

Desplazamientos dextrales a lo largo de la frontera meridional de la placa Caribe, Venezuela Septentrional.

¹Franck AUDEMARD y ²Carlos GIRALDO

¹FUNVISIS, Apdo Postal 76.880, Caracas 1070-A. Fax:+(58-2) 257 99 77.
e-mail: faudem@funvisis.internet.ve

²LAGOVEN S.A., Los Chaguaramos, Caracas. Fax:+(58-2) 606 44 96.
e-mail: geor62@email.lagoven.pdv.com

Resumen

Varios modelos geodinámicos propuestos para la región caribeña invocan desplazamientos dextrales del orden de 1.000 kilómetros en el límite sur de la placa Caribe, por analogía con su frontera septentrional. No obstante, esta hipótesis parece difícilmente sustentable cuando se evalúa los desplazamientos acumulados a lo largo de cada uno de los accidentes transcurrentes mayores ubicados en territorio venezolano, que acomodan lo esencial de dicha transurrencia (fallas de Boconó, San Sebastián, El Pilar y Oca-Ancón). Dependiendo de los autores, el valor de dichos desplazamientos, así como el significado geodinámico de los mismos, es motivo de grandes controversias.

A partir de una síntesis bibliográfica, así como de nuestra propia interpretación, consideramos que el desplazamiento dextral total acumulado es del orden de 60 km y los valores de movimiento para las distintas fallas principales que conforman esta frontera son: (a)- de unos 20 a 30 km para el sistema de falla de Boconó, (b)- inferior a 65 km y probablemente cercano a 35 km para el sistema de fallas de Oca-Ancón y (c)- inferior a 150 km y más bien del orden de 60 km para la falla de San Sebastián-El Pilar. Debemos destacar que las fallas de Oca-Ancón y Boconó se unen a nivel de Morón para proseguir hacia el Este en un único accidente dextral de orientación este-oeste (falla de San Sebastián-El Pilar), transfiriéndose sobre esta última la cinemática de las otras.

En lo concerniente a la edad de activación de estas fallas transcurrentes, parece existir un consenso general en atribuirle a una fase tectónica mayor compresiva miocena superior-pliocena, aún vigente y responsable del tectonismo y orogénesis de los cinturones plegados del norte de Venezuela (Andes, Falcón, Central y Oriental).

Introducción

El límite entre las placas Caribe y Suramericana está constituido por una zona de deformación compleja de un centenar de kilómetros de ancho, a la cual se encuentra asociada lo esencial del volumen montañoso del norte de Venezuela, constituido por la cadena andina (Andes de Mérida), la cordillera de la Costa y la serranía del Interior. No obstante, la transurrencia dextral entre ambas placas en gran parte parece estar acomodada por el sistema de fallas de Boconó-San Sebastián-El Pilar (Hess & Maxwell, 1953; Rod, 1956; Molnar & Sykes, 1969; Minster & Jordan, 1978; Perez & Aggarwal, 1981; Stephan, 1982; Aggarwal, 1983; Schubert, 1984; Soulas, 1986; Beltrán & Giraldo, 1989; Soulas, 1989, entre otros; Fig. 1). El valor de dicha transurrencia dextral acumulada a lo largo del límite septentrional de la placa suramericana, así como el significado geodinámico de los mismos, ha sido motivo de grandes controversias, pero no es en ningún caso comparable al desplazamiento sinistral de 1.100 a 1.300 km propuesto para el límite norte de la

placa Caribe establecido en función de la expansión oceánica de la fosa de Caimán. En consecuencia, debemos indicar que no compartimos los diversos modelos geodinámicos propuestos para la región caribeña (Malfait & Dinkelman, 1972; Pindell & Dewey, 1982; Sykes *et al.*, 1982; Pindell *et al.*, 1988; Ross & Scotese, 1988; Calais *et al.*, 1989; Mathieu, 1989; Erlich & Barrett, 1990; Ostos, 1990; Stephan *et al.*, 1990; Pindell, 1993 y Stephan *et al.*, 1993) que invocan importantes desplazamientos rumbo-deslizantes a lo largo del límite sur de la placa Caribe, por simple analogía con su frontera septentrional. Tal aseveración se basa en los valores obtenidos para los desplazamientos máximos acumulados a lo largo de cada uno de los accidentes transcurrentes mayores, ubicados en territorio venezolano, los cuales se discutirán a continuación.

Límite meridional de la placa Caribe

El límite meridional actual de la placa Caribe en territorio venezolano -es decir el sistema transcurrente

dextral conformado por las fallas de Boconó, San Sebastián y El Pilar (Fig. 1)-, es un límite joven en la evolución geodinámica cenozoica de la placa Caribe, durante su paso progresivo hacia el Este con respecto a América del Sur (Audemard, 1993). La actividad de la falla de Boconó, al igual que la formación de la cadena andina venezolana actual, está limitada al Plioceno-Cuaternario (Dewey, 1972; Aggarwal, 1983; Audemard, 1993). Probablemente, una evidencia suplementaria para sustentar la corta edad de activación de esta falla, además de la orogénesis andina asociada, sea la profundización rápida del graben de Jambelí (cuenca en tracción estructurada en cola de caballo distensiva) desde el comienzo del Plioceno, ubicado en el subsuelo del golfo de Guayaquil en Ecuador y en la extremidad más meridional de un gran sistema transcurrente que disocia el sector noroeste del continente sudamericano del resto de la placa sudamericana, estando éste constituido por fallas tales como: Dolores, Piedemonte Llanero Colombiano (Guaicaramo entre otras) y Boconó en su extremidad septentrional (Audemard, 1993). La activación de este límite actual está asociada a la suturación del arco panameño contra la previa fachada occidental de la placa de América del Sur. Dicha suturación es además responsable de la expulsión hacia el norte del bloque de Maracaibo, limitado por las fallas de Santa Marta-Bucaramanga de dirección NW-SE y Boconó de orientación NE-SW, y a su vez de la subducción de la cuenca de Venezuela (placa Caribe) por debajo del Norte de Colombia y del noroeste de Venezuela, a nivel de las Antillas holandesas (Audemard, 1993); subducción confirmada por Van Der Hilst (1990) por medio de estudios de tomografía sísmica. Por el contrario, la actividad en transcurrencia dextral de la falla de El Pilar aparenta ser más vieja y Giraldo (1993; 1996) propone que dicha activación se inició en el Mioceno medio-superior durante la fase tectónica responsable de la formación de la serranía del Interior. En consecuencia, la frontera transcurrente pre-pliocena entre ambas placas estaba conformada por otros accidentes. Audemard (1993) propone que dicho límite era inicialmente más simple y rectilíneo, el cual estaba constituido por las fallas actualmente conocidas como Oca-Ancón, San Sebastián y El Pilar de tendencia principal este-oeste (Fig. 1) y que la edad de iniciación de la transcurrencia dextral a lo largo del sistema de fallas de Oca-Ancón, muy similarmente a la falla de El Pilar, ocurre próximo al límite Mioceno inferior-medio (17-15 ma), simultáneamente a la inversión tectónica de la cuenca oligo-miocena de Falcón. Edades similares han sido propuestas por: Tschanz *et al.* (1974) en función de la edad de las cuencas asociadas a los límites del bloque de Santa Marta (Mioceno inferior); y por Zambrano *et al.* (1971), Mann & Burke (1984) y Mathieu (1989), quienes concluyen que la actividad mayor en transcurrencia dextral es post-mioceno medio.

Por otra parte, Audemard (1993) también señala que el mecanismo de subducción y colisión oblicua imperante durante el Terciario y previo al Mioceno medio en el margen meridional caribeño, responsable de acomodar tanto el acortamiento norte-sur generado por la convergencia de las dos Américas como el desplazamiento relativo hacia el Este de la placa Caribe, se hace insostenible por los niveles de colisión alcanzados entre ambas placas, dándose inicio desde entonces (17-15 ma) a una repartición de las deformaciones ("partitioning"): fallas transcurrentes dextrales de orientación este-oeste y estructuras de acortamiento con vergencia SSE preponderante. Este mecanismo de repartición de deformaciones es aún activo hoy en día a lo largo de la frontera meridional caribe.

Transcurrencia dextral acumulada en Venezuela

Tomando en consideración lo antes expuesto, es necesario entonces evaluar los desplazamientos dextrales acumulados por cada uno de los distintos accidentes rumbo-deslizantes que han pertenecido al límite de placa, o han contribuido a acomodar dicha transcurrencia, durante el paso de la placa Caribe hacia el Este; proceso que ha ocurrido básicamente en los últimos 17 ma, aunque pudiese haber un ligero diacronismo de Oeste a Este, siendo de edad miocena inferior en Colombia (Tschanz *et al.*, 1974) y de edad miocena medio a superior en Venezuela oriental (15-10 ma según Giraldo, 1996). Por otra parte, debemos indicar que no podremos obviamente discutir los valores de transcurrencia acomodados por la falla de San Sebastián por encontrarse su traza casi totalmente en mar, pero dicho valor está acotado por aquellos que se obtengan para la falla de El Pilar por el hecho de estar ambas en perfecta continuidad mecánica y cinemática.

La falla de Boconó

El movimiento dextral acumulado a lo largo de la falla de Boconó es considerado inferior a 80 km por Stephan (1982) medido en base al desplazamiento aparente del frente de las Napas Caribe (a en Fig. 2a). Sin embargo, consideramos que este valor no es confiable puesto que la existencia de alguna componente vertical de movimiento a lo largo de la falla de Boconó -la cual de hecho existe ya que se han medido estrías tectónicas de hasta 10 a 15° de pitch (Giraldo, 1985 y Audemard, 1996)- tendría una influencia muy marcada sobre el desplazamiento de un marcador geológico tan poco inclinado como un corrimiento, tal como lo demostró Audemard (1993) para una discordancia de bajo buzamiento (Figura 5.4 en pag. 239). Giraldo (1989) propone estimados de movimiento dextral acumulado a lo largo de esta falla más reales por

utilizar marcadores planares o contactos geológicos más verticales, los cuales son similares al propuesto por Rod (1956) en base a drenajes desplazados. Dichos valores son muy inferiores al propuesto por Stephan (*op. cit.*) y oscilan entre unos 20 a 30 km, los cuales fueron establecidos a partir de marcadores geológicos de orígenes diversos y edades muy disímiles: cuerpos intrusivos (granito de Tovar en el estado Mérida; Fig. 2b), el basamento andino aflorante en cercanías a Anzoátegui - estado Lara- (Fig. 2c) y el complejo de Yaritagua -estado Lara- (Fig. 2d).

El sistema de fallas de Oca-Ancón

El valor del desplazamiento acumulado a lo largo de esta falla mayor del noroccidente venezolano ha sido también materia de controversia. Por ejemplo, a partir de sus observaciones de la isla de Toas, Rod (1956) sugiere la ocurrencia de algunas decenas de kilómetros de transcurrancia dextral. Posteriormente, Doolan & MacDonald (1971) calcularon un movimiento dextral máximo del orden de 20 km durante el Neógeno, basándose en el desplazamiento de esquistos mesozóicos de la península de la Goajira. Feo-Codecido (1972) obtiene un desplazamiento post-oligoceno similar (entre 15 y 20 km). Vasquez & Dickey (1972) estimaron 14,1 km de movimiento dextral durante los últimos 5 ma, aunque basándose sobre una hipótesis totalmente errónea (el plegamiento regional falconiano es la resultante de la transcurrancia de la falla de Oca). A partir de la correlación de las unidades metamórficas de la península de la Goajira transversalmente a la falla de Oca, Case & MacDonald (1973) estimaron unos 40 km de desplazamiento dextral, que habría tenido lugar probablemente desde el Mioceno medio y que sería aún activo, como lo sugiere la existencia de drenajes desplazados y de escarpes de falla. A partir del mismo criterio, Tschanz *et al.* (1974) estiman un desplazamiento aparente de 65 km. Para Janssen (1979), el desplazamiento aparente, medido en base a los mapas isópacos del Cretáceo (Grupo Cogollo) de la región norte del lago de Maracaibo, no sería superior a 50 km. Por último y valor que consideramos mejor sustentado, Soulas *et al.* (1987) y Audemard (1993) consideran que el desplazamiento dextral post-oligoceno es del orden de 30 ± 3 km, medido a partir del desplazamiento aparente presentado por los afloramientos de rocas de edad oligocena que conforman el eje del anticlinorio de Falcón (Fig. 3).

La falla de El Pilar

Sin considerar los numerosos modelos geodinámicos que necesitan centenares de kilómetros de desplazamiento rumbo-deslizante dextral en el límite meridional de la placa Caribe, el máximo desplazamiento dextral estimado para la falla de El Pilar es siempre inferior a 150 km

(Giraldo, 1993; 1996), aunque Rod (1956) considera que puede haber acumulado un desplazamiento dextral superior a 100 km; sin precisar cuanto más. Por el contrario, Metz (1968) calcula un valor inferior a 15 km, al igual que muchos autores que lo estiman en unos pocos kilómetros (referirse a Schubert, 1979). Por su parte, Vierbuchen (1977) le estima un valor intermedio que varía entre 25 y 70 km. Reutilizando la hipótesis presentada por Giraldo (1996), pero considerando la existencia de acortamientos corticales transversos, estimamos un valor (≈ 55 km) dentro del rango propuesto por Vierbuchen (*op.cit.*), que a su vez parece ser una buena solución vectorial a los movimientos dextrales acumulados en forma independiente por los sistemas de Oca-Ancón y Boconó; lo cual será desarrollado a continuación.

Discusión

Como hemos desglosado anteriormente, no parece haber falla o sistema de fallas transcurrentes dextrales que aflore hoy en día en territorio venezolano que puedan haber acomodado desplazamientos horizontales de unos centenares de kilómetros en la margen meridional de la placa Caribe durante la totalidad del Cenozoico. Para estimar el valor de transcurrancia total ocurrido en la frontera septentrional de la placa sudamericana, hemos enfocado el problema de dos formas distintas:

- por una parte, hemos realizado una reconstrucción tectónica simple del Norte de Venezuela (Fig. 4), tomando en consideración todas las fallas transcurrentes dextrales mayores que hayan potencialmente actuado durante la fase de desplazamiento relativo hacia el Este de la placa Caribe con respecto a Sudamérica durante el Cenozoico, así como los posibles acortamientos corticales transversos al límite de placas entre el Caribe y América del Sur (unos 70 km para la serranía del Interior en el oriente, según Passalacqua *et al.*, 1996). El total del desplazamiento cenozoico en transcurrancia dextral exclusivamente iniciado alrededor del límite mioceno inferior-medio -más no en subducción o colisión oblicua previa a dicha transcurrancia- es del orden de unos 55 km; valor muy inferior al valor preliminar estimado por Giraldo (1993; 1996), quien no había considerado los acortamientos transversos al sistema dextral principal, lo cual modifica sustancialmente la cantidad de desplazamiento dextral necesario para restaurar la linealidad de las fallas de La Victoria y Laguna Grande (hipótesis desarrollada por Giraldo, 1996).

- por otra parte, obtenemos un valor acumulado de transcurrancia total muy similar, del orden de 51 ± 3 km, si se adiciona vectorialmente los desplazamientos dextrales en dirección este-oeste de los sistemas de fallas de Oca-Ancón del orden de unos 30 ± 3 Km y de Boconó del orden de unos 21 km (valor calculado según la relación trigonométrica: $\text{sen } 45^\circ \times 30$ km). Igualmente,

podríamos indicar que la expulsión hacia el Norte del bloque de Maracaibo en territorio venezolano es de unos 21 km -similar a su componente dextral en dirección este-oeste antes calculada-, lo cual sugeriría que el trazado de la falla de Oca-Ancón, previo a la transcurrencia dextral ocurrida a lo largo de la falla de Boconó, era bastante rectilíneo (como sugerido por Albarracín, 1988 y Audemard, 1993) y de tendencia este-oeste. No obstante, el trazado general del sistema Oca-Ancón se ubica en una posición más septentrional a medida que nos acercamos y adentramos en territorio colombiano, lo cual pareciera denotar que la componente en expulsión hacia el Norte del bloque de Maracaibo a lo largo de la falla de Santa Marta-Bucaramanga es algo más importante que la correspondiente a la falla de Boconó, imprimiendo algo de rotación horaria al bloque de Maracaibo. En el caso que esta aseveración sea correcta, dos mecanismos -o su combinación- podrían ser responsables de un valor de expulsión cuatro veces mayor a lo largo de la falla de Santa Marta-Bucaramanga: (a)- la actividad presente según un movimiento sinistral de esta falla es anterior a la actividad dextral de la falla de Boconó o (b)- su tasa de desplazamiento anual promediada en los últimos millones de años es superior a la estimada para la falla de Boconó actualmente (9 mm/a). En cuanto a la velocidad relativa dextral entre las placas Caribe y Sudamérica, podemos indicar que debe ser más bien cercana a 1-1,2 cm/a, de la cual el límite principal rumbo-deslizante dextral acomoda unos 9 mm/a, aportando el sistema Oca-Ancón unos 2 mm/a (Audemard, 1991; 1993) y Boconó unos 7 mm/a (sen 45° x 9mm/a) y el resto (hasta unos 3 mm/a) sería acomodado por fallas satélites tales como: La Victoria (hasta 1 mm/a según Audemard *et al.*, 1995) y los corrimientos frontales o "transcabalgamientos" (Audemard *et al.*, 1988).

Agradecimientos

Queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento a nuestra respectivas instituciones, Funvisis y Lagoven S.A. por permitir la cooperación en la realización de este ejercicio geológico-mental. Por otra parte, señalamos nuestro descontento con la falla de El Pilar por hacer inexactos nuestros cálculos con los nuevos 40 cm de desplazamiento cosísmico ocurrido en asociación con el sismo de Cariaco del 09 de julio de 1997 de magnitud Ms 6,8; igualmente responsable del retardo en la entrega de este trabajo. Gracias a Marina Peña por la elaboración de los dibujos.

Referencias

- Albarracín, J. (1988) La Falla de Oca, su origen y desplazamiento. *IV Congreso Venezolano de Geofísica, Caracas*; 443-450.
- Aggarwal, Y. (1983) Neotectonics of the Southern Caribbean: Recent Data, new ideas. *Acta Científica Venezolana*; 34(1):17 (resumen).
- Audemard, Fr.; Costa, C. & De Santis, F. (1988) Observaciones geológicas sobre el "Corrimiento" de Cantagallo, entre El Pao y San Juan de los Morros, Venezuela. *V Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, Cumaná, Venezuela*.
- Audemard, Fr. (1991) Proyecto suministro Falcón-Zulia (SUFAZ): Actividad cuaternaria y caracterización sismogénica de las fallas de Lagarto y Rio Seco. Afinamiento de las características sismogénicas del sistema de fallas de Oca-Ancón y de Urumaco. Informe final. *Funvisis para Maraven*; 91 p + anexo. *Inédito*.
- Audemard, Fr. (1993) Néotectonique, sismotectonique et aléa sismique du nord-ouest du Vénézuéla (Système de failles d'Oca-Ancón). *Tesis de Doctorado, Universidad de Montpellier II*, 369 p. + Anexos.
- Audemard, Fr.; De Santis, F.; Singer, A. & Ramos, C. (1995) El Sistema de Fallas de La Victoria, Venezuela Norcentral: Trazas Activas, Complejidades Estructurales, Cinemática y Sismicidad Asociada. *IX Congreso Latinoamericano de Geología; s/n (en disquete)*.
- Audemard, Fr. (1996) Holocene and Historical Earthquakes on the Boconó Fault System, Southern Venezuelan Andes: Trench Confirmation. *Journal of Geodynamics (En prensa)*.
- Beltrán, C. & Giraldo, C. (1989) Aspectos neotectónicos de la region nororiental de Venezuela. *VII Congreso Geológico Venezolano, Barquisimeto*; (3):1000-1021.
- Bucher, W. (1952) Geologic Structure and Orogenic History of Venezuela. *Geological Society of America, Memoir* 49.
- Calais, E.; Stephan, J-F.; Beck, C.; Carfantan, J-C.; Tardy, M.; Thery J-M.; Olivet, J-M.; Bouysson, P.; Mercier De Lepinay, B.; Tournon, J.; Vila, J-M.; Mauffret, A.; Blanchet, R.; Bourgois, J. & Dercourt, J. (1989) Évolution paléogéographique et structurale du domaine caraïbe du Lias à l'Actuel: 14 étapes pour 3 grandes périodes. *Comptes Rendus Académie des Sciences Paris*, 309: 1437-1444.
- Case, J. & MacDonald, W. (1973) Regional Gravity Anomalies and Crustal Structure in Northern Colombia. *Bulletin of the Geological Society of America*; 84(9):2905-2916.
- Dewey, J. (1972) Seismicity and tectonics of western Venezuela. *Bulletin of the Seismological Society of America*; 62(6):1711-1751.
- Doolan, B. & Macdonald, W. (1971) Stucture and Methamorphism of schists of the Santa Marta area, Colombia. *I Cong. Colom. Geol., Bogotá*; 187-206.

- Erlich, R. & Barret, S. (1990) Cenozoic plate tectonic history of the Northern Venezuela-Trinidad area. *Tectonics*; 9(1): 161-184.
- Feo-Codécido, G. (1972) Breves ideas sobre la estructura de la Falla de Oca, Venezuela. *VI Conf. Geol. Caribe. Margarita, Venezuela*; 191-202.
- Giraldo, C. (1985) Néotectonique et sismotectonique de la région d'El Tocuyo-San Felipe (Vénézuélacentro-occidental). *Tesis de Doctorado, Universidad de Sciences et Techniques du Languedoc*, 130 p.
- Giraldo, C. (1989) Valor del desplazamiento dextral acumulado a lo largo de la falla de Boconó, Andes venezolanos. *GEOS*; 29:186-194.
- Giraldo, C. (1993) New ideas about displacement and history of El Pilar fault, Eastern Venezuela. *AAPG/SVG International Congress and Exhibition. (Poster)*.
- Giraldo, C. (1996) Hipótesis acerca del desplazamiento de la falla de El Pilar, Venezuela nororiental. 8° Congreso Venezolano de Geofísica, Maracaibo. 387-392.
- Hess, H. & Maxwell, J. (1953) Caribbean Research Project. *Bulletin of the Geological Society of America*; 64(1):1-6.
- Janssen, F.L. (1979) Structural style of northwestern Venezuela. *Reporte EPC-6270, MARAVEN S.A., Caracas*. 61 p.
- Malfait, B. & Dinkelman, M. (1972) Circum-Caribbean tectonic and igneous activity and the evolution of the Caribbean plate. *Bulletin of the Geological Society of America*; 83(2):251-272.
- Mann, P. & Burke, K. (1984) Cenozoic rift formation in the northern Caribbean. *Geology*; 12(12):732-736.
- Mathieu, X. (1989) La Serranía de Trujillo-Ziruma aux confins du Bassin de Maracaibo, de la Sierra de Falcon et de la Chaîne Caraïbe. *Tesis de Doctorado, Universidad de Brest*. 266 p. + Anexos.
- Metz, H. (1968) Geology of the El Pilar Fault Zone, State of Sucre, Venezuela. *4th Caribbean Geological Conference, Trinidad*; 193-198.
- Minster, J. & Jordan, T. (1978) Present-day plate motions. *Journal of Geophysical Research*; 83:5331-5354.
- Molnar, P. & Sykes, L. (1969) Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from focal mechanisms and seismicity. *Bulletin of the Geological Society of America*; 80:1639-1684.
- Ostos, M. (1990) Tectonic evolution of the South-Central Caribbean based on Geochemical Data. *Tesis de Doctorado de Rice University, Houston, Texas*. 410 p. *Inédito*.
- Perez, O. & Aggarwal, Y. (1981) Present-day tectonics of south-eastern Caribbean and northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*; 86:10791-10805.
- Pindell, J. (1993) Mesozoic-Cenozoic Paleogeographic Evolution of Northern South America. *AAPG/SVG International Congress and Exhibition. (Poster)*.
- Pindell, J.; Cande, S.; Pitman III, W.; Rowley, D.; Dewey, J.; Labrecque, J. & Haxby, W. (1988) A plate-kinematic framework for models of Caribbean evolution. *Tectonophysics*; 155:121-138.
- Pindell, J. & Dewey, J. (1982) Permo-Triassic Reconstruction of western Pangea and the evolution of the Gulf of Mexico/Caribbean region. *Tectonics*; 1(2):179-211.
- Rod, E. (1956) Strike-slip faults of northern Venezuela. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*; 40(3):457-476.
- Ross, M. & Scotese, C. (1988) A hierarchical tectonic model of the Gulf of Mexico and Caribbean region. *Tectonophysics*; 155: 139-168.
- Schubert, C. (1979) The El Pilar fault zone, northeastern Venezuela. *Tectonophysics*; 52:447-455.
- Schubert, C. (1984) Basin formation along Boconó-Morón-El Pilar fault system, Venezuela. *Journal of Geophysical Research*; 89:5711-5718.
- Soulas, J.P. (1986) Neotectónica y tectónica activa en Venezuela y regiones vecinas. *VI Congreso Geológico Venezolano*; (10):6639-6656.
- Soulas, J.P. (1989) Definition de l'actuelle limite sud de la Plaque Caraïbe. *E.G.S., 14° Gener. Ass. Symp. SI.2, Barcelona, España (résumé)*.
- Stephan, J-F. (1982) Evolution géodynamique du domaine Caraïbe, Andes et chaîne Caraïbe sur la transversale de Barquisimeto (Vénézuéla). *Tesis de Estado, Paris*. 512 p. *Inédito*.
- Stephan, J-F.; Mercier De Lepinay, B.; Calais, E.; Tardy, M.; Beck, C.; Carfantan, J-C.; Olivet, J-M.; Vila, J-M.; Bouysse, P.; Mauffret, A.; Bourgeois, J.; Thery, J-M.; Tournon, J.; Blanchet, R. & Dercourt, J. (1990) "Paleogeodynamics maps of the Caribbean: 14 steps from Lias to Present." *Bulletin Société Géologique de France*; 6(6):915-919.
- Stephan, J.F.; Beck, C.; Thery, J.M. & Cabrera, E. (1993) Paleo-geodynamic Evolution of the Northern South America Margin Through Thirteen Maps, From Maastrichtian to Present. *AAPG/SVG International Congress and Exhibition. (Poster)*.
- Sykes, L.; McCann, W. & Kafka, A. (1982) Motion of Caribbean Plate during last 7 million years and implications for earlier cenozoic movements. *Journal of Geophysical Research*; 87(B13):10656-10676.
- Tschanz, C.; Martin, R.; Cruz, J.; Mehnert, H. & Cebula, G. (1974) Geologic evolution of the Sierra Nevada de Santa Marta, northeastern Colombia. *Bulletin of the Geological Society of America*; 85(2): 273-284.
- Van der Hilst, R. (1990) Tomography with *P*, *PP*, and *pP* delay-time data and the three-dimensional mantle

structure below the Caribbean region. *Tesis de Doctorado, Universidad de Utrecht, Holanda.*

Vasquez, E. & Dickey, P. (1972) Major faulting in northwestern Venezuela and its relation to global tectonics. *VI Conferencia Geológica del Caribe. Margarita, Venezuela.* 191-202.

Vierbuchen, R. (1977) New data relevant to the tectonic history of the El Pilar Fault. *8th Caribbean Geological Conference, Curaçao;* 213-214.

Zambrano, E.; Vasquez, E.; Duval, B.; Catreille, M. & Coffinieres, B. (1971) Síntesis paleogeográfica y petrolera del Occidente de Venezuela. *IV Congreso Geológico Venezolano, Boletín de Geología, Publicación Especial 5, (1):*483-552.

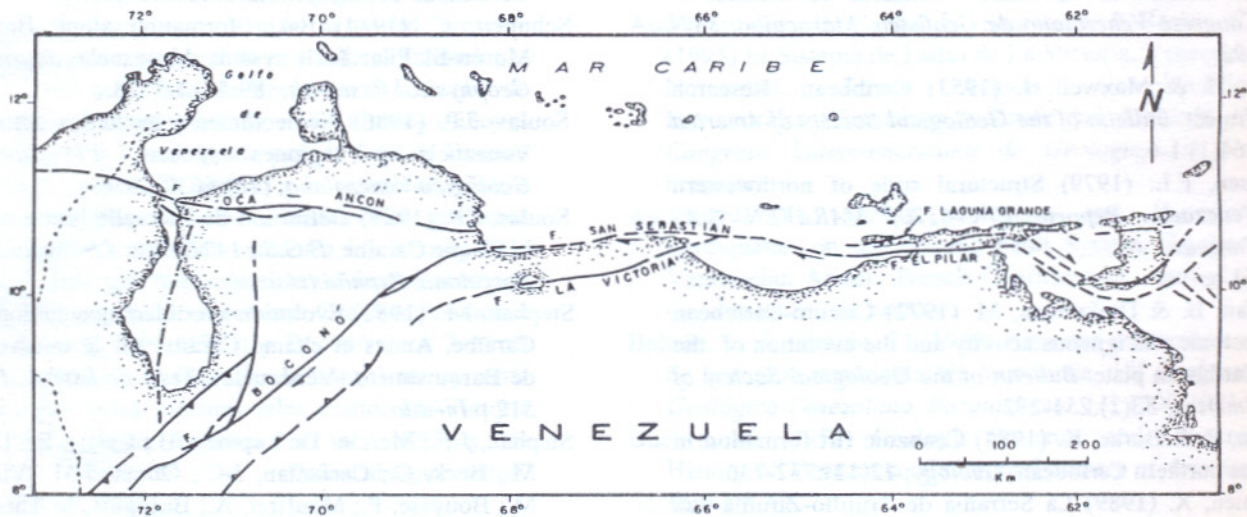


Fig.1 Principales fallas dextrales del límite meridional de la placa Caribe.

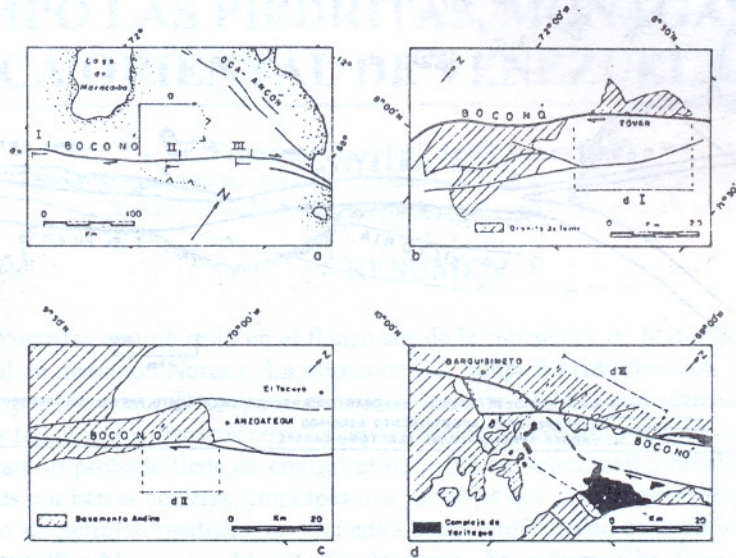


Fig.2 Marcadores geológicos de desplazamiento dextral utilizados a lo largo de la traza de la falla de Boconó: a)- ubicación relativa; b)- a d)- mapa simplificado de la geología local de cada marcador (tomado de Giraldo, 1989).

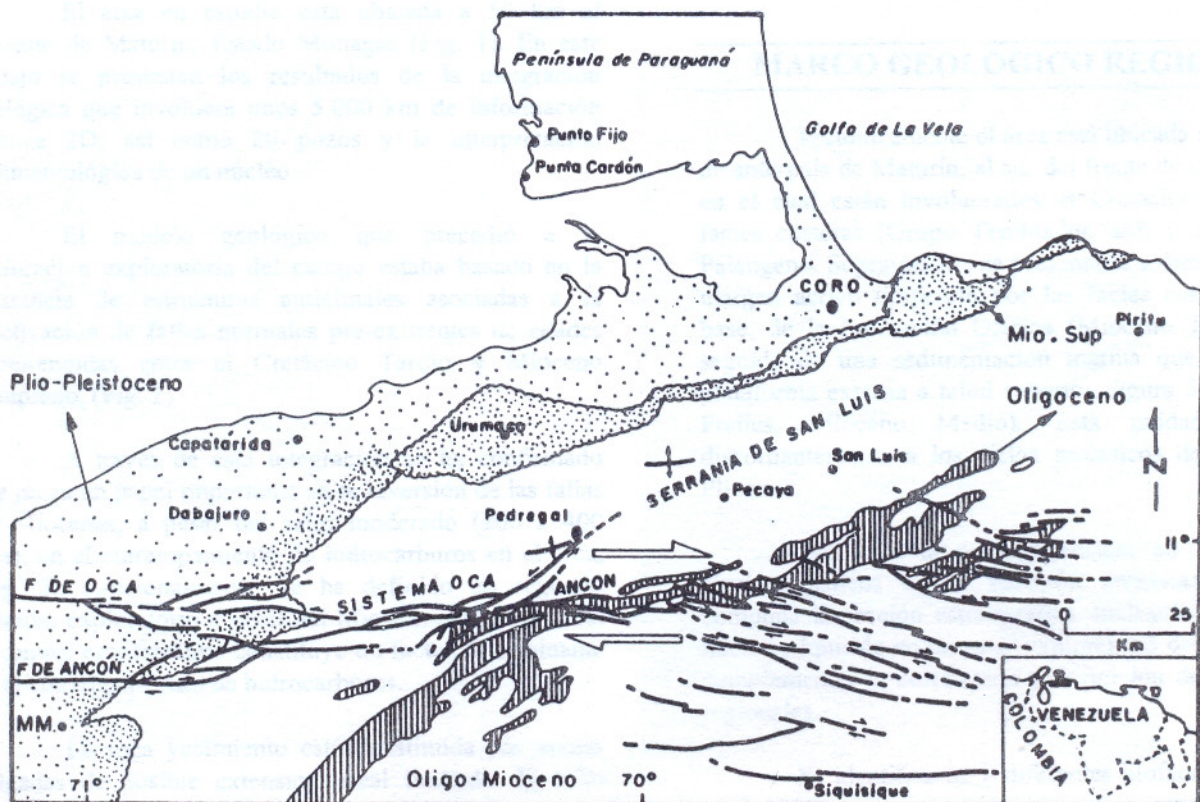


Fig. 3 Desplazamiento dextral aparente de la secuencia oligocena de la región central del estado Falcón, asociado al sistema de fallas de Oca-Ancón.

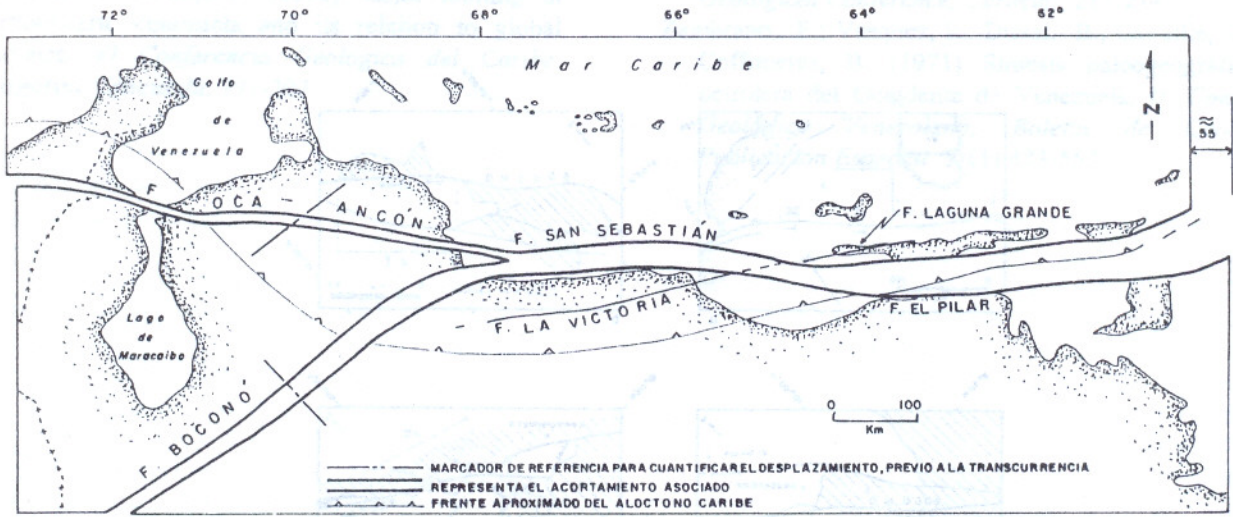


Fig.4 Reconstrucción esquemática de Venezuela septentrional hace unos 15 millones de años.



Fig. 7 Desplazamiento de la sección oligocena de la zona central del estado Falcón, asociado al sistema de fallas de Oca-Ancon.