

ACTUALIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA UBICADA ENTRE LOS SECTORES DE LAS CRUCES, JAJÍ Y EL JOQUE, ESTADO MÉRIDA.

Solano B. Luis A., Finol G. Ana T. y Alvarado Miguel¹

¹Escuela de Ingeniería Geológica de la Universidad de los Andes.

Teléfonos de contacto: 0412-0759075; 0424-7239181

atfg77@hotmail.com

lsolano87@gmail.com

Abstract

La cartografía geológica venezolana disponible al público en general, está basada casi completamente en los mapas geológicos elaborados por el Ministerio de Energía y Minas, entre 1970 y 1980; dicha cartografía es un material de referencia obligado para la elaboración de investigaciones geológicas de campo en Venezuela y es el resultado de un arduo trabajo de campo e interpretación geológica. Sin embargo, al realizar un trabajo geológico localizado, la escala de estos mapas no es idónea, debido a que se trata de una cartografía a escala regional. Esto se corroboró durante un trabajo de campo realizado en la zona ubicada entre los sectores de Las Cruces, Jají y El Joque, unos 13 Km. al NE de la ciudad de Mérida, en Venezuela, cuyo objetivo principal fue el de realizar la cartografía geológica de dicha área, para luego compararla con la información disponible previamente. Para ello, se llevó a cabo un levantamiento sedimentológico-paleontológico, que incluyó la elaboración de columnas sedimentarias simples y compuestas y análisis paleontológicos para determinar edades y paleoambientes. Así mismo, se realizaron cortes geológicos para estudiar el comportamiento estructural de la sección, estableciendo la dirección de los esfuerzos principales y los rasgos estructurales mayores. Los resultados obtenidos fueron: la elaboración de columnas sedimentarias, sustentadas por información paleontológica detallada, destacando la predominancia de organismos planctónicos sobre bentónicos en las Formaciones Capacho y La Luna, evidenciando un paleoambiente anóxico con circulación restringida de aguas según los patrones sedimentológicos; la actualización de la cartografía geológica de la zona de estudio, dado que se encontró que al desplazarse desde El Joque hasta Las Cruces, en sentido NO-SE, la edad de las unidades formacionales se hace progresivamente más joven, desde el Cenomaniense hasta el Maestrichstiense; mientras que en los mapas preexistentes, la zona aparece cartografiada de manera inversa. Todo esto lleva a concluir que la información geológica general del área de estudio no es adecuada como base para estudios a escala local, y se propone darle la adecuada difusión a los resultados de esta investigación, para someterlos a comparación con futuras investigaciones en la misma zona.

Introducción

La presente investigación consiste en un estudio sedimentológico, estratigráfico y estructural de un área de aproximadamente 9 Km² ubicada entre los sectores de Las Cruces, El Joque, y la población de Jají, unos 13 Km al NO de la ciudad de Mérida, capital del estado homónimo, en el occidente de Venezuela, con la finalidad de proponer un modelo geológico para la zona, que incluya información estructural, sedimentológica, estratigráfica y, en última instancia, cartográfica. Finalmente, se realizó una comparación de los resultados obtenidos con información geológica y cartográfica preexistente

La investigación se ha dividido en tres etapas. La primera de ellas, la etapa previa al campo, incluye la recopilación de la información geológica disponible acerca de zona en estudio, así como la búsqueda de mapas topográficos y geológicos y fotografías aéreas. Una vez cumplidos todos estos aspectos, se procedió a la etapa de campo, la cual constituye la base del análisis de la investigación; esta incluyó la visita a la zona de estudio, para la observación y descripción de afloramientos de unidades litoestratigráficas, levantamiento de columnas sedimentarias, descripción y medición de estructuras geológicas, y toma de muestras de roca. Por último, se procedió a la etapa de laboratorio, la cual incluye lavados de lutitas para la observación e identificación de foraminíferos, observación y estudio de muestras de mano de roca caliza, descripción de rasgos estructurales e interpretación de la ubicación de los afloramientos de las unidades litoestratigráficas para la generación de un mapa geológico de la zona.

Planteamiento del problema

La cartografía geológica de Venezuela que se encuentra disponible al público en general, está basada casi completamente en los mapas geológico-estructurales elaborados por el Ministerio de Energía y Minas, en las décadas de los 70 y los 80; Esta cartografía constituye un material de referencia obligado para la elaboración de investigaciones geológicas de campo en Venezuela, y la confianza que se ha depositado en estos trabajos radica en que son resultado de un arduo trabajo de campo e interpretación geológica, el cual no se ha repetido en el país, al menos no a una escala tan significativa. Sin embargo, al realizar un trabajo o investigación a escala local, que de una u otra manera requiera la utilización de cartografía geológica de referencia, la escala de estos mapas se torna inadecuada, debido a que se trata de una cartografía a escala regional. Ciertas áreas relacionadas con el conocimiento geológico, como la geotecnia, la hidrogeología, entre otras, requieren de una cartografía geológica con una escala más detallada e igualmente confiable. Por todo lo expuesto, surge la necesidad de que instituciones académicas y gubernamentales se avoquen a desarrollar este aspecto de la geología que ha sido tan descuidado en Venezuela, haciendo públicos los resultados obtenidos.

Objetivos

Objetivo General:

- Actualizar la cartografía geológica del área comprendida entre los sectores Las Cruces y el Joque y la población de Jají, en el occidente de Venezuela.

Objetivos Específicos:

- Proponer un modelo geológico, estructural y sedimentológico para el área comprendida entre el sector Las Cruces, la población de Jají, el sector El Joque y la Población de Piedras Blancas, en el Municipio Campo Elías del Estado Mérida.
- Identificar patrones fotogeológicos a través de la observación de fotografías aéreas del área de estudio.
- A partir de un mapa geológico estructural, cortes geológicos y columnas estratigráficas propuestos por los autores, identificar e interpretar los patrones geológicos.
- Mediante la comparación de las conclusiones obtenidas, verificar la validez de la información geológica preexistente
- Proponer las correcciones y actualizaciones geológicas pertinentes.

Ubicación y características principales del área de estudio

La zona de estudio puede ser enmarcada aproximadamente entre los sectores Las Cruces y El Joque y las poblaciones de Jají y Piedras Blancas, lo que corresponde a las coordenadas UTM: N 947800 hasta 950500, y E 251500 hasta 948300, abarcando poco más de 9 Km² de superficie.

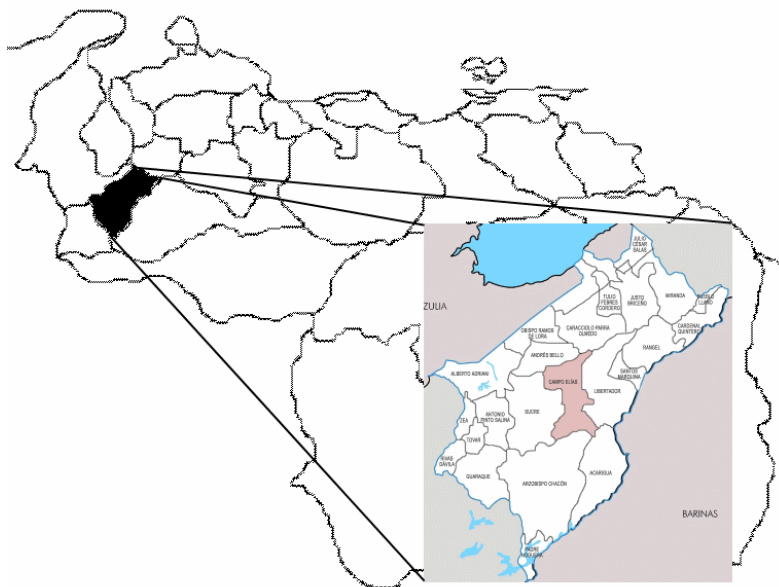


Figura 1: Ubicación del Estado Mérida en Venezuela, el cual aparece en la sección ampliada, donde se resalta la ubicación del Municipio Campo Elías, en el cual se llevó a cabo la investigación

Modificado de: <http://venezuelaparatodos.files.wordpress.com/2007/02/mapa-politico-edo-merida.jpg>

Se puede acceder a la zona de estudio por vía terrestre de distintas maneras, aunque principalmente se hace mediante la carretera que une a la ciudad de Mérida con Las Cruces, la cual conduce hasta la población de La Azulita. Así mismo, existe una vía alterna que comunica a Jají con San Juan de Lagunillas. Sin embargo, el estado de esta vía no es bueno, por lo que es usada con menos frecuencia.

Predomina un clima de montaña tropical, con temperaturas que pueden oscilar entre los 13 y los 23 °C, con una media de 18 °C. En cuanto a las precipitaciones, estas presentan dos regímenes muy bien diferenciados: el primero, de precipitación abundante, abarca desde Junio hasta Octubre, y el segundo, de sequía, entre Noviembre y Mayo.

En lo que respecta a la topografía y geomorfología de la zona, está influenciada por el corrimiento de Bolívar, que la atraviesa al sur de Las Cruces en sentido E – O, generando estructuras como la Loma del Rosario y la Loma del Carmen, así como fallas y plegamientos que serán estudiados con el detalle correspondiente en lo sucesivo.

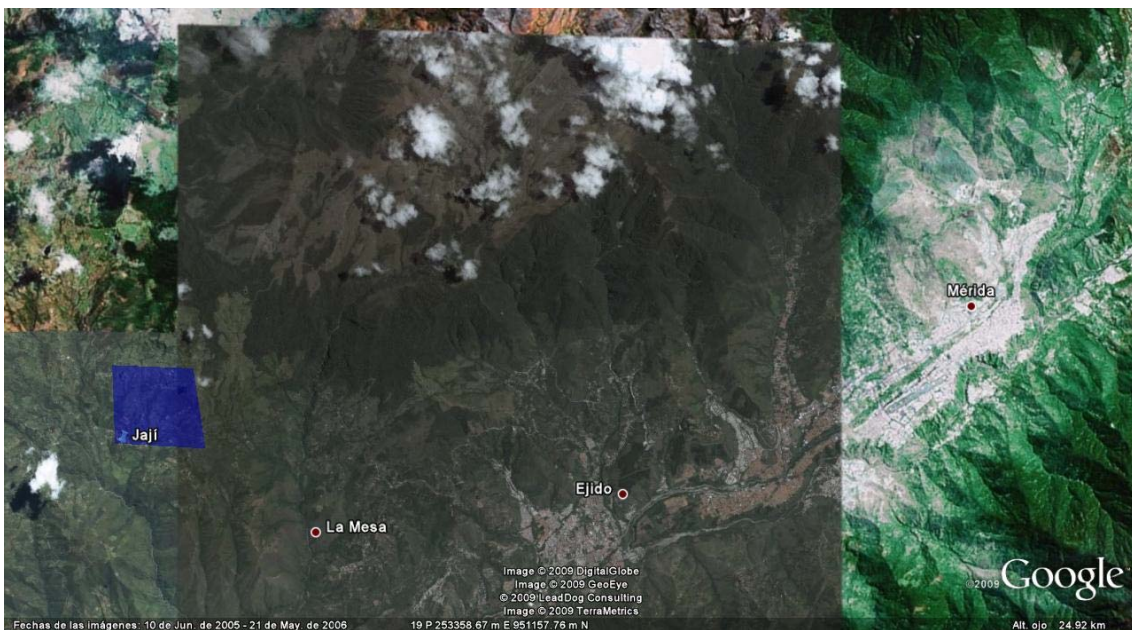


Figura 2: Ubicación relativa del área de estudio (sombreada en color azul), con relación a los centros poblados de Mérida y Ejido
Tomado de: Google Earth (2009).

Antecedentes a la investigación

La Marca (1993), en su trabajo “Origen y Evolución Geológica de la Cordillera de Mérida, Andes de Venezuela”, menciona las características geológicas más sobresalientes de la Cordillera de Mérida, y propone un modelo Paleogeográfico en el cual la Formación Capacho, Formación La Luna y Formación Colón, se depositaron en ambientes que alternaban entre aguas marinas plataformales de circulación restringida y ambientes transicionales, probablemente evaporíticos.

Sánchez D. y Sanz H. (1999), realizaron un estudio titulado “Geología de Superficie del Área Comprendida entre las Poblaciones de San Juan de Lagunillas Y Jají, Municipio Sucre y Campo Elías, Edo. Mérida”, donde se hace mención de los análisis paleontológicos tomados de las diversas muestras de lutitas, información a partir de la cual se asigna la unidad formacional a la que pertenece cada afloramiento estudiado y se identificaron facies a partir de dicha observación.

Ceballos E., Linares J., Mazuera F., Perdomo C., Rosales H., Vivas J. (2000), realizaron un trabajo de campo titulado “Estudio Geológico de Superficie de la zona comprendida entre la hacienda Las Mesas, Las Cruces y sus alrededores, La Azulita Edo Mérida”, llegando a proponer un modelo sedimentológico basado en la depositación de unidades formacionales en ambientes marinos y marino-transicionales, y un modelo estructural en el cual domina un sistema de vergencia en sentido SE-NO.

Agüero L., Arends A., Del Rosario R., Higuera N., Monzón L. (2001), en su trabajo “Estudio Geológico- Estructural, Sector: Jají- Las Cruces”, proponen un modelo geológico para la misma zona estudiada en esta investigación, destacando la propuesta de un mapa geológico cuya información no presenta ninguna diferencia significativa con respecto al mapa geológico a escala 1:25000 realizado por el Ministerio de Energía y Minas.

Metodología

La metodología llevada a cabo para la elaboración del presente trabajo puede dividirse en tres grandes etapas, las cuales serán descritas a continuación:

Etapa Previa a las Salidas de Campo:

Contempló la revisión de las vías de acceso a la zona de estudio, revisión y análisis de la información preexistente que pudiese resultar de interés para la zona (fotointerpretación, análisis de mapas geológicos y topográficos, revisión de trabajos previos, haciendo énfasis en la metodología aplicada y los resultados obtenidos); en base a esto, se procedió a planificar las salidas de campo, las cuales estuvieron distribuidas en tres semanas continuas, así como los objetivos esperados para cada una de las mismas.

Etapa de Campo

Durante esta etapa el objetivo perseguido fue la recolección de información en el área de estudio. Dicha información se divide en tres renglones:

- Recolección de datos geológicos, como litología y ubicación de los afloramientos, orientación de las capas de roca, descripción y medición de los rasgos estructurales y sedimentológicos observados, así como de cualquier factor que pudiese ser utilizado para la interpretación de la geología local.
- Levantamiento de columnas sedimentarias correspondientes a los afloramientos descritos.
- Recolección de muestras de roca. Esto incluye muestras de mano de roca caliza, y muestras de lutitas disgregadas, para lavados (ver etapa posterior a la etapa de campo).

Etapa posterior a la etapa de campo:

Es la etapa donde se pone en práctica la aplicación del conocimiento y el criterio geológico de los autores para organizar y presentar adecuadamente toda la información. En primer lugar, se procedió a la elaboración de columnas estratigráficas compuestas basándose en las columnas sedimentarias simples, para lo cual se debe hacer un reconocimiento de las facies sedimentarias presentes según los criterios de clasificación de Wilson (1975), Flugel (1982) y Tucker y Wright (1990); así, según el patrón de apilamiento de la sedimentación, se establecieron ciclos, de los cuales debe discernirse su carácter granocreciente, granodecreciente.

Posteriormente se establecieron secuencias sedimentarias, las cuales estarán en función de cambios bruscos en la sedimentación o de superficies de erosión de quinto orden (Miall, 1984). En base a todo lo dicho anteriormente, se determinó el régimen al cual estuvo sometida el área de estudio al momento de la depositación.

Descripción de las muestras de mano

Las muestras de mano de roca recogidas fueron llevadas al Laboratorio de Rocas que está localizado en la Facultad de Ingeniería de la ULA, para proceder al corte de éstas, el cual fue hecho perpendicularmente a la base de la estratificación. La observación y descripción se realizó con la ayuda de una lupa petrológica con aumento de 10X, en las que se pudo determinar las siguientes características: proporción de granos con respecto a la micrita (lodo carbonático) y textura de la roca de acuerdo a la clasificación propuesta por Dunham (1962).

Lavado de lutitas y búsqueda e identificación de fósiles

Este proceso se realizó con la finalidad de determinar el contenido microfosilífero de las rocas, lo que puede emplearse para identificar unidades formacionales. La preparación de las lutitas se rige por la siguiente metodología:

- Se tritura la muestra de lutitas con la ayuda de una porra hasta que alcance un tamaño de grano máximo de 1 cm.
- Se sumergen las lutitas en solución acuosa de peróxido de hidrógeno. El tiempo de inmersión depende de la concentración de la solución. Para el presente trabajo, se ha empleado peróxido de hidrógeno al 3%, con un tiempo de inmersión de entre 60 y 72 horas.
- Cuando se cumpla el tiempo de inmersión, se debe preparar un juego de tamices, cuyas tallas de menor a mayor son 4, 10, 18, 30, 60, 80, 100, 120, 140, con una disposición tal que los tamices de menor talla estén en la parte superior. Dichos tamices deben ser sumergidos previamente en azul de metileno, para que cualquier fósil que haya quedado retenido en los tamices debido a lavados anteriores, quede coloreado y sea fácilmente descartado.
- Se vierte la muestra de lutitas en el juego de tamices, y se utiliza una banda de goma para frotar la roca contra el tamiz y lograr un mejor triturado. Esto se realiza de forma sucesiva para las tallas 4, 10, 18 y 30, desechando el material no pasante.
- Al llegar al tamiz de talla 60, se repite el mismo procedimiento, con la diferencia de que el material no pasante es almacenado en una cápsula de aluminio, y llevada a una estufa marca, para eliminar la humedad. Esto se repite para el resto de las tallas.
- Una vez secadas las muestras, se guardan en bolsas plásticas, identificándolas adecuadamente.
- Las muestras debidamente identificadas son llevadas a lupas paleontológicas, donde son observadas con la finalidad de identificar foraminíferos y otros elementos fósiles.

Elaboración de un Mapa Geológico Estructural y Cortes Geológicos:

La elaboración de un mapa geológico estructural de la zona de estudio requiere de la ubicación de los afloramientos de roca *in situ* estudiados (conocimiento de sus coordenadas), de su litología (es imprescindible conocer la unidad formacional a la que pertenece cada uno de los afloramientos), y de la orientación de sus capas, en caso de estar estratificadas. Además, se debe definir una escala para trabajar el mapa, dependiendo de la extensión del área de estudio, del nivel de detalle que se desee adquirir y de la densidad de información de campo de la que se disponga. Para el presente trabajo de campo, se ha acordado la utilización de una escala 1:10.000 para la elaboración del mapa.

En primer lugar, en un papel con un sistema de referencia previamente establecido, se deben marcar los puntos correspondientes a los afloramientos. Seguidamente, se debe

determinar cuáles zonas poseen contactos normales transicionales y cuáles no. Esto se logra mediante la aplicación del conocimiento de la columna estratigráfica generalizada de la zona de estudio. De esta manera, las zonas donde se respete el orden de dicha columna presentarán contactos normales. Es importante destacar que cuando dos unidades formacionales están en contacto normal transicional, la orientación de sus capas es la misma, o al menos, muy similar. Por lo tanto, es posible dibujar dichos contactos, con un alineamiento igual al promedio de las direcciones de rumbo involucradas.

Luego se debe trabajar con aquellas zonas que no respeten el orden formacional establecido en la columna estratigráfica, para darle una explicación geológica a esta situación. Debe discernirse de si se trata de una falla o de una discordancia. La evidencia inequívoca de la presencia de fallas la constituye la observación en campo de tectoglifos. Sin embargo, estos no son siempre observables, debido a procesos de meteorización. Cuando esto sucede, las fallas están marcadas por la omisión o repetición de unidades formacionales; en los casos de omisión, las zonas donde se observa el *salto de tiempo geológico* no suelen alcanzar una escala regional.

Por otro lado las discordancias son el producto de períodos de no depositación o de erosión de material preexistente durante un período de tiempo geológico determinado (Ragan, 1990). La extensión de una discordancia suele ser de carácter regional, por lo que la gran mayoría de ellas, sino todas, están muy bien documentadas en la bibliografía.

Luego, se debe indicar la orientación de las capas en todas las zonas del mapa. En aquellas zonas donde exista una muy alta densidad de información, se pueden mostrar promedios de las medidas tomadas. Las direcciones de buzamientos convergentes y divergentes evidencian las zonas de plegamiento y su orientación, algo que en ocasiones se ve reforzado por la observación directa de los plegamientos en campo. Posteriormente se deben marcar los drenes, las carreteras y las poblaciones. Por último, se agregan las leyendas con la información topográfica, toponímica y estratigráfica, identificación del mapa, escala numérica y gráfica, indicación de las direcciones del Norte Geográfico y el Magnético, y mapa general de ubicación.

Por último, se elaboraron cortes geológicos cuya alineación fue perpendicular a la estratificación, aportando así la mejor información posible sobre la vergencia de los esfuerzos, existencia de zonas de compresión y/o distensión y otros aspectos de importancia. Se hace necesario destacar que un corte solo adquiere el carácter geológico cuando sobre el mismo se vacía toda la información contenida en el mapa geológico, específicamente, orientación de las capas, litología en toda la longitud del corte, ubicación y carácter de las fallas, ubicación de los ejes de los pliegues, y espesor de las unidades aflorantes. Este último dato no se obtiene del mapa geológico, sino que se trata de datos teóricos contenidos en el *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. De otro modo se trataría de un simple corte topográfico, con interés geológico escaso o nulo.

Resultados y discusión

Una vez finalizado el mapa geológico propuesto en la presente investigación, destacan los siguientes aspectos:

- La existencia de zonas en las cuales se realizó un trabajo de campo bastante detallado, y que contó con la observación de una alta densidad de afloramientos, y en la cual los resultados obtenidos son similares a los presentados en el mapa geológico de INGEOMIN. Tal es el caso de la zona adyacente al sector de Las Cruces, donde los datos de unidades aflorantes, orientación de las capas y geología estructural no presentan mayores diferencias.
- La existencia de zonas que, al igual que las anteriores, fueron trabajadas en campo con un muy alto nivel de detalle, pero en las cuales, sin embargo, se obtuvieron resultados marcadamente diferentes con respecto al mapa de INGEOMIN. El ejemplo más resaltante de esta situación es el de la parte norte y noroeste del mapa geológico propuesto por los autores, donde existen dos importantes diferencias con el mapa base; en primer lugar, el mapa propuesto por los autores posee una descripción mucho más detallada de los plegamientos existentes en esa zona; por otro lado, la secuencia estratigráfica está planteada de formas opuestas, ya que en el mapa base se produce un “descenso estratigráfico” al recorrer la carretera Las Cruces-La Azulita, mientras que al hacer el mismo recorrido en el mapa propuesto en esta investigación, se obtiene un “ascenso estratigráfico”. Los autores fundamentan su propuesta en el trabajo de campo directo y de alto detalle realizado en la zona, y proponen este nuevo modelo como una posibilidad de actualización para los mapas preexistentes de la zona.

En cuanto a las columnas estratigráficas, estas aportan una enorme cantidad de información, la cual, para efectos de este resumen, será presentada de una manera sumamente breve. Dichas columnas son la evidencia inequívoca de que la secuencia litológica de la zona de estudio, fue depositada en un ambiente marino, de una profundidad de alrededor de 300 m, con circulación de aguas restringidas, con alternancia de períodos óxicos y anóxicos, correspondiendo estos últimos a las características clásicas que se asignan a la Formación La Luna, y que permiten considerarla la roca madre de hidrocarburos por excelencia en el occidente venezolano. Estos resultados fueron corroborados mediante el análisis de los resultados paleontológicos arrojados por el lavado de lutitas y la descripción de muestras de mano.

Por último, se propuso un modelo estructural que explicase el comportamiento estructural de la zona. El mismo, está soportado en primer lugar, por el arreglo que forman los pliegues y la falla inversa ubicados en la carretera que une Las Cruces con La Azulita. Todas estas estructuras tienen una alineación sub-paralela y son de carácter compresivo, por lo que constituyen una herramienta ideal para la determinación de la vergencia. Esta vergencia tiene sentido SE-NO, y coincide con la vergencia generalizada asignada para el levantamiento de los Andes Venezolanos, demostrando

que este arreglo estructural es el reflejo localizado de patrones estructurales mayores, de carácter regional.

Por otra parte, se encuentra el corrimiento de Mesa Bolívar, que a escala regional presenta la misma vergencia mencionada anteriormente para el levantamiento andino y para el arreglo estructural de la carretera Las Cruces-La Azulita. Sin embargo, en una escala localizada referida al área en estudio, resalta el hecho de que el alineamiento, al menos bajo el criterio de INGEOMIN, tiene dirección E-O, lo que hace pensar en la existencia de un sistema de esfuerzos secundario que ha alterado el alineamiento original del Corrimiento de Mesa Bolívar.

Referencias

- Agüero L. Alvarado M. Arends A., Estudio Geológico-Estructural Sector Jají-Las Cruces, ULA. 2001.
- Baamonde J., Petrología, Intevep, 2006, pp. 263-272.
- Ceballos E. Linares J. Mazuera F., Estudio Geológico de Superficie de la zona comprendida entre la Hacienda Las Mesas-Las Cruces-La Azulita Edo. Mérida, 2000.
- Corrales I., Estratigrafía, Rueda, 1977, pp. 385-397.
- González C., Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas, Foninves, 1980, pp. 245-264.
- La Marca E., Evolución Histórica de la Cordillera de Mérida, ULA Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales Escuela de Geografía, 1997, pp. 8-35.
- Mackenzie A., Sedimentology of the Rocks under Microscope, 2004, Prentice Hall, pp. 81-90.
- Meléndez B., Paleontología, Tomo I: Parte General e Invertebrados, Paraninfo, 1982, pp. 231, 341-352, 359-363, 409-417.
- Pethijhon. J, Rocas Sedimentarias. Universitaria de Buenos Aires, 1963 pp. 593-610
- Torres J., Estratigrafía: Principios y Métodos, Rueda, 1994, pp. 136-150.