

Análisis estructural a escala regional de la zona de fallas La Trocha

Israel Cruz Orosa¹ / icruzo@ismm.edu.cu

Jesús A. Blanco Moreno¹ / jblanco@ismm.edu.cu

RESUMEN

Se realiza un análisis estructural a escala regional de la zona de fallas La Trocha, a partir de la interpretación de un gran volumen de información geólogo-geofísica, la cual fue clasificada como: morfométrica, gravimétrica, geológica de superficie y del subsuelo. Se obtuvo el modelo digital del terreno (MDT), a partir de la digitalización de 24 cartas del Mapa Topográfico de la República de Cuba 1:50000, editado por el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía en 1977. El procesamiento del MDT permitió obtener los principales morfoalineamientos de la región. Se procesó la información obtenida del levantamiento gravimétrico de la Cuenca Central a escala 1:100000, elaborándose los mapas de anomalías de Bouguer, continuaciones analíticas ascendentes y de gradientes. La información geológica de superficie se tomó del Mapa Geológico de la República de Cuba 1:100000, editado por el Instituto de Geología y Paleontología en el año 2001; la información geológica del subsuelo proviene de pozos perforados en la Cuenca Central. La información geólogo-geofísica se procesó digitalmente en su totalidad. La interpretación combinada de esta información permitió un acercamiento a las características geométricas de la zona de fallas La Trocha. Se establecieron las direcciones predominantes en la zona de desplazamiento principal y la posible evolución de los esfuerzos tectónicos. Se propone un modelo de evolución para la región, considerando la existencia de una estructura en flor negativa, la cual ajusta las características existentes y explica el desarrollo simultáneo de una cuenca tensional, la Cuenca Central.

PALABRAS CLAVE

Análisis estructural, zona de fallas La Trocha, estructuras en flor, cuenca tensional.

Regional scaled structural analysis of La Trocha Fault Zone

ABSTRACT

The structural analysis of La Trocha Fault Zone at a regional scale was carried out, following the interpretation of a great volume of geological and geophysical information, which was classified as: morphometric, gravimetric, superficial and underground geology. A digital elevation model (DEM) was obtained, starting with the digitalization of 24 parts of the Topographical Map of the Republic of Cuba 1:50000, published by the Geodesy and Cartography Cuban Institute in 1977. The processing of the DEM allowed obtaining the main existing alignments in the region. The information of the gravimetric mapping of the Central Basin at a scale of 1:100000 was processed. The maps of anomalies of Bouguer, ascending analytic continuations and gravimetric gradients were constructed. The geological information of the surface was taken from the Geologic Map of the Republic of Cuba 1:100000, published by the Geology and Palaeontology Institute in 2001, while the underground geological information was obtained from the wells perforated during the oil activity in the Central Basin. The processing of the geological and geophysical information was carried out digitally. The combined interpretation of the geological and geophysical information allowed an approach to the geometric characteristics of the La Trocha Fault Zone. The predominant directions were established in the zone of main displacement and the possible evolution of the tectonic efforts. An evolution model was proposed for the region, considering the existence of a flower structure, which adjusts the existing characteristics and explains the simultaneous development of a tensional basin, the Central Basin company.

KEY WORDS

Structural analysis, La Trocha Fault Zone, flower structures, tensional basin.

INTRODUCCIÓN

La estructura geológica de Cuba típicamente se interpreta como un cinturón plegado que yace en posición alóctona, acrecionado al margen meridional de la placa norteamericana (Iturralde-Vinent, 1981, ed. 1996, 1998; Bush y Sherbakova, 1986; Pushcharovsky, 1989; Kerr *et al.*, 1999). La evolución del territorio cubano ha estado caracterizada por una compleja historia de convergencia entre placas, que se confirma por la existencia de las estructuras y secuencias típicas de estos ambientes.

Las fallas de deslizamiento por el rumbo, asociadas a conjuntos colisionales oblicuos, se caracterizan por una zona de desplazamiento principal que puede ser recta o curvilínea vista en planta, a la vez que en perfil aparecen como zonas de fallas subhorizontales que afectan el basamento cristalino y en ocasiones pueden cortar la corteza hasta profundidades medias (Blanco, 1999). Como generalidad los principales factores que controlan el desarrollo de estos tipos de fallas son los siguientes:

- El grado en que los bloques adyacentes convergen o divergen por su rumbo y buzamiento.
- La magnitud de los desplazamientos ocurridos.
- Las propiedades de los sedimentos y rocas que son deformados.
- La configuración de las estructuras preexistentes.

Muchos de los aspectos de las fallas rumbo-deslizantes incluyen evidencias de simultaneidad a escala regional con acortamientos y extensiones, a la vez que manifiestan direcciones aleatorias en la vergencia de los empujes y nappes asociados (Christie-Blick y Biddle, 1985; Uchupi, 1990; Harding, 1990). Particularmente en el sistema de fallas La Trocha tal simultaneidad se justifica espacial y temporalmente por la ocurrencia, desde finales del Cretácico y hasta el Eoceno Superior, de importantes procesos colisionales relacionados primero con la colisión de los terrenos Pinos y Escambray (?) con el Arco Volcánico Albiense - Campaniense y luego con la acreción del Cinturón Plegado Cubano sobre el margen meridional de la Placa

Norteamericana. Otra particularidad de las zonas de fallas rumbodeslizantes, muy común en la zona de fallas La Trocha, es la presencia de los pliegues y fallas en echelon, que pueden estar desarrollados dentro o adyacentes a la zona de desplazamiento principal y la coexistencia de fallas normales e inversas en la zona de los movimientos (Christie-Blick y Biddle, 1985; Uchupi, 1990; Harding, 1990).

La zona de fallas La Trocha constituye uno de los principales elementos tectónicos del territorio cubano. Geográficamente está ubicada en la zona central del país, ocupando parte de las provincias de Ciego de Ávila y Sancti Spíritus. Se considera una estructura disyuntiva de deslizamiento por el rumbo (Draper y Barros, ed. 1994; Iturralde-Vinent, ed. 1997, 1998; Blanco, 1999), cuyo origen se relaciona con el proceso de colisión oblicua y obducción del Cinturón Plegado Cubano sobre el margen pasivo meridional de la Placa Norteamericana (Blanco, 1999). Desde el punto de vista geológico marca el límite entre Cuba Centro Occidental (bloque Las Villas) y Cuba Centro Oriental (bloque Camagüey), conociéndose evidencias de su existencia por datos de teledetección y morfometría (Pérez-Pérez, ed. 1997; Cruz-Toledo *et al.*, 2002, 2005; Cruz-Orosa, 2006); datos geológicos de superficie y del subsuelo (Milián, 1986; Pushcharovsky, 1989; Blanco, 1999; Cruz-Orosa, 2006) y datos geofísicos (Rodríguez y Prol, 1980; Cuevas *et al.*, 1989; Rodríguez y Domínguez, 1993; Álvarez, 2000; Blanco *et al.*, 2000; Peña-Reyna, 2005; Cruz-Orosa, 2006).

MATERIAL Y MÉTODO

En la presente investigación se utilizó una gran cantidad de datos geológico – geofísicos, los cuales fueron agrupados en:

- Información morfométrica.
- Información gravimétrica.
- Información geológica de superficie.
- Información geológica del subsuelo.

La mayoría de la información geólogo – geofísica que se utilizó proviene de los trabajos de prospección e investigaciones realizadas en la zona central del país con fines petroleros, aunque también se dio amplia utilización a las bases cartográficas topográficas y geológicas existentes. La información morfométrica se obtuvo a partir del Mapa de la República de Cuba 1:50000, editado por el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía en 1977. Se digitalizaron 24 hojas topográficas, obteniéndose el modelo digital del terreno (MDT) y una serie de información morfométrica derivada de este. La información geofísica se obtuvo de un levantamiento gravimétrico de la Cuenca Central a escala 1:100000, a partir de este se elaboraron los mapas de anomalías de Bouguer, continuaciones analíticas ascendentes y de gradientes horizontales y verticales. La información geológica de superficie se tomó del Mapa Geológico de la República de Cuba 1:100000, editado por el Instituto de Geología y Paleontología en el año 2001, mientras que la información geológica del subsuelo proviene en su mayoría de los pozos profundos perforados durante la actividad petrolera en la Cuenca Central. El procesamiento y manejo de la información geólogo – geofísica se realizó en su totalidad digitalmente, para esto se utilizaron los paquetes informáticos Didger[®] versión 3.02; AutoCad Map[®] 2000; Surfer[®] versión 8.01; IMAG-PC versión 1.2 (COPEXTEL, 1993); GridFiltering versión Veta (ISMM, 2002); ArcView GIS[®] 3.2 y RockWorks[®] 2004.

Para caracterizar estructuralmente la zona de fallas La Trocha se confeccionaron y utilizaron los siguientes mapas:

Mapa de niveles hipsométricos (MDT).

Mapa de pendientes del terreno.

Mapa de aspecto del terreno.

Mapa de disección vertical.

Mapa de red fluvial y sus derivados.

Mapas de funciones utilizando análisis con ventanas móviles (media, valor mínimo, valor máximo, varianza y desviación estándar).

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La interpretación combinada de la información morfométrica, gravimétrica y geológica permitió caracterizar estructuralmente la zona de fallas La Trocha y lograr un acercamiento a los modelos de evolución tectónica de la región de estudio.

Características morfométricas

La zona de fallas La Trocha se caracteriza por constituir una frontera entre dos regiones con relieve notablemente diferente. Hacia el oeste, la región de Las Villas presenta un relieve relativamente elevado y rugoso, caracterizado por dos conjuntos geomorfológicos importantes: la Cordillera Norte de Las Villas y el macizo Guamuahaya. La primera se extiende al norte de las provincias Villa Clara, Sancti Spíritus y Ciego de Ávila y se caracteriza por conformar franjas estrechas y alargadas con rumbo NW-SE, paralelo al rumbo de los mantos de cabalgamientos que existen en toda el área. El Macizo Guamuahaya, o Escambray como también se conoce, contiene las cotas máximas en Cuba Central, se presenta formando un sistema de cúpula-bloque con una compleja estructura interna y su formación se supone relacionada a levantamientos del Mioceno Superior (Arcia-Rodríguez *et al.*, ed. 1997). En cambio la región de Camagüey se presenta con extensas llanuras que abarcan toda la zona emergida, de costa a costa, existiendo solo algunas pequeñas elevaciones hacia el norte que constituyen la Sierra de Cubitas y la Sierra de Camaján.

La mayor parte del área de estudio presenta cotas que no rebasan los 100 metros de altura, siendo evidente una tendencia a ir disminuyendo desde un eje central hacia las costas. Particularmente el sector centro occidental, que constituye el extremo oriental de la Cordillera Norte de las Villas, en algunos puntos sobrepasa los 400 metros sobre el nivel medio del mar. En esta zona se ha descrito la existencia de sistemas de horst escalonados (Arcia-Rodríguez *et al.*, ed. 1997) y en algunas localidades hay evidencias de sistemas de colinas que marcan alineamientos de gran envergadura y que rompen la trayectoria típica de los sobrecorrimientos asociados a los

mantos de cabalgamiento del frente de colisión. En ocasiones, ambos sistemas llegan a tener una relación casi perpendicular.

En el norte de la región de estudio, específicamente en las localidades de Punta Alegre, Turiguanó y Cunagua, existen estructuras anulares formando cúpulas que sobresalen en un relieve de fondo muy llano. Tales estructuras están relacionadas a procesos de diapirismo de las secuencias evaporíticas depositadas durante la apertura de la cuenca del protocaribe en el Jurásico Superior (Iturralde-Vinent, ed. 1997, 1998) y constituyen una evidencia que corrobora la hipótesis de que Cinturón Plegado Cubano está sobrecorrido y acrecionado sobre el margen meridional de la placa norteamericana.

A partir de la interpretación conjunta de la información morfométrica del área de estudio, se pudo establecer que las direcciones predominantes de los morfoalineamientos son NW-SE y NE-SW (Figura 1).

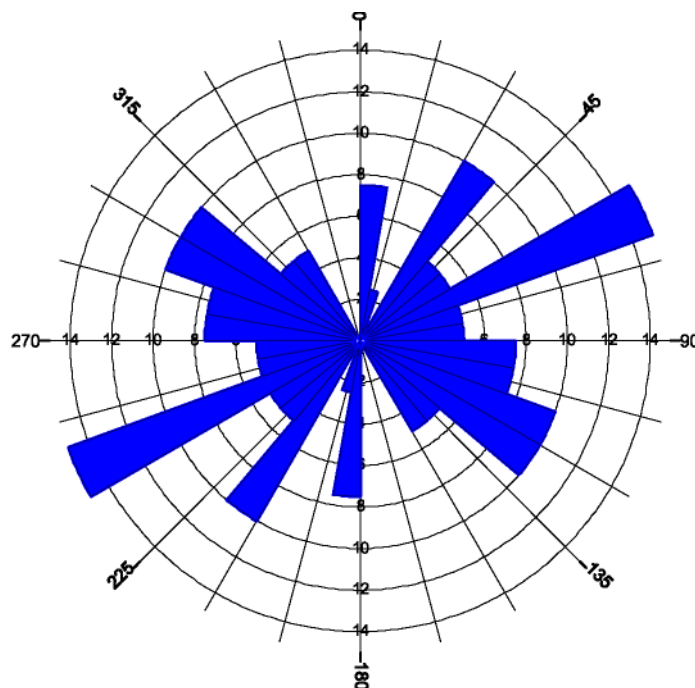


Figura 1: Diagrama de rosetas de los principales morfoalineamientos del área de estudio, detectados a partir de la interpretación conjunta de la información morfométrica.

La primera familia tiene una clara relación con el rumbo de emplazamiento de los mantos de cabalgamiento, ocurridos durante el proceso de colisión oblicua entre el Cinturón Plegado Cubano y el margen meridional

norteamericano. Estos morfoalineamientos aparecen relacionados a zonas direccionales de pendientes fuertes y en menor medida con alineaciones de la red fluvial, fundamentalmente en la zona centro occidental del área de estudio, que es ocupada por el extremo oriental de la Cordillera Norte de Las Villas. En el diagrama de rosetas, se puede notar una transición en la frecuencia de aparición desde la dirección E-W a la NW-SE, donde alcanza la frecuencia máxima, posiblemente relacionada con la evolución de los esfuerzos en la zona de fallas La Trocha.

En la dirección NE-SW, se distinguen dos máximos en la frecuencia de aparición de los morfoalineamientos. El primero con rumbo N 30° E, se relaciona fundamentalmente con alineaciones de la disección vertical y con zonas alineadas de pendientes, desviación estándar y red fluvial, aparece sobre todo hacia el sector SW del área de estudio en el límite entre el terreno Escambray y la Cuenca Central; mientras que el segundo máximo de esta familia, con rumbo N 60° E, se relaciona con los morfoalineamientos que aparecen en el extremo oriental de la Cordillera Norte de Las Villas, marcados por sectores lineales de los niveles hipsométricos, pendientes, disección vertical y desviación estándar fundamentalmente. Como generalidad la dirección de morfoalineamientos NE-SW en el área de estudio se relaciona con la zona de desplazamiento principal del sistema de fallas La Trocha y su sistema subordinado. El hecho de que existan diferencias en el rumbo de los morfoalineamientos de las zonas norte y sur que marcan esta estructura, nos indica que la zona de desplazamiento principal no es recta, sino que describe una trayectoria curvilínea, con las consecuentes implicaciones en la evolución de los esfuerzos y la cuenca tensional asociada, la Cuenca Central.

Características gravimétricas

El campo de anomalías de Bouguer, en la zona de fallas La Trocha, describe una intensa anomalía negativa, alargada y estrecha, que se extiende en dirección NE-SW (Figura 2). Generalmente las zonas de cambio de signo presentan altos gradientes, lo que indica que el contacto entre los objetos

geológicos con valores positivos y negativos del campo es abrupto. Hacia los extremos este y oeste se observa un fuerte cambio en el carácter del campo gravimétrico, a diferencia de la parte central en estas zonas las anomalías presentan una dirección predominante NW-SE, paralela al eje central de la isla y al rumbo de emplazamiento de los mantos tectónicos que conforman el Cinturón Plegado Cubano.

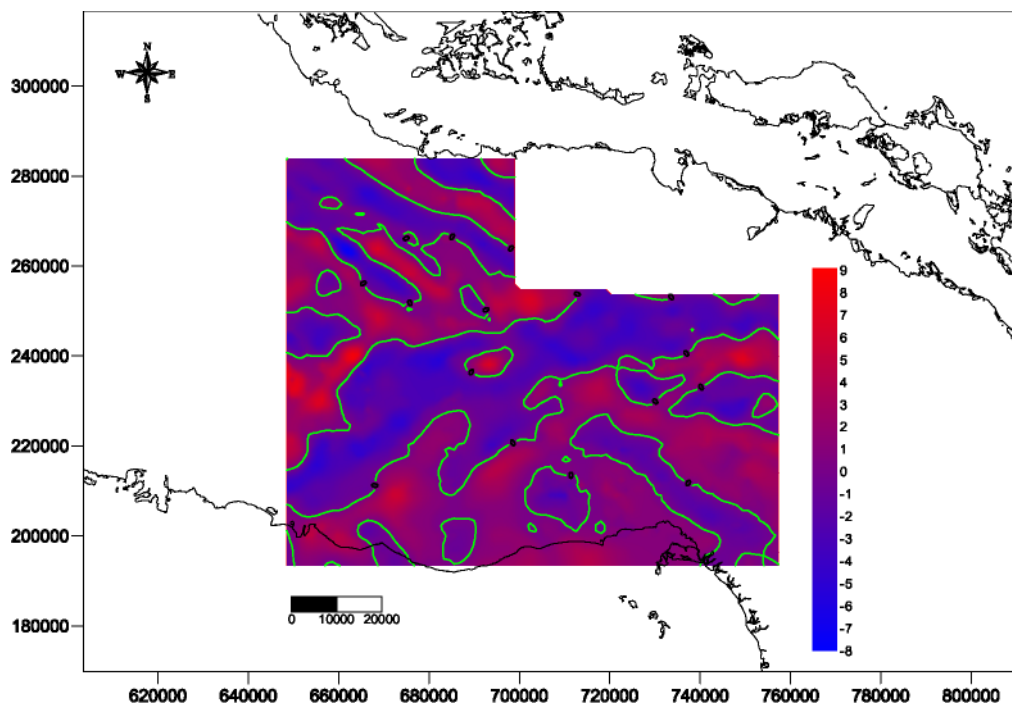


Figura 2: Mapa de anomalías de Bouguer σg (mGal) que abarca el área de desarrollo de la zona de fallas La Trocha y la Cuenca Central.

Evidentemente la información gravimétrica indica la existencia de una zona de fallas que separa las regiones de Las Villas y Camagüey. La anomalía negativa del campo gravimétrico ubicada al centro del área, confirma el desarrollo de una cuenca sedimentaria asociada genética y estructuralmente a la zona de fallas, en la cual se depositaron desde el Cretácico Superior Campaniano-Maastrichtiano rocas sedimentarias, predominantemente facies terrígeno-arcillosas (Sánchez-Arango, 1977; Milián, 1986, 1987a, b, 1989; Blanco, 1999).

En los mapas de continuaciones analíticas ascendentes (CAA) que se muestran en la Figura 3, se puede reconocer la existencia de anomalías que

están presentes en el mapa de Δg con mayor intensidad y gradiente, mientras otras que se observan en el mapa de Δg aquí no existen, lo que indica que las mismas son producidas por cuerpos muy someros. En general en los mapas de CAA (500, 1000, 2000 y 3000 metros) continúa manifestándose la anomalía central, alargada en dirección NE-SW, separando hacia el este y el oeste, áreas donde las anomalías del campo gravimétrico presentan una dirección predominante NW-SE.

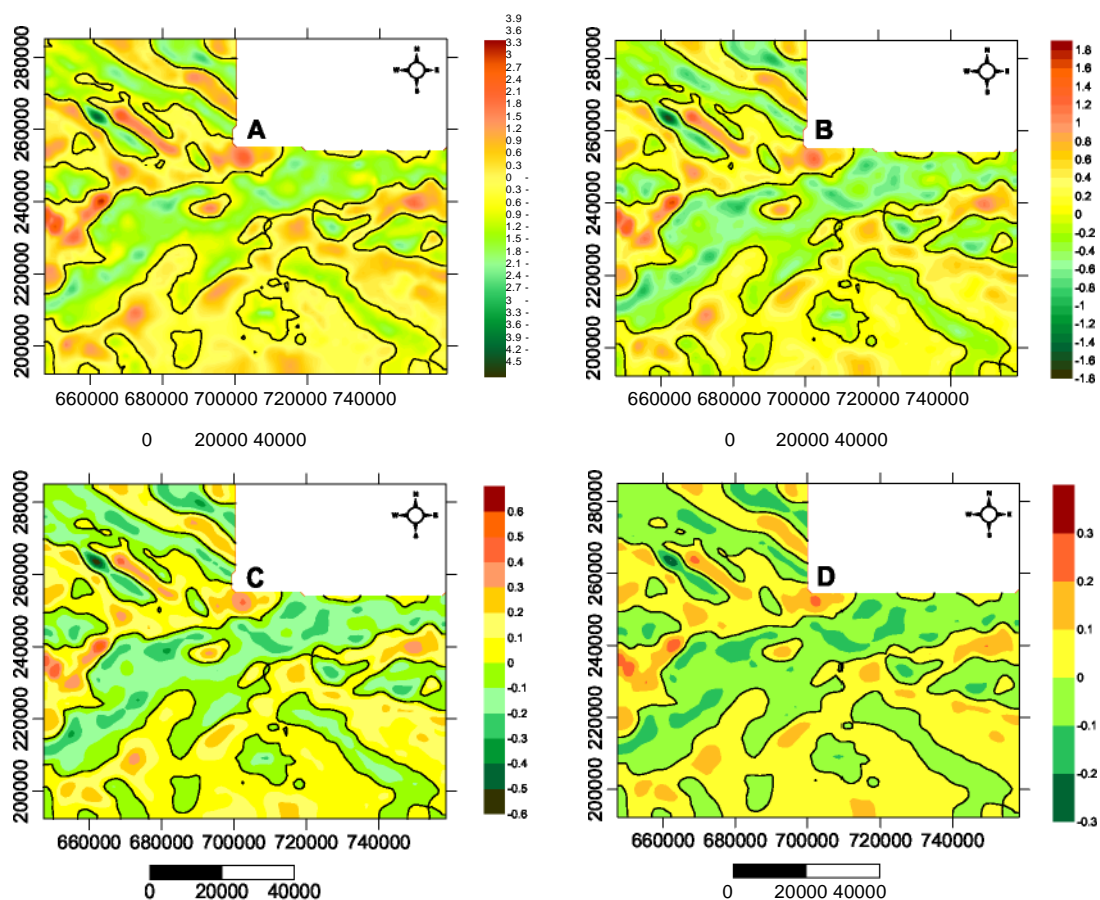


Figura 3: Mapas de continuaciones analíticas ascendentes (CAA) de la región de estudio. A, 500 m; B, 1000 m; C, 2000 m; y D, 3000 m.

Los mapas de gradiente (Figura 4) al igual que los de CAA y Δg confirman la existencia en el área de estudio de dos direcciones principales de alineamientos, NW-SE y NE-SW. La primera paralela al rumbo de emplazamiento del Cinturón Plegado Cubano y la segunda marcando el rumbo de la zona de desplazamiento principal del sistema de fallas La Trocha. Los esquemas de gradientes se han representado utilizando

técnicas de iluminación artificial para acentuar la visibilidad de las estructuras.

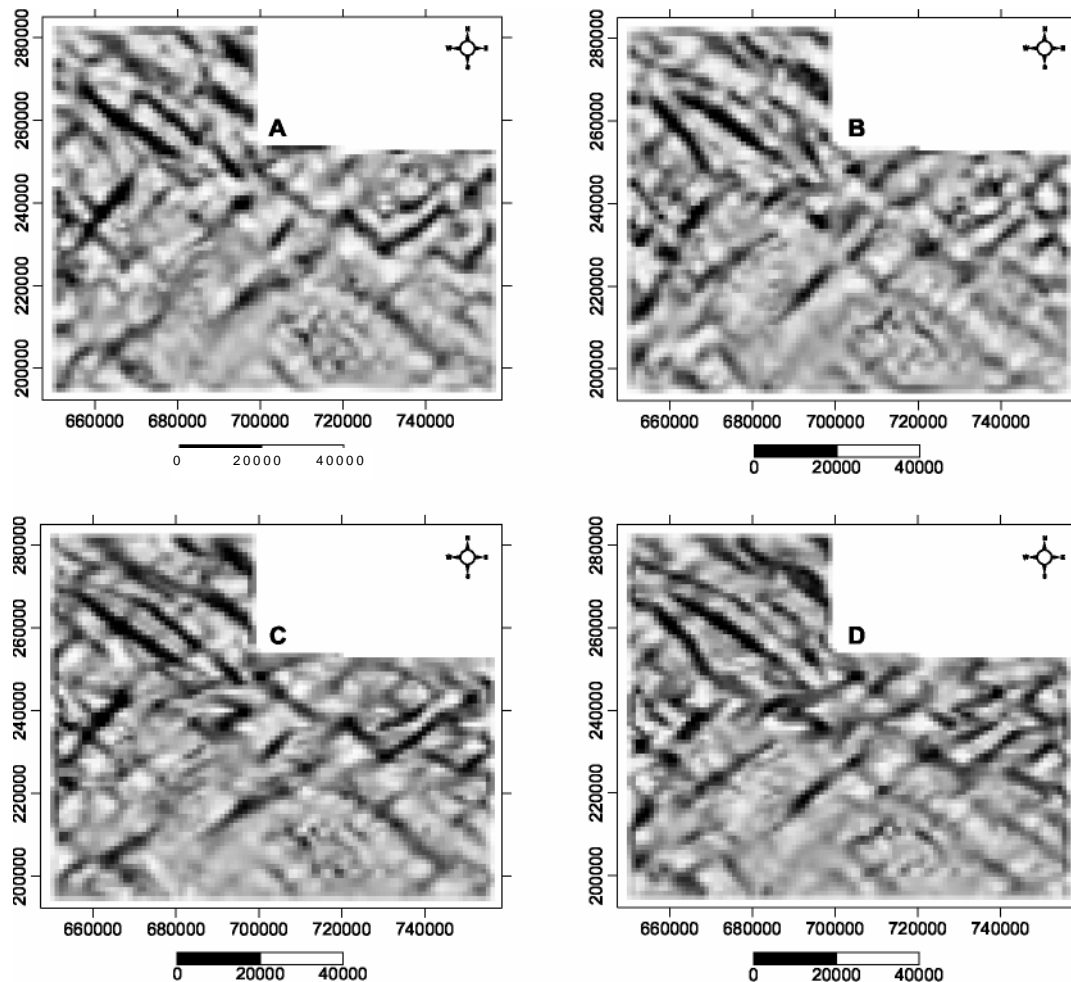


Figura 4: Mapas de gradientes del campo gravimétrico. A, gradiente horizontal con iluminación desde el norte; B, gradiente horizontal con iluminación desde el sur; C, gradiente vertical con iluminación desde el oeste; D, gradiente vertical con iluminación desde el este.

En todos los mapas gravimétricos mostrados (Δg , CAA y gradiente) se aprecia la existencia de una faja de dirección predominante NE-SW, que marca una estructura disyuntiva de primer orden y que separa, hacia el este y oeste respectivamente, dos zonas donde el campo gravimétrico se presenta con anomalías alargadas en dirección NW-SE, posiblemente relacionadas con las estructuras de sobrecorrimiento existentes en el

Cinturón Plegado Cubano. La gran anomalía negativa situada en el centro del área marca con bastante claridad los límites de la cuenca tensional que se asocia al sistema de fallas La Trocha, la Cuenca Central. En el interior de la anomalía central se observan anomalías más pequeñas de dirección NW-SE, que pueden estar relacionadas con la existencia de mantos de cabalgamiento en el basamento de la cuenca, como es de suponer considerando que esta se desarrolló durante el período de colisión entre el Cinturón Plegado Cubano y el margen meridional norteamericano.

Constitución geológica

En el área de estudio afloran dos niveles estructurales: el Substrato Plegado (Cinturón Plegado Cubano) y el Neoaútóctono (Neoplataforma) (Iturralde-Vinent, ed. 1996, ed. 1997). La estructura geológica de la región confirma la existencia de un cinturón plegado cubierto desde el Eoceno Superior por una secuencia de desarrollo platafórmico. En la zona además se conocen evidencias de los eventos resultantes de la colisión del terreno Escambray y el arco volcánico del Cretácico y del proceso de colisión oblicua y acreción del Cinturón Plegado Cubano sobre el margen meridional de la Placa Norteamericana, con la consecuente generación de las estructuras típicas de estos ambientes (escamas y mantos de sobrecorrimientos, fallas rumbodeslizantes y estructuras en flor) y la formación de los elementos geomorfológicos que reflejan tales sucesos.

En la Figura 5 se han representado las principales estructuras disyuntivas que han sido incorporadas al Mapa Geológico de la República de Cuba 1:100000, editado por el Instituto de Geología y Paleontología en el año 2001. Se muestran, por separado, las estructuras que han sido descritas como sobrecorrimientos con el objetivo de resaltar los eventos que dieron origen a las mismas.

Las estructuras descritas como fallas normales, inversas o de deslizamiento por el rumbo (excluyendo solo los sobrecorrimientos), existen en toda el área y presentan direcciones predominantes NE-SW, prácticamente perpendiculares al rumbo de emplazamiento del Cinturón Plegado Cubano.

Estas estructuras afectan sobre todo el substrato plegado, aunque en menor medida pueden aparecer reactivadas y afectando la Neoplataforma.

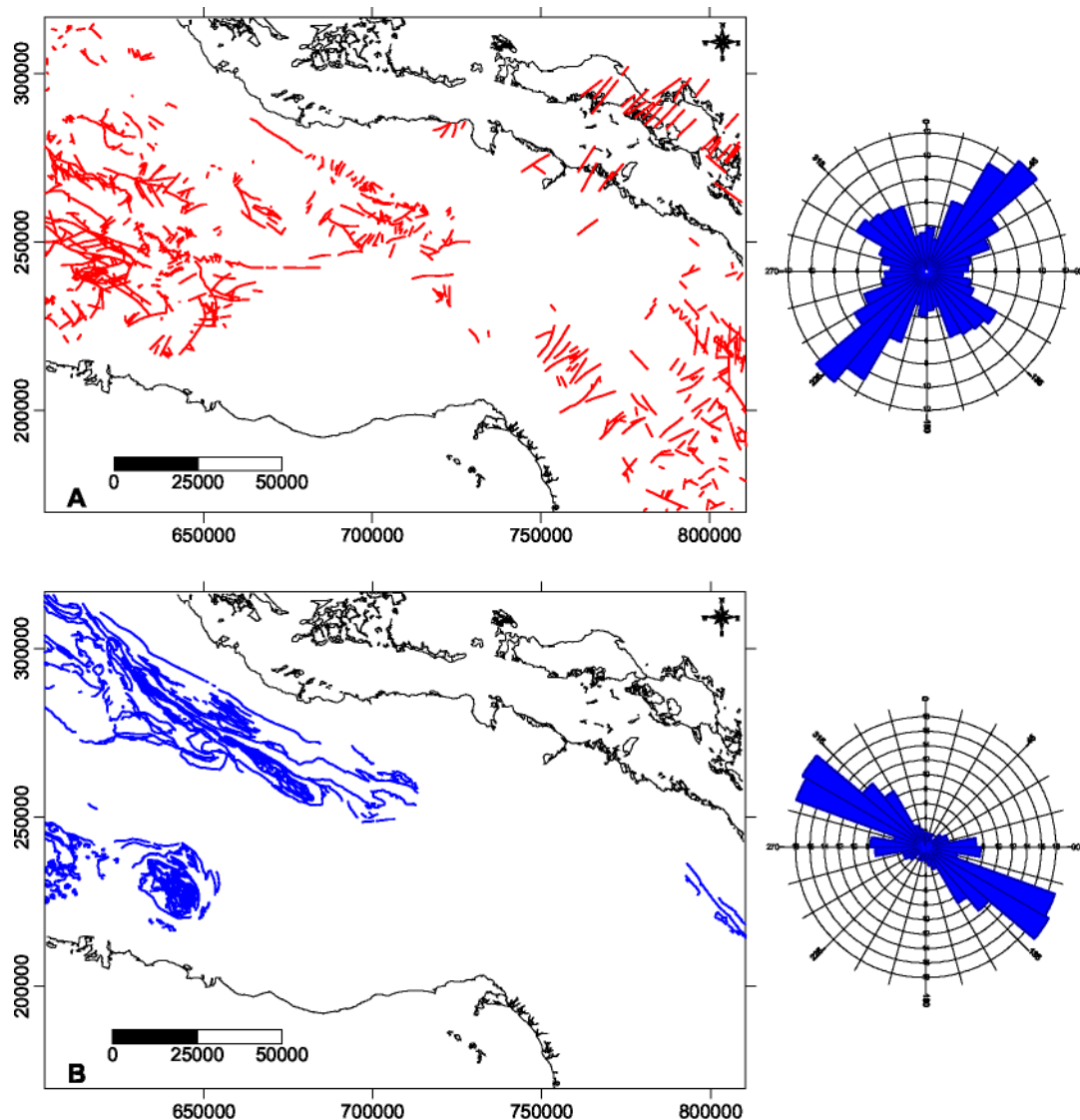


Figura 5: Esquemas de las estructuras disyuntivas reportadas en el área de estudio. A, estructuras descritas como fallas (directas, inversas y transcurrentes); B, estructuras descritas como sobrecorrimientos (confeccionado a partir del Mapa Geológico de la República de Cuba 1:100000, Instituto de Geología y Paleontología, 2001).

Los sobrecorrimientos describen una dirección predominante NW-SE, asociada al Sistema Cubano (Iturralde-Vinent, ed. 1997) que tiene su

origen relacionado a los procesos de colisión y acreción del Cinturón Plegado Cubano sobre el margen meridional de la Placa Norteamericana. Aparecen fundamentalmente hacia el norte del área, donde afloran las secuencias de la Plataforma de Bahamas y del Complejo Ofiolítico. También se han descrito como sobrecorrimientos muchas estructuras en el complejo metamórfico del Escambray, que evidentemente responden a la dirección NW-SE predominante, pero con la diferencia de que acá se deben considerar además los resultados del proceso de colisión entre el Escambray y el Arco Volcánico Albiense-Campaniense durante el Cretácico Superior (?) y la posterior exhumación de este terreno. La posición relativa de los afloramientos del frente de colisión en la región de Las Villas y en Camagüey, aportan criterios para establecer la evolución del movimiento relativo entre ambas regiones y del movimiento predominante durante la colisión en la zona de fallas La Trocha.

Análisis Estructural

Integrando la información morfométrica, geofísica y geológica se confirma la existencia de una zona de fallas que constituye un límite tectónico entre las regiones de Las Villas y Camagüey, la zona de fallas La Trocha. Esta estructura y su sistema subordinado se presentan casi perpendicularmente al rumbo principal del emplazamiento de los mantos tectónicos que conforman el Cinturón Plegado Cubano en la zona central del país y se caracteriza por un movimiento predominantemente rumbodeslizante siniestro (Draper y Barros, ed. 1994; Iturralde-Vinent, ed. 1997, 1998; Blanco, 1999; Cruz-Orosa, 2006).

El sistema de fallas La Trocha tuvo su génesis en un ambiente compresivo, vinculado al proceso de colisión oblicua entre el Cinturón Plegado Cubano y el margen meridional de la Placa Norteamericana. Este proceso posiblemente tuvo su origen relacionado con la apertura de la Cuenca de Yucatán a finales del Cretácico (Pindell, ed. 1994; Donnelly, ed. 1994) y se extendió hasta el Eoceno Superior cuando comienza la actividad transformante en el límite noroccidental de la Placa del Caribe. Durante todo

este período se desarrolló el Cinturón Plegado Cubano, que estaba conformado hasta ese momento por las secuencias procedentes de los márgenes del sur (?) (terrenos Guaniguanico, Pinos y Escambray); las secuencias representativas de la actividad volcánica del Mesozoico (PIA, Arco Volcánico Boninítico y Arco Volcánico Albiense-Campaniense); las secuencias del Complejo Ofiolítico (Ofiolitas Septentrionales) y finalmente las secuencias representativas del margen pasivo meridional de la Placa Norteamericana (zonas de Cayo Coco, Remedios, Camajuaní y Placetas).

La dirección de la colisión y emplazamiento del Cinturón Plegado Cubano sobre el margen norteamericano fue sub-latitudinal, de sur a norte. El movimiento y avance del frente de colisión fue diferenciado según bloques que fueron separados entre sí por un sistema de fallas rumbodeslizantes de dirección predominante SW-NE (Figura 6), que permitieron la rotación y reacomodo horizontal y vertical de los bloques según las proporciones del avance generado, la forma y dimensiones de las estructuras preexistentes en el margen meridional de la Placa Norteamericana.

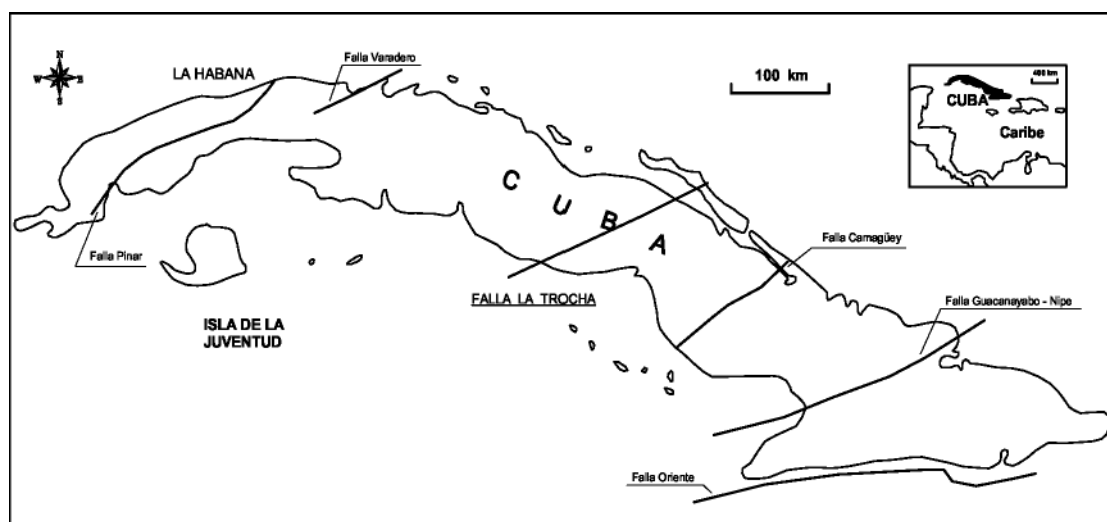


Figura 6. Principales estructuras rumbodeslizantes reportadas en el territorio cubano (modificado de Iturralde-Vinent, ed. 1997).

Particularmente en la zona de fallas La Trocha, el movimiento relativo de los bloques fue siniestro (Draper y Barros, 1994; Iturralde-Vinent, 1997, 1998; Blanco, 1999), que puede ser confirmado hoy en día por la disposición

relativa del frente de cabalgamiento en las regiones de Las Villas y Camagüey. El hecho de que en la región de Las Villas los niveles de deformación sean más intensos que en el extremo oriental de la zona de fallas La Trocha, indica que los esfuerzos generados durante la colisión fueron mayores.

La zona de desplazamiento principal del sistema de fallas La Trocha comúnmente ha sido marcada como una línea recta de rumbo NE-SW (Pushcharovsky, 1989), sin embargo los datos que han sido manejados para esta investigación demuestran que tal interpretación no es del todo correcta. La tendencia general confirma el rumbo NE-SW, pero distinguiendo dos zonas algo diferentes. La información morfométrica indica que en el sector sur de la zona de fallas, justo en el límite entre el Escambray y la porción sur de la Cuenca Central, los alineamientos presentan un rumbo N 30° E; este dato es confirmado por gravimetría, pues coincide con una zona de alto gradiente entre dos anomalías muy intensas y de signo opuesto. En cambio, en el sector norte del sistema de fallas predominan los alineamientos con rumbo N 60° E, en relación con sectores lineales de los niveles hipsométricos, pendientes, disección vertical y coincidiendo con una zona de alto gradiente gravimétrico, que marca el límite geológico entre el extremo oriental de la Cordillera Norte de Las Villas y la porción norte de la Cuenca Central.

La configuración de la zona de desplazamiento principal del sistema de falla La Trocha, lograda a partir de la interpretación combinada de los datos morfométricos, geofísicos y geológicos utilizados durante esta investigación, se muestra en la Figura 7. Este límite es particularmente nítido en el esquema geológico de superficie, sobre todo en los sectores donde aflora el substrato plegado en contacto con las secuencias de la Cuenca Central. La información gravimétrica también marca muy bien la zona de desplazamiento principal y además indica la posible existencia de otras estructuras sub-paralelas a las primeras, que pueden constituir una zona de desplazamiento secundaria y el límite oriental de la Cuenca Central, de estas estructuras no se conoce evidencia alguna en superficie.

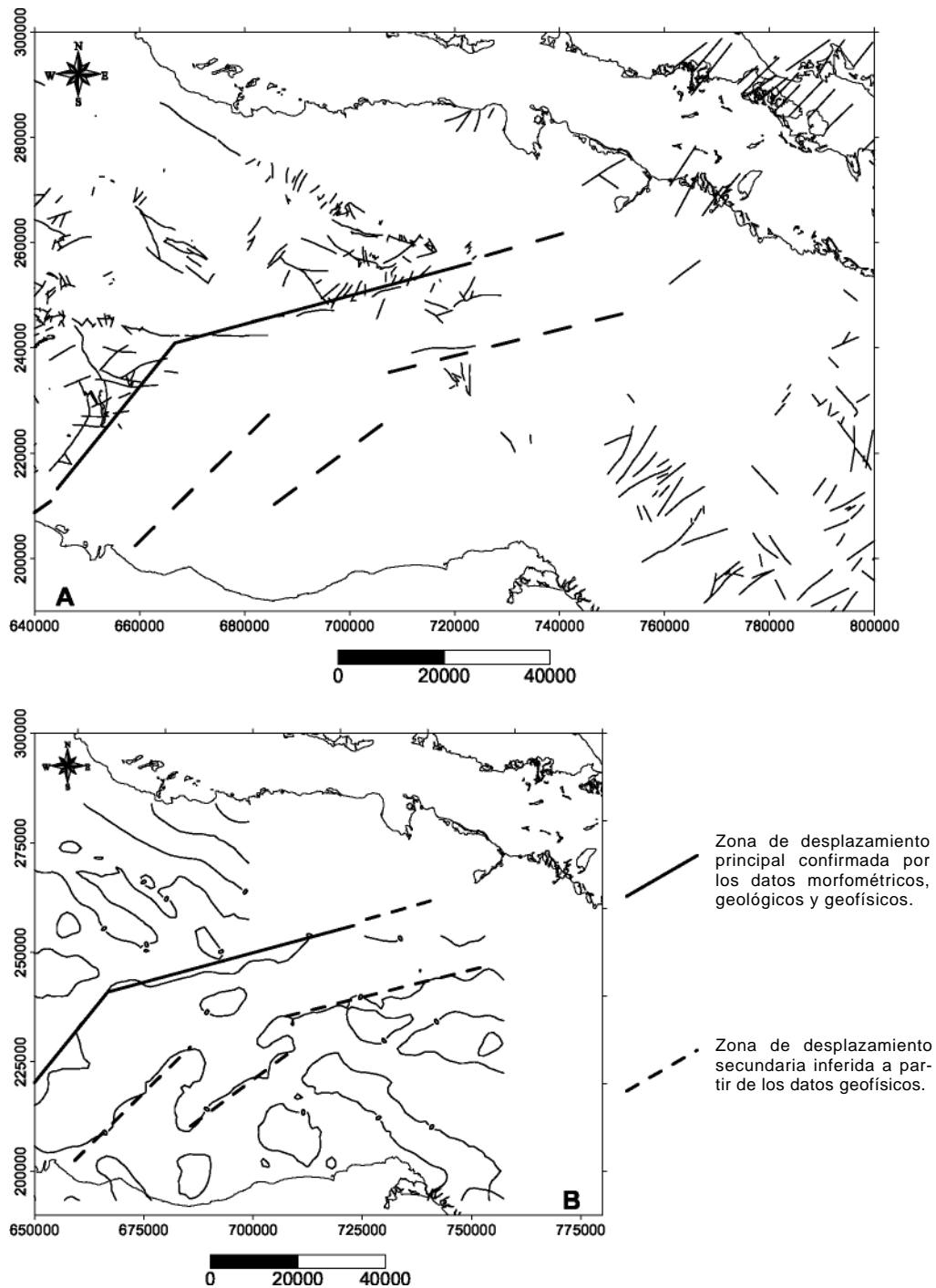


Figura 7: Configuración de la zona de desplazamiento principal del sistema de fallas La Trocha lograda a partir de la interpretación combinada de los datos morfométricos, geofísicos y geológicos. A, relación con las estructuras descritas en superficie (no se incluyen los sobrecorrimientos); y B, relación con el campo gravimétrico.

Una característica del área de estudio que no puede omitirse, es el hecho de que coexisten dos importantes sistemas de fallas rumbodeslizantes, relacionados ambos con el proceso de colisión: 1) el Sistema Cubano (NW-SE), que incluye las estructuras de sobrecorrimientos presentes en la región, sobre todo en el sector noroccidental, aunque es un sistema importante en todo el Cinturón Plegado Cubano; y 2) el Sistema La Trocha, con dirección NE-SW. Como se ha visto la relación espacial de estos sistemas tiende a la perpendicularidad, justificando la existencia en toda el área de estudio, y sobre todo en el substrato, de un sistema tipo Riedel característico de la tectónica transcurrente, con las consecuentes implicaciones para la estructura regional, incluyendo los márgenes y el basamento de la Cuenca Central. Particularmente en la porción norte de la Cuenca Central, su basamento y el margen occidental, existen evidencias que confirman la existencia de este proceso. El basamento de la Cuenca Central en su porción norte, que ha sido muy estudiado durante la investigación petrolera desarrollada en esta zona, se presenta muy fracturado y dividido en numerosos bloques tectónicos, en los que se han descrito desplazamientos de hasta 1 000 metros en dirección sub-latitudinal y de 100 a 300 metros en dirección sub-longitudinal (Blanco, 1999).

En el margen noroccidental de la Cuenca Central se observa el desarrollo de estructuras en abanico, que pueden estar relacionadas con la evolución de los esfuerzos y el movimiento de la zona de fallas La Trocha. El estudio detallado de esta zona puede aportar evidencias importantes que permitan esclarecer las características del proceso de colisión, sus límites temporales y la evolución de los esfuerzos durante y después de terminado el proceso.

A lo largo de la zona de desplazamiento principal del sistema de fallas La Trocha se percibe un cambio de los esfuerzos predominantes. La zona norte se caracteriza por la existencia de fallas inversas, típicas de un proceso trans-compresivo y la presencia de pliegues en echelon, desarrollados en las formaciones del Eoceno Medio-Oligoceno (Blanco, 1999), mientras que hacia el extremo sur predominan los esfuerzos trans-distensivos,

combinados con la existencia de fallas normales y el ensanchamiento y subsidencia de la porción sur de Cuenca Central, donde se alcanzan los espesores máximos de sedimentos en toda la cuenca. Este cambio de los esfuerzos predominantes a lo largo de la zona de desplazamiento principal del sistema de fallas La Trocha, puede ser explicado a partir del análisis de las características geométricas del sistema, considerando además el predominio de un movimiento rumbodeslizante siniestro de rumbo NE-SW y una rotación en sentido horario de los bloques situados a ambos lados de la zona de desplazamiento principal.

Los aspectos analizados sugieren que la evolución de la zona de fallas La Trocha, posiblemente estuvo caracterizada por el desarrollo de una estructura en flor negativa (Figura 8) durante el período Campaniano Superior–Eoceno Superior, favoreciendo el desarrollo simultáneo de la Cuenca Central. Tal hipótesis puede ser confirmada a partir del análisis del registro sedimentario depositado en la cuenca durante ese intervalo de tiempo.

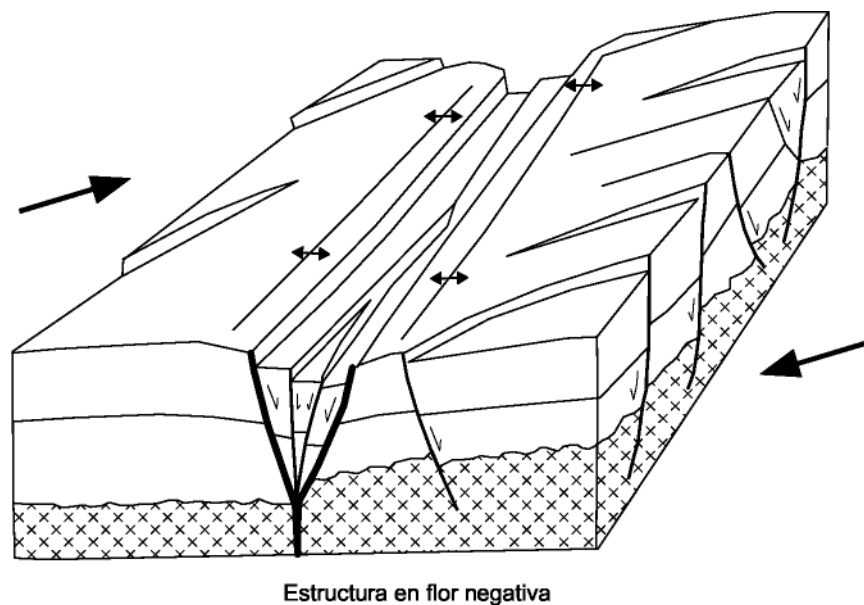


Figura 8: Bloque diagrama característico de ambientes transtensivos (modificada de Christie-Blick y Biddle, 1985), representativo de la evolución de la zona de fallas La Trocha durante el período Campaniano Superior–Eoceno Superior.

Por otra parte, la existencia en la actualidad de una zona de fallas inversas (Zaza-Tuinicú) en el límite noroccidental de la Cuenca Central, puede ser evidencia de una inversión tectónica generada a partir del predominio de los movimientos verticales desde finales del Eoceno Superior, a partir de la cual se puede haber generado una estructura en flor positiva en la zona norte de la Cuenca Central. Esta hipótesis, debe ser conformada mediante datos más detallados que puedan argumentar la variación de los esfuerzos tectónicos predominantes y una evolución diferenciada de los sectores norte y sur de la Cuenca Central.

CONCLUSIONES

La zona de fallas La Trocha tuvo su génesis relacionada con el proceso de colisión entre el Cinturón Plegado Cubano y el margen meridional de la placa norteamericana. La configuración actual se caracteriza por la existencia de alineamientos con rumbo N 60° E hacia la porción norte de la zona de fallas, mientras que en la porción sur predominan las alineamientos con rumbo N 30° E. La información gravimétrica revela la existencia de estructuras en profundidad que pueden constituir zonas de desplazamiento secundarias y el límite oriental de la Cuenca Central.

Entre el Campaniano Superior y el Eoceno Superior en la zona de fallas predominó un movimiento rumbodeslizante siniestro y distensivo, posiblemente relacionado con el desarrollo de una estructura en flor negativa, que propició el desarrollo simultáneo de la Cuenca Central.

Desde finales del Eoceno Superior al parecer predominaron los movimientos verticales, que propiciaron la configuración actual caracterizada por una continua subsidencia de la porción sur de la Cuenca Central, mientras que la porción norte se mantiene más levantada y su límite occidental es tectónico de tipo inverso, evidenciando que los esfuerzos locales son compresivos.

En próximas investigaciones se prevé continuar el análisis estructural de la zona de fallas La Trocha a una escala más detallada y haciendo uso de las

técnicas de microtectónica, con el objetivo de confirmar las características geométricas, la evolución tectónica regional y sus implicaciones para el desarrollo de la Cuenca Central.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de los profesores Dr. Yuri Almaguer Carmentate y Dr. Félix Quintas Caballero, del departamento de Geología del ISMM de Moa, sin la ayuda de los cuales no hubiese sido posible esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, J. L., CUEVAS, L. A., DÍAZ, E., PÉREZ, Y POLO, B., 2000.** Interpretación Integrada de los Campos Geomagnético y de Anomalías de Bouguer total en el Caribe centro occidental. Memorias del I Congreso Cubano de Geofísica, Revista Electrónica Memorias de GEOINFO, 13 p.
- ARCIA-RODRÍGUEZ, M., BARRANCO, G., DEL BUSTO, R., CAÑETE-PÉREZ, C., COTILLA, M., GONZÁLEZ, E., GUTIÉRREZ, R., HERNÁNDEZ, J., INTERIÁN, S., MARQUÉS, E., MATEO, J., MUÑIZ, O., PALET, M., PROPÍN, E., VALDÉS, C., 1997.** Características geólogo-geográficas de Cuba. En G. Furrázola Bermúdez, K. Núñez Cambra (eds.). Estudios sobre geología de Cuba, Instituto de Geología y Paleontología, 13-34 (publicado en marzo de 1998).
- BLANCO, J. A., BATISTA, J. A., RIVERÓN, B., 2000.** Estructura de la cuenca de antepaís en la zona de sutura de la región Esmeralda-Minas, provincia de Camagüey según datos gravimétricos. Libro de resúmenes, Geofísica 2000, I Congreso Cubano de Geofísica, Edición Sociedad Cubana de Geología, Cuba, p. 61.

- BLANCO, J.** 1999. Estratigrafía y paleogeografía de las cuencas superpuestas de Cuba centro-oriental. Tesis doctoral. ISMM, Moa. Cuba. 146 p.
- BUSH, V. A. SHERBACOVA, I. N.,** 1986. New data on the deep tectonics of Cuba. *Geotectonics*. 20(3). 24-43.
- CHRISTIE-BLICK, N., BIDDLE, K.,** 1985. Strike-slip deformation basin formation and sedimentation. *Soc. Econ, Paleont. Mineral., Spec. Pub.*, 37, 386 p.
- CRUZ-OROSA, I.,** 2006. Análisis tectono-estratigráfico de la zona de fallas La Trocha, Cuba Central. Tesis de Maestría. ICT, ISMM, Moa. Cuba. 90 p.
- CRUZ-TOLEDO, R., ÁLVAREZ-CASTRO, J., MEJÍAS- RODRÍGUEZ, L.,** 2005. Geomorfología fluvial con un objetivo petrolero. Trabajo presentado en evento, VI Congreso Cubano de Geología, La Habana, Cuba. 10 p.
- CRUZ-TOLEDO, R., GÓMEZ, J., ÁLVAREZ-CASTRO, J., RODRÍGUEZ-MORÁN, O., MEJÍAS- RODRÍGUEZ, L.,** 2002. La geomorfología para la búsqueda de objetivos petroleros en los bloques 12 y 13. Trabajo presentado en evento, Geofísica 2002, La Habana, Cuba. 11 p.
- CUEVAS, J. L., FUNDORA, M., PACHECO, M., POLO, B.,** 1989. I Congreso Cubano de Geología, La Habana, Nuevo mapa de anomalías gravimétricas de Bouguer para la República de Cuba a escala 1:500 000. pp 114.
- DONNELLY, T.,** 1994. Caribbean sea floor. En: *Caribbean Geology an introduction*. Donovan, S. K.; Jackson, T. A. (eds), Jamaica.
- DRAPER, G., BARROS, J. A.** 1994. Cuba. En: *Caribbean Geology an introduction*. Donovan, S. K.; Jackson, T. A. (eds), Jamaica. 65-86.
- HARDING, T.,** 1990. Identification of wrench faults using subsurface structural data: criteria and pitfalls. *AAPG*. 74(10). 1590-1609.
- ITURRALDE-VINENT, M.A.,** 1996. Introduction to Cuban Geology and Geophysics. In: *Ofiolitas y Arcos Volcánicos de Cuba* (Ed. Iturralde-Vinent, M.A.). IGCP Project 364, Special Contribution 1, 3-35.
- ITURRALDE-VINENT, M.A., 1997. INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA DE CUBA.** En G. Furrázola Bermúdez, K. Núñez Cambra (eds.). *Estudios sobre*

geología de Cuba, Instituto de Geología y Paleontología, 35-68 (publicado en marzo de 1998).

ITURRALDE-VINENT, M.A., 1998. Sinopsis de la Constitución Geológica de Cuba. *Acta Geológica Hispánica*, 33, 9-56.

ITURRALDE-VINENT, M.A., TCHOUNEV, D., CABRERA, R., ed. 1981. Geología del territorio de Ciego-Camagüey-Las Tunas: Resultados de las investigaciones científicas y del levantamiento geológico escala 1:250000. Academias de las Ciencias de Cuba y Bulgaria, 940 pp. y mapas. (Inédito, Oficina de Minerales).

KERR, A.C., ITURRALDE-VINENT, M.A., SAUNDERS, A.D., BABBS, T.L.,

TARNEY, J., 1999. A new plate tectonic model of the Caribbean: Implications from a geochemical reconnaissance of Cuban Mesozoic volcanic rocks. *Geological Society of America Bulletin*, 111, 1581-1599.

MILIÁN, E., 1986. Estratigrafía del área Catalina, Cuenca Central, basado en datos del subsuelo. *Serie Geológica*. 1. 18-30.

1987a. Análisis, generalización y evaluación de las posibilidades gasopetrolíferas de la Cuenca Central y elaboración de recomendaciones sobre los trabajos de prospección geológica. CUPET. Majagua, (inédito). 37 p.

1987b. Caracterización de las facies colectores y sellos, y su distribución areal para los depósitos Cretácico-Paleógenos de la Cuenca Central de Cuba, (inédito) Fondo UFEP Majagua. Ciego de Ávila (inédito). 215 p.

1989. Análisis formacional de la Cuenca Central de Cuba. *Revista Tecnológica*. 1.

PEÑA-REYNA, A., 2005. Modelación 3D de datos gravimétricos de la parte norte de la Cuenca Central. Trabajo de Diploma. ICT, ISMM, Moa. Cuba. 70 p.

PÉREZ-PÉREZ, C., 1997. Principales estructuras geológicas de Cuba determinadas por medio de la teledetección. En G. Furrázola Bermúdez, K. Núñez Cambra (eds.). *Estudios sobre geología de*

Cuba, Instituto de Geología y Paleontología, 69-74 (publicado en marzo de 1998).

- PINDELL, J.L.**, 1994. Evolution of the Gulf of Mexico and the Caribbean. In: Caribbean Geology: An Introduction (Eds. Donovan, S.K., Jackson, T.A.). U.W.I. Publishers' Association, Kingston, Jamaica, pp. 13-39.
- PUSHCHAROVSKY, Y.**, 1989. Tectonics of the Republic of Cuba. Explanatory note to the tectonic map of Cuba scale 1:500 000 (en ruso): Ed. Nauka, Moscow, 77 p.
- RODRÍGUEZ, M., DOMÍNGUEZ, R.**, 1993. Informe sobre los resultados del levantamiento gravimétrico en Jatibonico-Pina-Esmeralda. Empresa Nacional de Geofísica. Cuba.
- RODRÍGUEZ, M.J., PROL, L.**, 1980. Informe sobre el levantamiento gravimétrico detallado del área Mayajigua-Morón. Empresa Nacional de Geofísica, Cuba.
- UCHUPI, J.**, 1990. Cuencas de pull-apart en el Caribe. Geofísica Internacional, 2.