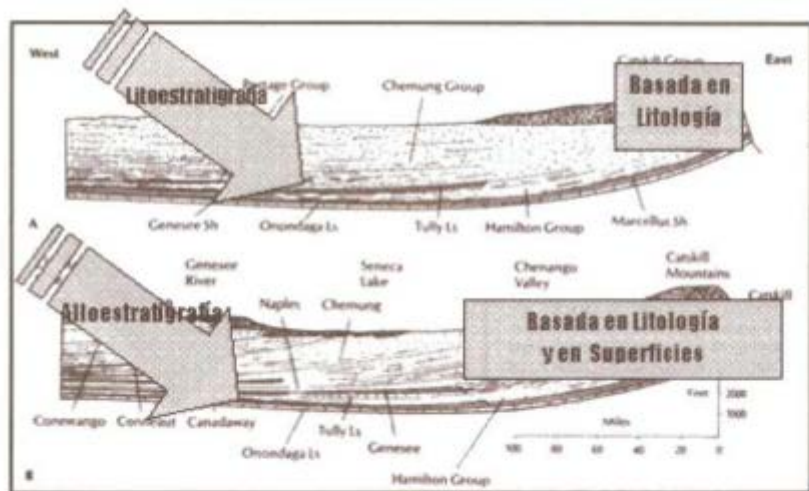


Figura 6. Relaciones entre litostratigrafía y alioestratigrafía propuesta. Modificado de Kendall (2007).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benedetto, G. y T. Sánchez (1979). Modelo desarrollado del Océano Proto-Atlántico en la región Norte de Sudamérica. Fourth Latin-American Geological Conference, Port-of-spain, Trinidad and Tobago.

Benedetto J. y Ramirez, E. (1982b). La Secuencia sedimentaria inferior Pericratónica del Extremo Norte de Sudamérica y sus Relaciones con las Cuenas del Norte de África. Quinto Congreso Latinoamericano de Geología, Argentina. Actas II-Pp 411-425.

Boicot, A. J.; Johnson, J.G.; Shagam, R. (1972). Braquilópodos Silúricos de Los Andes Meridionales de Venezuela. IV Congreso Geol. Venezolano. Tomo II., pag 585-728.

Christ, P. (1927). La Coupe Geologique le long du chemin de Mucuchachi a Santa Bárbara dans les Andes Venezueliennes, *Ecolg. Helv.* 20(3): 397-414.

Compañía Shell de Venezuela y

Croco Petroleum Corporation (1964). Paleozoic Rocks of Mérida Andes Venezuela, *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* Tulsa, v. 48(1): 70-84. 727-728.

Comisión Venezolana de Estratigrafía y Terminología (1997). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. Boletín de Geología, Publicación especial, Nº 12. Dirección de Geología. M.J. Editores Caracas Tomosylil.

Fierro, I. (1977). Geología de la Región de Barinas Mucuñuque - Pedraza. Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Boletín especial, Nº 3, Caracas: 1743 1763 p.

González de Juana, C., J.M. Iturralde y X. Picard, (1980). Geología de Venezuela y de sus Cuenas Petrolíferas. Ediciones Foninves, Caracas, Tomo II 1031 p.

Kendall, C. (2007). Lectures, Extraído el 15 de diciembre 2 0 0 7 . <http://strata.geol.sc.edu/Power-Point-Lectures/Seq-Strat-Lectures.html>

Künding (1938). Las Rocas Pre-Cretácicas de Los Andes Centrales de Venezuela, con

algunas observaciones sobre la tectónica, Vol. *Geología y Minería*, Caracas. (2), (2-4), 21-43.

Laya J. C.; Pérez, R. A. (2001). Estudio del Paleozoico inferior al Sur del río Caparo, Flanco Surandino. Tesis de Grado, Universidad de los Andes, Mérida, 2001.

Martin de Bellizzia, C. (1968). Edades isotópicas de rocas venezolanas. *Bol. Geol., Caracas*, 9(19): 356-380.

Ministerio de Energía y Minas (1970). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. Dirección de Geología. II Edición. Editores Caracas.

Pierce, C.R. (1960). Geología de la Cuenca de Barinas. Memoria, *Bol. Geología, Caracas*, Publicación Especial, Nº 1.

Popic M. (2005). Guía Vial de Venezuela. Miro Popic Editor, C.A. Caracas, Venezuela.

Schuchert, C. (1935). Historical geology of the Antillean Caribbean Region. (Letter of R.A. Terry to C. Schuchert). John Wiley & Son Inc. New York, 811 Pgs.

Shagam, R. (1968). Comentary on the Caparo Area. *A.V.G.A.P., Bol. Vol.* 11, 171-182.