

Evidencias morfotectónicas de actividad cuaternaria en la Cuenca de Barlovento, Venezuela Nor-central

Reinaldo Ollarves* y Franck Audemard, Universidad Central de Venezuela, Dpto. Ciencias de la Tierra.

Resumen

Este trabajo presenta un inventario de marcadores geomórficos de fallamiento activo en la Cuenca de Barlovento. Estos indicadores consisten esencialmente en anomalías en drenajes (desviados, lineales, desplazados, fuera del eje) y topográficas (crestas desplazadas, valles lineales, cambios en la orientación de las filas), entre otros, a través de los cuales se pueden trazar las lineaciones estructurales principales.

Las evidencias morfotectónicas presentadas, son soportadas y discutidas a partir de una serie de datos de campo, a través de los cuales fue posible corroborar la existencia en tierra del sistema de fallas de Píritu, así como la actividad reciente de los sistemas de fallas de La Victoria y Píritu sobre la región de Barlovento.

Summary

This paper presents an inventory of geomorphic evidence of active faulting in the Barlovento Basin. Mainly, these indicators are drainage (diversion, lineal, shifted, non-axial position) and topographic anomalies (crest diverted, lineal valley, different crests orientations) and others. With these evidence, it was possible to map the main structural lineations.

The morphotectonic evidences here shown, were supported and discussed, based in data field. This relationship allowed to establish the existence of the Píritu fault in land, and also the recent activity of La Victoria and Píritu fault systems in the Barlovento Basin.

Introducción

La morfotectónica es el conjunto de interacciones entre la morfología y la tectónica (Aubouin *et al.* 1980). Esta relación entre tectónica y geomorfología, permite identificar algunas estructuras, procesos y litologías de un área de interés. Así mismo, el reconocimiento de anomalías y cambios recientes en el paisaje, dan indicio de actividad reciente en las estructuras en estudio (neotectónica).

Dependiendo del estilo estructural imperante, así como de su tasa de actividad en el reciente geológico, existirán ciertas geofomas características de fallamiento cuaternario, tales como: valles y drenajes lineales, drenajes desplazados, lagunas de falla, lomos de obturación entre

otros, para fallas transcurrentes; o drenajes suspendidos, facetas triangulares, escarpes de línea de falla, y otros, para fallas de buzamiento. Especial interés debe prestarse a las anomalías topográficas, geológicas y de drenaje, que estén presentes en el área de estudio, ya que éstas aportan información adicional pertinente sobre las fallas activas que pudiesen afectar una región, así como su grado de actividad.

De esta manera, el presente trabajo realiza un inventario de distintas evidencias morfotectónicas de fallamiento activo para la región de Barlovento, además de discutir el significado de estos rasgos con respecto al marco neotectónico de la zona y su estilo de deformación.

Por su parte, la Cuenca de Barlovento es una depresión ubicada en la región nor-central de Venezuela, enclavada entre la Cordillera de la Costa y la Serranía del Interior. Su drenaje principal está conformado por la parte baja del río Tuy. (ver Fig. 1).

Geología regional

La cuenca de Barlovento es una depresión generada en el Mioceno Tardío, a partir de un proceso distensivo regional registrado en la región nor-central de Venezuela hace aproximadamente 11 Ma (Audemard, 2002; Espínola & Ollarves, 2002; Hernández & Rojas, 2002; Ollarves *et al.*, 2004).

Posterior a este evento, ocurre un cambio en el marco geodinámico, el cual produce el levantamiento progresivo de la cuenca. Este cambio en el régimen tectónico es asociado a la activación mayor de la transcurrencia dextral del margen meridional de la placa Caribe, la cual es activada por la colisión del arco de Panamá con la placa Suramericana (Audemard & Giraldo, 1997).

Durante los procesos de hundimiento y levantamiento de la cuenca, se produce la depositación de las formaciones: Aramina (Mioceno Tardío-Plioceno), Cauagua (Pleistoceno medio) y Mamporal (Pleistoceno Tardío), las cuales conforman el relleno sedimentario de la cuenca (ver Fig. 2) (Espínola & Ollarves, 2002; Hernández & Rojas, 2002; Ollarves *et al.*, 2004).

Estas unidades estratigráficas están limitadas por el sistema de fallas de la Victoria, tal como se demuestra en este trabajo, para el margen septentrional de la cuenca. Este

Morfotectónica de la Cuenca de Barlovento

sistema coloca en contacto las unidades antes descritas, con las siguientes unidades litodémicas: Filita de Paracotos (Cretácico Tardío), Filita de Urape (Cretácico), Esquisto de Chuspita (Cretácico Temprano), Anfibolita de Cabo Codera (Pre-Mesozoico) y la Asociación Meta-volcano-sedimentaria de Villa de Cura (Jurásico-Cretácico). Cabe destacar, que estas unidades han sido recientemente revisadas y ampliadas por Urbani (2000).

Hasta el momento no se ha establecido el control del margen meridional de la cuenca, en donde las rocas sedimentarias de la Cuenca de Barlovento, están en contacto con las unidades litodémicas de la Asociación de Villa de Cura. Sin embargo, basándose en observaciones de campo, Espínola & Ollarves (2002) y Hernández & Rojas (2002) explican que este contacto podría ser una discordancia litológica, lo cual parece estar sustentado por información de subsuelo publicada por Audemard & Serrano (2001).

Por su parte, el borde oriental está controlado por el sistema de fallas de Píritu, el cual es interpretado y ubicado en las costas de Barlovento (Soulas, 1985; Beltran & Giraldo, 1989; Blanco & Giraldo, 1992; Audemard *et al.*, 2000; Espínola & Ollarves, 2002; Hernández & Rojas, 2002; Ollarves *et al.* 2004).

Evidencias morfotectónicas de actividad cuaternaria

A partir de la interpretación de imágenes de radar (SLAR NC 19-8 y 20-5) y fotografías aéreas, se ha encontrado una serie de marcadores morfotectónicos que dan indicio de actividad cuaternaria tanto a escala regional como local, los cuales son descritos a continuación:

Evidencias de carácter regional

1) Línea de costa lineal y con forma semicircular cóncava hacia el este. Esta es una de las primeras características que resaltan en un mapa topográfico de las costas de Barlovento. Esta morfología lineal sugiere un control tectónico de la línea de costa (ver Fig. 1).

2) La posición actual del río Tuy, el cual recorre la depresión de Barlovento a lo largo de su margen sur, pegado al frente de montañas de la Serranía del Interior, manteniendo esta posición hasta llegar a las cercanías del poblado de El Clavo, donde el río cambia de curso oeste-este a suroeste-noreste para desembocar en el Mar Caribe (ver Fig. 1).

3) La formación geológica más antigua dentro de la cuenca (Fm. Aramina), aflora a todo lo largo del margen septentrional, presentando buzamientos hacia el sur. Por su parte, la Formación Cauagua (suprayacente en discordancia angular a la Fm Aramina) también presenta buzamientos hacia el sur, y se encuentra en posición más axial en la cuenca. Por último, la Formación Mamporal y la

mayor parte de las terrazas aluviales cuaternarias se presentan en la región meridional de la cuenca (ver Fig. 2).

Estas dos últimas evidencias, dan indicio de un basculamiento general de la Cuenca de Barlovento, donde el borde norte es levantado mucho más rápido que el sur; por el levantamiento diferencial de la Cordillera de la Costa, con respecto a la Serranía del Interior. Cabe destacar, que el mismo fenómeno es reportado por Audemard (1985) en el río Tuy, para la Cuenca de Ocumare del Tuy y por Picard & Pimentel (1968) en el río Guaire para el valle de Caracas, el Río Grande o Cauagua en el valle de Guatire-Guareñas y además incluyen el río Tuy en la Cuenca del Bajo Tuy.

4) Escalonamiento de niveles de aplanamiento, por disminución topográfica hacia el este, de la región nor-central de Venezuela, el cual es mostrado en la cresta de la Cordillera de la Costa (ver Fig. 3). Cada uno de estos escalones, está asociado a un sistema de fallas NW-SE, que atraviesa tanto la Cordillera de la Costa como la Cuenca de Barlovento.

Evidencias de carácter local

Estas evidencias han sido agrupadas según el sistema de falla a las cuales estén asociadas. De esta manera, el sistema de fallas de la Victoria presenta los siguientes indicios:

1) A lo largo de todo el margen septentrional de la cuenca, se observan una serie de facetas triangulares (FT), las cuales se encuentran mejor desarrolladas hacia la parte occidental de este sistema. Por otra parte, se encuentran una serie de drenajes desplazados (DD), todos con desplazamiento relativo dextral, los cuales se aprecian mejor en la parte oriental del sistema; en menor cantidad, hay drenajes colgados, ubicados en la zona occidental (ver Fig. 4).

2) En la zona de Capaya-Birongo, dentro del complejo ígneo-metamórfico que conforma la Cordillera de la Costa, existen líneas de crestas desplazadas (CD), cuyos desplazamientos corresponden también con drenajes desplazados en el mismo sentido. Además, a lo largo de estas trazas, se observan una serie de drenajes lineales (DL), que en general, corresponden con tributarios de las quebradas principales (ver Fig. 5).

Por otro lado, se han encontrado los siguientes indicadores morfotectónicos asociados al sistema de fallas de Píritu:

1) La evidencia más significativa de este sistema, se encuentra sobre el trazado de los ríos Tuy y Capaya. En el caso del río Tuy, en las cercanías del poblado de Madre Nueva, este río presenta un codo, a 90°, donde el río se reorienta hacia el noroeste. Bajo la misma traza, cerca del pueblo de Tacarigua de Mamporal, el río Capaya presenta

Morfotectónica de la Cuenca de Barlovento



Fig. 3. Perfil topográfico a lo largo de la cresta de la Cordillera de la Costa en la región de Barlovento.

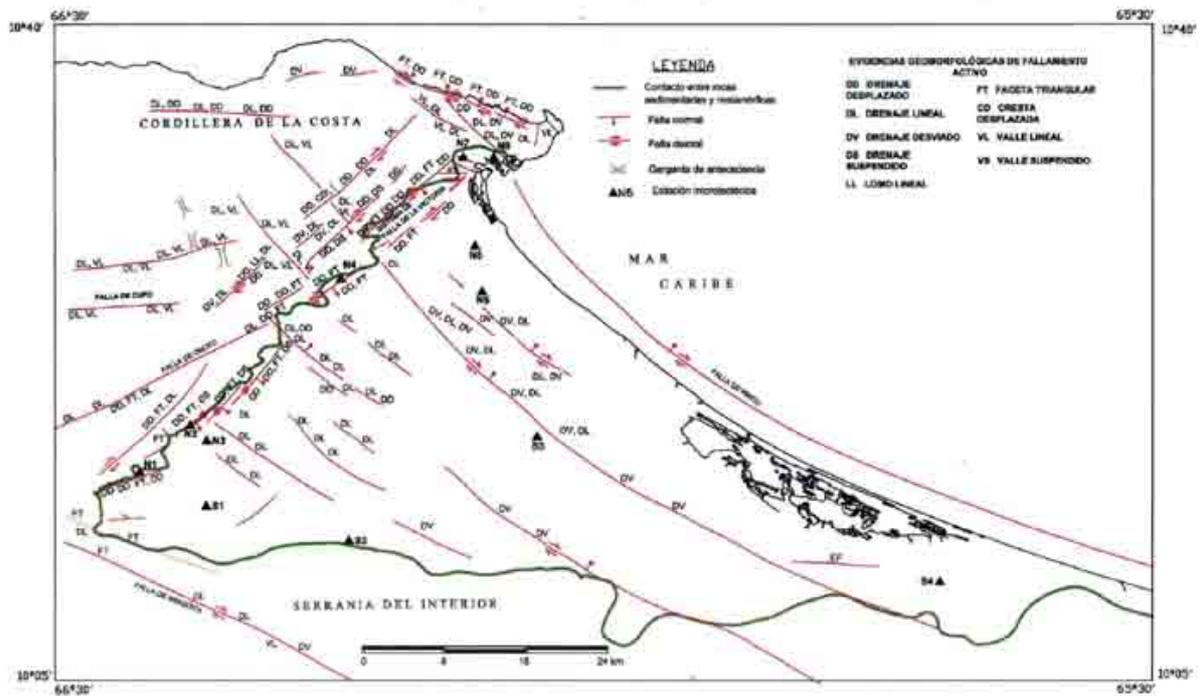


Fig. 4. Evidencias morfoestructónicas y mapa estructural de la región de Barlovento.

Morfotectónica de la Cuenca de Barlovento

un codo, el cual desvía este río hacia el sureste, existiendo otros quiebres aguas abajo (ver Fig. 6). Estas evidencias son consideradas drenajes desviados (DV).

2) En la carretera que comunica Caracas con Higuerote, pasando el poblado de Tacarigua de Mamporal vía Higuerote, se observa un desnivel topográfico cercano a los 20 m, que separa un nivel de terrazas acolinadas, de una planicie que representa una superficie de inundación, en la cual se encuentra la población de Sabana de Toro. Este desnivel topográfico es paralelo a la costa de Barlovento, y puede ser interpretado como un escarpe de falla degradado, el cual pudo ser erosionado por procesos exógenos y endógenos dentro de una paleolínea de costa.

3) Escarpes de falla paralelos y bajo la misma lineación a los antes expuestos, son encontrados cerca de la Laguna de Tacarigua.

4) Dentro de la Cordillera de la Costa, existen una serie de drenajes y valles lineales (VL), los cuales tienen orientación preferencial noroeste-sureste; estos valles son encajados y generalmente cortan toda la cordillera transversalmente. El mismo patrón de drenajes y valles lineales persiste en la cuenca, con la diferencia de que los valles son incipientes. Además, bajo las mismas lineaciones, los bordes de la cuenca sufren quiebres importantes, lo cual es indicio del movimiento vertical de este sistema de fallas (ver Fig. 7).

5) En la zona de Cabo Codera, se observa un cambio abrupto en la orientación de las filas. La Cordillera de la Costa se caracteriza por tener orientación preferencial E-W, la cual termina con un valle lineal en Cabo Codera, donde la fila pasa a tener rumbo NW-SE (ver Fig. 8).

Por último, en el margen meridional de la Cuenca de Barlovento se encuentran:

1) Facetas triangulares y drenajes suspendidos (DS) en la parte occidental de este margen (ver Fig. 4).

2) El flanco norte del frente de montañas de la Serranía del Interior, presenta una morfología lineal a semicircular, siendo ésta última forma mejor desarrollada en la región occidental, entre los poblados de Tapipa y Panaquire.

Ambas características indican un posible control tectónico con fallas de buzamiento, posiblemente de bajo ángulo, para este margen. Sin embargo, estos indicadores no son lo suficientemente constantes ni persistentes, además, de la carencia de datos de campo, que no permite soportar esta hipótesis. En efecto, estas geoformas podrían ser de origen erosivo.

Mediciones microtectónicas

Durante el estudio de campo en esta región, se encontraron 12 afloramientos con deformaciones, las cuales fueron medidas, clasificadas y analizadas, con el objetivo de generar un inventario de las deformaciones presentes, además de establecer su relación cronológica.

A partir de estos 12 afloramientos, se obtuvo un total de 50 mediciones microtectónicas, entre las que se incluyen planos de falla con sus estrías y vetas de crecimiento (ver Fig. 4).

La Figura 9 muestra un ejemplo de uno de los afloramientos estudiados más resaltantes, en el cual se observa fallamiento normal en la Formación Mamporal, ubicado en la región centro-oriental de la cuenca.

Basados en este conjunto de mediciones, Ollarves *et al.* (2004) plantean la existencia de al menos dos fases de deformación frágil para la región de Barlovento, en los últimos 11 Ma.

La primera fase de deformación es de tipo distensiva, caracterizada por fallamiento normal sin-sedimentario, que comenzó en el Mioceno Tardío y terminó en el Plioceno Tardío.

La segunda fase de deformación es de tipo transpresiva, caracterizada por fallamiento post-sedimentario, que comenzó en el Plioceno Tardío y que aún está presente en la actualidad (ver Fig. 10).

Cabe destacar, que esta interpretación concuerda con las dos fases de deformación observadas por Audemard (1985) en la Cuenca de Ocumare del Tuy, y por Soulas (1985), Beltrán & Giraldo (1989), Blanco & Giraldo (1992), Audemard (2002), para la región nor-central de Venezuela.

Discusiones

La identificación de los criterios geomórficos anteriormente descritos, evidencian la existencia de deformaciones activas en la región de Barlovento (ver Fig. 4), las cuales son observables tanto en fotografías aéreas como en campo, en algunos afloramientos.

Estas estructuras activas poseen una orientación preferencial NW-SE para la región interna de la cuenca, y NE-SW para el margen septentrional de ésta, correspondiendo las primeras estructuras al sistema de fallas de Píritu, y las otras al sistema de La Victoria.

Valles lineales, drenajes lineales, drenajes desviados, disminución de la topografía hacia el oeste y escalonamiento hacia el oeste de niveles de aplanamiento, son características morfológicas comunes, asociadas al

Morfotectónica de la Cuenca de Barlovento

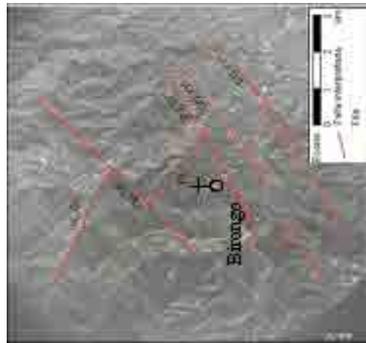
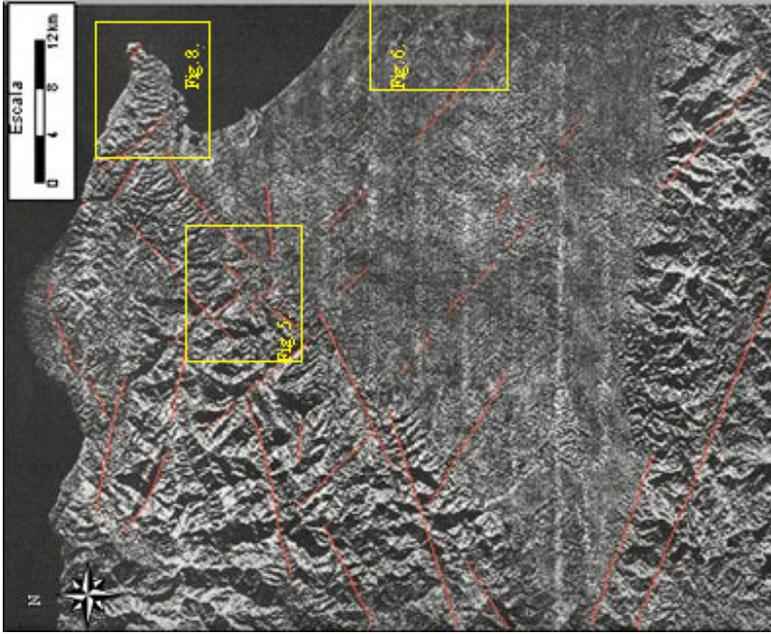
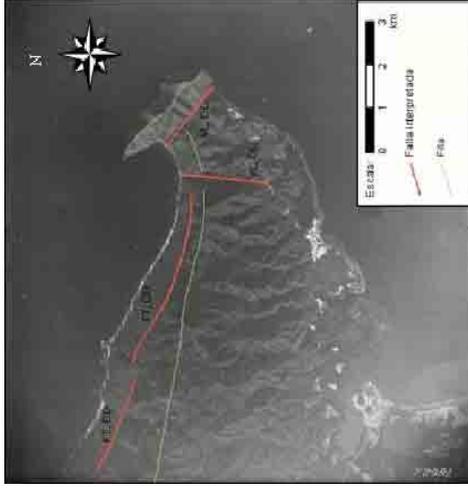


Fig. 8. Fotointerpretación de la vista aérea 7862A, zona 3, misión 172 del IGVS. Imagen de la zona de Puerto Francés en la cual se muestran las fallas de orientación NE-SW y NW-SE con algunas evidencias geomorfológicas. Drenaje desplazado (DD); drenaje lineal (DL); valle lineal (VL); facetas triangulares (FT).

Fig. 5. Fotointerpretación de la vista aérea 8157A, zona 3, misión 172 del I.G.V.S.B. Imagen de la zona de Birongo en la cual se muestran las fallas de orientación NE-SW con algunas evidencias geomorfológicas. Drenaje desplazado (DD); colina, cresta desplazada (CD); drenaje lineal (DL); valle lineal (VL); facetas triangulares (FT).

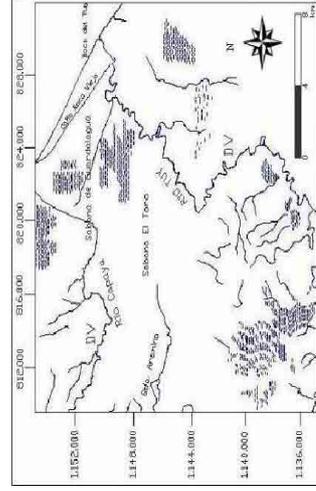


Fig. 6. Mapa de drenajes en la región de Sabana El Toro, mostrando los desvíos de los ríos Tuy y Capaya.

Fig. 7. Interpretación de la imagen Siatr NC 19-8, en la cual las líneas rojas indican las lineaciones estructurales.

Morfotectónica de la Cuenca de Barlovento

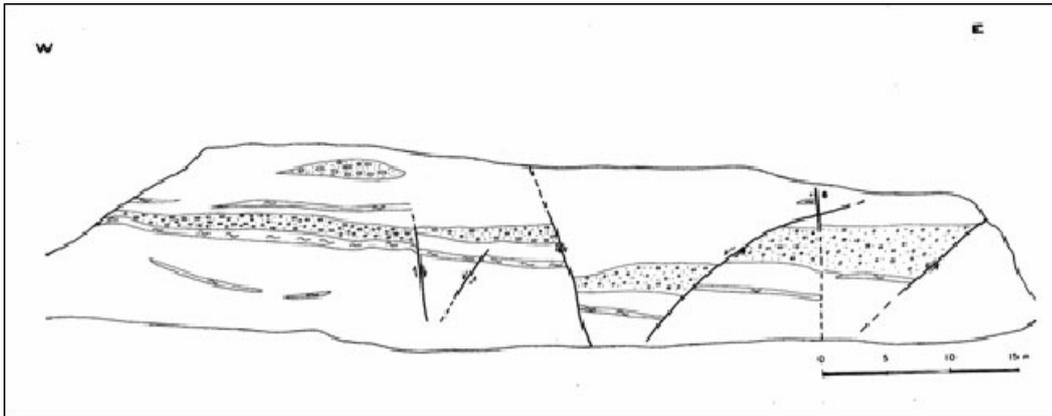


Fig. 9. Ejemplo de afloramiento con deformaciones. Afloramiento S3 en Fig. 4.

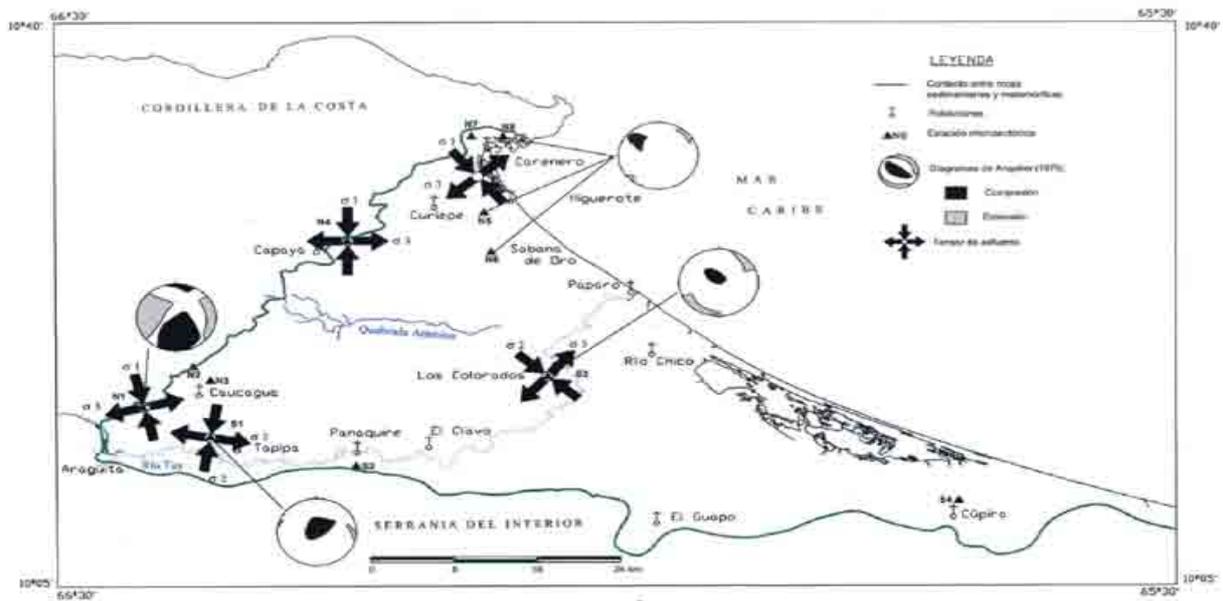


Fig. 10. Mapa de tensores de esfuerzos determinados para la segunda fase de deformación (Tomado de Ollarves *et al.*, 2004).

sistema de fallas de Píritu, las cuales dan indicio de actividad de fallamiento normal para este sistema.

De igual forma, estas evidencias dan indicio de la existencia en tierra del sistema de fallas de Píritu, el cual, con base en el comportamiento de los drenajes en la región central, en las cercanías al poblado de Río Chico, en Sabana de Toro (ver Fig. 1), se plantea que ésta falla es finita con salto máximo en la zona de la Sabana de Toro (ver Fig. 11), este accidente tectónico captura el curso de los ríos, arrastrándolos hacia la parte más profunda del salto de falla.

Por otra parte, las facetas triangulares, drenajes desplazados y los drenajes colgados, dan indicio de movimiento normal dextral para el sistema de fallas de La

Victoria. Esta información es soportada y confirmada por la información microtectónica previamente discutida.

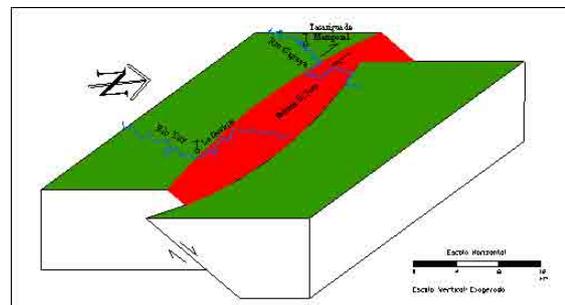


Fig. 11. Bloque diagrama esquemático para la falla que desvía los ríos Capaya y Tuy.

Morfotectónica de la Cuenca de Barlovento

Por último, en el margen meridional de la cuenca se observaron algunas evidencias de eventual actividad tectónica (facetas triangulares, borde lineal, drenajes suspendidos). Sin embargo, la poca continuidad y consistencia de estos indicadores, dificultan las interpretaciones para esta zona.

Conclusiones

Se muestra una gran concordancia entre los indicadores geomórficos, las interpretaciones de sensores remotos y las observaciones de campo, a través de lo cual, fue posible establecer un marco coherente referente a la tectónica activa de la Cuenca de Barlovento.

El dominio de geoformas asociadas a estructuras de deformación sobre las erosivas, evidencian una alta tasa de actividad reciente de las estructuras estudiadas, en relación a la depositación en los ambientes modernos.

A partir del análisis de las geoformas y las deformaciones presentes en la cuenca, fue posible establecer:

- a) la existencia en tierra del sistema de fallas de Píritu.
- b) el control estructural que ejerce el sistema de fallas de la Victoria sobre el borde septentrional de esta cuenca.
- c) la actividad cuaternaria de la cuenca.

Por último, es importante resaltar que la persistencia, continuidad y consistencia de los marcadores geomórficos que se identifican, aportan valiosa información pertinente a las relaciones estructurales y la continuidad de los accidentes tectónicos.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) por haber permitido la elaboración de este proyecto a través de su apoyo financiero, logístico y humano.

Además, el presente trabajo representa un aporte al proyecto GEODINOS (FONACIT G-2002000478).

Referencias

- Aubouin, J., Brousse, R. & Lehman, J., 1980, Tectónica, tectonofísica, morfología. Barcelona: Omega. 642 p.
- Audemard, F.A., 1985, Neotectónica de la Cuenca de Ocumare del Tuy. Mem. VI Congr. Geol. Venez., Caracas, 4: 2339-2377.
- Audemard, F.A., 2002, Syn-sedimentary extensional tectonics in the River Tuy Basin, northern Venezuela: implications on basin genesis and southern Caribbean Geodynamics. Mem. XI Congr. Venez. de Geof., Caracas. En CD.
- Audemard, F.A. & Giraldo, C., 1997, Desplazamientos dextrales a lo largo de la frontera meridional de la

placa Caribe, Venezuela Septentrional". VIII Cong. Geol. Venez., Porlamar, 1:101-108.

- Audemard, F.A., Cox, J., Dart, R., Haller, K. & Machette, M., 2000, Map and database of quaternary faults in Venezuela and its offshore regions. USGS. Reporte 00-018. 82 p.
- Audemard, F.E. & Serrano, I., 2001, Future petroliferous provinces of Venezuela, en Downey, M., Threet, J. & Morgan, W., eds., Petroleum provinces of the twenty-first century: AAPG Memoir 74, 353-372.
- Beltran, C. & Giraldo, C., 1989, Aspectos neotectónicos de la región nororiental de Venezuela. Mem. VII Congr. Geol. Venez., Barquisimeto, 3:1000-1021.
- Blanco, B. & Giraldo, C., 1992, Síntesis tectono-estratigráfica de la cuenca Tuy – Cariaco y plataforma externa. Mem. VI Congr. Venez. de Geof., Caracas, II:47-51.
- Espínola E. & Ollarves, R., 2002, Estudio tectono-estratigráfico del borde septentrional de la Cuenca de Barlovento, Estado Miranda: Implicaciones neotectónicas. UCV. Dpto. de Geología. Trabajo Especial de Grado. Inédito. 244 p.
- Hernández, J. & Rojas E., 2002, Estudio tectono-estratigráfico del borde meridional de la Cuenca de Barlovento, Estado Miranda: Implicaciones neotectónicas. UCV. Depto. de Geología. Trabajo Especial de Grado. Inédito. 200 p.
- Ollarves, R., Audemard, F., Espínola, E., Hernández, J., Rojas, E., Alezones, R. & Falcón, R., 2004, Neotectónica de la Cuenca de Barlovento. Mem. I Congr. Latinoam. Sismol., Armenia, en CD.
- Picard, X. & Pimentel, N., 1968, Geología de la Cuenca Santa Lucia-Ocumare del Tuy. Bol. Geol. Caracas, 10(19): 263-296.
- Soulas, J., 1985, Neotectónica y tectónica activa en Venezuela y regiones vecinas. Mem. VI Congr. Geol. Venez., Caracas, 4: 6640-6656.
- Urbani, F., 2000, Revisión de las unidades de rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera de la Costa, Venezuela. GEOS, Caracas, 33: 1-170