

# Avances

Centro de Información y Gestión Tecnológica

## Modelo tectónico de las deformaciones en la cuenca Mercedes. Importancia en la exploración petrolera

### *Tectonic model of the deformations in the Mercedes basin. Importance in oil exploration*

Michael Eduardo Pica Borrell<sup>1</sup>, Carlos Enrique Cofiño Arada<sup>2</sup>, Yandy Sánchez Roig<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Geólogo, profesor Instructor. Universidad de Pinar del Río «Hermanos Saíz Montes de Oca» Calle Martí Final No 270, esquina 26 noviembre; código postal 20100, Pinar del Río, Cuba, teléfono: (048) 728617, [mborrell@upr.edu.cu](mailto:mborrell@upr.edu.cu); ID: <https://orcid.org/0000-0003-4854-5977>; [sanchezroy@upr.edu.cu](mailto:sanchezroy@upr.edu.cu); ID: <https://orcid.org/0000-0003-2322-9855>

<sup>2</sup>Doctor en Ciencias Geológicas, profesor Titular. Universidad de Pinar del Río «Hermanos Saíz Montes de Oca» Calle Martí Final No 270, esquina 26 noviembre; código postal 20100, Pinar del Río, Cuba, teléfono: (048) 728617, [cenriques@upr.edu.cu](mailto:cenriques@upr.edu.cu); ID: <https://orcid.org/0000-0003-1914-3266>

### Para citar este artículo / to reference this article / para citar este artigo

Pica, M.E., Cofiño, C.E. & Sánchez, Y. (2018). Modelo tectónico de las deformaciones en la cuenca Mercedes. Importancia en la exploración petrolera. *Avances*, 20(4), 444-459. Recuperado de <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/394/1375>

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación es esclarecer el origen y dirección de los esfuerzos principales que dieron origen a las estructuras tectónicas presentes en la cuenca Mercedes para de esta manera asociar estas estructuras a diferentes eventos tectónicos ocurridos en la isla de Cuba

durante su evolución geológica. Para ello fueron analizadas numerosas publicaciones que trataron esta temática, de las cuales se digitalizaron, procesaron en diferente software y reinterpretaron sus mapas estructurales. También mediante la aplicación de diferentes métodos

geomorfológicos como morfometría, y el estudio de la red drenaje superficial se revelaron y corroboraron diferentes fallas reales y supuestas. Obteniendo como resultado el modelo tectónico de Riedel, el cual muestra las direcciones de los esfuerzos principales que originaron las dislocaciones tectónicas de la región, así como las rotaciones experimentadas por dichos esfuerzos en el tiempo. Además del mapa estructural esquemático que contiene todas las fallas reales y supuestas asociadas a máximo estrés compresivo en esta área, permitiendo establecer que las estructuras más jóvenes, generadas la durante el periodo neotectónico, tienen un papel fundamental como vía de migración de los hidrocarburos.

**Palabras clave:** modelo tectónico, cuenca Mercedes, exploración petrolera.

---

## **ABSTRACT**

The purpose of this research is to determine the origin and direction of the main efforts that led to the

tectonic structures in Mercedes basin, which will allow associating these structures to different tectonic events occurred during the island's geological evolution. Numerous publications that addressed this issue were analyzed, processed and their structural maps reinterpreted. Also, by applying different geomorphologic and morphometric methods and the study of surface drainage network it was possible to reveal and corroborate proved and supposed faults. As a result the tectonic Riedel model was established, which shows the directions of the principal stresses that caused the tectonic dislocations in the region, as well as rotations of these efforts over time. A schematic structural map containing all real and supposed faults associated with the maximum compressive stress in the area is shown, establishing that younger structures generated during the neotectonic period have a important role as migration paths for hydrocarbons.

**Keywords:** tectonic model, mercedes basin, oil exploration.

---

## **INTRODUCCIÓN**

La presente investigación esclarece los fenómenos geológicos que se han visto implicados en el origen y evolución de la cuenca Mercedes en la isla de Cuba, ubicada en la región central del país. La evolución de esta área es un auténtico enigma, por la complejidad de sus estructuras y los posibles fenómenos geológicos que las originaron.

En el sur de Cuba central y Cuba occidental existen tres terrenos alóctonos estructuralmente muy complejos, de edad Jurásico-Cretácico, ellos son Guaniguanico, Pinos - Escambray y el Arco de Islas Volcánico del Cretácico. Estos terrenos están fuertemente deformados lo cual indica que están desplazados de su posición original (Bralower & Iturralde-Vinent, 1997). Durante el cretácico el arco antillano pasó al océano por el ensanchamiento de la cuenca entre América del Norte y América del Sur (Burke, 1988, Ross & Scotse, 1988, Iturralde-Vinent, 1988). Este movimiento fue probablemente provocado por la subducción que tenía lugar hacia el este (Ross & Scotse, 1988, Pindell, 1994).

La cuenca central se desarrolló principalmente en el terreno Zaza con sedimentos calcáreos. Un análisis estructural permite aclarar que las deformaciones ocurridas en el cinturón orogénico cubano tuvieron

lugar durante la colisión entre en la placa caribeña y la americana. La evolución del Escambray incluye etapas de compresión y distensión dando lugar a una estructura mucho más compleja. Datos paleomagnéticos indican que el Arco de Islas del Cretácico sufrió un desplazamiento de 1000 Km. de su posición original (Pindell & Kenman, 2001, Iturralde-Vinent, 2006).

En la última década ha tenido cierto reconocimiento la idea de que los cortes de Guaniguanico pertenecen, junto a las secuencias metamórficas de la Isla de la Juventud y el Escambray, a los llamados «terrenos sudoccidentales» debido, esencialmente, a sus similitudes en la estratigrafía jurásica (Iturralde-Vinent, 1996, 1997; Pszczolkowski, 1999). La posición de los macizos metamórficos de la Isla de la Juventud y Escambray en la estructura geológica de Cuba es muy diferente a la del paleomargen septentrional mesozoico.

Por otra parte, algunos geólogos, si bien consideran que los cortes de la Sierra del Rosario pertenecen a una misma unidad paleotectónica que los del norte de Cuba central, a la que denominan Dominio Las Villas, suponen que las secuencias afloradas en la Sierra de los Órganos, se formaron en otra cuenca lejos de la

primera, a la que nombran Dominio Pinar (Álvarez *et al.*, 1998).

De forma general en Cuba central, fundamentalmente en el Escambray, se han realizado estudios que demuestran que los elementos estructurales reflejan condiciones de deformación en diferentes ambientes y niveles estructurales. Las foliaciones  $S_1$ ,  $S_2$  y  $S_3$  son dúctiles y se relacionan a pliegues de diferentes tipos, mientras que la  $S_4$  se asocia a pliegues abiertos cuyo plano axial es vertical. Los napes localizados en el área presentan orientaciones similares con leves variaciones en los elementos estructurales y la orientación de  $\sigma_1$  en todos ellos muestra homogeneidad, esto refleja que el proceso de superposición estuvo regido por una orientación de los esfuerzos principales norte noreste - este.

Las fallas inversas son muy comunes y poseen orientación al noreste, ocasionalmente se pueden encontrar orientadas al sureste. Estas están relacionadas con movimientos tectónicos al Noreste, manifestándose así en la formación de napes. A estos sistemas de napes se asocian fallas superpuestas de tipo normal las cuales son más jóvenes y presentan una componente de desplazamiento horizontal (Despaigne-Díaz, 2009).

Es posible que las deformaciones de la cuenca Mercedes y sus áreas colindantes sean el resultado de más de un evento tectónico, donde los esfuerzos principales se vieron obligados a rotar en el tiempo, dando lugar a la formación de fallas, pliegues y lineamientos que conforman el objeto de estudio en esta investigación y que son clave fundamental para su posterior desarrollo. Por lo que se hace necesario entonces revelar estructuras disyuntivas desconocidas hasta el momento en la cuenca; además, analizar las variaciones en las direcciones de los esfuerzos principales que las originaron, para lograr entonces, establecer el estilo tectónico en la evolución geológica del área de estudio. Teniendo como objetivo establecer el modelo tectónico de las deformaciones disyuntivas que permita explicar con claridad la génesis de las mismas, para la su utilización en la exploración petrolera.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Dado la carencia de información disponible de la cuenca Mercedes, se parte del análisis e interpretación de mapas geológicos y estructurales realizados en investigaciones anteriores a diferentes escalas y por diversos autores como los mapas geológicos de la isla de Cuba a las escala 1: 500 000 y 1: 250 000 y los

confeccionados por Vázquez Taset (2007) y Cruz (2012) a escala de 1: 250 000. Una vez adueñado de la historia estructural de la región, el estudio se enfoca en la propuesta de nuevas estructuras disyuntivas y lineamientos empleando para ello diferentes criterios geomorfológicos aplicados en los diferentes mapas generados a través de diferentes software especializados (Arcgis 10.1, Golden Software Surfer 11 y Autocap 2004) como el del modelo digital del terreno, mapa hidrográfico, el mapa altimétrico, tridimensional y de morfobloques. Posteriormente se procedió a la confección del mapa tectónico esquemático de la región, donde quedaron plasmadas todas aquellas estructuras conocidas con anterioridad a las cuales se unieron las reveladas durante la presente investigación. Este mapa esquemático incluyo, entre sus elementos el modelo tectónico de Riedel, obtenido a través del procesamiento en el diagrama rosa de todas las lineaciones del área de estudio, con el fin de aclarar los esfuerzos principales que dieron origen a estas estructuras y las rotaciones que experimentaron los mismos en el tiempo. De este modo fue posible esclarecer el posible evento tectónico al cual están asociadas estas y destacar cuales son las importantes desde el punto de vista de la exploración petrolera.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

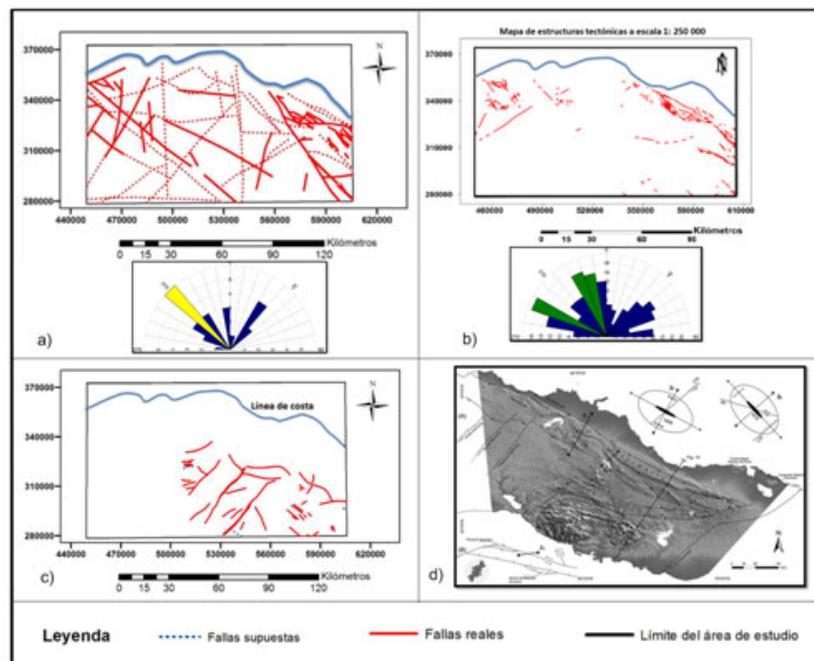
### **Análisis e interpretación de las estructuras disyuntivas de la cuenca Mercedes según mapas a diferentes escalas.**

El mapa geológico de la cuenca Mercedes a escala 1: 500 000 (*figura 1b*), evidencia las orientaciones predominantes de dichas estructuras son las siguientes; noroeste -sureste, norte - sur y noreste - suroeste de manera que, en algunos casos, se desplazan unas a las otras, formando así tres sistemas principales. Las posiciones adoptadas por estos lineamientos, podrían ser consideradas evidencia de la rotación experimentada por los esfuerzos principales durante la etapa de actividad tectónica en la región. La investigación permitió que algunas de estas estructuras fueran declaradas, fallas reales mientras que otras, por la propia escala de trabajo, no fueron estudiadas en detalle y permanecen propuestas como fallas supuestas. Hacia la porción noreste del mapa se aprecian lineamientos de dirección noroeste - suroeste las cuales según su posición se asocian a estructuras características de los sobrecorrimientos, en la región central aparecen estructuras que presentan dirección norte - sur, su origen no está del todo claro pero se puede presumir que es probable que se asocien a un momento de

### Modelo tectónico de las deformaciones en la cuenca Mercedes

distensión ocurrido inmediatamente después de la etapa de transurrencia en el que las condiciones transpresivas pasan a distensivas en el cual pueden surgir estructuras tales como fallas normales, estas estructuras podrían estar asociadas, además, al avance diferencial de los frentes de cabalgamiento pero se considera que es poco probable ya que este tipo de fenómeno se ve generalmente con carácter local, no regional como se muestra en el mapa, finalmente existe una tercera dirección predominante de rumbo noreste - suroeste asociada a estructuras propias de la etapa transcurrente. El diagrama de rosa generado a partir de estas estructuras, corrobora el análisis anteriormente realizado pues

evidencia que existe una dirección preferencial de las estructuras mapeadas a esta escala de rumbo norte 315° oeste. La orientación predominante según el diagrama, coincide con las estructuras relacionadas a los sobre-corrimientos que han tenido lugar en la cuenca, aunque en menor grado se aprecia una segunda dirección visible la cual coincide con el rumbo norte 355° oeste, se considera que existe alta probabilidad de que se asocie a una etapa distensiva ocurrida posterior a los eventos transcurrentes o al avance diferencial de las diferentes escamas tectónicas, también es visible, una tercera dirección predominante de rumbo norte 35° este asociada por su posición espacial a estructuras propias de la etapa transcurrente.



**Figura 1.** Mapas de lineamientos a diferentes escalas de la cuenca Mercedes confeccionado por diferentes autores.

Con un mayor grado de detalle, es evidente que, el mapa geológico de la cuenca Mercedes, a escala 1: 250 000 (*figura 1c*), presenta información estructural insuficiente en relación con el mapa geológico escala 1:500 000, ya analizado, por lo que se puede inferir que no refleja cabalmente la complejidad tectónica de la región principalmente hacia el sector central de la cuenca, pero es evidente que las estructuras por su disposición espacial responden a las tres etapas analizadas, la etapa compresiva que favorece la aparición de estructuras de cabalgamiento con dirección noroeste, la etapa de movimientos horizontales con la presencia de fallas transcurrentes de rumbo noreste y distensión con dirección norte - sur que generó fallas normales. Se propone, para dar inicio a la solución a esta limitante, analizar mapas confeccionados durante la realización de estudios recientes, de los cuales se podrá extraer información que posteriormente podrá ser incluida en el mapa tectónico esquemático a escala 1: 250 000.

Según Vázquez (2007), mostrado en la *figura 1c*, las mayores deformaciones tectónicas se observan en la zona del Cinturón Plegado. Estas deformaciones responden a los eventos resultantes de la colisión del terreno Escambray y el Arco de Islas Volcánico del Cretácico así como al

proceso de colisión y acreción del Cinturón Plegado Cubano sobre el margen de la Placa Norteamericana, con la consecuente generación de estructuras típicas de estos ambientes. Estas estructuras afectan a todo el substrato plegado (rocas del Arco de Islas Volcánico del Cretácico y a la asociación Ofiolítica), en ocasiones, también afectan a las rocas de la Neoplataforma, lo que evidencia la reactivación de algunas de estas estructuras, fundamentalmente, las fallas rumbo-deslizantes. Tiene un rumbo noroeste-sureste, paralela al rumbo de los cabalgamientos y perpendicular a las fallas rumbo-deslizantes se detectaron en profundidad varias zonas de intensas deformaciones tectónicas, con estructuras en flor, fallas normales e inversas de orden inferior, que se corresponden con las fallas rumbo-deslizantes Criollo, Aguada y Alacranes, lo que evidencia el ambiente compresivo imperante durante el proceso de colisión entre el arco Volcánico Cretácico y el margen meridional de la Placa Norteamericana.

El mapa tectónico a escala 1:25 000 propuesto por Cruz (2012) (*figura 1d*), muestra las unidades tectónico-estratigráficas de Remedios, Camajuaní y Placetas separadas por fallas de sobre corrimiento pertenecientes al cinturón plegado y

fallado, hacia la porción noreste del sector de interés. Se pueden apreciar también fallas rumbo-deslizantes ya reveladas durante la investigación de Vázquez (2007) pero en este caso se ofrece información adicional ya que se muestra la dirección de los movimientos. Se visualiza además, como estas fallas transcurrentes están desplazando a las fallas de sobre-corrimiento situadas hacia la parte superior del mapa, lo cual puede ser indicio de que corresponden a un evento tectónico más reciente. Estas deformaciones exhiben una rotación de sus esfuerzos principales de sur suroeste norte Noreste durante el Paleoceno a suroeste - noreste durante el Eoceno Medio y luego del Oligoceno continuaron la rotación hasta llegar a la dirección oeste suroeste este noreste. Dicha rotaciones explican la posición actual de las estructuras.

**La figura 1 en la zona a,** muestra las relaciones espaciales de las lineaciones a escala 1: 500 000 con su diagrama de rosa que muestra las direcciones preferenciales de las estructuras tectónicas disyuntivas. En la zona b, se representa los lineamientos digitalizados con su diagrama de rosa que muestra las direcciones preferenciales de las estructuras tectónicas disyuntivas presentes en la cuenca Mercedes según el mapa geológico a escala 1:

250 000. La zona c, representación de los lineaciones digitalizadas a partir del esquema realizado por Vázquez (2007) a escala: 1: 250 000 del área de estudio. Zona d, Mapa estructural del Cinturón Orogénico de Cuba central, escala: 1: 250 000 (Cruz *et al.*, 2012). Nota: EFS: niveles de plegamiento en el sistema de sutura. LTF: Falla La Trocha NBD: Cinturón Plegado y Fallado asociado a las Unidades de las Bahamas SH: Cizallamiento en la Zona de Sutura.

### ***Análisis del mapa hidrográfico de la región y propuesta de lineamientos.***

Fueron detectadas según este análisis catorce estructuras lineales que se corresponden con la orientación de las estructuras propias de los cabalgamientos y unas quince que concuerdan con las estructuras disyuntivas rumbo-deslizantes, solo tres se corresponden con la etapa distensiva, pero es válido aclarar que pueden estar asociadas, aunque es poco probable, al avance diferencial de los bloques durante el sobre-corrimiento. Se pudo comprobar que la mayor parte de los lineamientos señalados con anterioridad por otros autores corresponden con estructuras tectónicas probadas y supuestas ya reveladas. Esto corrobora, la existencia real de las mismas, ayudando así a argumentar la

presencia probada de las que han sido consideradas, por estudios anteriores, como supuestas. Además, aunque escasamente, se han revelado nuevas estructuras lineales según el drenaje, sobre todo en la porción sureste del mapa, estas estructuras coinciden con las direcciones habituales que caracterizan la región, fundamentalmente noroeste - sureste asociada a los cabalgamientos noreste - suroeste, orientación propia de la etapa transcurrente y norte - sur relacionado probablemente a las etapa distensiva.

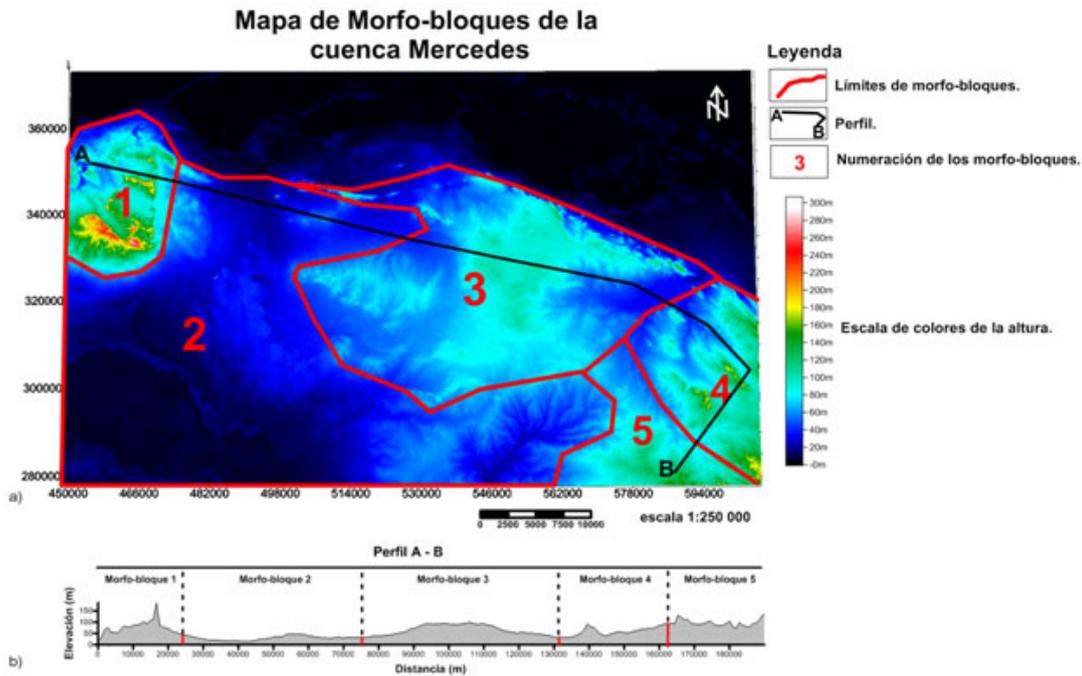
#### ***Análisis del MDT de la cuenca y propuesta de morfo-lineaciones.***

Fueron detectadas alrededor de quince estructuras rumbo-deslizantes de orientación noreste - suroeste en toda la región, las cuales son el resultado de la rotación de sigma 1 en el tiempo, lo que generó condiciones de transurrencia. El número de estructuras que coincide con los sobre-corrimientos es mucho mayor, alcanzando un valor de treinta lineaciones, en este caso los autores concuerdan en que se asocian a la etapa de los cabalgamientos en la que las condiciones eran predominantemente compresivas, su dirección es noroeste - sureste, cinco

de las estructuras detectadas responden a posibles estructuras distensivas probablemente generadas por el avance diferencias de los cabalgamientos cuya dirección es norte - sur. Se mantienen las direcciones preferenciales, ya conocidas de las estructuras, respondiendo a la misma rotación de los esfuerzos principales.

#### **Propuesta de morfo-bloques estructurales.**

Esta subdivisión del área en morfo-bloques (*figura 2*) es un resultado basado fundamentalmente el en criterio distribución espacial de las lineaciones, en especial sus límites tectónicos con respecto a otros morfo-bloques y el relieve al cual están asociadas estas estructuras, ya sean zonas hundidas o elevadas. Cabe señalar que todos estos morfo-bloques tienen una génesis común, dada principalmente por los movimientos neotectónicos recientes de ascenso y descenso de la corteza, que ejerce gran control estructural sobre los mismos; por lo que las fallas que los limitan son normales esencialmente, aunque estas en sus inicios tuvieron un comportamiento transcurrente.



**Figura 2.** Mapa de los morfo-bloques a escala 1:250 000 de la cuenca Mercedes

La *figura 2* zona a, Mapa de los morfo-bloques obtenido fundamentalmente a partir del criterio distribución espacial de las lineaciones, en especial sus límites tectónicos con respecto a otros morfo-bloques y el relieve al cual están asociadas estas estructuras, ya sean zonas hundidas o elevadas. Zona b, perfil topográfico del área de estudio, donde se observa el relieve predominante de cada morfo-bloque y sus límites asociados principalmente a fallas distensivas.

Morfo-bloque estructural 1: Constituye el menor de los morfo-bloques de la región, está constituido por una zona donde el relieve se encuentra caracterizado por elevaciones que alcanzan los trescientos metros, a las cuales se

asocian estructuras lineales que por su orientación noroeste sureste.

Morfo-bloque estructural 2: Está integrado por un sector de relieve mayoritariamente llano, donde las estructuras lineales se encuentran considerablemente espaciadas entre sí, hacia el sur del bloque, coinciden con los eventos de transcurrancia ocurridos en la región, mientras que hacia el norte existen escasos lineamientos que coinciden con las direcciones de las estructuras asociadas a los cabalgamientos.

Morfo-bloque estructural 3: Representado por una zona de elevaciones medias que oscilan entre los 60 y los 120 m de altura, posee estructuras lineales visibles en la zona límite que por su distribución,

espaciamiento y rumbo parecen responder tanto a la etapa de los cabalgamientos como a la de transcurrancia.

Morfo-bloque estructural 4: Es un morfo-bloque muy complejo situado en el borde oriental del área de estudio, distinguiéndose por sus elevaciones que alcanzan los 180 m de altura, caracterizado por estructuras asociadas fundamentalmente a los cabalgamientos, aunque existen lineaciones que responden a etapas distintas.

Morfo-bloque estructural 5: Se separa del morfo-bloque tres y cuatro por una delgada franja de depresión que se asocia a una zona de debilidad tectónica relacionada con los eventos de los cabalgamientos, las elevaciones se mantienen entre los 140 y 160 m de altura y es el morfo-bloque donde más estructuras desconocidas fueron reveladas.

**Interpretación del mapa estructural esquemático de la cuenca Mercedes a escala 1: 250**

El mapa tectónico esquemático a escala 1: 250 000 presentado en la *figura 3* muestra la verdadera complejidad tectónica que domina la cuenca Mercedes. Las líneas continuas representan el fallamiento real de la zona, quedan destacadas en rojo las fallas de sobrecorrimiento asociadas a la primera etapa de los cabalgamientos; en color morrón, las fallas normales que su génesis fue de desplazamiento por el rumbo, vinculada a la segunda etapa los eventos transcurrentes; pero que actualidad posiblemente se comporten como fallas normales debido a los eventos neotectónicos distensivos; las líneas discontinuas verdes son las fallas normales que pudieran estar relacionadas a la tercera etapa de eventos distensivos o en menor grado vinculada al avance diferencial de las escamas tectónicas en la etapa de los cabalgamientos, las líneas de color magenta son fallas que no se pudieron relacionar con ningún evento tectónico y por último las líneas discontinuas azules representan las fallas supuestas.

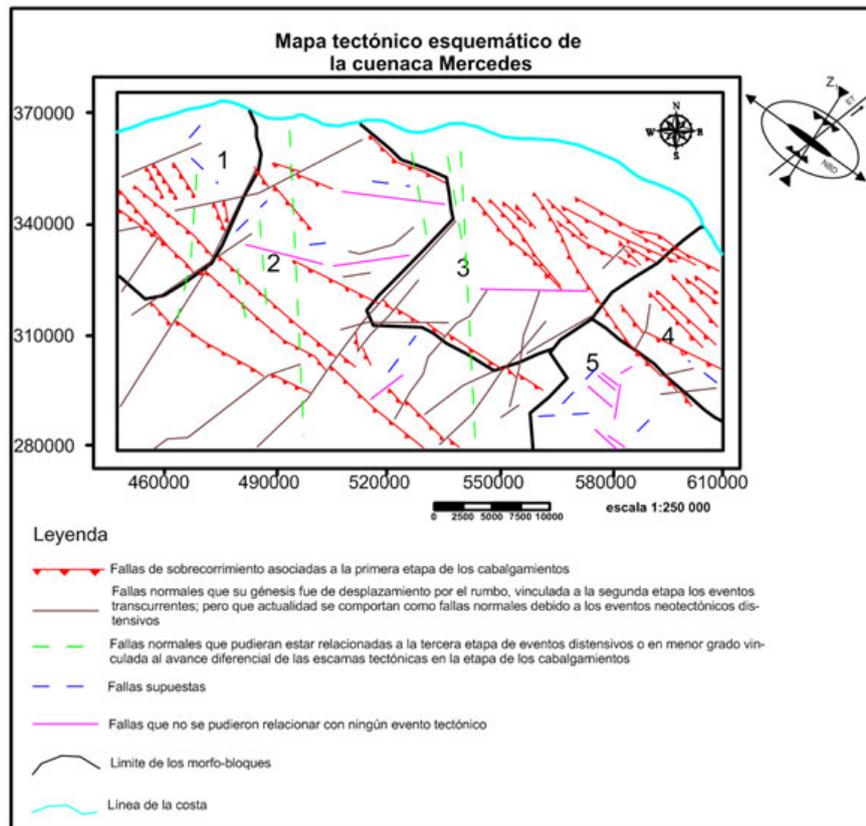


Figura 3. Mapa estructural esquemático de la cuenca Mercedes a escala 1: 250 000.

En cuanto al origen y dirección de los esfuerzos que generaron las estructuras tectónicas de la cuenca, se puede decir que no difiere de la evolución geológica que caracteriza la región central isla de Cuba, ya estudiada por otros autores. Imperan dos períodos principales de evolución, uno orogénico resultante del proceso de colisión y acreción del Cinturón Plegado Cubano sobre el margen de la Placa Norteamericana, que generó las estructuras propias del sobrecojamiento (mantos de cabalgamientos y fallas rumbo-

deslizantes) y otro post-orogénico o neotectónico, este es una etapa caracterizada por los esfuerzos distensivos de movimientos en la vertical.

En la región central de la isla de Cuba el período orogénico se inició a partir de un máximo estrés compresivo  $s_1$  de orientación norte - noreste durante el Paleoceno, estos esfuerzos generaron en primer lugar fallas de sobrecojamiento con un bajo ángulo de buzamiento y un rumbo noroeste - sureste prácticamente perpendicular a la dirección de los esfuerzos. Dominan

mayormente el sector norte de la región de estudio, asociadas al cinturón plegado y a las unidades correspondientes a Margen Pasivo de Norteamérica. Estas dislocaciones tectónicas disyuntivas ponen en contacto unidades lito-estratigráficas como Remedios, Camajuaní y Placetas, estas unidades se caracterizan por poseer predominantemente cortes carbonatados. Son originadas además durante esta etapa compresiva fallas rumbo-deslizantes perpendiculares a las estructuras del sobre-corrimiento, como resultado del avance diferencial de los frentes de cabalgamiento. En los ambientes de compresión es común el desarrollo de sobre-corrimientos y movimientos rumbo-deslizantes, como resultado del avance de las escamas tectónicas. Posteriormente los esfuerzos principales continuaron variando en el tiempo, experimentando una rotación en sentido horario, hacia el noreste así las condiciones dejaron de ser compresivas, de modo que  $s_3$  ubicada inicialmente en la vertical también rotó, alcanzando una posición próxima a la horizontal generando de este modo nuevas condiciones tectónicas, en este caso de transcurrencia, donde las fallas de deslizamiento por el rumbo presentan una dirección preferencial noreste suroeste y desplazan por su posición espacial al resto de las estructuras. Entre las

fallas más distintivas y conocidas formadas en esta etapa se encuentra el sistema de fallas rumbo-deslizante Criollo, Aguada y Alacranes correspondientes, según su orientación espacial, con la falla La Trocha y la falla Pinar. En la fase final de la transcurrencia  $s_1$  llega a la dirección noreste - este alcanzando así una nueva orientación, donde las condiciones dejaron de ser transpresivas y comenzaron a ser distensivas, de modo que  $s_3$  que de nuevo se situó en la vertical, caracterizándose principalmente por la aparición de fallas normales. Siendo este régimen tectónico que ha imperado desde el Eoceno Medio y luego del Oligoceno hasta la actualidad donde es probable que la mayoría de las fallas que tenían un comportamiento transcurrente de movimiento horizontal, ahora se han reactivado, pero con movimientos verticales distensivos.

El diagrama de Riedel (*figura 3*) utilizado fue el siniestral debido a que las fallas rumbo deslizantes generadas en la etapa de la transcurrencia tuvieron un sentido siniestro; revelando el mismo que existen estructuras de primer y segundo orden. Las de primer orden son las que poseen un ángulo inferior a los  $45^\circ$  con respecto a la zona de sutura (la horizontal) y las de segundo orden son aquellas que poseen un ángulo

superior a los 45° con respecto a la zona de sutura. Destacándose dos direcciones preferenciales de las estructuras disyuntivas; una asociada a las estructuras generadas en los cabalgamientos con rumbo noroeste - sureste y otra coincidente con generadas durante la etapa de transcurrancia con dirección noreste - suroeste. Se considera que las fallas de cabalgamiento son más antiguas que las de deslizamiento por el rumbo ya que en muchos casos se encuentran considerablemente desplazadas por estas. En resumen estas deformaciones exhiben una rotación de sus esfuerzos principales en sentido horario de norte noreste continuando la rotación hasta llegar a la dirección noreste. Dicha rotaciones explican la posición actual de las estructuras.

La *figura 3* resalta las diferentes fallas del área de estudio, observándose el sentido de los movimientos y la dirección preferencial de los esfuerzos; obtenido como resultado de los análisis realizados a lo largo de toda la investigación.

#### **Deformaciones tectónicas en la cuenca Mercedes su implicación en la exploración petrolera**

Al norte de la cuenca Mercedes afloran las unidades correspondientes al Margen Pasivo de Norteamérica como Remedios, Camajuaní y

Placetas, que son las rocas madres en muchos sistemas petroleros ya probados en la franja norte de crudos pesados (FNCP); las cuales están en contacto tectónico por fallas inversas de bajo ángulo con rumbo noroeste sureste y buzamiento generalmente hacia suroeste, quedando las mismas ubicadas espacialmente por debajo de las secuencias litoestratigráficas de la cuenca Mercedes, pudiendo haber alcanzado la ventana de generación de petróleo por el apilamiento y superposición de unas escamas tectónicas sobre otras, en la etapa de los cabalgamientos, por lo que es posible que en este evento tectónico de la evolución geológica de Cuba, haberse creado las condiciones de formación de las trampas almacenadoras de estos fluidos y posteriormente en la etapa de la transcurrancia y ulterior distensión se produjeron las fallas por las cuales estos hidrocarburos pudieron migrar hacia las diferentes trampas que pueden existir.

#### **CONCLUSIONES**

La cuenca Mercedes está constituida por cinco morfo-bloques estructurales, cuyos límites están determinados principalmente a estructuras genéticamente asociadas a eventos transcurrentes pero en la actualidad es muy probable que se comporten como fallas normales debido a los eventos distensivos neotectónicos.

También fueron corroboradas la existencia de once estructuras supuestas, siete de ellas asociadas genéticamente a la transurrencia y las restantes cuatro coinciden con la orientación espacial propia de los cabalgamientos, además quedaron reveladas un total de diecisiete estructuras lineales, de las cuales nueve se corresponden a la orientación adquirida por las estructuras propias de la etapa transcurrente y siete están más relacionadas con los cabalgamientos. El modelo de Riedel expresa gráficamente la rotación de los esfuerzos principales en sentido horario de norte noreste continuando hasta llegar a la dirección noreste; considerando que la transurrencia ocurre posterior a los cabalgamientos ya que una desplaza a las otras. Desde el punto de vista de la exploración petrolera las fallas transcurrentes y las normales pudieron servir como vía de migración de los probables hidrocarburos generados en el área de estudio.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alvarez, J.R. García, R. Segura, S. Valladares, A. (1998). *Historia geológica del desarrollo de las rocas del margen continental del dominio Las Villas, basada en la evolución sedimentaria de la paleocuenca*. Memorias I Geología y Minería `98, 20-23, Centro Nacional de Información Geológica, La Habana.
- Bralower, T y Iturralde-Vinent, M. (1997). Micro-paleontological dating of the collision between the North American plate and the Greater Antilles Arc in western Cuba: *Palaios*, 12. p.133-150.
- Burke, K. (1988). Tectonic evolution of the Caribbean: *Annual Reviews of Earth and Planetary Science*, 16. p. 201-230.
- Cruz, I. (2012). *Cuencas sin-orogénicas como registro de la evolución del orógeno cubano. Implicaciones para la exploración de hidrocarburos*. (Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geológicas), Universidad de Barcelona, España. p. 193
- Despaigne-Díaz, A.I. (2009). *Estructura y metamorfismo del área La Sierrita Macizo Escambray, Cuba central*. (Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geológicas), Universidad de Pinar del Río, Cuba.
- Iturralde-Vinent, M. A. (1988). Consideraciones generales sobre el magmatismo de margen continental de Cuba. *Revista Tecnológica*, 18, 1724.
- Iturralde-Vinent, M. A. (1996). Geología de las ofiolitas de Cuba, En: Iturralde-Vinent, M.

- A. ed. (1996). Cuban ophiolites and volcanic arcs: Miami, Florida, International Geological Correlation Programme 364, p 83120.
- Iturralde-Vinent, M. (1997). Introducción a la geología de Cuba. En: Furrázola-Bermúdez, G., Nuñez Cambra, K. (1964). Estudios sobre la geología de Cuba. p. 35-68 Centro Nacional de Información Geológica, La Habana.
- Iturralde-Vinent, M.A. (2006). Meso-Cenozoic Caribbean paleogeography: Implications for the historical biogeography of the region. *International Geology Review*, 48, 791827.
- Pindell, J.L. (1994). Evolution of the Gulf of Mexico and the Caribbean, En: Donovan, S. K., and Jackson, T. A., eds. Caribbean geology, An introduction: Kingston, Jamaica, University of the West Indies Publishing Association, p. 1342.
- Pindell, J.L. and Kennan, L. (2009). *Kinematic evolution of the Gulf of Mexico and Caribbean*, En: Fillon, R. Rosen, N., Weimer, P. Lowrie, A. Pettingill, H. P hair, R. Roberts, H. and van Hoorn, B. eds. (2001). Transactions of the Gulf Coast Section Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (GCSSEPM), 21st Annual B ob F. Perkins Research Conference: Petroleum Systems of Deep-WaterBasins, Houston, TX, p. 193220
- Pszczolkowski, A. (1999). *The exposed passive margin of North America in western Cuba, in Mann, P. ed. Caribbean basins: Sedimentary basins of the world*. Volume 4: Amsterdam, Editorial Elsevier Science, The Netherlands. p. 93121
- Ross, M. L. and Scotese, C. R. (1988). A hierarchical tectonic model of the Gulf of Mexico and Caribbean region: Tectono physics, 155, p. 139168
- Vázquez, Y. (2007). *Características tectónicas y estratigráficas de las secuencias litológicas de la cuenca Santo Domingo*. (Tesis en opción al grado científico de Máster en Geología), Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba. p. 71.

*Avances journal assumes the Creative Commons 4.0 international license*