

LA INFLUENCIA DE LA FALLA ORIENTE EN LA ESTRUCTURA GEOLOGICA DEL AREA DE SAN ANTONIO DEL SUR, CUBA

Kenya Nuñez Cambra

Instituto de Geología y Paleontología. Vía Blanca s/n e/ Carretera Central y Línea del ferrocarril. San Miguel del Pedrón. Ciudad de la Habana. CP 11 000. Cuba. E-mail: igpcnig@ceniai.inf.cu

RESUMEN

El uso de los datos de imágenes Landsat TM, Spot, fotos aéreas y las evidencias de campo han ayudado a determinar la estructura geológica del área de San Antonio del Sur y al enriquecimiento del conocimiento sobre los movimientos neotectónicos.

La configuración tectónica del área esta controlada por la influencia de un sistema de fallas conjugadas de desplazamiento por el rumbo, que responde al modelo de deformación Riedel para los esfuerzos regionales asociados al movimiento transpresivo-transensivo sinistral entre la placa Caribeña y la Norteamericana. Dentro de este modelo el sistema de fractura sintético Riedel lo conforman la dirección NE-SW, la cual esta mas desarrollada, activa y esta caracterizada por fallas sinistras de desplazamiento por el rumbo desplazando a las fallas anteriores. El sistema de fallas antitético esta representado por fallas diestras de desplazamiento por el rumbo con dirección NNW-SSE y NW-SE. En el área se desarrolla un sistema de fallas normales con dirección NNE, que caracteriza la distensión, apareciendo incluso sistemas de fallas escalonadas, en forma de dominó.

Los rasgos peculiares que caracterizan el área, que incluye el valle de Caujerí, encuentran su explicación genética como un producto de la influencia de la falla Oriente en la estructura geológica y la tectónica actual del área. Se hacen evidentes los movimientos tectónicos activos desde el Oligoceno hasta el Reciente con sistemas de fallas principales de dirección NE-SW relacionados con la transcurrancia sinistral a lo largo del limite entre ambas placas. El trabajo incluye además evidencias de movimientos verticales en el área.

ABSTRACT

The remote sensing data such as Landsat TM, Spot, aerial photograph and field evidences, were very useful to interpret the major geological and structural features in the San Antonio del Sur area. It allowed understanding of the neotectonic movement in the area.

The tectonic configuration of the area is controlled by the influence of a system of conjugated strike slip faults. These faults are very well fixed with the regional strain ellipse, associated with the strike-slip fault system from Reidel model of brittle deformation. It is active in the area from the later Eocene to Recent, due to the aperture of the Cayman Ride that cause the sinistral transpressional-transtensional movement between Caribbean plate and North-American plate. The main Ridel fault has direction NE-SW, they can appear as a strike slip fault, that are very well developed and can be found displacing or cutting the other younger directions. The antithetic Reidel fault system is represented by faults with direction NNW-SSE y NW-SE. There are also fault normal system with direction NNE that characterize the extensional regime. The peculiar features, which characterize the study area, have the genetic explanation product of the influence that Oriente fault has in the geological structure and the recent tectonic of the area. There are an evident tectonic movements started from later Eocene to Recent with principal fault system with direction NE-SW. This work includes also evidences of vertical movements in the area.

Introducción

El área de San Antonio del Sur, está situada en la zona sur oriental de Cuba, a unos 55Km al Este de la ciudad de Guantánamo, con coordenadas geográficas limítrofes de Latitud 19°59'26. 4" N, Longitud

74°55'20. 3"W y Latitud 20°15'33. 9" N, Longitud 74°43'39. 0"W. Esta región ha sido identificada como una provincia neotectónica activa del Este de Cuba.

En el territorio cubano han sido identificados cuatro sistemas de fallas principales: el Sistema Banao con dirección N-S, el Sistema Cubano con dirección NW-SE, el Sistema Caimán con dirección E-W y el Sistema Camagüey con dirección NE-SW (Iturralde-Vinent, 1996).

Materiales y Métodos

Las técnicas de procesamiento de imágenes se utilizaron como herramienta poderosa para resaltar los rasgos de interés en la interpretación de las estructuras geológicas así como las técnicas de integración de datos provenientes de imágenes y datos de atributos.

La interpretación de imágenes logradas como resultado del procesamiento de la información de los sensores remotos, que incluyeron el calculo del componente principal, la fusión de información de las imágenes y el modelo digital del terreno, mas el empleo de filtros, permitió la delineación de los lineamientos principales del área usados durante el análisis.

Principales Sistemas de Fallas

Para el área de estudio en cuestión se evidenciaron los mismos sistemas señalados arriba. De acuerdo con el grado de detalle del trabajo, se pueden observar como resultado de la interpretación de las fotos aéreas, imágenes satélites y modelo de elevación digital, las siguientes direcciones principales de los alineamientos: NE-SW, NW-SE, NNE-SSW, NW-SSE y otros con orientación E-W .

Analizando los sistemas de fallas interpretados, podemos inferir que se encuentran asociados a un sistema conjugado de fallas de desplazamiento por el rumbo, que encaja muy bien con el modelo Riedel para las deformaciones frágiles provocadas por los movimientos transcurrentes. Según el modelo forman fallas sintéticas y antitéticas de desplazamiento por el rumbo (Fig. 1)

El origen de la actividad tectónica es la apertura del sistema de trincheras de los Caimanes (Iturralde, 1997) que provocó el movimiento transpresivo-transtensivo sinistral de la falla Oriente. Este es el responsable de la reactivación neo-tectónica de una serie de fallas antiguas y de la configuración del relieve actual.

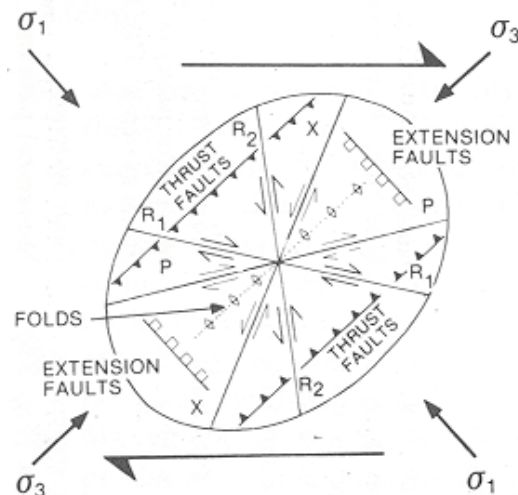
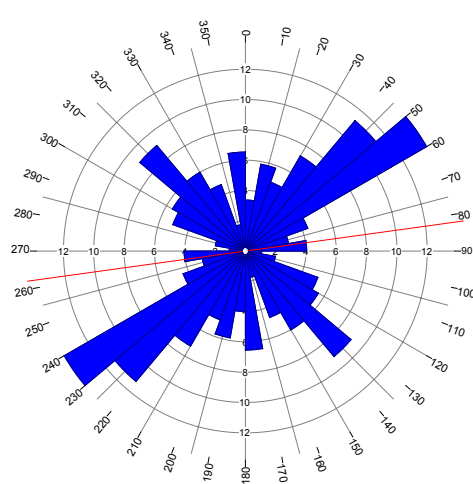


Figura 1. Elipsoide para los esfuerzos regionales asociados con los sistemas de fallas transcurrentes. (McKlay. 1997)



Calculation Method Length
Class Interval 10 Degrees
Length Filtering Deactivated
Azimuth Filtering Deactivated
Data Type Bidirectional
Rotation Amount 999 Degrees
Population 846
Maximum Percentage 13.8 Percent
Mean Percentage 5.5 Percent
Standard Deviation 3.21 Percent
Vector Mean 82.14 Degrees
Confidence Interval ... 3.73 Degrees
R-mag 0.64

Figura 3. Diagrama de Roseta para los principales sistemas de fallas en el área de estudio

La dirección NE-SW es la que forma el sistema de fallas sintéticas Riedel (R1). Representa el más activo, tiene carácter transcurrente sinistral y sinistral-normal en la zona costera. Múltiples deslizamientos están asociados con esta dirección. Es el sistema más prominente, el mismo desplaza todas las otras direcciones principales y tiene el control de la

configuración del valle costero.

El sistema con dirección NNW-SSE es la que forma el sistema de fallas antitético (R2). Este sistema tiene fallas asociadas con el borde o límite entre la cuenca paleogénica y el Complejo Purial lo cual sugiere la reactivación de un sistema antiguo a causa de los nuevos esfuerzos.

La dirección NW-SE es la que forma el sistema de fallas antitético (X). También algunas fallas relacionadas con los sobrecorrimientos tienen esta misma dirección. Este sistema es el responsable del desarrollo desigual de la región suroriental del área de estudio, donde aparecen descritas las clinoformas de la formación Imías, a diferencia del resto del área, entre otras.

Se encuentra también desarrollado el sistema con dirección NNE, que contiene, entre otras, fallas extensivas, las cuales ejercen un control tectónico sobre el escarpe del Valle de Caujerí, y controla en gran medida los movimientos de rocas y los deslizamientos ocurridos allí y en el valle costero además. (Fig. 2 y 3)

Producto de la distribución no uniforme de la Falla Oriente,

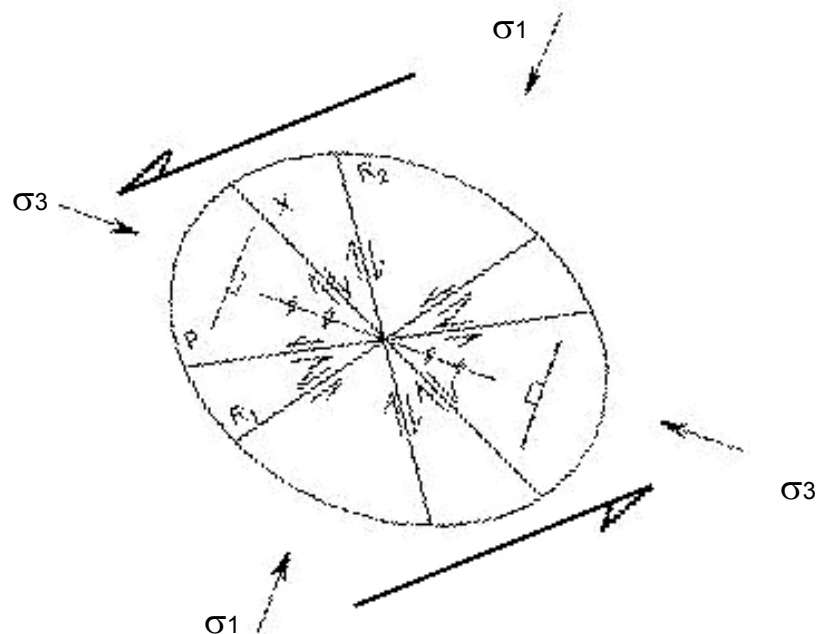


Figura 4. Elipsoide para los esfuerzos regionales asociados con los sistemas de fallas transcurrentes para el área

localmente en el área se puede observar una rotación de las direcciones de las fallas de tipo transcurrente asociadas a la transpresión de la Falla Oriente. He ahí la razón por la cual no coinciden exactamente las direcciones de las fallas en la zona con la de la región oriental. Por lo tanto el elipsoide asociado a los sistemas de fallas del área de trabajo se expresa de la forma que aparece en la Fig. 4.

Rasgos tectónicos del área de estudio

Las rocas del Mioceno en la Sierra de Caujerí en general buzan suavemente hacia el S con ángulo entre 6° y 12°. Estas secuencias son afectadas por los movimientos neotectónicos oscilatorios verticales y fallas transcurrentes de desplazamiento por el rumbo con orientación NEE que se ven claramente en la interpretación de la imagen. En la pared del escarpe del Valle de Caujerí se pueden observar los buzamientos aparentes de las secuencias del Mioceno en unos casos muy suavemente hacia el sur, otros hacia el norte y otros permanecen horizontales. Esto evidencia el cambio del buzamiento original producto de la división en bloques provocado por la tectónica y el movimiento neotectónico ascendente y descendente desigual de un bloque con respecto a otro.

Se detectó además un graben donde el bloque también fue desplazado horizontalmente, confirmado con la presencia de brechas tectónicas de calizas durante los trabajos de campo.

La superficie de las montañas de la Sierra de Caujerí muestran relictos de causes de ríos colgados, los cuales fueron creados por ríos que anteriormente sus aguas corrían hacia el Oeste, desde una zona más elevada situada en el lugar que hoy ocupa el Valle de Caujerí. La parte superior de esta zona elevada fue deslizada hacia el Este, formando una gran estructura cóncava que aparece en el área y conforma el Valle de Caujerí. Este último encuentra su origen en un gran deslizamiento o una serie de ellos de pequeña magnitud, controlados por la tectónica activa en el área, como resultado de movimientos distensivos a causa de la transtensión que provoca la falla Oriente. Logrando la erosión o desintegración de las rocas del Mioceno en el interior del valle, formando una gama de secuencias gruesas de derrumbes de rocas. Hay que agregar el control litológico que en segundo grado tienen estos fenómenos de movimiento de rocas, ya que la Formación Yateras de edad miocénica se caracteriza por calizas compactas muy permeables, entre otras litologías y yace sobre la Formación Maquey caracterizada por secuencias mas terrígenas, frágiles, arcillosas, poco permeables que facilitan la superficie para el deslizamiento entre estas dos litologías.

El Valle de Caujeri tiene muy bien desarrollado el drenaje, el cual es responsable de la cantidad de depósitos cuaternarios aluviales dentro del valle. Pueden encontrarse arcilla y limos con pobre o ninguna estratificación visible, las facies predominantes son de cauce, con material grueso y arenas. La composición de los materiales tiene estrecha relación con la fuente original que es polymíctica. En el caso del material clástico, la roca fuente es la caliza, la serpentinitas, metavolcanitas y otras rocas de las elevaciones que lo rodean.

Hay una actividad neotectónica evidente en la región. Los ríos dentro del valle son el testimonio de los movimientos ascendentes en el área, ya que empezaron a erosionar rápida e intensivamente los sedimentos cuaternarios previamente depositados. Un detalle del corte en uno de los causes de los ríos

que aparece en la figura 5, muestra las diferentes fases de sedimentación y erosión que se han sucedido en el desarrollo del valle. En lugares se observa que el río ha trasladado su curso del original, y en el mayor de los casos ha comenzado a erosionar el lado occidental de su curso, aumentando la deposición de sedimentos en el lado oriental. Se observa también un cambio en la granulometría de los fragmentos transportados por el río, los cuales aumentan de tamaño en señal del aumento en la fuerza de la corriente fluvial. Donde el río estaba depositando sedimentos con fragmentos pequeños y redondeados pasa a depositar fragmentos grandes y subangulares. La velocidad del levantamiento es mayor que la de erosión ya que afloran en el lecho del río rocas calcáreas arcillosas, muy deleznales que aun no han sido erosionadas por este. Se encuentran en el corte del curso relictos de fuegos en los sedimentos jóvenes, los cuales denotan su formación en un tiempo histórico. Existen además caminos de montañas en el área que se han socavado completamente por la erosión, con cárcavas de más de 1.5 m de profundidad.

En el interior del Valle de Caujerí aparece la Formación Cilindro, está compuesta por conglomerados polimícticos y yace discordantemente sobre la Formación San Luis. La misma aparece monoclinal con buzamiento de 50° a 60° grados hacia el Sur. La naturaleza de los conglomerados así como su composición, básicamente de fragmentos volcánicos, sugiere la existencia de condiciones tectónicas particulares durante este período. La orientación de los fragmentos dentro de la formación hacia el Sur con ángulo de 15° a 20° grados y la presencia de *Lepidocyclinas* gigantes sugiere que la fuente de los sedimentos proviene del Sur durante el Oligoceno.

Generalmente las secuencias de la Formación San Luis parecen ligeramente deformadas, caracterizadas por pliegues abiertos. Sin embargo en algunos lugares de la zona costera esta formación aparece fuertemente deformada y fracturada. Debido a la tectónica es posible encontrar las capas que buzcan con ángulo muy inclinado, así como los pliegues con un plano axial que buza hacia el WNW (286°/10°), fallas de extensión rellenas de calcita (140°/75°) y zona de cizalla (270°/75°). La deformación de carácter extensivo se desarrolla claramente en el área costera, donde se encuentran sistemas de fallas de extensión en forma de dominó (160°/70°). En otros lugares pueden observarse fallas combinadas de desplazamiento por el rumbo y normales con calcita y strias (slickenside) en la superficie con dirección 110° con 15°, y también 35° con 45°.

El valle costero entre montañas se caracteriza por ser de origen tectónico. En esta región una depresión tectónica se extiende entre las montañas del interior y un cinturón de colinas costeras. Fue controlado por levantamientos y descensos de la región y las consecuentes fases de transgresión y regresión, producto de los cambios en el nivel del mar. El valle está lleno con sedimentos aluviales cuaternarios. Estos sedimentos aparecen horizontales sin deformación. Ellos son buenos indicadores de movimientos ascendentes que están teniendo lugar en el área, porque han empezado a desarrollar un relieve invertido, y el drenaje ha cortado profundo los sedimentos, caracterizado por sedimentos producto de la tercera transgresión-regresión, de edad Plioceno a Reciente.

El cinturón de colinas costeras desarrolló un sistema de terrazas que en algunos lugares llegan hasta cuatro niveles y alcanzan los sedimentos cuaternarios alturas hasta 200m, con buzamiento suave hacia

el Sur. En general las colinas costeras se encuentran muy dislocadas con deslizamientos y derrumbes que generan en algunos casos macro-bloques volcados. Esto evidencia también el levantamiento del área.

Al Sureste del área de estudio se encuentra una región con la ocurrencia de cliniformas con tipos diferentes de depósitos incluidos en la Formación Imías, los cuales fueron originados en un ambiente muy energético, compuesto por arenas y material conglomerático muy mal sorteado, con aporte desde el Norte. Estos depósitos yacen disconformes sobre las lutitas de la Formación San Luis. Este fenómeno sugiere la presencia de un talud o pendiente muy abrupta como resultado de la apertura de la Falla Oriente en el Mioceno.

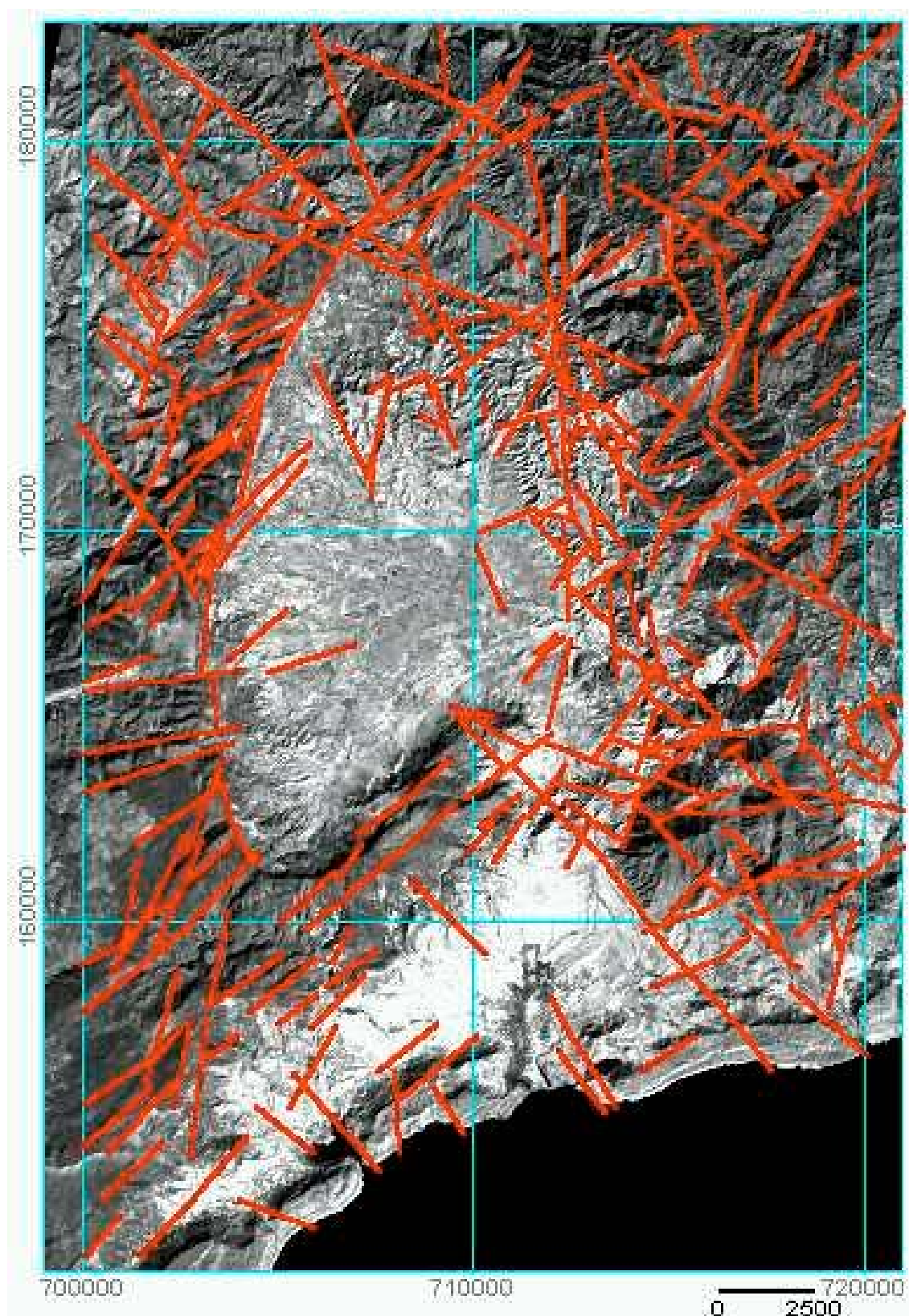
Conclusiones

La región del presente estudio se caracteriza por la inestabilidad tectónica:

- Los ríos en el Valle de Caujerí son testigos de los movimientos ascendentes en el área, erosionando rápida e intensivamente los depósitos del Cuaternario.
- La superficie de las montañas de la Sierra de Caujerí muestran relictos de valles de ríos colgados, que pudieron ser producto de ríos que antiguamente drenaban con dirección Oeste, desde una zona mas elevada situada donde ahora está el Valle de Caujerí. El material que conformaba esta zona desaparecida se deslizó o erosionó hacia el Este dentro del Valle.
- El buzamiento suave, aparentemente desigual y desordenado, de las rocas del Mioceno en la Sierra de Caujerí, sugiere el cambio de la yacencia original producto de la división en pequeños bloques, con el levantamiento y descenso oscilatorio de un bloque con respecto a otro provocado por los movimientos neotectónicos.
- La orientación de los fragmentos dentro de la Formación Cilindro hacia el Sur y la presencia de grandes *Lepidocyclinas* sugiere que los sedimentos vienen de una fuente situada al Sur en el Oligoceno.
- Las cliniformas de la Formación Imías, desarrolladas en la parte suroriental del área, sugieren la presencia de un talud muy inclinado y profundo surgido de la apertura de la falla Oriente en el Mioceno.
- Después de la sedimentación de las calizas del Cuaternario, en el Pleistoceno tardío, la región fue levantada como puede verse en los varios niveles de terrazas a lo largo de la costa, que alcanzan alturas hasta 200m por encima del nivel del mar.

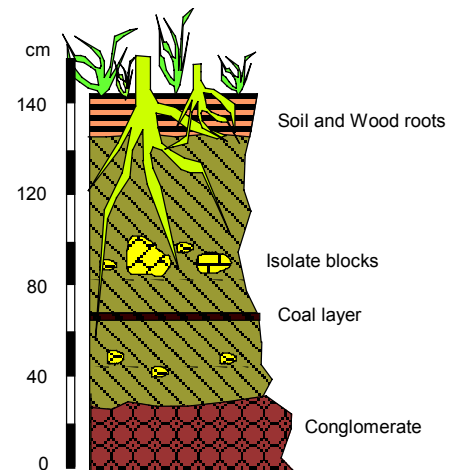
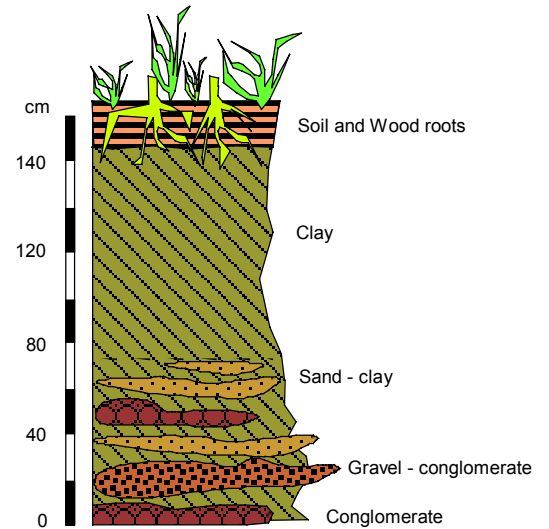
Bibliografía

- Calais, E. (1990): *Relaciones cinemático-deformantes a lo largo de los límites de las placas transformantes. Ejemplo del límite de la placa norte del Caribe desde Cuba hasta Puerto Rico*. Tesis de Doctorado de la Univ. de Niza. Sophia. Andepolis. Francia. 295p.
- Calais, E. y B. Mercier de Lepinay (1991). *From transtension to transpression all the northern Caribbean plate boundry off Cuba: implications for the recent motion of the Caribbean Plate*. Tectonophysics, 186: 329-350
- Calais, E. y B. Mercier de Lepinay. (1995). *Strike-Slip Tectonic Processes in the Northern Caribbean Between Cuba and Hispaniola (Windward Passage)* In: Marine geophysical researches : an international journal for the study of the earth beneath the sea, Vol. 17 (Issue 1), 5: 63-96.
- Cobiella, J.L. y J. Rodríguez. 1986. *Sobre la edad de la Fosa de Bartlett (Caimán) y la magnitud de los desplazamientos horizontales de la Placa del Caribe de acuerdo con los datos geológicos del norte de Centroamérica*. Rev. Minería y Geología, 1: 15-30
- Cobiella, J.L., 1983. *Algunas consideraciones sobre el origen de la fosa de Bartlett*. Rev. Minería y Geología, (1): 29-56
- Cobiella, J.L., F. Quintas, M. Campos y M. Hernández, 1984. *Geología de la región central y suroriental de la provincia de Guantánamo. Oriente, Santiago de Cuba*, 125 pp.
- Flores R., G. Millan, J.L.Chang, C. Perez, E. Castellanos, K. Nuñez. 1998. *Tectónica de Cuba Oriental*. En: Geología y Minería, Memorias I (III Congreso de Geología y Minería), La Habana:240-243
- Iturralde, M., 1986. *Reconstrucción palinspástica y paleogeográfica del Cretácico Inferior de Cuba Oriental y territorios vecinos*. Rev. Minería y Geología ISMM, No. 1, pág. 1-13.
- Iturralde-Vinent, M. A., 1996 (Ed.) *Cuban Ophiolites and Volcanic Arcs*. Projezt 364: Geological Correlation of Ophiolites and Volcanic Arc Terranes in the Circum-Caribbean Realm. Contribution No. 1, p 254.
- Iturralde-Vinent, M., 1981. *Nuevo modelo interpretativo de la evolucion geologica de Cuba*. Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio, (3):51-90.
- Iturralde-Vinent, M., 1994. *Cuban Geology: A new plate tectonic synthesis*. Journal of Petroleum Geology, 17 (1):39-70.
- Keijzer, F.G. 1945. *Outline of the Geology of the Eastern Part of Province of Oriente, Cuba*. Ph.D. dissertation at Utrecht University, Utrecht, 234 pp.
- McClay, K.R., 1987, *The Mapping of Geological Structures*, Geological Society of London Handbook, Handbook series editor-Keth Cox, John Wiley & Sons, England, 161p.
- Ramsay, J.G and Huber, M.I., 1987, *The techniques of Modern Structural Geology*, Academic Press, London, vol. 1 and 2, 700p.



*Figura 2 Principales lineamientos extraídos de la interpretación de imágenes Landsat TM.
(como fondo el componente principal)*

Fig. 5. Corte en el cause de los ríos dentro del Valle de Caujerí



The lower part of the section is represented by a sequence of conglomerate, gravel and sand, irregular cyclic bedded, showing a periodically changes in flow power of the river.

In the upper half the clay accumulation predominately, that is suggesting a lost of river power, may be for long time.

Now days the river is increasing the erosion potential, as is pointed by its continuos dipping and widening. Note boulders on the river flour. This fact is related with the elevation of the region.

In this point the river is eroding very fast the soil layer, related with it power and the flow direction. The boulders on the river flour are showing the energetic erosion rate of the river

