

# TECTONICA DE BLOQUES, DELIMITADOS POR LINEAMIENTOS NNE-SSO Y NO-SE, EN COLOMBIA

## TECTONIC OF BLOCKS, DELIMITED BY GUIDELINES NNE-SSO AND NO-SE, IN COLOMBIA

*Guillermo Ujueta Lozano*

*Calle 127C bis No. 7C-58, Apto. 202, Bogotá, Colombia, E-mail: ujueta\_guillermo@yahoo.com*

---

Ujueta L., G., (2014): *Tectonica de Bloques, Delimitados por Lineamientos NNE-SSO y NO-SE, en Colombia.*- GEOLOGIA COLOMBIANA, Vol.39. Bogotá, Colombia. pp. 37-54

Manuscrito recibido: 20 de marzo 2014; aceptado: 30 noviembre de 2014

---

### Resumen

Varias zonas de debilidad del basamento, que involucra corteza continental y oceánica, se expresan en superficie como lineamientos de rumbo NNE-SSO y NO-SE, definiendo un modelo de bloques en Colombia como también en los países vecinos, en el continente americano y a nivel global.

La disposición sistemática de tales lineamientos que se presentan en dos direcciones primarias (NNE-SSO y NO-SE) y se interceptan a ángulos cercanos a 90°, son fracturas abiertas, de gran longitud (miles de kilómetros), muy antiguas (4.000 m.a.), y con raíces profundas que llegan hasta la astenósfera (70 a 100 Km), y que han tenido desarrollo prolongado en el área y han gobernado la evolución estructural y estratigráfica de manera que se observan grandes variaciones de facies y espesores en las secuencias sedimentarias depositadas.

Los bloques resultantes de la intersección de los lineamientos NNE-SSO y NO-SE, no permanecieron estables sino que se movieron relativamente el uno con respecto al otro durante los tiempos de sedimentación. Además de considerables movimientos verticales, los lineamientos reconocidos muestran movimientos transcurrentes moderados con desplazamiento lateral izquierdo, en el hemisferio norte.

**Palabras clave:** Lineamientos, Tectónica de bloques, Colombia.

### Abstract

Several weak zones of the basement of continental and oceanic crust are exposed on surface as lineaments with NNE-SSW and NW-SE directions, defining a model of blocks in Colombia as in the neighbor countries, in the American continent and at global level.

The systematic disposition of such lineaments of great length (thousands of kilometers), is caused by very old fractures (4.000 m.y.), with deep roots down to the asthenosphere (70 to 100 Km) and intercept at angles near to 90 degrees. They had strong development in the area, and have governed the structural and stratigraphic evolution associated to changes of facies and thickness in the sedimentary sequences.

The resulting blocks formed by the intersecting NNE-SSW and NW-SE lineaments, did not remain stable but they moved relatively one with respect to the other during sedimentation time. Besides the large vertical movements, the lineaments present moderate transcurrent movements with left lateral displacement, in the northern hemisphere.

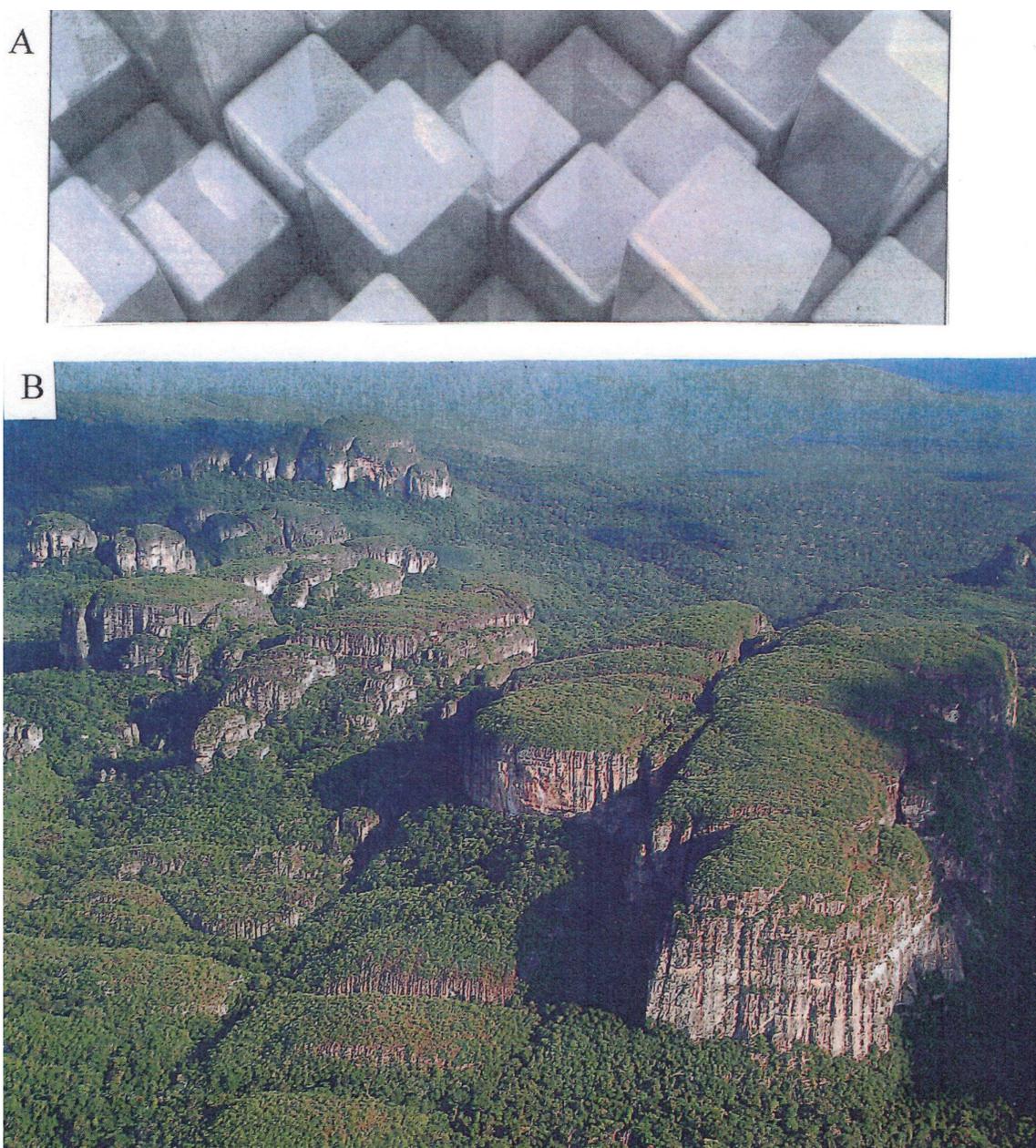
**Keywords:** Lineaments, Block Tectonics, Colombia

## INTRODUCCION

La revisión de la literatura geológica publicada, de mapas geológicos existentes a diferentes escalas, del Mapa Gravimétrico de Anomalías Simples de Bouguer (1985), del Mapa Anomías de Bouguer Total de la República de Colombia (2010), del Mapa de Relieve de Colombia (1980), del análisis sobre imágenes de satélite en escala 1:250.000 y sobre fotografías aéreas convencionales en escala aproximada de 1:50.000, revela la existencia de varias características geomorfológicas y estructurales importantes de dirección NNE-SSO y NO-SE.

Tales características no son líneas simples, claras, definidas, sino que son el reflejo de anisotropías mecánicas de basamento que contienen alineadas una o varias particularidades. Entre las más importantes están: la rectilinealidad y la continuación sobre grandes distancias, ya que pueden seguirse como fracturas oceánicas (Figura 7).

El propósito de este artículo es destacar el arreglo de bloques poligonales (Figura 1), y señalar el efecto pronunciado que tal organización ejerce sobre la estratigrafía y las condiciones estructurales de Colombia.



**Figura 1.** A) Modelo conceptual de Tectónica de Bloques en Colombia; B) Ejemplo natural de un modelo de mesetas rectangulares (tepuyes), formado por la intersección de fracturas NNE-SSO y NO-SE, en rocas ortocuarcíticas de edad Ordoviciiana a Cretácea (Gálvis, 1994), en la Serranía de Chiribiquete (Departamentos de Caquetá y Guaviare).

La falta de jerarquización en la literatura geológica colombiana de las fracturas que acusan desplazamiento, ha permitido la denominación generalizada de fallas, sin que hasta ahora se haya intentado hacer distinción alguna entre ellas. El término “lineamiento” tal como se utiliza en este trabajo, se define como un elemento tectónico de orden planetario que exhibe los siguientes atributos: son fallas que aparecen en dos direcciones primarias (NNE-SSO y NO-SE); tienen gran longitud (se miden en miles de km) y muestran gran continuidad; penetran hasta la astenósfera (70 a 100 Km); en el Manto Superior, son fracturas abiertas que atraviesan la corteza continental y favorecen el ascenso de rocas ígneas intrusivas y efusivas y de fluidos mineralizantes hasta la superficie, tal como se conocen en la Cordillera Oriental, en el sector Girardot-Cúcuta (Figura 2).

Los lineamientos tienen edad aproximada de 4.000 m.a. Así, un lineamiento es una estructura primaria de la corteza que puede estar integrada, a lo largo de su traza, por varias características geomorfológicas o estructurales, de tal manera que fallas bien conocidas en el país puedan, unas, alcanzar directamente la categoría de lineamiento, y otras, sólo formar parte de un lineamiento. La ubicación de las numerosas características fisiográficas, geológicas y de localidades que se mencionan en este trabajo aparecen en la Figura 2.

## LINEAMIENTOS

HOBBS (1912:227), usó el término lineamiento para describir líneas significativas del paisaje que revelan: *Trad. “la arquitectura oculta de las rocas de basamento”*. El término lineamiento se emplea en este artículo en el mismo sentido en que lo utilizaron HOBBS (1912) y luego, JAIN (1980, Parte II:49), para denominar fallas profundas que penetran hasta el Manto Superior y se manifiestan en superficie por un sinnúmero de indicios: Geomorfológicos, estructurales, de sedimentación, magmáticos, geofísicos y aún paleontológicos.

Son zonas de fracturas mayores que delimitan grandes bloques de basamento a lo largo de las cuales han tenido lugar movimientos complejos y variados. Repetidos movimientos a lo largo de los lineamientos propuestos, son los responsables de las discordancias, de los cambios de espesor y de los cambios de facies que se presentan.

Su expresión superficial se nota en el desplazamiento y relevo de estructuras, en el cabeceo o pérdida de relieve estructural, en el alineamiento de depresiones topográficas y en el importante control que ejercen sobre el drenaje. Puesto que los lineamientos son aproximadamente rectos y cortan características

geológicas mayores, tales como cordilleras y cuencas, se presume que se extienden verticalmente a profundidad. Por comparación se sabe que existe relación directa entre el fracturamiento presente en el Escudo Brasileño (Braun, 1982: Figura 1), y los lineamientos que aparecen en la cordillera andina.

## BASAMENTO

El autor, así como muchos geólogos, entre otros: Gansser, 1955; McDonald & Hurley, 1969; Irving, 1971; Estrada, 1972; Ward *et al.*, 1973; Duque-Caro, 1984 y Cuervo, 1995, consideran que las rocas precámbricas constituyen el substrato de la Cordillera de los Andes. Estas rocas afloran en la planicie amazónica con el nombre de Escudo de Guayana, se extienden hacia el Oeste por debajo de sedimentos más jóvenes de la Cuenca del Putumayo y de la Cuenca de los Llanos Orientales (Figura 2), donde se han observado varios altos y bajos de basamento. Los altos están formados por rocas metamórficas, rocas del Paleozoico superior, rocas cretáceas y se conservan también rocas de la Formación Mirador del Terciario, que es la roca almacenadora de petróleo. Con los altos se relacionan los campos de petróleo conocidos en la cuenca de los Llanos Orientales y en la Cuenca de Barinas de Venezuela “desarrollan un patrón de tipo mosaico producido por una serie de bloques levantados o hundidos (horst y graben), GONZALEZ DE JUANA *et al.* (1980:806). Los bloques levantados se asemejan a lo que se conoce en la literatura geológica colombiana y venezolana con el nombre de “Arcos” (UJUETA, 1993c).

Las rocas precámbricas están presentes en el Escudo de Guayana, en la Serranía de la Macarena, en las cordilleras Central y Oriental, en la Sierra de Santa Marta y en la Guajira. En la Figura 2, señaladas con la letra B, se muestran las áreas que ahora exponen rocas proterozoicas con elevaciones superiores a 2.000 m.s.n.m. Es posible pensar, que las áreas que ahora exponen rocas del basamento estuvieron relativamente altas durante períodos suficientemente largos para prevenir la sedimentación o para permitir que la erosión removiera cualquier sedimento que pudiera haberse sedimentado como sucede en los Macizos de Garzón y Santander-Floresta (Figura 2). Por otra parte, cuando el basamento está ahora expuesto a alturas relativamente bajas, esos afloramientos sugieren ya sea raíces de viejos levantamientos o falta de movimiento vertical apreciable.

Aún más, cuando el basamento está expuesto a grandes alturas puede indicar rejuvenecimiento de viejos levantamientos o levantamiento de un área anteriormente relativamente baja. Pero además, en





Esos surcos los visualizan como estructuras estrechas y alargadas separadas por umbrales y a los umbrales, los relaciona con fallas de tipo normal que se considera que son expresión de fracturamiento del basamento. De manera que encuentran que, en el flanco occidental de la Cordillera Oriental, los distintos bloques de dirección NNE-SSO separados por fallas: el Macizo de Santander y su continuación en el Macizo de Floresta, la región de Mesas, la zona Sinclinal de Nuevo Mundo y el Valle Medio del Magdalena (VMM), hunden progresivamente desde la parte alta de la cordillera hacia el Valle Medio del Magdalena.

En la misma región anterior, SARMIENTO (1993:178) reconoce para la Formación Guaduas (Maastrichtiano Superior-Paleoceno Inferior) su disposición en franjas NNE-SSO separadas por fallas (lineamientos) Boyacá, Soapaga y Lengupá-Támara y señala, además, la reducción del espesor de los carbones, presentes en esta formación, hacia el SO y hacia la parte alta de la cordillera. En los Andes de Venezuela del levantamiento de las cordilleras y del hundimiento de las cuencas circundantes, GONZALEZ DE JUANA *et al.* (1980:800) dicen “al referirse a esta clase de estructuras SHAGAM (1972b, 1975) las define como un crudo levantamiento “piramidal”, indicando con ello que los bloques están escalonados en forma ascendente desde las cuencas hasta la culminación de las montañas”.

FABRE (1983:22) reconoce en la misma área dos grabens que denominó la Cuenca de Tablazo-Magdalena al Occidente y la Cuenca del Cocuy al Oriente, separadas ambas por los macizos de Santander y Floresta (Figura 3B). Los límites externos de estas cuencas, todas ubicadas dentro de la Cordillera Oriental, están definidas por fallas mayores que interesan el basamento: La Falla Guaicaramo es el límite SE y la Falla La Salina es el límite NO (Figura 4). Cada bloque incluido entre fallas mayores constituye una unidad estructural, pero dentro de estos bloques mayores pueden presentarse bloques interiores de menor tamaño, formados por lineamientos del mismo orden pero de menor espaciamiento. Por ejemplo, los macizos de Santander y de Floresta constituyen un paleoalto de dirección NNE-SSO, limitados a su vez hoy por dos grandes fallas inversas que son la reactivación neógena de fallas inicialmente normales: la Falla de Boyacá al Occidente y la Falla de Soapaga al Oriente (Figura 4). Ese paleoalto impidió la sedimentación o permitió la erosión y la depositación de sedimentos a su alrededor.

La Cuenca del Cocuy (Figura 2) estudiada por FABRE (1985), está situada en la parte más nororiental de la Cordillera Oriental. Es una cuenca estrecha de dirección NNE-SSO presente entre la Cuenca de los Llanos Orientales y el paleomacizo de Santander-Floresta. Esta cuenca que está limitada por la Falla de Guaicaramo al

Oriente y la Falla de Chiscas al Occidente (Figura 3B), sufrió durante el Cretáceo Inferior subsidencia rápida del basamento, lo cual permitió la acumulación de más de 4.000 m de espesor de sedimentos de facies arenosas de edad comprendida entre el Hauteriviano y el Aptiano. Hoy esos sedimentos, coronados de nieve, alcanzan la mayor altura (5.490 m.s.n.m.) en la Cordillera Oriental. Las fallas de Guaicaramo, La Salina, Boyacá, Soapaga y Chiscas son fallas que interesan el basamento y pueden, sin duda, catalogarse como lineamientos (Figura 4).

Al SO de Girardot (Figura 2) se encuentra el Valle Superior del Magdalena (VSM) que se expresa como una depresión tectónica, plana, estrecha, de anchura variable, 60 Km en el Nordeste y 30 Km en el Suroeste, que está separada de la Cordillera Oriental por las fallas (lineamientos) Garzón-Suaza-La Magdalena y separada de la Cordillera Central por las fallas (lineamientos) Chusma y Calarma (Girardot). Las fallas mencionadas son el producto de la reactivación de fallas normales de la Corteza Terrestre que tenían dirección general NNE-SSO.

MOJICA & KAMMER (1995:168) encuentran que tanto en el flanco oriental de la Cordillera Central como en el flanco occidental de la Cordillera Oriental, en el VSM, hay fallamientos distensivos y de subsidencia rápida en franjas NNE-SSO. Esta interpretación es la misma que hace JULIVERT (1968) para la Cordillera Oriental, al NE de Bogotá, entre el Valle Medio del Magdalena y la parte alta de la Cordillera y que también mencionan GONZALEZ DE JUANA *et al.* (1980:800) para los Andes de Mérida.

Por otra parte, DENGÓ & COVEY (1993) afirman que *Trad.* “Los flancos Este y Oeste de la Cordillera Oriental en general, han sufrido más levantamiento que la parte central, así que las rocas más viejas están expuestas a lo largo de los flancos y las rocas más jóvenes se presentan dentro del sinclinorio central” (Figura 7). Tal es el caso de las rocas terciarias que se extienden sobre la Cordillera Oriental desde el SO hasta el NE del país, y que ha sido segmentada en forma de bloques levantados y hundidos por los lineamientos de dirección NO-SE y que por esta razón muestran en dirección NNE-SSO continuos cambios de facies.

Los Andes de Venezuela, como continuación de la Cordillera Oriental colombiana, constituyen un bloque levantado, alargado en dirección nordeste, de 420 Km de longitud, delimitado al NO y SE por lineamientos que han sido cartografiados por varios autores, entre ellos: DENGÓ & COVEY (1983, Figura 5), SHAGAN *et al.* (1984, Figura 15), KRAUSE & JAMES (1990, Figura 2) y UJUETA (2.003, Figura 1), pero a los cuales no se les ha asignado nombre y por los lineamientos de dirección NO-SE Depresión de Cúcuta-Mompós y Barquisimeto (Figura 5).

La Cordillera Central de Colombia es hoy un gran bloque levantado, delimitado por fallas N-S como la Falla Romeral, al occidente y la Falla Palestina (Figura 8A) al oriente (además del fracturamiento primario NNE-SSO y NO-SE). Es un bloque angosto y abrupto, compuesto de rocas, en su mayoría cristalinas, de edad pre-Mesozoica, que estuvo levantado durante casi todo el Triásico-Jurásico ya que la única evidencia de la presencia de rocas sedimentarias de esa edad es la Formación Valle Alto que contiene sedimentos del final del Jurásico y 600 m de sedimentos cretáceos del Barremiano Superior al Aptiano Medio, a diferencia de la Cordillera Oriental donde se depositaron grandes secuencias de sedimentos del Cretáceo. Los sedimentos

entre el Berriasiano y el Barremiano Inferior están ausentes por falla y los sedimentos del Aptiano Superior al Maastrichtiano faltan por erosión.

La conocida Serranía de San Lucas (Figura 2), está localizada al Oriente de la Cordillera Central. Esta serranía forma también un bloque limitado por fallas (lineamientos) de dirección N-S (Falla Palestina, al occidente y una falla N-S que controla en esa dirección el tramo más septentrional del VMM) que CLAVIJO (1996: 35) denominó Falla de Morales (Figura 8A). Sobre este bloque se sedimentaron las formaciones Sudán de origen continental (GEYER, 1976), Morrocoyal de origen marino (TRUMPY, 1943 y GEYER, 1976) que suprayace

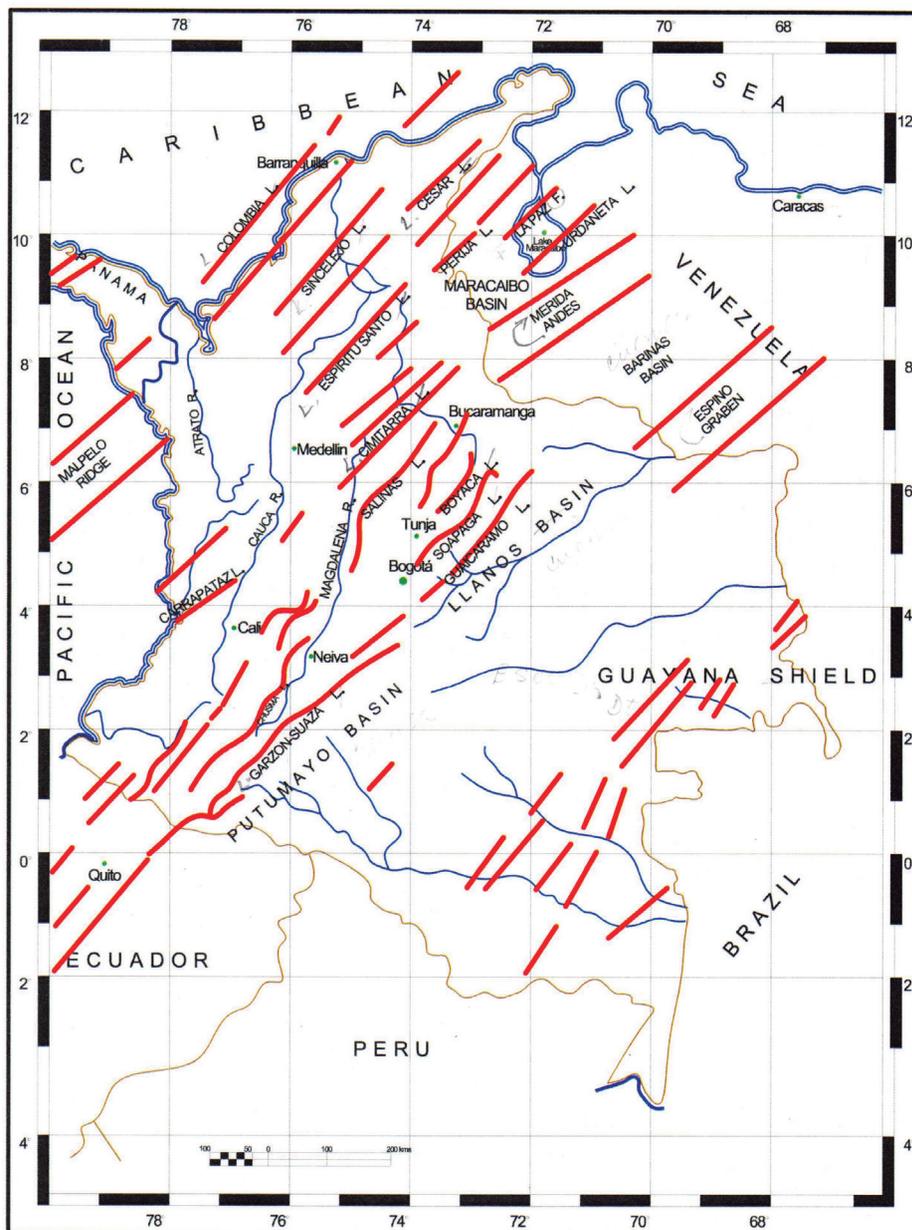


Figura 4. Lineamientos NNE-SSO. L = Lineamiento.

a la formación anterior y una gruesa secuencia de sedimentos de la Formación Norean, de origen continental (CLAVIJO, 1996) que suprayace en inconformidad a la formación anterior. GALVIS (1990:123) cree que las rocas jurásicas fueron biseladas y basculadas hacia el Oriente con inclinación que fluctúa entre 5° y 10°, mediante el reconocimiento de paleosuelos en una superficie inclinada que llamó penillanura basculada.

Discordantemente, de Norte a Sur, sobre el borde oriental de la Serranía de San Lucas CLAVIJO (1996), midió 550m de espesor del Cretácico Inferior, el resto de la secuencia cretácea falta por erosión. UJUETA (2004:107), ya había reconocido la perfecta

correspondencia entre las secuencias estratigráficas en la Serranía de San Lucas y aquellas inmediatamente al Este del Río Magdalena. Igual observación les permite a SARMIENTO *et al.* (2015:57), proponer que esta serranía sea parte de la Cordillera Oriental.

En un nuevo bloque hundido, separado de la Serranía de San Lucas por la Falla de Morales de dirección N-S, ya sobre la parte norte del VMM, se perforaron en el Pozo Crisol-3 (UJUETA, 2004, Figura 5), algo más de 800 m de sedimentos que representan toda la secuencia cretácea. A partir del Lineamiento Río Sogamoso (Figura 5) que divide el VMM en las subcuencas Centro-Sur y Norte, también cambian, a la vez de dirección, las

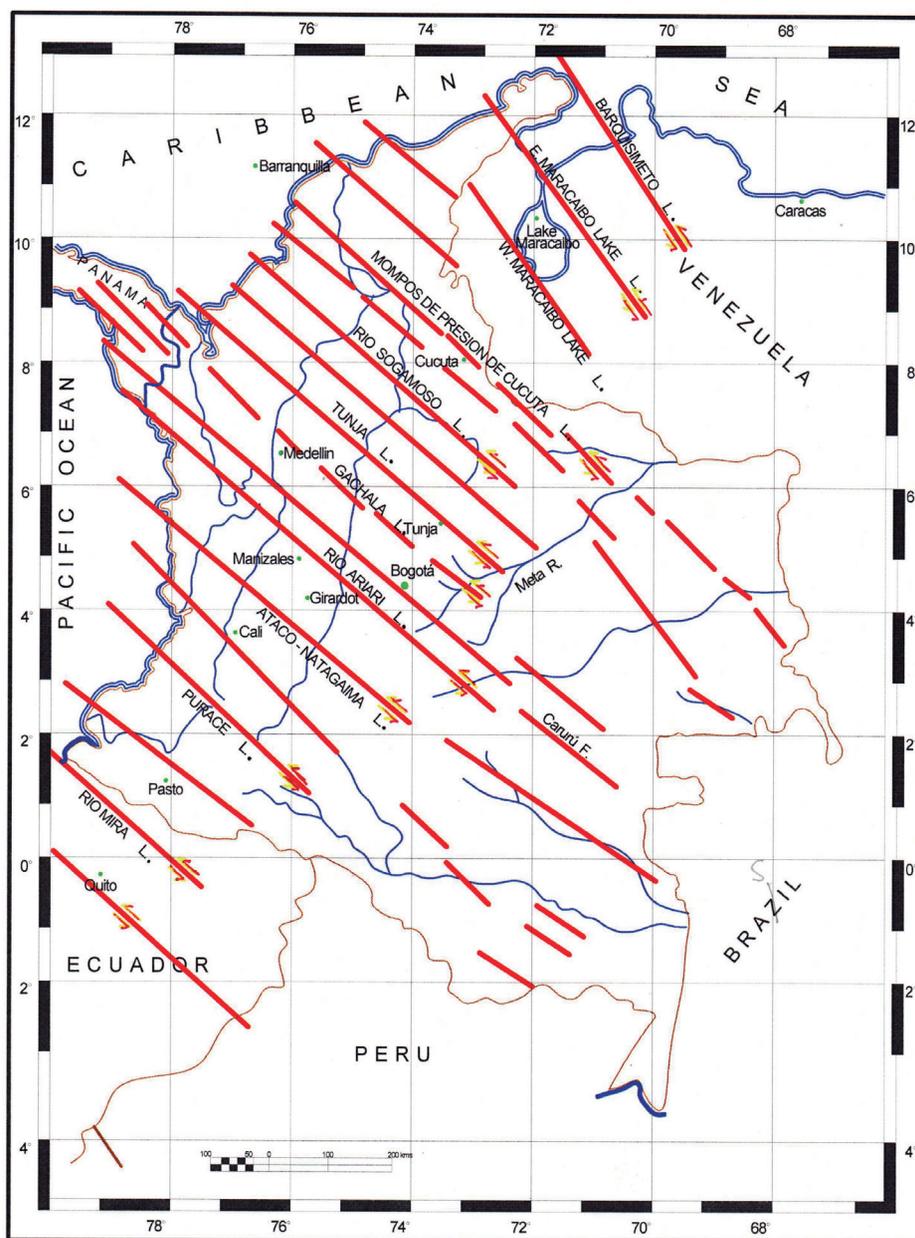


Figura 5. Lineamiento NO-SE. L = Lineamiento.

subcuencas de NNE-SSO a N-S. La subcuenca N-S, gana altura en forma constante o escalonadamente hacia el norte y como consecuencia decrece el espesor del Cretáceo. En los tres bloques anteriores la Cordillera Central, la Serranía de San Lucas y la subcuenca Norte del VMM, son notorias las posiciones topográficas y las historias geológicas diferentes que señalan movimientos recurrentes y preponderantemente verticales. A los anteriores movimientos habría que agregar el nuevo levantamiento que tiene lugar en la Cordillera Central, en las postrimerías del Cretáceo. En términos generales en la Serranía de San Lucas se presentan dos sistemas de fracturas: un primer sistema, compuesto por dos juegos de fracturas, uno de dirección  $N40^{\circ}$  a  $50^{\circ}$  E y otro,  $N 40^{\circ}$

a  $55^{\circ}$  0; y un segundo sistema, compuesto también por dos juegos de fracturas, uno de dirección N-S a  $N10^{\circ}$ E y otro sensiblemente E-0 (UJUETA, 2004, Figura 6).

Hay que hacer notar el claro contraste entre los bloques anteriores, de dirección N-S y las direcciones primarias NNE-SSO y NO-SE que se han venido describiendo. La dirección N-S es más frecuente en Colombia que lo que hasta ahora se ha pensado. Esta dirección está bien representada en estructuras de la región de Pamplona, Málaga, el Macizo de Santander, inmediatamente al este de Girardot, el Sinclinal de Guaduas, la Cordillera de Bogotá (Figura 2), en la Cordillera Central y en otras partes de Colombia.

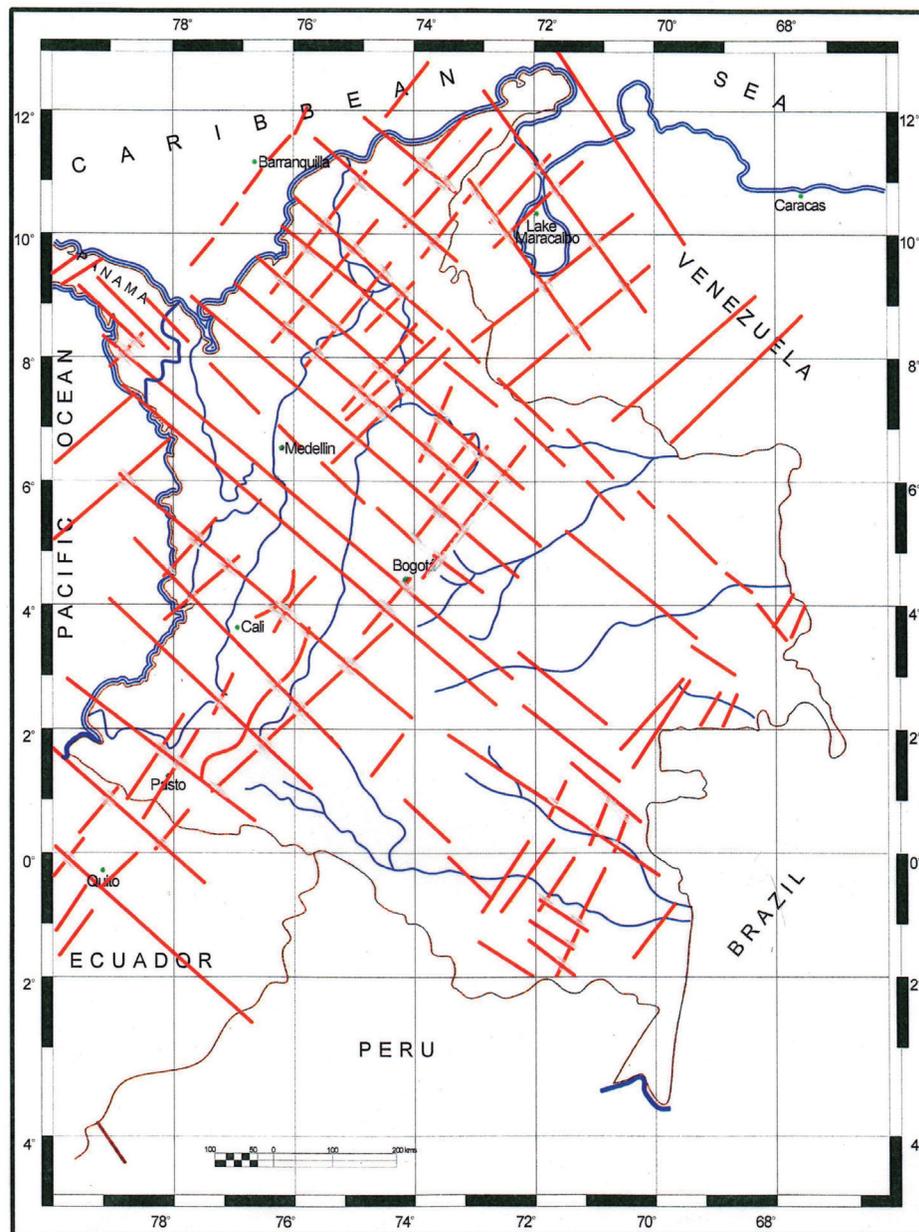


Figura 6. Armazón poligonal resultante de la combinación de Lineamientos NNE-SSO y NO-SE.

Dos cuencas sedimentarias importantes en el N de Colombia están delimitadas por lineamientos de dirección NNE-SSO. La Cordillera Central pierde altura hacia el N y queda abruptamente cortada por el Lineamiento Espíritu Santo (Figura 4) que es el límite S de la Cuenca de San Jorge, mientras que el límite N de la misma cuenca lo hace el Lineamiento Sincelejo que la separa de la Serranía de San Jacinto. (Figura 2).

Entre el Lineamiento Cesar (Figura 4), de dirección NNE-SSO que forma el límite SE de la Sierra Nevada de Santa Marta y el Lineamiento Perijá, de dirección general N35°E que es una característica muy clara que atraviesa la Serranía de Perijá, se ubican las cuencas de Cesar y Ranchería (Figura 2).

### LINEAMIENTOS NOROESTE

Los lineamientos NO-SE no son tan evidentes como los lineamientos NNE-SSO en los mapas geológicos convencionales. Sin embargo, en algunos de ellos, tales características se presentan en forma discontinua a través de toda Colombia y se expresan ya sea geomorfológica o estructuralmente. Geomorfológicamente se presentan como cursos de corrientes de agua colineares, alineamientos topográficos y, estructuralmente como grandes fallas, como monoclinales o como plegamiento en echelón.

En general la deformación de las cordilleras Central y Occidental de Colombia, constituidas en su mayor parte por rocas cristalinas, se expresan principalmente por fracturas. Esto ha permitido que allí los lineamientos NO-SE se hayan reconocido con mayor facilidad que en la Cordillera Oriental, donde la cubierta sedimentaria que es muy gruesa le comunica características de plasticidad. Las cuencas mencionadas en el aparte anterior, en la Cordillera Oriental, no son continuas, sino que longitudinalmente, en dirección NNE-SSO, presentan fuertes diferencias de hundimiento o levantamiento que se traducen en considerables diferencias en los espesores de los sedimentos depositados, en cambios de facies muy abruptos y en los tiempos de sedimentación ya que estos se inician antes en unas partes que en otras.

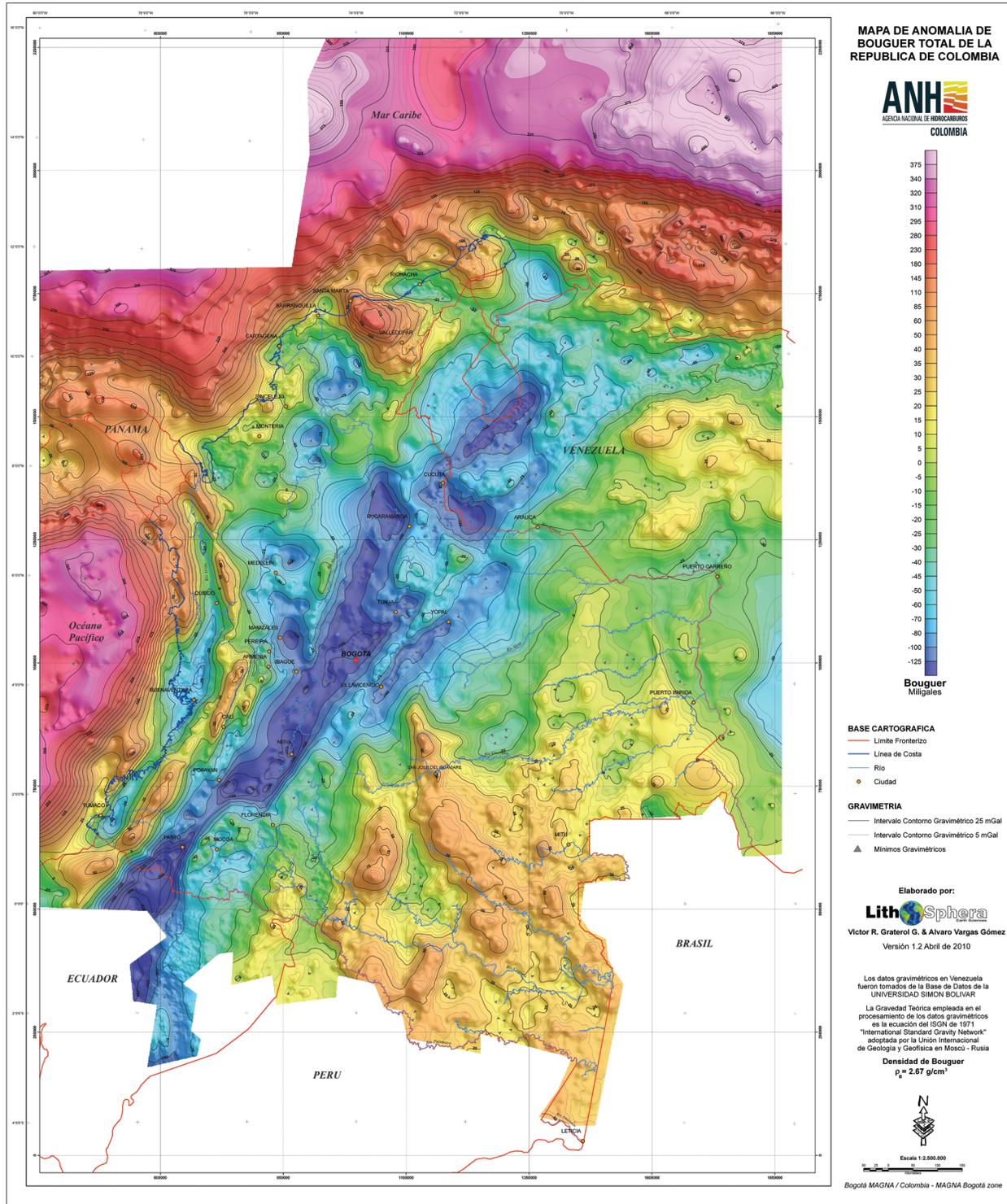
El autor considera que la falta de continuidad para, las formaciones cretáceas de la Cordillera Oriental de Colombia se debe a la existencia de un juego de lineamientos NO-SE que UJUETA (1991, 1992, 1993a, 1993b, 1993c, 2001, 2003, 2004 y 2007), GOMEZ (1991) y CUERVO (1995), han venido certificando. Se trata de lineamientos de naturaleza original transcurrentes, coetáneos y del mismo origen que los lineamientos NNE-SSO. HOBBS (1912) considera que este amplio fracturamiento que aparece sobre toda la superficie de

la tierra ha sido logrado por la acción de una gran y única fuerza: La rotación de la tierra.

Como un buen ejemplo de lineamientos de dirección NO-SE se puede usar el Lineamiento Río Ariari (UJUETA, 2001:12), que es una característica estructural de gran importancia teniendo en cuenta que se extiende sobre el Escudo de Guayana, desde Mitú, Departamento del Guaviare, cerca de la frontera con el Brasil (Figura 2), hasta Panamá en la Costa Pacífica. Forman parte de este lineamiento la conocida Falla (lineamiento) de Carurú (Figura 5) que afecta el Escudo de Guayana y que establece la divisoria de aguas entre la Orinoquia y la Amazonia; en la Cuenca de los Llanos Orientales separa, hacia el Occidente, un bloque levantado compuesto principalmente por rocas terciarias, de un bloque hundido, hacia el Oriente, cubierto por espesa cubierta cuaternaria; en el área de la actual Cordillera Oriental, al SO de Bogotá, formó un gran bloque hundido donde el mar cretáceo ingresó muy temprano y dejó gruesos depósitos de sedimentos, mientras que hacia el SO, en el VSM, el mar cretáceo ingresó mucho más tarde y allí faltan todos los sedimentos marinos pre-Aptianos. Este mismo lineamiento ha sido propuesto por UJUETA (2001: Figura 4) como límite entre las cuencas del Valle Superior del Magdalena (VSM) y del Valle Medio del Magdalena (VMM).

Al Norte de la Cordillera Central, es notorio como el batolito antioqueño (Figura 2) además de estar afectado por una serie de fallas de dirección N40°0, el mismo batolito, tiene orientación general NO-SE (INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGIA Y MINERIA (2006). Continuando en dirección Noroeste aparece la Loma del Cuchillo (Figura 2), que es una característica aislada y orientada en dirección NO-SE que se presenta dentro de la Cuenca del Chocó (Figura 2). La Loma del Cuchillo se ha utilizado como expresión del llamado "Arco de Sautatá" una estructura en forma de pilar (horst). Sobre este supuesto arco se encuentran reposando sedimentos abisales y batiales del Terciario Temprano, lo cual sugiere que evidentemente fueron levantados con las rocas de basamento (Corteza Oceánica).

Este arco se ha utilizado para separar la Cuenca del Atrato de la Cuenca del Sinú (Figura 2). De acuerdo a la figura 7, la llamada Loma del Cuchillo hace parte de la Cordillera Occidental que desde el Sur del país, se manifiesta como una característica arqueada convexa hacia el continente y muy segmentada, en bloques levantados y hundidos, probablemente por lineamientos de dirección NO-SE ya reconocidos por UJUETA (2001, Figura 2). El VSM se ha dividido a la vez, en las subcuencas de Neiva y Girardot, mediante la barrera estructural llamada el "Arco de Natagaima" o "Alto o Arco de Patá". El Lineamiento Ataco-Natagaima (UJUETA, 2001:14), de dirección NO-SE, forma parte de esta barrera estructural.



**Figura 7.** Mapa de Anomalías de Bouguer Total de la República de Colombia. Tomado de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). Escala original 1: 2.500.000.

La zona comprendida entre los lineamientos Río Ariari y Gachalá (Figura 5) representa, en términos generales, un bloque hundido que corresponde a la cuenca conocida con los nombres de Bogotá o Cundinamarca. Al Suroeste del Lineamiento Paipa (Figura 5) el

Grupo Girón del Jurásico Superior, desaparece debajo del Cretáceo, sugiriendo que no es que no exista continuidad longitudinal de tales sedimentos hacia el suroeste o que esas secuencias parezcan aisladas, sino que la aparente discontinuidad se debe a que las rocas

jurásicas están presentes en bloques hundidos formados por lineamientos que actuaron como fallas normales, cubiertos ahora por rocas más jóvenes, teniendo en cuenta que tales depósitos cubrieron probablemente el área total de la Cordillera Oriental.

El Lineamiento Mompós-Depresión de Cúcuta de dirección NO-SE (Figura 5) es un límite tectónico fundamental en la Cordillera Oriental de Colombia y en los Andes de Venezuela. UJUETA (2004:107), propone que la Cuenca de Maracaibo sea de mayores dimensiones que las hasta ahora consideradas e incluye en ella las cuencas del Catatumbo, Cesar y Ranchería (Figura 2), así como las recientemente levantadas Serranía de Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta. Se propone en consecuencia, que el límite occidental de la Cuenca de Maracaibo sea el Lineamiento Mompós-Depresión de Cúcuta. Igualmente este mismo lineamiento sirve de límite entre la Cuenca del VMM y la Cuenca de Plato en el Bajo Magdalena (Figura 2).

Hacia el SO del Lineamiento Río Ariari (Figura 5), sobre la Cordillera Oriental, aparecen sedimentos cretáceos del Aptiano a más jóvenes tal como vuelve a suceder al NE del Lineamiento Mompós-Depresión de Cúcuta y entre los dos lineamientos mencionados, ambos de dirección NO-SE, se concentra la presencia de sedimentos del Cretáceo Inferior. Es precisamente a principios del Aptiano cuando se produce una transgresión que determina que en la Cuenca del Valle Superior del Magdalena, en la Cuenca de Maracaibo y en la Cuenca de los Llanos Orientales el Aptiano marque el principio de la sedimentación cretácea.

En la Sierra de Perijá de Colombia y Venezuela afloran sedimentos jurásicos (Formación La Quinta, Figura 3A). Pero más al Sur, en el subsuelo de la Cuenca del Catatumbo (Figura 2), el Cretáceo se apoya directamente sobre el complejo ígneo-metamórfico paleozoico (JULIVERT, 1968:64) y aún más al sur, en la Cuenca de los Llanos Orientales, en el Pozo Arauquita-1 (Figura 2) muestras perforadas en el intervalo entre 12.060 y 13.090 pies mostraron palinomorfos del Triásico Tardío (*Rhaetian*) según el palinólogo HERNANDO DUEÑAS (comunicación escrita). También McCULLOUGH (1990 Figura 15) señala la presencia de rocas jurásicas en pozos del área de Caño Limón (Figura 2). Esto le permite a MILLER (1960) en GONZALEZ DE JUANA *et al.* (op cit, 804) afirmar que existen evidencias para postular en Perijá una estructura de horst y graben y a SHAGAN (1972) en MOJICA, KAMMER & UJUETA (1996:17) señalar también, que los Andes de Mérida y la Serranía de Perijá estuvieron controlados por la existencia de pilares y fosas. En Colombia rocas vulcano sedimentarias subaéreas jurásicas (Grupo Girón) en Santander, similares a las rocas de la

Formación La Quinta de Venezuela, aparecen al E y O del Macizo de Santander y adelgazan hacia el Macizo hasta desaparecer.

La Sierra Nevada de Santa Marta no es un bloque aislado, sino que es la continuación de la Cordillera Central y de la Serranía de Perijá. Así lo indica la amplia ocurrencia de las formaciones jurásicas presentes en la terminación N de la Serranía de San Lucas, en el subsuelo de la parte más Norte del VMM, en la Serranía de Perijá y el Valle del Cesar. El levantamiento de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá tuvo lugar en el Terciario Superior.

La entrada del mar desde finales del Jurásico y durante todo el Cretáceo, desde el N o NO, estuvo condicionada al movimiento vertical descendente de bloques delimitados por lineamientos NO-SE que permitieron la llegada del mar hasta la actual Cuenca de los Llanos Orientales. MOJICA Y DORADO (1987, Figura 30) visualizaron esos canales de entrada y les dieron el nombre de corredores de Nariño, Medellín y Bolívar.

#### **ESPESOR DE LOS SEDIMENTOS CRETACEOS EN COLOMBIA**

Fuera de las diferencias de espesor observadas por varios autores en los sedimentos paleozoicos y terciarios, numerosos autores, entre ellos: RENZ (1956), MORALES (1958), JULIVERT (1968) y FABRE (1983) han observado significativos cambios de espesor en las secuencias cretáceas.

A la morfología del subsuelo sobre la cual tuvo lugar la transgresión cretácea, compuesta por bloques levantados, hundidos y aún basculados pueden atribuirse las diferencias de espesor que se observan en Colombia, así: La sucesión completa en el Macizo de Santander es menor de 1.800 m y en su prolongación hacia el SSO, en el área de Tunja (Figura 3B), el Cretáceo con sólo entre 500 y 600 m. de espesor reposa discordantemente sobre rocas metamórficas paleozoicas (DENG & COVEY, 1983, Figura 6) y COLLETA *et al.* 1990, p. 94), mientras que en la Cuenca de Bogotá alcanza los 5.000 m; en la Sierra Nevada del Cocuy (SNC) la sucesión cretácea que se depositó sobre el Paleozoico Superior alcanza 6.100 m ya que según FABRE (1983: Figura 4) está situada en la parte axial más subsidente de la gran cuenca cretácea de Colombia; en el Valle Superior del Magdalena el espesor del Cretáceo no supera los 1.400 m; en la Cuenca de los Llanos Orientales alcanza, en promedio, 1.480 m. o puede aún estar ausente; en el VMM el espesor fluctúa entre 5.000 en la subcuenca Medio-sur y algo más de 800 m, este último espesor se encontró en el Pozo Crisol-3, en la parte más norte de la

cuenca (Figura 2); sólo 600 m de espesor de sedimentos de edad Berriasiense Superior a Aptiano Medio se observan en la Cordillera Central, al N de Manizales (Figura 2) y sólo quedan 550 m de sedimentos del Cretáceo Inferior medidos por (CLAVIJO, 1996) en la Serranía de San Lucas.

## TECTONICA DE BLOQUES

En los apartes anteriores se han mencionado varios de los numerosos lineamientos que afectan la corteza continental y oceánica en Colombia. La intersección aproximadamente perpendicular de lineamientos de direcciones NNE-SSO y NO-SE, definen un claro modelo de bloques poligonales (Figuras, 1, 6 y 8A). Dentro de ellos, los más levantados actuaron como barreras umbrales. Este modelo de bloques puede explicar el efecto producido tanto sobre la estratigrafía como sobre las características estructurales en Colombia y países vecinos. La estratigrafía no es más que el resultado de la paleotopografía del basamento definida, en este caso, por zonas de debilidad (lineamientos) que individualizan cada uno de los bloques.

Además de los varios ejemplos de bloques subsidentes de dirección NNE-SSO ya mencionados en el aparte "Lineamientos Nordeste" de este trabajo por JULIVERT (1968), GONZALEZ DE JUANA (1980:800), FABRE (1983), MOJICA Y KAMMER (1995) y SARMIENTO (1993); un buen ejemplo para la formación de horst y graben limitados y controlados por tales lineamientos se presenta en el Bajo Magdalena en donde las columnas estratigráficas muestran que en la Subcuenca de Plato la profundidad del basamento económico para hidrocarburos alcanza los 25.000 pies (7.600 m), mientras que en la Subcuenca de San Jorge sólo llega a 17.000 pies (5.180 m) a la vez que sobre el paleoalto o "Arco" de Magangué (Figura 7) que separa las dos subcuencas anteriores, el basamento ígneo cretáceo se encuentra a 9.200 pies (2.800m, UJUETA, 2007:16, Figura 7). En este ejemplo queda claramente establecido el movimiento vertical diferencial de los bloques, en donde la subsidencia de las subcuencas de Plato y San Jorge permitió el ingreso del mar con desarrollo de sedimentación turbidítica y la sedimentación de areniscas, areniscas calcáreas y calizas coralinas en el paleoalto de Magangué (UJUETA, 2007). Estas últimas constituyen la roca almacenadora para los hidrocarburos encontrados allí.

En movimientos de finales del Terciario la Sierra Nevada de Santa Marta (5.800 m.s.n.m) y la Serranía de Perijá (3.200 m.s.n.m.) se levantaron como bloques verticales. En una distancia horizontal corta la relación entre

el levantamiento de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) y su antifosa occidental, que contiene 6.000 m de sedimentos terciarios es de aproximadamente 12.000 m. En cambio, la Serranía de Perijá no sufrió levantamiento tan violento. También hay que destacar que el pronunciado relieve estructural entre la secuencia estratigráfica del Cretáceo presente en la Sierra Nevada del Cocuy (5.490 m) y el Cretáceo en la paleofosa adyacente, en los Llanos Orientales, perforado a los 19.750 pies (6.020 m) en el Pozo Arauca-1 (Figura 2) según NAVAS (1985), es del orden de 11,5 Km.

En la península de la Guajira (Figura 2) de dirección general NE-SO se encuentra el punto más septentrional de América del Sur, conocido con el nombre de Punta Gallina. La península se ha subdividido, sin criterios geológicos o geográficos claros en Alta y Baja Guajira. En la primera aparecen varias serranías de dirección NO-SE, separadas por rellenos de rocas terciarias, compuestas por rocas del pre-Cámbrico al Cuaternario (sin representación de rocas paleozoicas según MOJICA y DORADO (1987:60), que no sobrepasan los 865 m de altura. En la literatura geológica colombiana, se ha utilizado la Falla de Cuiza (Figura 2), de dirección aproximada E-O, como límite entre las dos regiones. En esta división quedan sin incluir, al sur de la Falla de Cuiza, varias secuencias de rocas del Mesozoico (Serranía de Cosinas) que acusan relieve.

En la Baja Guajira de relieve plano y ondulado con alturas menores de 100 m.s.n.m. predominan dunas y arenas sueltas. De acuerdo a pozos perforados para petróleo en esta región hay una secuencia de rocas terciarias que alcanzan hasta 3.000 m de espesor, según THERY (1982) en MOJICA y DORADO (op.cit.:60). De acuerdo a lo anterior propongo como nuevo límite entre la Alta y Baja Guajira, la prolongación hacia el noroeste del Lineamiento Este del Lago de Maracaibo (UJUETA, 1993b) que en la península separa dos provincias fisiográficas y estructurales diferentes: una con relieve y la otra completamente plana. La parte con relieve es un bloque levantado que trae a la superficie rocas del basamento pre-Cámbrico y la parte sin relieve es un bloque hundido ocupado ahora con sedimentos terciarios. El límite entre las dos regiones se hace mediante un corte nítido, claro que coincide y es la continuación en la dirección NO-SE del borde oriental del Lago de Maracaibo y de la costa oeste del Golfo de Venezuela hasta que penetra a la península de la Guajira (Figura 8A).

En la franja de dirección NO-SE delimitada por los lineamientos Este y Oeste del Lago de Maracaibo (Figuras 5 y 8A) se presenta una alternancia de elevaciones y depresiones (bloques levantados y hundidos), así; el gran bloque levantado denominado

en Venezuela como el Arco de Mérida, considerado por GONZALEZ DE JUANA *et al.* (1980:153) como “un elemento con tendencia tectónica positiva a través del tiempo”, en el cual se encuentra la mayor elevación de los Andes de Venezuela con más de 5.000 m.s.n.m.; sigue hacia al noroeste, la gran depresión del Lago de Maracaibo que es actualmente un polígono cuyos lados rectilíneos están claramente influenciados por lineamientos de dirección NE-SO y NO-SE (Figura 8A); continuando hacia el noroeste aparece un pequeño alto (alto estructural) que RUSOMANO y VELARDE (1982, Figuras 7 y 8) en UJUETA (1993, Figura 1) llamaron Arco de Maracaibo. Este último arco separa la Depresión del Lago de Maracaibo del bloque hundido de la Baja Guajira. La prolongación hacia el Mar Caribe del Lineamiento Este del Lago de Maracaibo es lo bastante clara en la Figura 7. La franja de dirección NO-SE, delimitada por los lineamientos Este y Oeste del Lago de Maracaibo, que se acaba de describir, con la alternancia de bloques hundidos y levantados (Figura 8B), es un ejemplo claro en la naturaleza que apoya el modelo conceptual de la Figura 1.

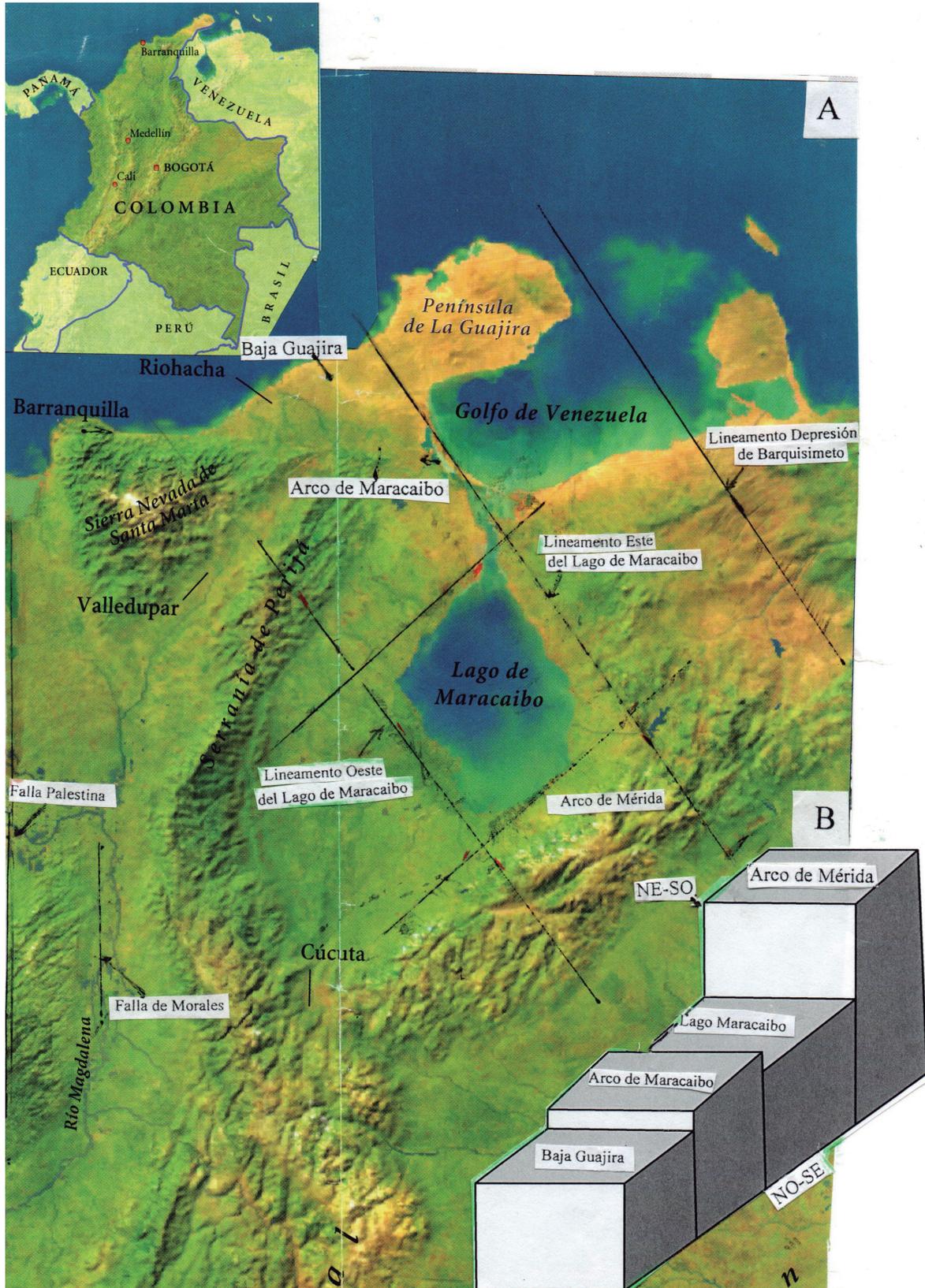
Según MOJICA y DORADO (1987:60) el Jurásico de la Guajira presenta características estratigráficas y paleontológicas que no tienen equivalente en otras partes de Colombia. De la misma opinión que los autores anteriores son varios geólogos que esperan encontrar rocas equivalentes al Este de Venezuela, pero que BELLIZIA *et al.* (1974) en GONZALEZ DE JUANA *et al.* (1980:396) hablando del Archipiélago de Los Monjes dicen “*hasta el presente no ha sido posible efectuar una correlación de las rocas del Archipiélago de los Monjes con cualquier tipo similar de rocas de la Guajira, Paraguaná e islas vecinas*” y agrega que las rocas presentes en el Archipiélago de Los Monjes se clasifican dentro de la familia de los gabros y que la comparación de los análisis químicos de estos con los análisis químicos de basaltos de Paraguaná, encuentran que son muy similares, pero “Sin embargo, los autores señalan que no hay evidencias claras para efectuar esta correlación”. Si dentro de este último bloque no es posible hacer correlación alguna, menos aún puede lograrse entre bloques completamente distintos separados por el Lineamiento Depresión de Barquisimeto (*q.v.*).

Por otra parte, la Formación La Quinta, compuesta de sedimentos rojos terrestres asociados con rocas volcánicas de edad Triásico Superior a Jurásico Inferior, cartografiada en la Serranía de Macuira (Figura 2), en la Alta Guajira, según MOJICA y DORADO (1987:62, Figura 5), se presenta también en ambos flancos del Arco de Maracaibo pero no pasa sobre él (UJUETA, 1993c: 99); rocas del Triásico-Jurásico forman actualmente parte del substrato de la Cuenca de Maracaibo tal

como lo indica PÜMPIN (1978:4, Figura 3) cuando dice, *Trad.* “*Que en la parte occidental del Lago de Maracaibo la sismica muestra una cuenca o graben pre-cretácico de dirección NE-SO de por lo menos 30 km de ancho (Figuras 1, 3 y 4). Pozos perforados allí alcanzaron la Formación La Quinta*” y, es de amplio conocimiento la presencia de la Formación La Quinta, especialmente en los Montes de Oca (Figura 2) que forman allí la frontera ente Colombia y Venezuela y que son la prolongación septentrional de la Serranía de Perijá y también está expuesta la Formación La Quinta en los flancos SO y NE del Arco de Mérida. Apoyado en los datos anteriores, por lo menos hasta el Jurásico Inferior, la parte sur de la península de la Guajira hizo parte de una misma y amplia provincia geológica.

El Lineamiento Depresión de Barquisimeto, de dirección NO-SE, es un elemento estructural de gran importancia en Venezuela UJUETA (1993b); divide los llanos venezolanos en dos cuencas, la Cuenca de los Llanos de Barinas-Apure hacia el Oeste y los Llanos de Venezuela Oriental; establece el límite entre provincias fisiográficas y geológicas diferentes; en la Depresión de Barquisimeto, una silla estructural y topográfica bien formada terminan los Andes de Venezuela; establece la separación entre los Andes de Venezuela y el sistema montañoso del Caribe (Serranía del Interior Central); AUBOUIN (1977) en UJUETA (1993b:90) la llama “Transversal de Barquisimeto” y sobre esta hace correr, hacia el Sur, el alóctono sedimentario de la Cordillera del Caribe. Podría pensarse, teniendo en cuenta que los lineamientos son fallas de cizalla con movimientos moderados, en el movimiento vertical de un gran bloque. La Transversal del Caribe coincide claramente con el aquí llamado Lineamiento Depresión de Barquisimeto. Las Figuras 7 y 8, muestran claramente la traza más septentrional del Lineamiento Depresión de Barquisimeto que avanza considerablemente en el Mar Caribe. Este último lineamiento y el Lineamiento Este del Lago de Maracaibo determinan el bloque levantado de la Alta Guajira (Figura 8A).

Finalmente, la posición espacial de las grandes cuencas sedimentarias de Colombia a través del tiempo ha sido casi la misma. Así lo considera JULIVERT (1970) cuando señala que las cuencas para el Triásico-Jurásico y para el Cretáceo han sido coincidentes y ESTRADA (1972:59) cree que desde el Paleozoico hasta el Terciario Inferior las cuencas han estado verticalmente superpuestas y los nuevos ejes de sedimentación coinciden o han sido paralelos con ejes más antiguos y hay, además, otros autores que consideran también que el depocentro desde el Paleozoico hasta el Terciario Medio ha ocupado la misma área de la Cordillera Oriental.



**Figura 8.** A) Claro ejemplo, en la naturaleza, de cómo se forman los bloques que se postulan en este trabajo, mediante la intersección de lineamientos NE-SO y NO-SE. En este caso se trata principalmente del bloque deprimido del Lago de Maracaibo. Note cómo se conservan casi rectilíneas los bordes del lago y cómo la extensión del Lineamiento Este del Lago de Maracaibo forma el límite entre la lata y baja Guajira; B) Bloquediagrama en la faja NO-SE formada por los lineamientos Este y Oeste del Lago de Maracaibo.

## CONCLUSIONES

- Los Lineamientos pueden definirse como elementos tectónicos de orden planetario que reúnen los siguientes atributos: son fallas de gran longitud y continuidad (se miden en miles de kilómetros) y como existe relación directa entre la longitud de una fractura y su capacidad de penetración en el substrato, los lineamientos alcanzan la astenósfera, 70 a 100 km, en el Manto Superior. Son fracturas abiertas que permiten el ascenso de rocas ígneas (intrusivas y extrusivas) y fluidos mineralizantes hasta la superficie de la tierra. Los lineamientos se presentan en dos direcciones primarias NNE-SSO y NO-SE y son, además, características muy antiguas (4.000 m.a.).
- La intersección de las dos direcciones primarias de lineamientos NNE-SSO y NO-SE definen un modelo de bloques que explica la distribución de cuencas y de macizos. Ya se insinúa otro sistema importante de fracturas en Colombia, que consta también de dos juegos de fracturas N-S y E-O, que están bien representados en el área más septentrional del VMM, en la Cordillera Central y en varias otras partes de Colombia.
- La formación de tales compartimentos da lugar a la presencia de facies diferentes de acuerdo a los aportes detríticos de los bloques levantados vecinos a cada una de las diferentes cuencas.
- La correlación litoestratigráfica entre secuencias sedimentarias cretácicas en Colombia presenta dificultades en razón de la discontinuidad de los afloramientos entre diferentes regiones debido a que se desarrollaron en cuencas independientes unas de las otras.
- La distribución de facies y sus límites están fuertemente condicionadas por los límites tectónicos. El Cretáceo Superior en el área de Bogotá consta predominantemente de areniscas y el Cretáceo Superior en el VMM es esencialmente lutítico, mientras que en la Cuenca de Maracaibo, en contraste, las condiciones de plataforma prevalecieron desde el Cretáceo Medio.
- Repetidos movimientos a lo largo de los lineamientos propuestos son los responsables de las discordancias, de los cambios de espesor y de los cambios de facies que se presentan en los sedimentos cretácicos de Colombia.
- La sedimentación sobre un basamento irregular compuesto de bloques levantados, hundidos y aún basculados, sería la causa de las diferencias de

espesor que se observan en el Paleozoico, Cretáceo y Terciario de Colombia.

- La posición espacial de las diferentes cuencas sedimentarias, a través del tiempo, desde el Paleozoico hasta el Terciario y posiblemente desde el pre-Cámbrico, ha sido casi la misma.
- En la formación del relieve andino colombiano hubo gran influencia de los movimientos verticales directos.
- Los lineamientos son consecuencia de la rotación de la tierra (HOBBS, 1912), que permitió la formación simultánea de las dos direcciones primarias NNE-SSO y NO-SE.

## REFERENCIAS CITADAS

- AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH)** (2010). Mapa de Anomalías de Bouguer Total de la República de Colombia, Bogotá.
- BRAUN, O.P.G.** (1982). *Novos Aspectos Geotectónicos No Escudo Brasileiro*, Quinto Congreso Latinoamericano de Geología, Argentina, Actas, I: 435-450.
- CHIGNE, N.** (1985): Aspectos Relevantes en la Exploración de Apure.- II Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas, Bogotá.
- CLAVIJO, J.** (1996): Memoria Explicativa de la Plancha 75-Aguachica, Mapa Geológico de Colombia, Escala 1 : 100.000, INGEOMINAS, 47 p. Bucaramanga.
- COLLETA, B., HEBRARD, F., LETOUZEY, J., WERNER; P. and RUDKIEWICZ, J.L.** (1990): Tectonic Style and Crustal Structure of the Eastern Cordillera (Colombia) from a Balanced Cross-Section.- Petroleum and Tectonics in Mobile Belts. J. Letouzey (Editor) and Editions Technip, p.81-100.
- CUERVO, E.** (1995): Armazón Romboédrica de la Geología Colombiana, un Modelo de Evolución Tectónica.- Memorias, VI Congreso Colombiano de Petróleos. Tomo 1, p. 71-84, Bogotá.
- DENGO, C.A. & COVEY, M.C.** (1983): Structure of the Eastern Cordillera of Colombia; A Tectonic Model of the Colombian Andes, IV Simposio Bolivariano Exploraciones Petroleras en las Cuencas Subandinas.
- \_\_\_\_\_ (1993): Structure of the Eastern Cordillera of Colombia: implications for traps and regional tectonics.- Bull. AAPG 77, 1315-1337, Tulsa.
- DUQUE-CARO, H.** (1984): Estilo estructural, diapirismo y episodios de acrecimiento del Terreno Sinú-San Jacinto en el Noroccidente de Colombia.- Boletín Geológico, INGEOMINAS, v. 27n. 22, p.29, Bogotá.

- ESTRADA, A.** (1972): Geology and Plate Tectonics History of the Colombian Andes (M.Sc.Thesis).- Stanford University, California, p. 1-115, Stanford.
- ETAYO-SERNA, F. et al.** (1983): Mapa de terrenos geológicos de Colombia.- Publicación Especial de Ingeominas, No. 14, p. 1-235, Bogotá.
- FABRE, A.** (1983): La subsidencia de la Cuenca del Cocuy (Cordillera Oriental de Colombia) durante el Cretáceo y el Terciario. Primera Parte: Estudio cuantitativo de la subsidencia. Segunda Parte: Esquema de Evolución Tectónica.- Geología Norandina, No. 8, p. 21-27 y 49-61, Bogotá.
- \_\_\_\_\_ (1985): Dinámica de la Sedimentación Cretácica en la Sierra Nevadadel Cocuy (Cordillera Oriental de Colombia).- Etayo, F. & Laverde, F., eds. Proyecto Cretácico. Publicaciones Geológicas Especiales de Ingeominas, No. 16, Capítulo XIX, p. 1-20, Bogotá.
- GABELA, V.H.** (1985): Campo Caño Limón, Llanos Orientales de Colombia. II Simposio de las Cuencas Subandinas, Bogotá.
- GALVIS, J.** (1990): Manifestaciones de Metales Preciosos en el Area del Proyecto Morales-El Banco en la región nororiental de la Serranía de San Lucas, Departamento de Bolívar. Minerales de Colombia S.A., Informe Interno, Bogotá.
- \_\_\_\_\_ (1994): Estudio Geológico de la Sierra de Chiribiquete y zonas aledañas. Revista Academia Colombiana de Ciencias : Vol, XIX, No. 73, Bogotá.
- GANSSER, A.** (1955): Ein Beitrag zur geologie und petrographic der Sierra Nevada de Santa Marta (Kolumbien, Sudamerika). Schweiz. Min. Petr. Mitt., V.35, no. 2, p.209-279.
- GEYER, O.** (1976): Las faunas de amonitas del perfil típico de la Formación Morrocoyal. Primer Congreso Colombiano de Geología, p. 111-134, Bogotá.
- GOMEZ, H** (1991): La Paleomegacizalla Transversal de Colombia Base de Un Nuevo Esquema Geotectónico. Revista CIAF, Vol.12, No.1, p.49-61, Bogotá.
- GONZALEZ DE JUANA, C., ITURRALDE, M. y PICARD, X.** (1980): Geología de Venezuela y sus Cuencas Petrolíferas. Ed. por Foninves, 2V, p-1031, Caracas.
- HOBBS, W.H.** (1912): Earth features and their meaning, an introduction to geology for the student and general readers, New York, p. 506.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGIA Y MINERIA, INGEOMINAS,** 2006, Mapa Geológico de Colombia, Escala 1:2.800.000, Bogotá.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI** (1980) Mapa en relieve de la República de Colombia, Escala 1:1.500.000, Bogotá.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI** (1985): Mapa Gravimétrico de Anomalías Simples de Bouguer, Bogotá.
- IRVING, E. M.** (1971): La evolución estructural de los Andes más Septentrionales de Colombia.- Boletín Geológico, V. 19, No. 2, p. 1-89, Bogotá.
- JAIN, V.E.** (1980): Geotectónica General.- Editorial Mir, Parte I, 358 p., Parte II, 304 p., Moscú.
- JULIVERT, M.** (1968): Colombia (Precambrian, Paleozoique, Mesozoique et intrusions d'age Mesozoique-tertiere).- Lexique Stratigraphique International, V.5, p. 651.
- \_\_\_\_\_ (1970): Cover and basement tectonics in the Cordillera Oriental of Colombia, South America and a comparison with some other folded Chains- Bull. Geol. Soc. Am, p. 3623-3646.
- KELLOGG, J.N:** (1984); Cenozoic tectonic history of the Sierra de Perijá, Venezuela-Colombia, and adjacent basins. Geological Society of America, Memoir 162, p.239-261.
- KRAUSE, H.H. & JAMES, K.H.** (1990) : Hydrocarbon Resources of Venezuela- Their Source Rocks and Structural Habitat, Chapter 29, p.405-414.- Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources. Houston, Texas. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Series, V. 11.
- MAZE, W.B.** (1984) : Jurassic La Quinta formation, Sierra de Perijá, Northwestern Venezuela : igneous petrology and tectonic environments, in Bonini, W.E., and Hardgraves, R.B., eds., The Caribbean-South Smerican plate boundary and regional tectonics: Geological Society of America Memoir 162.
- McCULLOUGH, C. N.,** 1990: Caño Limón Field, Llanos Basin, Colombia, in E.A. BEAUMONTAND, N.H.FOSTER, eds.. Structural traps II. AAPG Treatise of Petroleum Geology, Atlas of Oil and Gas Fields, p. 65-93.
- McDONALD, W.D. & HURLEY, P.M.** (1969): Precambrian Gneisses from Northern Colombia, South America.-Geol. Soc. America Bull., V.80, p. 1867-1871.
- MOJICA, J. and DORADO, J.** (1987): El Jurásico anterior a los movimientos intermalímicos en los Andes colombianos. Bioestratigrafía de los Sistemas Regionales del Jurásico y Cretácico de América del Sur. Mendoza, Argentina, p.49-110.
- MOJICA, J. & KAMMER, A.** (1995) : Eventos jurásicos en Colombia.- Geología Colombiana, 19, p. 165-172, 2 figs., Bogotá.
- MOJICA, J., KAMMER, A. & UJUETA, G.** (1996): El Jurásico del Sector Noroccidental de Suramérica y Guía de Excursión al Valle Superior del Magdalena (Nov.1-4/95), Regiones de Payandé y Prado, Departamento del Tolima, Colombia.-Geología Colombiana, No. 21, p. 3-40, 18 figs., 3 Láminas, Santa Fè de Bogotá.

- MORALES, L.G. & COLOMBIAN PETROLEUM INDUSTRY** (1958): Oil in Magdalena Valley. En L.G. WEEKS, Habitat of Oil, p. 641-695, 29 figs. American Association Petroleum Geology Symposium, Tulsa.
- NAVAS, J.** (1985): Campo Arauca. II Simposio Exploración Petrolera de las Cuencas Subandinas, Bogotá.
- PUMPIN, V.F.** (1978): The Structural Setting of Northwestern Venezuela. Maraven S.A., Report No. EPC 6094, p. 20, Caracas.
- RENZ, O.** (1956): Cretaceous in Western Venezuela and the Guajira. Congeso Geológico Internacional, 20 eme Session de Mexico City, 11 figs.
- SARMIENTO, G.** (1993) :Visión Regional de la Formación Guaduas. Boletín Geológico Vol.32, No.1-3, INGEOMINAS, p.165-180. Bogotá.
- SARMIENTO, G., PUENTES, J. y SIERRA, C.** (2015) : Evolución Geológica y Estratigráfica del sector Norte del Valle Medio del Magdalena. Geología Norandina. Sociedad Colombiana de Geología, No. 12, p.82, Bogotá.
- SHAGAN, R., KHON, B.P., Banks, P.O., DASCH, L.E., VARGAS, R., RODRIGUEZ, G.I. and PIMENTEL, N.** (1984): Tectonic Implications of Cretaceous-Pliocene fission-track ages from rocks of the circum-Maracaibo Basin region of western Venezuela and eastern Colombia. Geologic Society of America, Memoir 162, p.385-414.
- TRUMPY, D.** (1943): Pre-Cretaceous of Colombia. Bulletin Geol. Society of America, 54, p. 1281-1304, New York.
- UJUETA, G.** (1991): Lineamientos de dirección Noroeste-Sureste en los departamentos de Santander y Norte de Santander, Colombia.- Boletín de Geología, UIS, v.20, No. 35, p. 27-51, Bucaramanga.
- \_\_\_\_\_ (1992): Lineamientos Río Ariari, Bogotá y Gachalá en los departamentos de Cundinamarca y Meta, Colombia.- Revista Academia Colombiana de Ciencias Exacta, Físicas y Naturales, 18 (70), p. 345-358, Bogotá.
- \_\_\_\_\_ (1993a): Lineamientos Muzo, Tunja y Paipa en los departamentos de Boyacá y Casanare, Colombia.- Geología Colombiana, 18, p.65-73, 5 figs., Bogotá.
- \_\_\_\_\_ (1993b); Lineamientos de dirección Nordeste-Suroeste en los Andes Venezolanos. Geología Colombiana, 18, p.75-93, 11 figs., Bogotá.
- \_\_\_\_\_ (1993c) : Arcos y Lineamientos de dirección Noroeste-Sureste en las Cuencas Subandinas de Venezuela y Colombia.-Geología Colombiana, 18, p. 95-106, 6 figs., Bogotá.
- \_\_\_\_\_ (2001): Lineamientos de dirección NO-SE y NNE-SSO en el centro occidente colombiano y en el Ecuador.- Geología Colombiana, 26, p.5-27, 4figs., Bogotá.
- \_\_\_\_\_ (2003): La Falla de Santa Marta-Bucaramanga no es una sola falla, son dos fallas diferentes : La Falla de Santa Marta y la Falla de Bucaramanga. Geología Colombiana, 28, p. 133-153, 8 figs., Bogotá.
- UJUETA, G** (1992): (2004): Falla La Gloria, una importante falla normal en la parte más septentrional de la Serranía de San Lucas y del Valle Medio del Magdalena y geología del área. Geología Colombiana, 29, p.91-108, 7 figs., Bogotá.
- \_\_\_\_\_ (2007): Tectónica de bloques, delimitados por lineamientos de dirección NO-SE y NNE-SSO a NE-SO en el norte y nordeste de Colombia y en el noroccidente de Venezuela.- Geología Colombiana, 32, p. 3-20, 7 figs., Bogotá.
- WARD, D.E.; GOLDSMITH; R; CRUZ, J. & RESTREPO, H.** (1993); Geología de los Cuadrángulos H-12 "Bucaramanga" y H-13 "Pamplona", Departamento de Santander.- Boletín Geológico, V. XXI. 1-3, p. 1-131, Bogotá.