



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO DE MOA

“Dr. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”

FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

Trabajo de Diploma

Tesis en opción al título de Ingeniero Geologo

Título: Evolución tectono-estratigráfica de la Cuenca Cauto, según modelo de sistema de cuenca de antepaís.

Autor: Moses Angula Tataleni Kambwa

Tutor: Dr. C. Jesús Blanco Moreno

Moa, 2012

“Año 54 de la Revolución”

Agradecimientos

Aprovecho este momento para agradecer a toda persona que me guiaron hasta esta etapa de la culminación de este trabajo de diploma.

Primeramente debo decir gracias a Dios por sus bendiciones maravillosas. Gracias a mis padres Simsolia Nampala y Johannes S. Kambwa que tuvieron un sueño de tener un hijo profesional, muchísima gracias por todos sus esfuerzos y sacrificios que han hecho para que yo sea quien soy hoy. Gracias a todos mis hermanos que han estado siempre a mi lado, especialmente mi hermana Toini Kambwa que ha sido valiente y útil durante todo el tiempo de mis estudios. A mi hija monixs “you are my insparation baby”. A mi prima Monica, gracias por tu apoyo y consejos.

Gracias al gobierno Namibiano y Cubano por sus convenio para que yo realizara mis estudios aquí en Cuba. A mi novia Sindano, gracias por todo lo que has hecho. Shilongo, Mohato, Samantha, Sigfield, Paulus y Imanuel, gracias por compartir momentos inolvidables. A todos los compatriotas Namibios que he compartido durante mis estudios aquí en ISMM, quienes de una u otra forma han contribuido a mi profesionalidad.

A mi tutor Dr. Jesús Blanco Moreno por todo su consejo orientación durante la realización de este trabajo y en mi formación como un geólogo. Va también mi agradecimiento al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, al departamento de Geología especialmente todos mis profesores desde primer año hasta quinto.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia entera, a mis padres Simsolia N y Johannes S. K. A mi papa, usted agració mi vida y llenó la familia entera con la alegría, amor, paz y felicidad. Usted hizo el mundo especial estando en él. Aunque hoy no está con nosotros, yo acariciaré los recuerdos que usted dejó atrás con la afición y sonrisas para siempre. Dedico este trabajo a ti, ¡Te quiero Pa!.

Pensamiento

Nuestras limitaciones y nuestros éxitos estarán basados con frecuencia en nuestras expectativas respecto a nosotros mismos. Lo que la mente cree, el cuerpo lo transforma en resultados.

—Denis Waitley

Resumen

El presente trabajo titulado: **Evolución tectono-estratigráfica de la Cuenca Cauto, según modelo de sistema de cuenca de Antepaís.**; fue desarrollado como consecuencia de la necesidad de encontrar nuevos yacimientos petrolíferos dentro del país. Por lo tanto y aprovechando la gran cantidad de datos con que se cuenta sobre la Cuenca Cauto tratamos de localizar estructuras donde puedan ser encontradas acumulaciones de hidrocarburos, a través de un modelo evolutivo del sistema de cuenca antepaís.

En la investigación pudieron ser ubicadas las zonas favorable para la exploración y ubicación de los pozos. Se pudo distinguir la relación real existente entre las manifestaciones superficiales de hidrocarburos en los pozos y salidero superficiales. Se logró construir la evolución de la cuenca y su posición en el modelo del sistema de cuenca antepaís.

Fueron evaluadas las relaciones tectono-estratigráficas de la Cuenca Cauto, a través de un modelo evolutivo de sistema de cuenca de antepaís para localizar las zonas con mayores perspectivas en el desarrollo de su sistema petrolero. Se pudo afirmar que las estructuras en forma de anticlinal presentes en la cuenca Cauto, coinciden con el movimiento paralelo al transporte tectónico de las estructuras compresivas de colisión y pliegan las secuencias del Eoceno medio, justo antes de la discordancia del Eoceno Superior, indicando la sedimentación sobre un paleorelieve deformado por compresión y luego enterrado en el proceso de extensión tectónica de la cuenca Cauto.

Palabras claves: tectono-estratigráficas, hidrocarburos, cuenca de antepaís.

Abstract

The present work title: Tectono- stratigraphic evolution of Cauto basin, according to model of the foreland basin; it was developed as consequence of the necessity of finding new oil deposit inside the country. Therefore and taking advantage of the great quantity of data with which are available about basin of Cauto we try to allocate structure where by the hydrocarbons are likely to accumulate using foreland basin system model.

In this investigation it was possible to allocate favourable area for exploration and positioning of drill hole. It was reviled the relation that exist between the surface manifestation of hydrocarbon and the surface leak. We manage to construct an evolution model of the basin and its position in the foreland basin model.

An evaluation of the relationship tectono-stratigraphic was carried out in basin of Cauto. Through the uses of the foreland basin system model for allocating the area higher possibility in the development of petroleum system.it was possible for the conformation of a structure with anticline form that is present in the area of study which coincide with the parallel tectonical movement compressive structure of the collision and fold the sediment sequence of mid Eocene. Just before the discordant of the Upper Eocene, indicating deposition of sediment over the paleorelieve deformed by compression and later they were buried by tectonic extantion process of the basin of Cauto

Key word: tectono-stratigraphic, hydrocarbon, foreland basin

Agradecimientos	2
Dedicatoria.....	3
Resumen	5
Introducción	9
CAPÍTULO I: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE LA CUENCA CAUTO	11
Introducción.....	11
Características físico-geográficas.....	11
Generalidades de la Geología de Cuba.....	14
Estratigrafía de la Cuenca Cauto	19
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA Y VOLUMEN DE LOS TRABAJOS PROYECTADOS.	38
Introducción	38
Principios teóricos.....	38
Sistema Petrolero.....	39
Trabajos precedentes	41
Procesamiento de la información geológica-geofísica.....	46
Datos y sus procesamientos.....	47
Datos gravimétricos.	47
Datos Magnéticos	47
Datos sísmicos.....	48
Datos geológicos.....	49
Mapa de pozos y datos de los mismos.	49

Mapa de manifestaciones de petróleo y gas.....	59
CAPÍTULO III. REPRESENTACION E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	62
3.1 Introducción	62
Evolución geológica.....	62
Estructuras dentro de la Cuenca Cauto.....	66
Estructura de zonas perspectivas en la Cuenca Cauto.	68
Conclusiones.....	74
Recomendaciones.....	75
Bibliografía	76

Introducción

La Cuenca Cauto toma su nombre del río homónimo, está situada en la región de Cuba oriental, provincia Granma. Es una de las zonas más enigmáticas de la geología cubana, no necesariamente por su complejidad geológica, sino por las condiciones que se han manifestado allí para el desarrollo de yacimientos petrolíferos; que hasta ahora no se han encontrado.

El presente trabajo titulado: **Evaluación tectono-estratigráfica de la Cuenca del Cauto, según modelo de sistema de cuenca de antepaís**; se realiza atendiendo a las insuficiencias que presenta el modelo de evolución tectono-estratigráfico, que no permite dar respuesta a un sistema petrolero confiable para la cuenca. La investigación está fundamentada a partir de la interpretación de los datos de las exploraciones sísmica, gravimétricas, datos de pozos e informes de trabajos geológicos realizados en el área desde la década del 50 del siglo pasado y tomando como modelo geológico conceptual el sistema de cuenca de antepaís, modelo geotectónico que describe la evolución geológica de Isla de Cuba en el desarrollo compresional oblicuo Mesozoico-Terciario.

Los cinturones plegados sobrecorridos, caso que nos ocupa, están caracterizados por una alta complejidad estructural; el grado de incertidumbre en las relaciones tectónicas y estratigráficas de la cuenca Cauto, en una situación geotectónica de colisión; es un problema para la exploración petrolera, que conlleva a la necesidad de reevaluar el modelo geológico.

Planteándonos como **Objeto de Estudio**, el relleno estratigráfico de la cuenca y sus relaciones estructurales.

Con el **objetivo** de evaluar las relaciones tectono-estratigráficas de la Cuenca Cauto, a través de un modelo evolutivo de sistema de cuenca de antepaís para localizar las zonas con mayores perspectivas en el desarrollo de su sistema petrolero.

Objetivos específicos:

- Revisar la información geológica existente sobre la Cuenca Cauto. Datos de pozos de exploración, gravimétricos, sísmico, manifestaciones superficiales y denuncia de hidrocarburos en el área de estudio.
- A partir del análisis de los datos sísmicos y gravimétricos, y las relaciones tectónicas del relleno estratigráfico, explicar su evolución geológica según un modelo de cuenca de antepaís, y ubicar estructuras tectono-sedimentarias favorables para la acumulación de hidrocarburos.

Hipótesis

Si se realiza una correcta interpretación de los datos gravimétricos, sísmicos y de la información de los pozos existentes en el área; a través de un modelo evolutivo de sistema de cuenca de antepaís entonces se pueden localizar las zonas con mayores perspectivas de desarrollo del sistema petrolero.

Aporte Científico

Evaluación tectono-estratigráfica de la Cuenca Cauto, a través de un modelo evolutivo de sistema de cuenca de antepaís para localizar las zonas con mayores perspectivas en el desarrollo del sistema petrolero.

CAPÍTULO I: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE LA CUENCA CAUTO

Introducción.

El presente capítulo está encaminado a destacar las características físico - geográficas y geológicas, haciendo énfasis en las condiciones estratigráficas y tectónicas más importantes del área de estudio, dentro del contexto de la geología de Cuba. Para obtener una visión general sobre las condiciones de la evolución que permitan definir los elementos y procesos de un sistema petrolero.

Características físico - geográficas.

Ubicación geográfica del área de estudio

La cuenca del Cauto corresponde, con la llanura del río homónimo, la cual está limitada al norte-noreste, con las alturas del grupo Maniabón; al noroeste con el peniplano Tunas-Camagüey; al sur, con las del flanco norte de la Sierra de Maestra y el valle central de la zona oriental de Cuba (Álvarez, 1994) abarcando parcialmente los territorios de las provincias de Granma, Holguín y Las Tunas.

La cuenca presenta la forma de un polígono irregular de cuatro lados, estrechándose hacia el este en dirección al Valle Central y a la Sierra de Nipe, con una longitud máxima en dirección este-oeste de unos 170 Km. y un ancho que oscila en dirección norte-sur entre 35-80 km (Miro, 1993). Coincidente con el área de la Cuenca del Cauto, ha sido delimitado por CUPET, la zona de exploración petrolera Bloque 20, ubicación corresponde con la parte sur de las provincias de Holguín y Granma (Álvarez 1994).

En la región del estudio, presenta un relieve relativamente suave correspondiente a un amplio valle. Las alturas sobre el nivel medio del mar en la región, no sobrepasan los 100 metros, lo que permite clasificarla como una llanura abrasivo-acumulativa excepto en las zonas aledañas al golfo de Guacanayabo (Oliva, 1989).

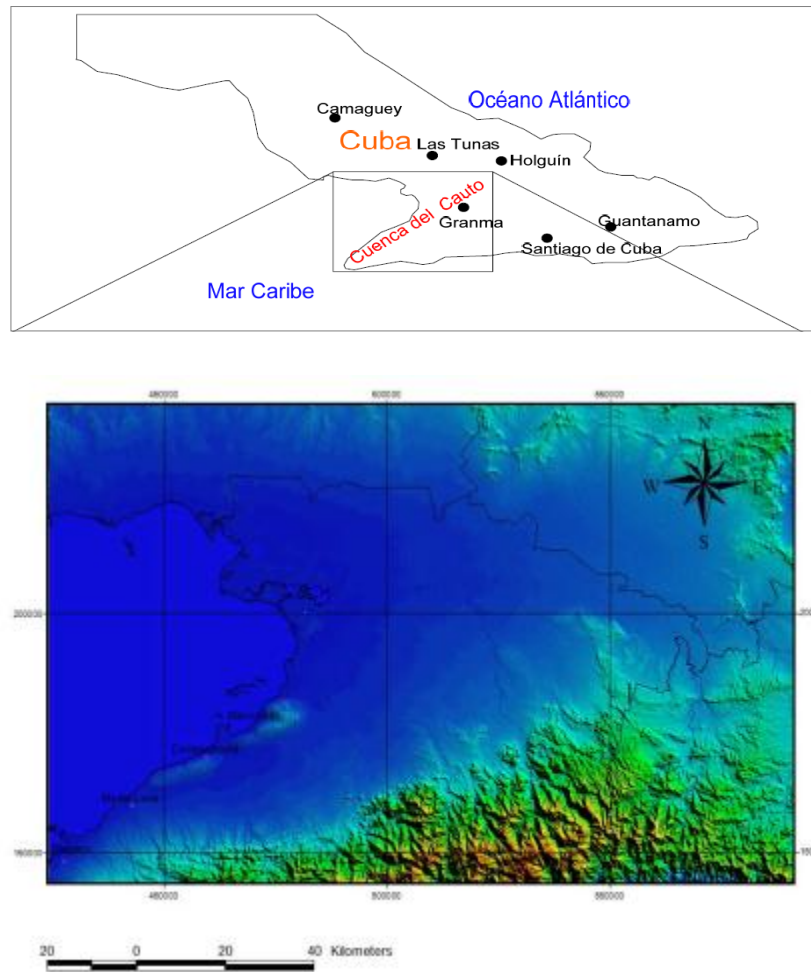


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de la Cuenca Cauto. (Modificado de, Bastos, 2011).

Educación.

La educación tiene un gran desarrollo en esta región; lo cual se ve manifestado por el gran trabajo que realizan los profesionales de esta rama, en la enseñanza primaria, media y superior. En el área están enclavadas numerosas escuelas primarias y secundarias, pre-universitarios, institutos tecnológicos y de enseñanza media, además de la Universidad de Granma y el Instituto Superior Pedagógico "Blas Roca Calderio".

Salud.

En la rama de la salud pública muestra notables avances. Los puntales en la atención médica son los hospitales "Carlos Manuel de Céspedes" en Bayamo y el "Celia Sánchez Manduley" en Manzanillo. La tasa de mortalidad infantil es de 4,7 niños fallecidos por cada mil nacidos vivos.

Población.

Se incluyen como principales núcleos poblacionales los de las ciudades de Bayamo y Manzanillo, siendo Bayamo la capital de la provincia Granma; donde existe una densidad de 99,8 habitantes por km² y un total de 835 675 habitantes.

Clima

El clima en el territorio, está relacionado directamente con su posición geográfica en la región oriental, orientada en forma sub latitudinal, y circunscrita entre montañas. Esto lleva a elevadas temperaturas. Para el valle, el promedio anual es del orden de los 25 a 27°C, muy acentuadas durante el verano y en especial en julio con valores promedios que oscilan entre los 27 y 28 grados, aun incluso durante el invierno las temperaturas resultan altas, entre 23 y 24 grados.

Economía.

El desarrollo económico en esta zona se basa fundamentalmente en las producciones agrícolas, destacándose los cultivos de arroz, caña de azúcar y los pastos; además se ha incrementado notablemente la ganadería en la región. El desarrollo industrial se centra en las dos ciudades más importantes (Bayamo y Manzanillo); donde se hallan ubicadas las principales industrias de la construcción, lácteos, de acumuladores, de producción de maderas y química entre otras. En la producción de azúcar se destacan los centrales " Arquímedes Colina " y " Juan Manuel Márquez ".

Hidrografía.

La cuenca presenta un buen drenaje, tiene una alta densidad de corrientes superficiales por km² (Naranjo, 2008). La cuenca está dividida en dos partes por el río Cauto, el cual posee una extensión de 343 km; corre de sur a norte en su tramo inicial, cambiando luego su dirección para ser de este a oeste por el resto del curso hasta desembocar en el Golfo de Guacanayabo y además de ser el río más largo del país es el principal elemento del sistema fluvial de la

cuenca. El área posee varios meandros abandonados por el Cauto y varios de sus afluentes como El Salado; el río Cauto atraviesa extensas áreas pantanosas antes de desembocar en el Golfo de Guacanayabo. En la cuenca completa el patrón de drenaje, a nivel general, es dendrítico, volviéndose angular debido al control tectónico. Son típicos los valles en forma de V con pendientes fuertes, los que se hacen más amplios y menos profundos cuanto mayor es su orden. Abundan las lagunas en las cercanías de la costa y al norte de Manzanillo así como numerosos ríos pequeños que desembocan directamente en el golfo.

Relieve.

La cuenca se presenta como un amplio valle, con pocas variaciones en el relieve. Las mayores elevaciones no llegan a los 100m por encima del nivel del mar y se ubican en las inmediaciones de Manzanillo. Las llanuras aluviales al centro así como las de los ríos provenientes del norte y el sur; al combinarse forman una extensa llanura a lo largo de toda el área de estudio.

Comunicaciones.

El área está cortada por la vía ferroviaria y la carretera central que une a Bayamo con La Habana, además enlaza las ciudades de Bayamo y Manzanillo; también esta enlazada a Bayamo la ciudad de Santiago de Cuba. Se destacan otras vías de comunicaciones como: la carretera de Bayamo a Niquero; la carretera de Bayamo a Guisa, y la carretera de Yara a la Ciudad Escolar " Camilo Cienfuegos ". Existen dos aeropuertos en las ciudades de Bayamo y Manzanillo respectivamente, manteniendo vuelos nacionales, con rumbo a La Habana y Santiago de Cuba.

Generalidades de la Geología de Cuba.

La estructura regional de Cuba comprende (Figura 2) un cinturón orogénico, desarrollado durante la convergencia entre las placas del Caribe y Norteamérica del Cretácico al Mioceno.

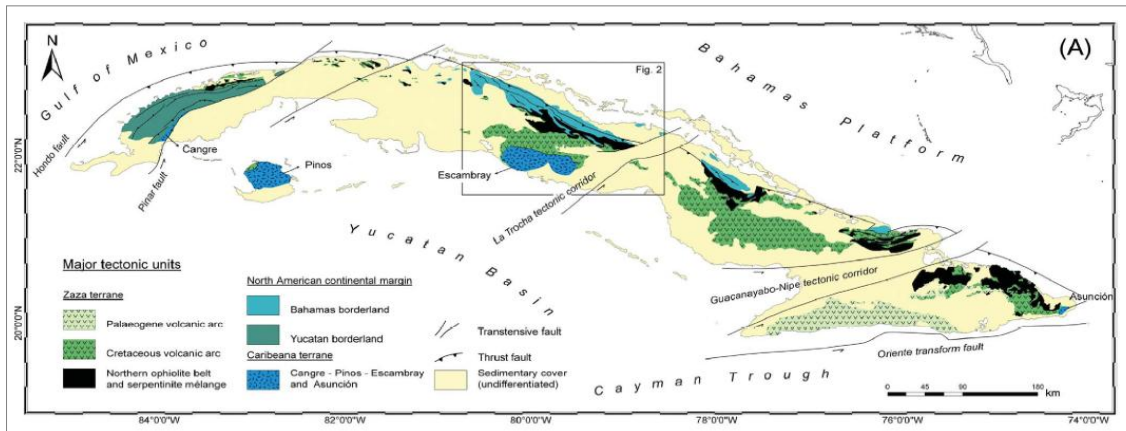


Figura 2. Principales estructuras del cinturón plegado cubano, tomado de Cruz, et al. 2010.

El cinturón plegado cubano está acrecionado al paleomargen de Bahamas (Pindell, 2011) Figura 3; pero hasta el Eoceno las estructuras tectono-magmáticas

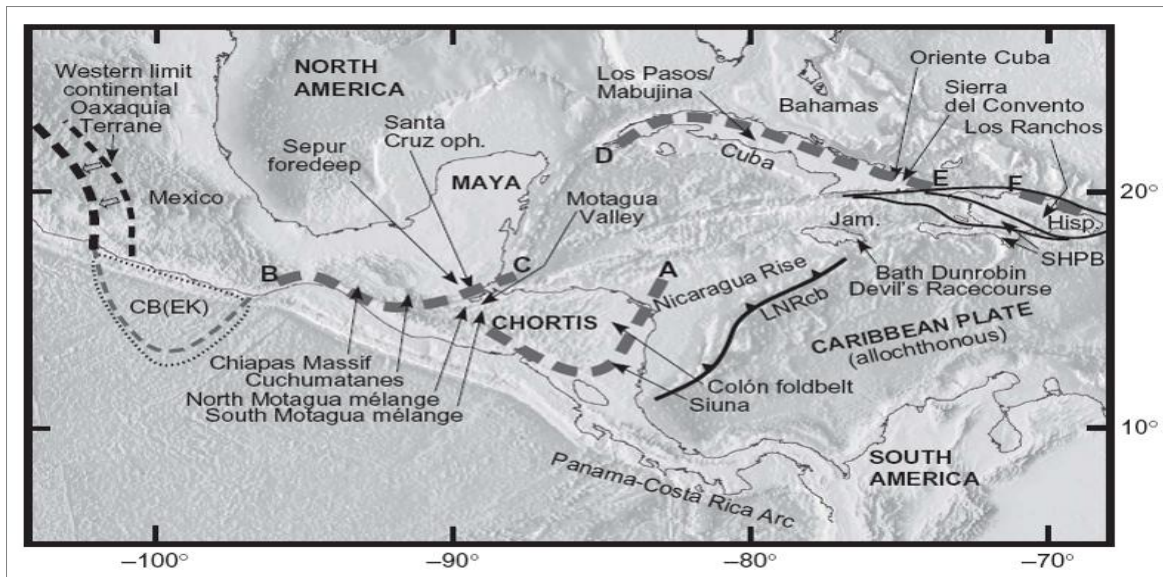


Figura 3. Sutura del cinturón plegado cubano a Bahamas, Pindell, et al. 2011.

y sedimentarias fueron parte integrante de la Placa del Caribe. En el archipiélago cubano está presente el registro tectono-estratigráfico, magmático y metamórfico, representativo de las diversas etapas del desarrollo del Caribe: el Arco de Islas Volcánico del Mesozoico; el Arco de

Islas Volcánico del Terciario; restos de la corteza del Protocaribe y los márgenes continentales de la apertura inicial de Pangea a nivel del Tethys americano y su posterior deriva (Blanco., 1999).

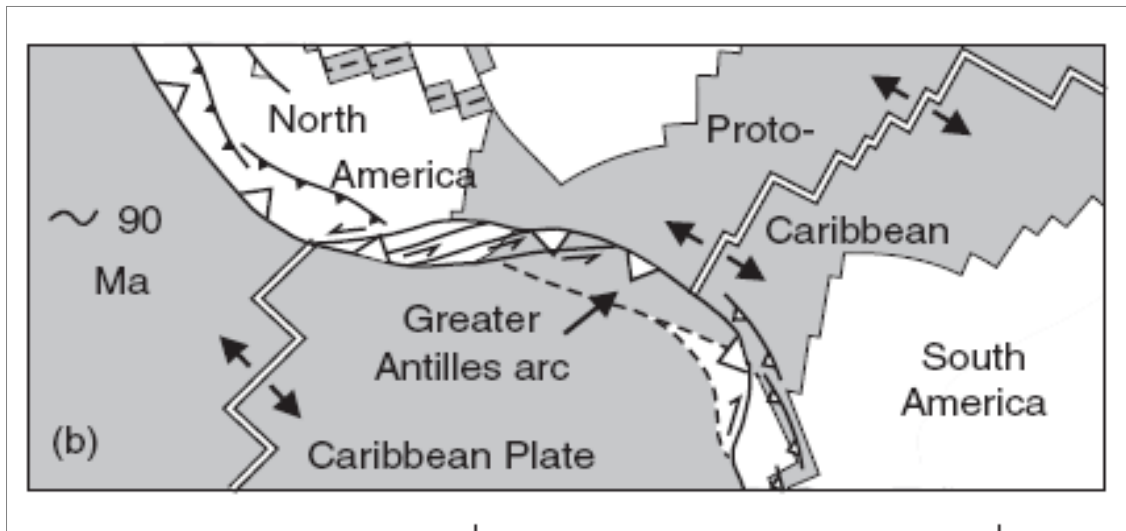


Figura 4. Reconstrucción paleotectónica del Caribe, Cretácico Superior, modificado Marchesi, 2010.

La separación del Cinturón Plegado Cubano de la placa del Caribe estuvo asociada al desarrollo del límite transformante Swan-Caimán-Oriente edad que se estima entre el Eoceno Medio y el Eoceno Superior (Draper y Barros, 1994a; Mann et al, 1995; Proenza., 1997, Pindell y Kennan, 2001) y concluida en el Mioceno (Mann et al., 1995, Pindell y Kennan, 2001) Figura 4.

Cuba fue dividida en tres principales bloques por sus diferencias geológicas (Meyerhoff & Hatten, 1968); (1) Cuba Occidental, (2) Cuba Central y (3) Cuba Oriental.

En las zonas occidental y central, la arquitectura del cinturón está definida por el apilamiento de unidades metamórficas, ofiolíticas, volcánicas cretácicas, cubiertas por una secuencia sedimentaria (Iturralde-Vinent, 1996, 1998) del Paleoceno al Mioceno, desarrolladas durante la formación del sistema de cuenca de antepaís. A diferencia de la parte oriental donde las ofiolitas se emplazan en el tope de las secuencias del arco volcánico Cretácico. Blanco-Quintero, 2010. Figura 2.

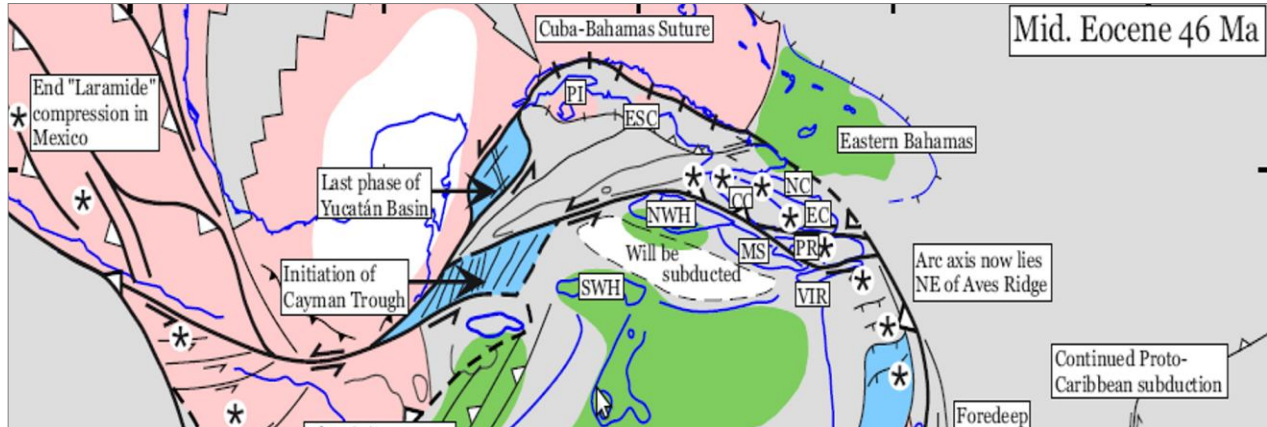


Figura. 5a, Separación del cinturón plegado sobrecorrido cubano de la placa del Caribe. Modificado de Pindell y Kennan, 2001.

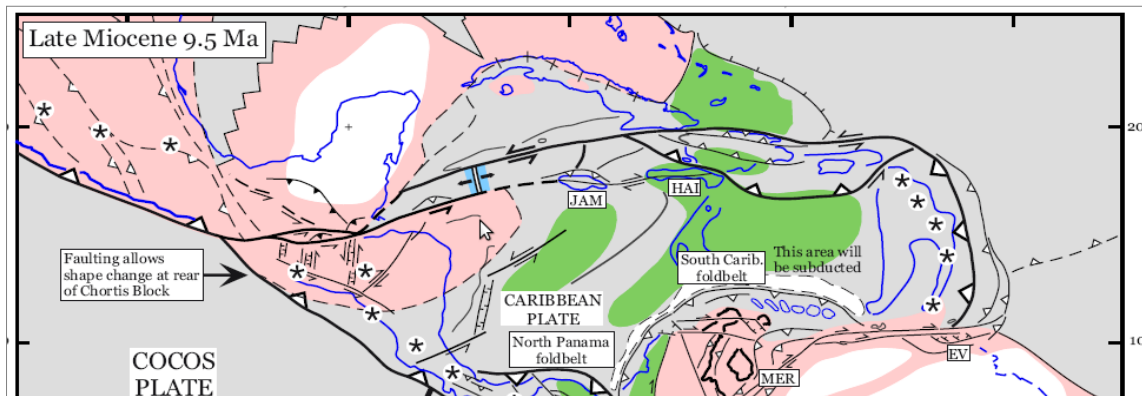


Figura. 5b, Culminación de la Separación del cinturón plegado sobrecorrido cubano de la placa del Caribe. Modificado de Pindell y Kennan, 2001.

Geología de Cuba Oriental.

La geología de Cuba oriental resulta hoy una controversia, como resultado de una serie de factores donde se ligan las características geográficas y económicas de la región, que no han facilitado un estudio geológico profundo de la misma.

El bloque oriental está localizado entre las zonas de fallas Guacanayabo-Cauto-Nipe, la zona de falla Oriente, perteneciente al límite transformante de la placa Caribe y la Norteamericana (Fig. 6). Las principales unidades tectónicas sedimentarias de su porción noreste son las rocas

del arco volcánico del Cretácico y el Cinturón Ofiolítico Mayarí-Moa-Baracoa (Blanco-Quintero, 2010).

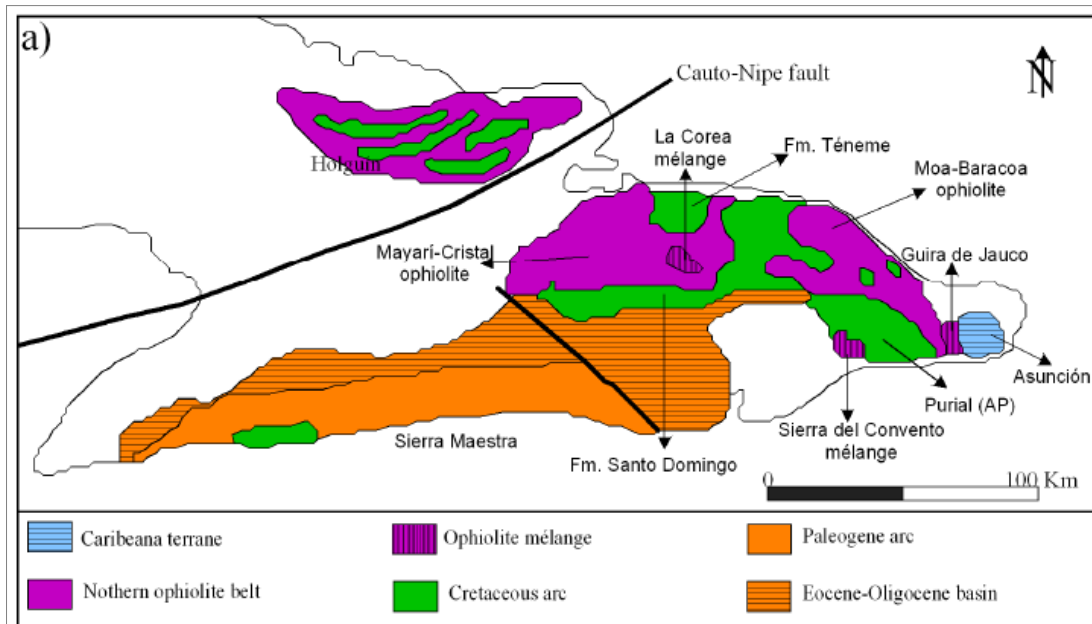


Figura 6. Bloque oriental Cubano, Blanco-Quintero, 2010

Al sur de la estructura de la Sierra Maestra, aflora el basamento Cretácico, relacionadas con el arco volcánico Cretácico, cubierto en discordancia estructural por las rocas del arco volcánico Paleógeno (Cazañas et.al, 2008), todo recubierto por secuencias sedimentarias desde el Eoceno Medio hasta el cuaternario, mejor identificado en las estructuras de la cuenca Cauto-Nipe.

La cuenca Cauto-Nipe constituye un elemento geotectónico de primer orden, pues separa al Bloque Cuba Oriental del resto de Cuba Figura 6, objeto de nuestro estudio.

Geología de la Cuenca del Cauto

La cuenca presenta la forma de un polígono irregular limitado por fallas, Característicos de un desarrollo tectónico controlado por fallas transcurrentes.

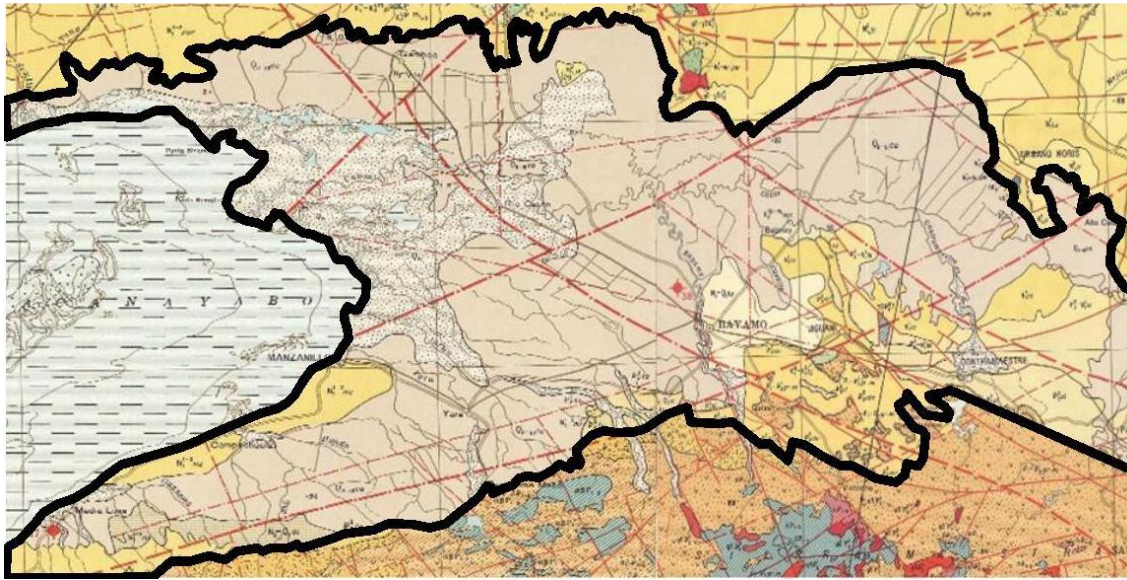


Figura. 7. Mapa geológico de la cuenca cauto a escala 1: 500000

La cuenca del Cauto, está cubierta casi totalmente por depósitos del Mioceno – Cuaternario. Al norte afloran secuencias sedimentaria del Paleógeno y Cretácico con un alto aporte de material volcánico. Estas ocupan una posición intermedia entre la Cuenca y los afloramientos de rocas magmáticas correspondiente al arco volcánico Turquino del Paleógeno (Miró, 1993; Álvarez, 1994; Millán, 1997; Álvarez, 2001a, b). El conjunto sedimentario esta acomodado en dos grandes hundimientos de tipo pull – apart, con espesores totales de rocas sedimentarias (6 – 7 Km) de acuerdo con los datos sísmicos (Millán, 1997).

Estratigrafía de la Cuenca Cauto

La formación de la cuenca del Cauto, está ligada al desarrollo del arco volcánico Cretácico, ocupando una posición entreatro, modelada en la colisión con las Bahamas (Pindell .et al, 2006). Figura 8.

La información estratigráfica de la región, generalizada en la (Figura 9) proviene de los diferentes levantamientos geológicos realizados en el área y principalmente de 15 pozos profundos perforados aquí por compañías norteamericanas en el período 1956-1960 y del pozo paramétrico Granma perforado a principios de la década del 80, así como el Creciente 1X en la década del 90 del siglo pasado.

El basamento de la cuenca del Cauto, lo ocupan las rocas del Arco Volcánico Cretácico con su cobertura Campaniano-Maastrichtiano de composición siliciclásticos-carbonatada, que no ha sido cortado por ningún pozo, afloran al sur de la Sierra Maestra, y en la región del río Silantro, aunque existen algunos afloramientos aislados al norte de la Sierra Maestra en la región de Palma del Perro, y en el camino de Los Callejones a la Pimienta, al sur de Guisa, donde afloran por debajo de la Fm. Charco Redondo. Estas rocas están constituidas por micritas de color gris oscuro, fétidas, masivas, carsificadas en forma de lapiez. Hacia el centro este de la Cuenca también afloran rocas cretácicas en la región de Babiney (García, et. al; 2008).

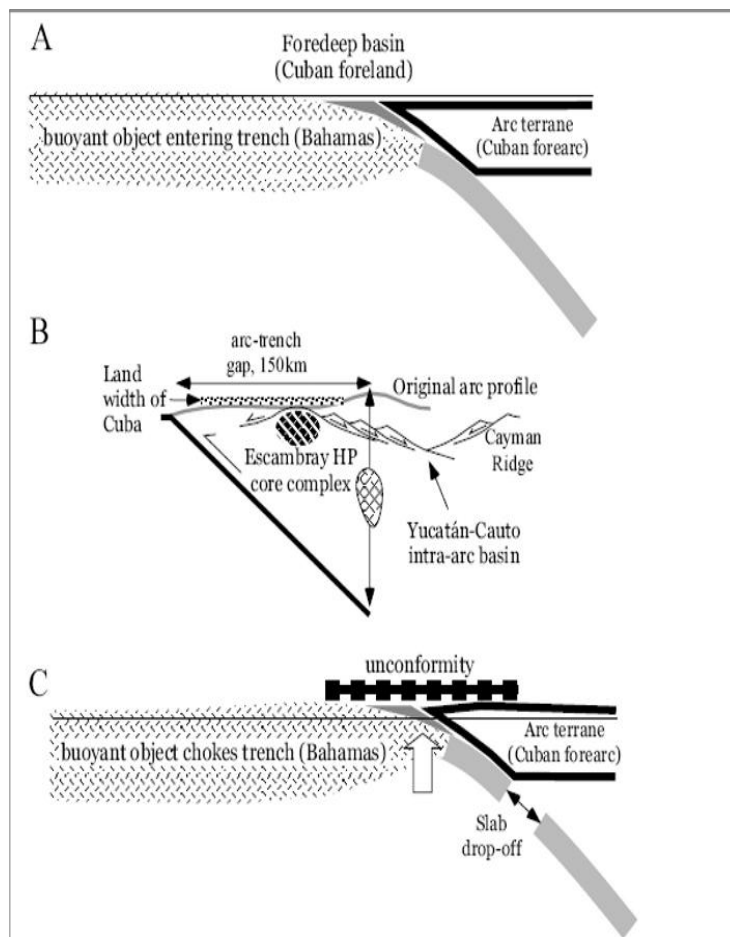


Figura 8. Esquema de formación de la cuenca del Cauto. (Tomado de Pindell, et. al, 2006).

Período	Epoca	Edad	Esquema estratigráfico	Descripción de las unidades	
Cuaternario	Q	Q ₂	(mQ) (pQ) (alQ)	(mQ ₂) Depósitos marinos: Arenas carbonatadas y camellones de tormenta. (pQ ₂) Depósitos palustres: Limos, arcillas, limos carbonatados de color crema-grisáceo y blancozco. (alQ ₂) Depósitos aluviales: Arenas de granos finos y medios.	
		Q ₁	Fm. Jaimanitas Fm. Cauto	Fm. Jaimanitas (Q ₁ ^{js}) Calizas biotriticas masivas, biocalcareniticas. Fm. Cauto (Q ₁ ^{ca}) Arcillas, limos, arenas, gravas polimicticas y conglomerados polimicticos.	
		Q ₀			
Neógeno	Pleistoceno	N ₂	Fm. Datil Fm. Bayamo	Fm. Datil (N ₂ ^{-Q1 dt}) Depósitos de cantos rodados, bloques, guijarros de silicita, arenas arcillosas polimicticas. Fm. Bayamo (N ₂ ^{-Q1 by}) Arenas de granos finos, areniscas y conglom. merados, arcillas arenosas y arenas arcillosas.	
		N ₁	Fm. Manzanillo	Fm. Manzanillo (N ₁ ^{3b-1 mz}) Calizas biotritico-arcillosas, biohermicas, micriticas, dolomiticas, margas limosas, arenaceas, limolitas calcareas, calcarenitas, calciruditas, arcillas esmetcticas, calcareas, limosas, yesiferas.	
	Mioceno	N ₃	Fm. Cabo Cruz	Fm. Cabo Cruz (N ₃ ^{ccz}) Calizas biotritico-arcillosas, fosiliferas, margas, pseudoconglomerados.	
		N ₂	Fm. Paso Real	Fm. Paso Real (N ₂ ^{psr}) Calizas, dolomitas, calcarenitas, margas, pseudoconglomerados, areniscas, limolitas y arcillas, conglomerados en la base.	
		N ₁	Fm. Sevilla Arriba Fm. Camazán Fm. Bitirí	Fm. Sevilla Arriba (N ₁ ^{sa}) Calizas, lutitas, margas. Fm. Camazán (N ₁ ^{ca}) Calizas, lutitas, margas. Fm. Bitirí (N ₁ ^{bt}) Calizas, lutitas, margas.	
	Oligoceno	P ₃			
		P ₂	Fm. Casanova	Fm. Casanova (P ₂ ^{csn}) Argilitas calcareas, margas y limolitas calcareas, calizas biogenas, calcarenitas.	
	Paleogeno	Eoceno	P ₃	Fm. San Luis Fm. Barrancas	Fm. San Luis (P ₃ ^{sl}) Areniscas polimicticas, limolitas, margas, arcillas, calizas y conglomerados polimicticos. Fm. Barrancas (P ₃ ^{bs}) Tobas rioliticas-riodaciticas cristalovitroclasticas y vitroclasticas, margas, areniscas calcarea-tobaceas, calizas biotriticas y calcilutitas.
			P ₂	Fm. Farallón Grande Fm. Charco Redondo Fm. Boniato	Fm. Farallón Grande (P ₂ ^{fg}) Brechas polimicticas, conglomerados, areniscas, lutitas, calizas tobaceas, calizas, areniscas tobaceas y limolitas. Fm. Charco Redondo (P ₂ ^{chr}) Calizas biotriticas, brechas en la base. Fm. Puerto Boniato (P ₂ ^{pb}) Calizas, margas, silice negro - parduzco.
			P ₁	Fm. El Caney ?Fm. Marión	Fm. El Caney (P ₁ ^{ecy}) Tobas cineriticas, tufitas, tobas calcareas, tobas lapilliticas, calizas tobaceas, lavas y aglomerados. Fm. Marión (P ₁ ^{ma}) Conglomerado, calcarenitas y margas amarillentas.
Paleoceno		GRUPO EL COBRE	P ₂	Fm. Pilón Fm. Guamá Fm. Jiguani	Fm. Pilón (P ₂ ^{pln}) Tufitas, areniscas volcanomiciticas y polimicticas, grauvacas, limolitas, calizas y tobas. Fm. Guamá (P ₂ ^{gm}) Tobas psefito-aglomeraticas, psammiticas, psefiticas, de composicion andesitica y raramente andesito-dacitica, psefiticas, limolitas, calizas. Lavas andesiticas. Fm. Jiguani (P ₂ ^{jni}) Compuesta por calizas y margas con lentes y capillas de silicitas.
			P ₁	Fm. Ojo del Toro Fm. Uvero Fm. Babiney	Fm. Ojo del Toro (P ₁ ^{oj}) Arenisca de diferente granulometria, conglomerados. Fm. Uvero (P ₁ ^{uv}) Tobas desde aglomeraticas a psammiticas de andesito-basaltos limolitas y areniscas, caliza. Fm. Babiney (P ₁ ^{ba}) Areniscas polimicticas, limolitas, lutitas, conglomerados y tobas, calizas y margas.
			P ₀		
			P ₀		
Cretacico Superior		K ₂ ^{cp}		Fm. Manacal	Fm. Manacal (K ₂ ^{cp-m1}) Areniscas, limolitas polimicticas y tobaceas, argilitas, calizas, tobas, andesitobasalticas, conglomerados.

Figura. 9. Columna Generalizada de la Cuenca Cauto, datos de levantamiento geológico y pozos.

Arco Volcánico Cretácico

Formación Tejas: Aflora en las cercanías del poblado de Santa Rita, municipio de Jiguani. Es una formación metamórfica compuesta de meta tobas y meta areniscas. Su límite inferior se desconoce y está cubierta discordantemente por el grupo El Cobre y las formaciones Charco Redondo y Camazán. Su edad por inferencias indirectas, ya que no contiene fósiles es Cretácico Inferior Aptiano-Cretácico Superior Turoniano.

Formación Palma Mocha. Autor: G. Furrzola *et al.*, 1976.

Compuesta por rocas terrígeno-clásticas y vulcanógenas, en menor cantidad aparecen calizas; intercalaciones de argilitas. Las tobas y aglomerados de esta unidad son de composición básica. En el hipoestratotipo, en la parte baja predominan las tobas y aglomerados; en la parte media los aglomerados y en la parte superior predominan las calizas sobre las areniscas tobáceas y las tobas; en todo el corte hay intercalaciones de argilitas y gravelitas tobáceas. Edad: Cretácico Inferior (Aptiano)- Cretácico Superior (Turoniano).

Formación Manacal: Autor: P. D. Lewis Jr., 1956. Se desarrolla en la Sierra Maestra, provincias de Granma y Santiago de Cuba. La componen rocas piroclásticas y sedimentarias de grano medio a fino, de composición andesita-basáltica, tobas aglomeráticas, brechas volcánicas y raros mantos de lava andesita-basáltica. Subordinadamente conglomerados, areniscas, limolitas y lutitas tobáceas y polimícticas, calizas y margas. Su límite inferior es discordante con la Formación Palma Mocha y el superior tiene igual carácter con la Formación Pilón, pudiéndose observar en ocasiones discordancia angular. La edad es Cretácico Superior Campaniano-Maastrichtiano Inferior.

Formación Babiney: Autor: J.H. Kenny, 1957. Aflora en una pequeña área de menos de 10 km² en los alrededores del poblado de Babiney. Su composición es predominantemente siliciclástica y siliciclástico-carbonatada y el principal componente de sus clastos lo constituyen las rocas volcanogénicas provenientes del arco volcánico Cretácico extinto. Predominan las areniscas polimícticas de diversa granulometría que se intercalan con limolitas, lutitas y conglomerados, aunque se observa un considerable volumen de rocas carbonatadas, calizas y margas, sobre todo hacia la parte superior del corte, de edad paleocénica. Su límite inferior se desconoce y se cubre por las formaciones Casanova, Jiguaní y Camazán. La edad es Cretácico Superior Maastrichtiano Superior- Paleoceno Inferior.

Sobre estas secuencias tectono-sedimentaria y con una potencia de varios miles de metros, se encuentra discordantemente los sedimentos vulcanógenos sedimentarios del arco volcánico paleogénico, que se mantuvo activo predominantemente hasta la parte baja del Eoceno Medio.

Arco Volcánico del Paleógeno.

Con una potencia de varios miles de metros, se encuentra el registro sedimentario del arco volcánico paleogénico, el cual ocupa las alturas de la Sierra Maestra y cuyos depósitos se extienden desde la región de Holguín hasta Baracoa.

Este arco volcánico se mantuvo activo predominantemente hasta el Eoceno Medio, aunque puntualmente afloran rocas tufogénicas e intrusivas que pueden extenderse hasta el Eoceno Superior (Fm. Barrancas). Estos depósitos se cortaron en los pozos Manzanillo 1, Oruita 1, Embarcadero 1, Vicana 1, Vicana 2, Creciente 1X y Granma 1. Las rocas pertenecientes al arco de islas volcánicas del Paleógeno yacen sobre los materiales deformados del arco de islas volcánicas del Cretácico, rocas de afinidad ofiolítica y materiales depositados en cuencas de piggy back Campaniense Tardío-Daniense (Iturralde - Vinent, 1996). Cuencas pertenecientes al desarrollo del sistema de antepaís por la colisión oblicua con el margen de Bahamas.

En la región de la Sierra Maestra, se encuentran expuestos los materiales correspondientes al denominado Grupo El Cobre, mejor exponente del proceso tectono-magmático, el cual está compuesto por lavas, hialoclastitas y rocas piroclásticas (Cobiella, 1988; Quintas et al, 1994; Méndez et al., 1994; Iturralde - Vinent, 1994, 1996). Este grupo presenta igualmente, un amplio desarrollo de cuerpos hipoabisales y plutónicos, tales como: gabros, dioritas cuarcíferas, tonalitas, plagiogranitos, granodioritas y granitos (Méndez et al, 1994, Iturralde - Vinent, 1996). El Grupo el Cobre ha sido interpretado como la zona axial del arco volcánico (Iturralde -Vinent, 1996).

A la luz de los datos geoquímicos y del contexto geológico regional, el arco volcánico de Sierra Maestra se estructuró a partir de dos placas de naturaleza oceánica con buzamiento al Sur. (Pindell et. al, 2005). Figura 10, por lo que el espacio ocupado por la Cuenca Cauto actual formaba parte de la zona de antearco y del sistema de antepaís que colisiono en el Cretácico Maastrichtiano, donde formo parte del prisma.

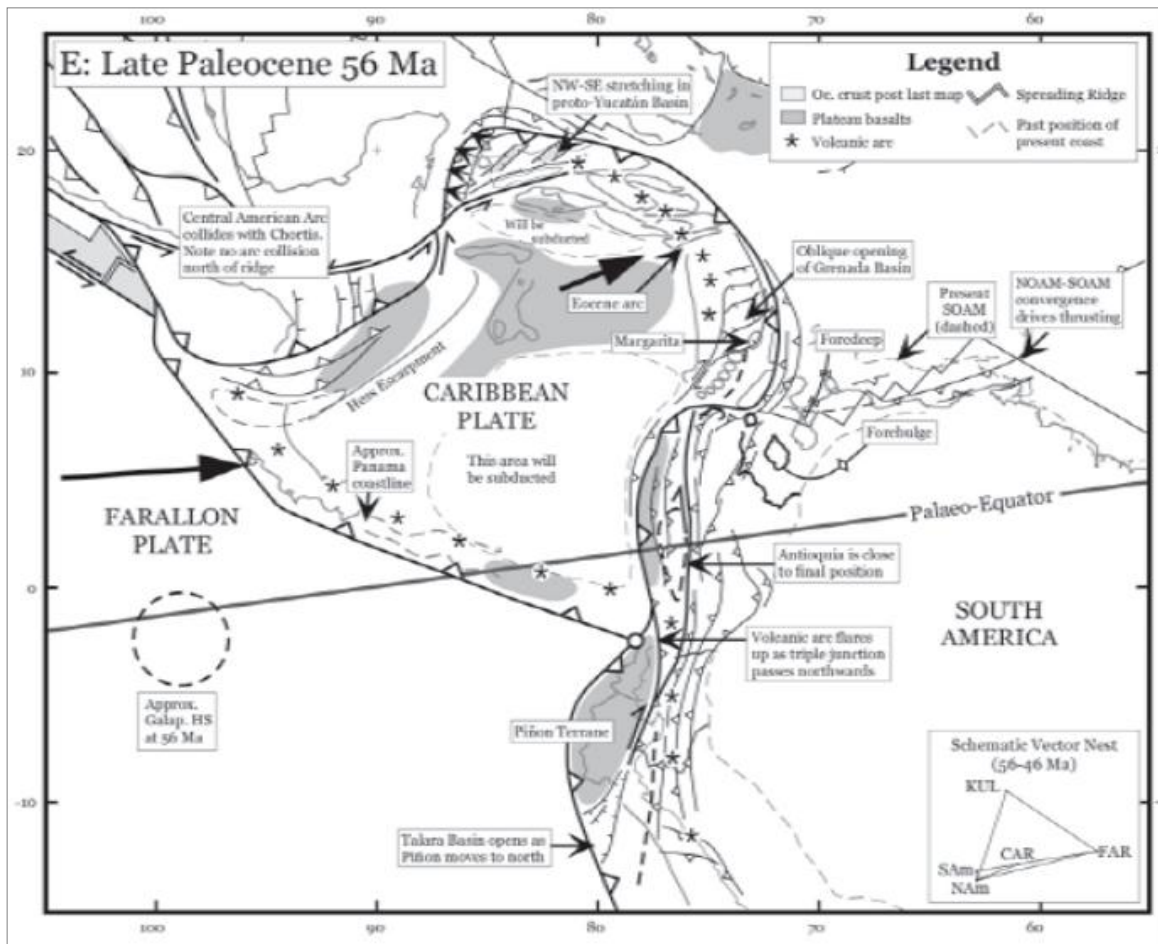


Figura 10. Esquema de desarrollo del Arco Paleógeno expuesto en la Sierra Maestra. (Tomado de Pindell, et. Al; 2006)

Formación Uvero: Autor: G. Kuzovkov et al, 1983. Se distribuye en la pendiente sur de la Sierra Maestra. Presenta una intercalación en capas finas de tobas desde aglomeráticas a psamíticas de composición andesita-basáltica, limolitas y areniscas, calizas, areniscas polimícticas a vulcanomícticas de cemento calcáreo con diferente granulometría, de color gris-parduzco intercaladas con limolitas. Su límite inferior se desconoce, se supone que sea discordante sobre la Formación Manacal y el límite superior es transicional a las formaciones Ojo de Toro y Guamá de edad Paleocena.

Formación Ojo de Toro: Autor: M.T.Kozary, 1955. Aflora en la región suroccidental de la Sierra Maestra. Litológicamente se compone de areniscas de diferente granulometría y conglomerados que yace transicionalmente sobre la Fm. Uvero y está cubierta con igual carácter por la Fm. Caney. Transiciona lateralmente a la Fm. Pilón y su edad es del Paleoceno-Eoceno Inferior.

Formación Guamá: Autor: M.T.Kozary, 1956. Está ampliamente distribuida a lo largo de la Sierra Maestra, provincias de Granma, Guantánamo y Santiago de Cuba. En nuestra región se extiende por la zona suroriental de la cuenca. Está constituida por tobas, tobas aglomeráticas, lavas y lavas aglomeráticas de composición andesítica, andesito-dacítica y dacítica, raramente riolítica, riodacítica y basáltica. Se intercalan tufitas, calizas, tobas cineríticas, tufitas, tobas calcáreas, calizas tobáceas, areniscas polimícticas y vulcanomícticas y grauvacas. Esta unidad aparece cortada en el intervalo final del Pozo Granma No. 1. Yace discordantemente sobre las formaciones Manacal, Palma Mocha y Ojo del Toro. Está cubierta concordantemente por las formaciones Caney y Puerto Boniato y discordantemente por las formaciones Cauto, Charco Redondo, Dátil, Jaimanitas, Río Maya, San Luis, y Manzanillo. Transiciona lateralmente a la Fm. Pilón. Edad: Eoceno Inferior.

Grupo El Cobre: Autor: S. Taber, 1931, (Subdivisiones: Fm. El Caney E. A. Sokolova, 1966 y Fm. Pilón, M. T. Kozary, 1955). Se puede localizar en los alrededores del poblado El Cobre y otras áreas de las provincias de Granma y Santiago de Cuba. Está constituida por diferentes tipos de rocas vulcanógenas y vulcanógeno- sedimentarias en distintas correlaciones y combinaciones alternantes, muy variables, tanto en sentido vertical como lateral. Las transiciones entre ellas a veces son bruscas y otras graduales y en muchos casos es prácticamente imposible establecer delimitaciones entre ellas. Las rocas más abundantes son: tobas, tobas aglomeráticas, lavas y lavas aglomeráticas de composición andesítica, andesidacítica y dacítica, raramente riolítica, riodacítica y basáltica. Con estas rocas se intercalan tufitas y calizas, además, se asocian a este complejo vulcanógeno- sedimentario cuerpos hipabisales y diques de diversa composición. En su composición también participan tobas cineríticas, tufitas, tobas calcáreas, calizas tobáceas, areniscas polimícticas y vulcanomícticas y grauvacas. Yace discordantemente sobre las formaciones Manacal, Palma Mocha y Tejas. Está cubierta concordantemente por la Fm. Puerto Boniato y discordantemente por las formaciones Cauto,

Charco Redondo, Dátil, Jaimanitas (parte indiferenciada y su Mbro. Tortuguilla), Río Maya, San Luis, los grupos Guacanayabo (Fm. Manzanillo), Guantánamo (miembros Guardarraya y Yacabo de la Fm. Punta Imías) y el Mbro. Quintero (Fm. La Cruz). Su edad es de Paleoceno-Eoceno Medio parte baja.

Formación Pilón: Autor: M. T. Kozary, 1955. Aflora en la parte occidental de la Sierra Maestra, provincias de Granma y Santiago de Cuba. Se compone de areniscas y limolitas, calizas, con intercalaciones de tobas y tufitas que aumentan su proporción hacia arriba en el corte. Se intercalan rocas carbonatadas en forma de lentes cuya potencia varía lateralmente hasta alcanzar 30 m de potencia. Estas calizas presentan cierta silicificación producto de la presencia de radiolarios, en raras ocasiones fracción clástica formada por fragmentos de cuarzo, plagioclasas y rocas volcánicas. Su subyacente se desconoce. Está cubierta concordantemente por la Fm. Caney y discordantemente por las formaciones Farallón Grande, Río Maya, Cabo Cruz y Sevilla Arriba. Su edad es Paleoceno-Eoceno Inferior.

Formación Caney: Autor: E. A. Sokolova, 1966. Solo aflora en el borde noroccidental de la Sierra Maestra, o sea la parte sur de la cuenca y este de la cuenca. Está representada por una alternancia de tobas cineríticas, tufitas, tobas calcáreas, tobas lapilíticas, calizas tobáceas. Se ha reportado un conjunto de rocas volcánicas y piroclásticas bien estratificadas: conglobrechas tobáceas, tobas de diferente granulometría de colores desde amarillento, verdes o abigarradas, tufitas y calizas tobáceas de color verdoso, calizas de color gris claro y margas. Se depositó concordantemente sobre la Fm. Pilón y la secuencia indiferenciada del Grupo El Cobre con la cual transiciona lateralmente. Está cubierta concordantemente por la Fm. Puerto Boniato y discordantemente por las formaciones Barrancas, Charco Redondo y San Luis. Ocupa el intervalo Eoceno Medio (parte baja).

Formación Jiguaní: Autor: J.H.Kenny and M.T.Kozary, 1957. Solo se ha cartografiado como una franja de dirección casi norte-sur al norte del poblado de Jiguaní. Está compuesta por calizas y margas con lentes y capillas de silicitas verdosas. Yace discordantemente sobre algunos afloramientos de tobas cineríticas asignadas al Grupo El Cobre, sin diferenciar y está cubierta por las formaciones Charco Redondo, Casanova, Maribón, Camazán y Bitirí. La edad es del Eoceno Inferior.

En el Eoceno Medio ocurre una etapa de formación de rocas carbonatadas y fragmentario-carbonatadas de diferentes ambientes de sedimentación (formaciones Charco Redondo y Puerto Boniato), (cortadas en los pozos Vicana 1, Vicana 2, Manzanillo 1, Oruita 1, Santa Regina 1, Creciente 1X, Granma 1, Rio Tana 1, Bayamo 1, y San Ramón 1); al final del Eoceno Medio afloran dos tipos principales de depósitos, fragmentarios gruesos y siliciclásticos. Los primeros se distribuyen de manera irregular en la pendiente norte de la región occidental de la Sierra Maestra y se cortaron en el pozo Niquero 1 (Formación Farallón Grande). y en la región de Babiney (Formación Maribón).

Los sedimentos siliciclásticos, de edad Eoceno Medio parte alta-Eoceno Superior, afloran ampliamente en la región sur y este de la cuenca, incluyendo la región occidental de la Sierra Maestra, cuyo representante es la Fm. San Luis. Es notable que la asociación rocosa característica de esta unidad tanto en superficie como en los pozos perforados en la parte sur y sureste de la cuenca solo se data como Eoceno Medio; y se extiende hasta edades del Eoceno Superior en los cortes de los pozos perforados en el centro de la Cuenca como son el Granma 1, Embarcadero 1 y el Bayamo 1 y en superficie hacia el este. Es evidente por tanto que ocurre una discordancia que ocupa todo el Eoceno Superior, y que se manifiesta claramente en los pozos Media Luna 1, Manzanillo 1, El Oruita 1, Vicana 1 y 2, y Creciente 1X, evidenciando una discordancia progresiva a los movimientos tectónicos que ocurren en la región durante este periodo.

Formación Maribón: Autor: M.T.Kozary, 1957. Solo aflora entre las localidades de Babiney y Jiguaní. En la parte inferior y más potente aparece un conglomerado de bloques de hasta 1 m de diámetro de rocas magmáticas, diabasas, gabros, basaltos amigdaloidales, areniscas, tobas y calizas de diferentes tipos, biogénicas de color rosado, blanco, crema. Este conglomerado mal seleccionado presenta zonas con fragmentos pequeños y mayor cantidad de matriz la cual es calcáreo-arcillosa. Hacia arriba e intercaladas con los conglomerados aparecen calcarenitas de color crema en capas de 10-15 cm. y margas amarillentas. Se depositó sobre las formaciones Babiney y Jiguaní, discordantemente y está cubierta por las formaciones Charco Redondo, Casanova, Camazán y Bitirí. La edad por la asociación fosilífera reportada en las margas y calcarenitas es Eoceno Medio parte baja.

Formación Charco Redondo: Autor: W. P. Woodring y S. N. Daviess, 1944. Sus depósitos están ampliamente distribuidos en todo el norte de la Sierra Maestra incluyendo la cordillera de la Gran Piedra. Son calizas compactas órgano-detríticas, fosilíferas, de color variable. En la parte inferior del corte, son frecuentes las brechas y en la base en ocasiones conglomerados basales. Pueden aparecer calcarenitas, y algunas areniscas escasas intercaladas. Yace discordantemente sobre las formaciones Caney, Tejas, y el Grupo El Cobre (parte indiferenciada). Está cubierta discordantemente por las formaciones Barrancas, Bayamo, Dátil, Farallón Grande, San Luis, y se cubre por las formaciones Manzanillo, Paso Rea, Cabo Cruz, Bitirí, Camazán y su Mbro. Pedernales. Aparece cortada en los pozos Granma 1, Embarcadero, Santa Regina 1, Manzanillo 1, Oruita 1 y Vicana 2. La edad es Eoceno Medio.

Formación Puerto Boniato: Autor: E. Nagy et al., 1976. Se desarrolla en forma de franja discontinua al norte y este de la cuenca. Comprende calizas organodetríticas aporcelanadas algáceas y margas bien estratificadas, calcarenitas, intercalaciones y nódulos de sílice negro - parduzco. Aparece concordantemente sobre las formaciones El Caney, Sabaneta y Grupo El Cobre (parte indiferenciada) y está cubierta concordantemente por las formaciones Mucaral y San Luis. Edad Eoceno Medio

Formación Farallón Grande: Autor: S. Taber, 1934. Ocupa amplias áreas en la parte occidental de la Sierra Maestra, provincias de Santiago de Cuba y Granma y aislados parches en el borde sur de la cuenca. Es una unidad constituida por brechas polimícticas de tamaños variados, con intercalaciones de conglomerados de clastos bien seleccionados y en menor cantidad de areniscas de grano grueso. La matriz de la brecha y el conglomerado es arenosa tobácea. Yace discordantemente sobre las formaciones Charco Redondo y Pión. Está cubierta concordantemente por la Fm. San Luis y transgresivamente por las formaciones Dátil y Manzanillo. También está cubierta por la Fm. Barrancas sin conocerse el carácter del contacto. Su edad es Eoceno Medio (parte alta) por su posición estratigráfica.

Formación Barrancas: Autor. M. T. Kozary, 1957. Se extiende en forma de franja irregular por la parte noroccidental de la Sierra Maestra, entre los ríos Buey y Mabay, provincia Granma. Son características las tobas riolíticas-riodacíticas cristalovitroclásticas y vitroclásticas, margas, areniscas calcáreo-tobáceas, calizas biodetríticas y calcilitas. Cubre discordantemente a las formaciones Charco Redondo y El Caney, no estando clara su relación con la Fm. Farallón

Grande. Está cubierta discordantemente por las formaciones Cauto y Dátil. Su edad es Eoceno Medio (parte alta)-Eoceno Superior. Esta unidad representa un vulcanismo remanente del arco volcánico paleogénico, el cual se manifiesta también en una serie de diques que cortan las unidades Farallón Grande y San Luís. Los sedimentos siliciclásticos, de edad Eoceno Medio parte alta-Eoceno Superior, afloran ampliamente bordeando la cuenca desde el sur y hasta el noreste.

Formación San Luís: Autor: S. Taber, 1934. Se desarrolla ampliamente en la vertiente sur y este de la cuenca. Es una unidad muy potente compuesta predominantemente por areniscas polimícticas, limolitas, margas, arcillas, calizas arcillosas, biodetríticas, arenosas y conglomerados polimícticas. Se encuentra muy bien estratificada. Está cortada por diques y cuerpos de basalto. Yace concordantemente sobre las formaciones Charco Redondo, Farallón Grande, y Puerto Boniato, cubriéndose con discordancia por las formaciones Casanova, Cauto, Río Maya, Manzanillo, Sevilla Arriba, Cabo Cruz, Bitirí y Camazán. Ocupa el intervalo estratigráfico Eoceno Medio (parte alta)-Eoceno Superior.

Cobertura sedimentaria oligo-miocénica.

Los mayores espesores de la cuenca están formados por los paquetes de rocas carbonatado-arcillosas y fragmentario-carbonatadas desde el Oligoceno al Reciente y que presentan frecuentes variaciones faciales en cortas distancias.

El Oligoceno Inferior tiene escasas manifestaciones en superficie, no así en los pozos donde aparece cortado en todos ellos (Macaca 1, Media Luna 1, San Ramón 1, Oruita 1, Santa Regina 1, Campechuela 1, Embarcadero 1, Granma 1, estando ausente en los pozos Manzanillo 1 y Creciente 1X, solo afloran pequeñas áreas en los alrededores de Babiney (Fm. Casanova). A partir del Oligoceno Superior coexisten varias unidades litoestratigráficas que representan variaciones faciales como son las formaciones Sevilla Arriba, Paso Real, Camazán, que es la que ocupa las mayores extensiones y Bitirí, también ampliamente distribuida. Estas unidades presentan una sedimentación continua hasta el Mioceno Inferior, y las mismas pasan de unas a otras en cortas distancias, manifestando una gran variedad facial. Los depósitos del Mioceno al Cuaternario ocupan grandes espesores en la cuenca aflorando en

el extremo suroccidenta las formaciones Manzanillo y Cabo Cruz, mientras que en el resto de la región y ocupando amplias zonas afloran las más jóvenes Datil, Bayamo y Cauto.

Formación Casanova: Autor: J.H.Kenny, 1956. Aflora en pequeñas áreas en los alrededores de Babiney. Está constituida por arcilla y argilitas limosas calcáreas, gris oscura, arenisca de grano fino volcanomítica, arenisca arcillosa foraminífera, calizas detríticas granulares, calizas limolíticas, limolitas calcáreas, arena y arcilla. Esta formación pertenece por edad al Oligoceno Inferior. Cubre discordantemente a la Formación San Luis y la sobreyace de igual manera la Formación Paso Real.

Formación Camazán: Autor: M. T. Kozary, 1955b. Aflora en grandes áreas en la región central de la cuenca, siendo una de las unidades más ampliamente distribuidas. Se corresponde con una secuencia de calizas coralino-algáceas (biolititas), calizas biodetríticas a veces arcillosas, calcarenitas, calciruditas, limolitas calcáreas, con intercalaciones de margas y arcillas, ocasionalmente yesíferas, su coloración es variable, desde el amarillo, crema, carmelita y gris. Se observa en relación discordante con las formaciones Charco Redondo, San Luis y Tejas. Está cubierta concordantemente por las formaciones Paso Real y Río Jagüeyes y discordantemente por las formaciones Bayamo y Cauto. Transiciona lateralmente a la Fm. Bitirí y en parte a la Fm. Paso Real. Su edad está bien justificada por su asociación fosilífera como Oligoceno Superior-Mioceno Inferior

Formación Paso Real: Autor: P. J. Bermúdez, 1950. Solo aflora como pequeños parches en las regiones sur y norte de la cuenca. Son característicos en ella los cambios litológicos abruptos tanto vertical como lateralmente. Predominan las alternaciones de calizas y margas. Las calizas son arcillosas, biodetríticas arcillosas y más subordinadamente calizas bohémicas, calizas dolomitizadas, dolomitas y calcarenitas. Las calizas arcillosas por desagregación originan pseudoconglomerados calcáreos de matriz margoso - arenácea. En general son masivas. Las margas, al igual que las calizas son fosilíferas. Aparecen intercalaciones de areniscas y limolitas calcáreas y arcillas (principalmente esmectita) que contienen en algunos horizontes pirita, yeso, halita y lignito. Se pueden observar en la base un conglomerado polimítico de matriz margosa, fosilífera. Colores crema, blancuzco y grisáceo en los horizontes carbonáticos y grisáceo y verdoso en los terrígenos. Yace concordantemente sobre las formaciones Camazán, y Sevilla Arriba y discordantemente sobre las formaciones Charco

Redondo, y San Luis. Está cubierta concordantemente por las formación Manzanillo y discordantemente por Bayamo y Cauto. Transiciona lateralmente con las formaciones Bitirí y Camazán. Ocupa el mismo intervalo estratigráfico que la Fm. Camazán, Oligoceno Superior-Mioceno Superior (parte baja)

Formación Bitirí: Autor: M. Iturralde, 1972. Ocupa áreas discontinuas en la región de Contramaestre y Jiguaní. Litológicamente está constituida por: calizas algáceas de matriz fina, duras, compactas, carsificadas, que contienen ocasionalmente fragmentos de corales y grandes *Lepidocyclinas*. Colores amarillo-grisáceo a carmelitoso. Yace discordantemente sobre las formaciones Charco Redondo y San Luis. Está cubierta discordantemente por las formaciones Cauto y Río Jagüeyes y la cobertura aluvial cuaternaria. Lateralmente transiciona a las calizas algáceas de la Fm. Camazán. Edad: Oligoceno Superior- Mioceno Inferior.

Formación Sevilla Arriba: Autor: G. L. Franco, 1976. Aflora como pequeños parches en la región suroccidental de la cuenca y occidental de la Sierra Maestra. Presenta poca variación litológica, solo una intercalación de calizas biodetríticas duras con grandes *Lepidocyclinas*, que se interestratifican con lutitas calcáreas y margas limosas. El color de las rocas es crema, blancuzco y verdoso. Por su distribución limitada a la parte occidental de la Sierra Maestra solo se depositó discordantemente sobre las formaciones San Luis y Pilón. Está cubierta concordantemente por la Fm. Paso Real, con la que además se interdigital lateralmente y discordantemente por la Fm. Manzanillo y Fm. Cabo Cruz. La edad asignada en superficie es Oligoceno Superior-Mioceno Inferior, pero en los pozos perforados en las regiones cercanas a sus áreas de desarrollo se ha demostrado que sus litologías comenzaron a desarrollarse en el Oligoceno Inferior hasta el Mioceno Inferior.

Formación Cabo Cruz: Autor: M. T. Kozary, 1955. Solo se cartografía en el extremo suroccidental de la Cuenca. Se compone por calizas biodetríticas arcillosas, fosilíferas, de color rojizo a abigarrado que por desagregación dan lugar a margas secundarias y pseudoconglomerados. Las calizas pueden aparecer ligeramente fosfatadas y contienen abundantes tubos de *Teredo* (*Kuphus incrassatus*). Está cubierta concordantemente por la Fm. Manzanillo con la cual además transiciona lateralmente, además la cubre discordante la Fm. Río Maya. Está datada como Mioceno Medio (parte alta)-Mioceno Superior parte baja.

Formación Manzanillo: Autor: S. Taber, 1934. Ocupa grandes áreas en la región sur de la cuenca. Se compone de una intercalación de calizas biodetríticas arcillosas de granulometría variada a veces gravas y arenas derivadas de vulcanitas, margas, margas limosas y arenáceas, limolitas calcáreas y más subordinadamente calcarenitas y calciruditas con distintos tamaños de granos, predominando los finos, e intercalaciones de arcillas esmécticas, arcillas calcáreas y arcillas limosas a veces yesíferas. Igualmente subordinadas aparecen calizas bohémicas, detríticas, micríticas y dolomíticas. La secuencia es muy fosilífera. La coloración es variable: crema y amarillento para los horizontes carbonáticos y gris o gris verdoso para los terrígenos. Yace concordantemente sobre las formaciones Cabo Cruz y Paso Real y discordantemente sobre las formaciones Charco Redondo, Farallón Grande, San Luis, Sevilla Arriba y el gr. El Cobre. Está cubierta discordantemente por las formaciones Bayamo, Cauto y Dátil. Transiciona lateralmente a la Fm. Manzanillo y al menos en parte, a la Fm. Cabo Cruz. Su edad es Mioceno Superior (parte alta)- Plioceno Inferior.

Formación Dátil: Autor: M. T. Kozary, 1957. Son solo pequeños parches al sur de la cuenca. Exclusivamente conglomerados con mala consolidación y selección de silicitas formadas por alteración hidrotermal de rocas volcánicas y arenas arcillosas de composición polimíctica encontrándose en forma de intercalaciones y lentes. Se formó discordantemente sobre las formaciones Barrancas, Charco Redondo, Farallón Grande, San Luis, Manzanillo y Cabo Cruz. Está cubierta discordantemente por la Fm. Cauto. No se han reportado fósiles, se le asigna la edad por su posición estratigráfica como Pleistoceno Superior.

Formación Bayamo: Autor: P. Jakus, 1976. Puede observarse al sureste y centro de la cuenca, principalmente en los alrededores de la ciudad de Bayamo. Se compone de arenas grises y amarillo-grisáceas de grano fino, con lentes areniscas y conglomerados de guijarros finos e intercalaciones de arcillas arenosas. Cubre discordantemente las formaciones Camazán, Charco Redondo, Manzanillo y Paso Real. La sobreyace concordantemente la Fm. Cauto. La edad es Plioceno Superior- Pleistoceno Inferior.

Formación Cauto: Autor: L. Blanché, 1957. Ocupa la mayor parte del área de la Cuenca del Cauto. Son depósitos mal consolidados como: arcillas, limos, arenas, gravas polimícticas y conglomerados polimícticos, con estratificación horizontal y cruzada. Coloración gris y gris-parduzca. Yace concordantemente sobre la fm Bayamo y discordantemente sobre las

formaciones Barrancas, Bitirí, Camazán, Dátil, Manzanillo, Paso Real, Río Jagüeyes, San Luis, Manzanillo, Paso Real y el grupo El Cobre. Edad Pleistoceno Superior.

En el Cuaternario también se han depositado abundantes sedimentos, los cuales aún no son reconocidos como formaciones pero se agrupan por los ambientes de sedimentación predominantes.

Depósitos marinos (mQ2): Están representados principalmente por arenas y guijarros de color gris a crema, acumulados en playas y camellones de tormentas, a veces cementados por carbonato, formando rocas de playa (beach rock). Pueden alcanzar hasta 5 metros de espesor.

Depósitos marinos-palustres (m-pQ2): Es la asociación de los depósitos marinos y palustres que se localizan en la Isla de la Juventud, siendo difícil su separación. Las características de los depósitos generalmente resultan de la asociación de ambos tipos genéticos.

Depósitos palustres (pQ2): Estos sedimentos costeros se forman en dos ambientes esencialmente diferentes y, en consecuencia, se distinguen dos tipos de depósitos: los pantanos costeros de agua dulce y los pantanos de mangles.

Los pantanos costeros de agua dulce, prácticamente no reciben material terrígeno y sus depósitos están representados fundamentalmente por residuos vegetales y limos carbonatados, entre los depósitos de pantanos de mangles, se encuentran también facies carbonatado-arcillosas y arcillosas.

Los representantes más característicos de la facies terrígena de los pantanos de mangles, son las arcillas de color gris oscuro y pardo oscuro fuertemente salinizadas y las arcillas arenosas con restos carbonizados de troncos y raíces de mangles. La facies carbonatada de los depósitos de pantanos de mangles, está representada por limos finos carbonatado-organógenos con una cantidad variable de detrito vegetal.

Depósitos biogénicos (bQ2): Ellos están representados por materia orgánica en diferente grado de descomposición que puede llegar hasta turba consolidada y alcanzar hasta 8 m de espesor en la Ciénaga de Zapata, su área de mayor difusión en Cuba. También presentan espesores grandes en la ciénaga de Lanier, Ciénaga de Morón y otras localidades.

Depósitos aluviales (alQ2): Están representados por arenas, arenas arcillosas y arcillas arenosas, de color carmelita pardusco con manchas rojizas y grises, su granulometría es de media a fina con intercalaciones de gravas y guijarros pequeños de cuarzo, fragmentos de areniscas cuarzosas, concreciones ferruginosas y localmente sedimentos carbonáticos con fragmentos de caliza organógena. Su espesor varía de 1-5m. La composición de los clastos está en dependencia directa de las fuentes de aporte, mientras que la granulometría se vincula con la cercanía de estas, pues a medida que avanza hacia las costas los sedimentos son más finos.

Tectónica

La tectónica de la parte suroriental de Cuba está determinada por su posición en la zona de interacción de las placas litosféricas Norteamericana y Caribeña, encontrándose en indisoluble relación con la fosa profunda de Oriente al sur, la depresión graben-sinclinal Cauto-Nipe al NO y la depresión Central-Cuenca de Guantánamo al NE (R. Flores y otros, 1996).

La cuenca Cauto-Nipe constituye un elemento geotectónico de primer orden, pues separa al Bloque Cuba Oriental del resto de Cuba, cuyas características geólogo-estructurales son diferentes. Esta cuenca tuvo una evolución geológica compleja y de larga duración y muchos aspectos esenciales de la misma permanecen indefinidos. Sin embargo se ha reconocido históricamente que constituyó durante parte de su evolución una importante zona de falla transcurrente sinistral.

En la actualidad la cuenca Cauto-Nipe está limitada por fallas normales con buzamientos de unos 60° - 70° . Probablemente los bordes de la misma representan escalones formados por hemigrabens, mientras que su estructura interna está constituida por sistemas de horst y graben. El espesor de la cobertura sedimentaria es muy variable y alcanza desde 2,5 km. hasta 5,5 km., abarcando desde el Mesozoico, todo el Cenozoico hasta el Cuaternario.

En el área de la subcuenca del Cauto se han perforado pozos para la búsqueda de hidrocarburos y ninguno de ellos logró atravesar la cobertura sedimentaria terciaria. El estudio de los espesores de los sedimentos muestra variaciones reiteradas de la profundidad de la cuenca, aunque por lo general no se encuentran registros de sedimentos de gran profundidad. En algunos intervalos tal como se evidencia por la presencia de sales en el corte, se puede

afirmar que el ambiente era de mares someros y cerrados de salinidad elevada. En la parte más cercana al Golfo de Guacanayabo existen dos sectores de levantamientos recientes muy activos (Marques, 1997).

De acuerdo con Pindell et al, 2006 la cuenca tiene sus inicios a la par del desarrollo de la Cuenca de Yucatán desde fines del Maastrichtiano-Paleoceno, la cuenca Cauto, formó parte de una cuenca intra-arco del arco magmático Cretácico, la que se cerró ulteriormente como consecuencia de la colisión del arco Cretácico con el margen de Bahamas y se desarrolló un sistema de cuencas de antepaís limitado por fallas rumbo deslizantes de gran profundidad desde el Paleoceno.

La Cuenca Cauto, presenta la forma de un triángulo alargado, representando una zona deprimida rellena con grandes espesores de sedimentos. Desarrollada a partir de una tectónica transcurrente en un ambiente de colisión oblicua. Que desarrolló el sistema de cuenca de antepaís cubano.

Principales fallas.

Zona de la falla Cauto (Meyerhoff, 1986). Ubicada desde Cabo Cruz hasta el SE de la ciudad de Bayamo. Limite NW de la Sierra Maestra. Orientación NE-SW.

Falla Bayamo. Ubicada a lo largo del valle del río Bayamo hasta la costa sur, con dirección NO-SE. Es una falla que separa dos bloques con movimientos diferencial limita las rocas carbonatadas de aguas someras de los de aguas profundas.

Posible falla con dirección SE que se encuentra ubicada en Cauto Cristo prolongándose desde NW-SE.

Esta cuenca se formó a partir de los esfuerzos del sistema de fallas rumbo deslizantes Cauto-Nipe. Se clasifica como una subcuenca tensional, limitada por fallas normales escalonadas formando semigrabenés, mientras en el interior se han formado horst y grabens debido a la compresión y desarrollo de imbricación tectónica.

Magmatismo

El magmatismo en el área de estudio está circunscripto a las formaciones del grupo El Cobre y a las secuencias que las subyacen.

Atendiendo a la composición litológica de estas unidades, se puede observar que en las mismas predominan las secuencias terrígeno carbonatadas sobre los volcánicos, como bien señala Cobiella (1978) la importancia de las tobas en el corte de la Formación El Cobre ha sido casi siempre bastante exagerada por la mayoría de los geólogos que han estudiado esta formación y la de las rocas sedimentarias disminuida.

Alioshin et. Al. 1975, asignada al complejo vulcano plutónico las facies intrusivas, donde se encuentran desde gabros hasta plagiogranitos aplíticos, y en la facies subvolcánica y efusiva desde el basamento toleitico hasta la liparita sódica (O. Guipko et. Al. 1976) (G. Kuzakov et. al. 1976).

En el estudio del magmatismo de la zona, revelan dos ciclos tectónicos magmáticos, uno Cretácico inferior y otro Paleógeno. El primero no ha sido estudiado en detalle aun, en el segundo, Alioshin et. al. 1975, han descrito dos facies para el magmatismo del Paleógeno, la primera correspondiente al Paleoceno medio Eoceno inferior, caracterizada por procesos volcánicos donde no aparecen intrusiones y segunda caracterizada por grandes intrusiones magmáticas. Dada sus características petrográficas y petroquímicas, M. Pérez, M. Gorova, G. Kuzakov, 1979 subdividieron las rocas intrusivas en holocristalinas, 1) gabro-dioritas, dioritas, dioritas cuarcíferas 2) tonalitas y plagiogranitos 3) plagiogranitos, granitos aplíticos leucocráticos y plagioplititas de la facies de venillas; en intrusiones hipabisales 1) porfiritas dioríticas 2) pórfidos plagiograníticos.

Metamorfismo

En la región de estudio no existen indicios litológicos que demuestren la existencia de rocas metamórficas. Según los trabajos realizados por la brigada cubano-húngara, se describen los afloramientos al este sureste de Santa Rita (Zona de Bayamo) pertenecientes a la Formación Tejas (P. Gyarmati, 1976) la cual está compuesta por areniscas tobáceas micáceas-esquistosa de color claro. Además los planos de esquistosidad que tiene ángulos de buzamientos muy inclinados, existen zonas fuertemente tectonizadas lo que indica que las dislocaciones tectónicas ocurridas dieron lugar a un dinamometamorfismo de tipo local, ya que no existen reportes de rocas metamórficas en otras formaciones descritas en el área.

Según datos de observaciones microscópicas y de análisis de rayos x, las rocas están compuestas de un 50 % de cuarzo y sericita e illita. Algunos detalles dan la impresión de una arenisca poco metamorfizada, otros se refieren a su origen tobáceo. La opinión de M. L. Somin y Millán es que es más probable que el origen tobáceo con silicificación secundaria y posterior metamorfismo. En esto se diferencia de otros complejos metamórficos de la isla.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA Y VOLUMEN DE LOS TRABAJOS PROYECTADOS.

Introducción

El objetivo de la investigación persigue el esclarecimiento de las relaciones tectónicas y estratigráficas, de la formación de la cuenca Cauto, en un ambiente compresionales, oblicuo, limitado por fallas transcurrentes, para ello nos basamos en las concepciones teóricas de los sistemas de cuencas de antepaís planteados por Decelles y Gilles, 1996.

La recopilación de la información, relacionada con el área de estudio o con el tipo de investigación que se llevó a cabo. Se desarrolló en la biblioteca del ISMM, así como en las memorias de los congresos de Geología y Minería, además se realizó una búsqueda detallada en internet y sitios especializados. La información obtenida se extrajo básicamente de trabajos de diploma; tesis de maestría y doctorados; así como de revistas especializadas; artículos y libros; obteniendo los principios básicos para desarrollar teóricamente la investigación.

Principios teóricos.

Para alcanzar el objetivo fundamental de esta investigación, el cual consiste en la localización de zonas perspectivas para la acumulación de hidrocarburos, debemos iniciar nuestra búsqueda con un amplio análisis de la cuenca sedimentaria que se ha desarrollado en el área, ya que partiremos de la aceptación de la teoría orgánica de la formación del petróleo, así como la vinculación de las acumulaciones a las grandes cuencas sedimentarias.

Se reconoce la existencia de 3 procesos principales responsables de la formación de una cuenca sedimentaria: extensión de la corteza por tensión, contracción térmica causada por el enfriamiento de la corteza y el manto y deformación flexible o elástica por carga (Decelles y Giles, 1996).

Las cuencas cubanas están asociadas a contactos de placas con movimientos convergentes oblicuos. Básicamente se forman dos tipos de sistemas de cuencas en estos contactos, los sistemas de cuencas de arco- surco, con importante vulcanismo asociado relacionados con la subducción (Brown, 1998) y los sistemas relacionados con la colisión, fundamentalmente las

cuencas de ante país sin magmatismo asociado (Decelles y Giles, 1996) desarrolladas al frente del cinturón plegado cubano.

En los ambientes compresionales como el que se estudia, es común el desarrollo de sobrecorrimientos y movimientos rumbo deslizantes, como resultado del avance de las escamas tectónicas (Decelles y Giles, 1996), apareciendo cuencas desarrolladas a lo largo de los sistemas de fallas de deslizamiento por el rumbo.

Las fallas de deslizamiento por el rumbo son caracterizadas 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. Estas estructuras afectan el basamento cristalino y en ocasiones pueden cortar la corteza hasta profundidades medias.

En las zonas de fallas rumbo deslizantes aparecen dos características distintivas de las mismas: los pliegues y las fallas en echelon, que pueden estar desarrollados dentro y adyacentes a la zona de desplazamiento principal y la coexistencia de fallas normales e inversas en la zona de los movimientos (Harding, 1990).

El registro estratigráfico generado a lo largo de las zonas de desplazamiento de las fallas rumbo deslizantes está caracterizado por la incongruencia brusca de eventos geológicos dentro y en los bordes de las cuencas, una asimetría longitudinal y lateral de las mismas dada por la migración de los depocentros con el tiempo, evidenciado por episodios de rápida subsidencia registrados por el espesor de la sección estratigráfica y en las cuencas marinas por su rápida profundización; distinguiéndose además por la ocurrencia de abruptos cambios faciales laterales y discordancias locales (Kingston et al, 1983; Harding, 1990).

Sistema Petrolero.

El siguiente paso para lograr la identificación positiva de las estructuras favorables para encontrar acumulaciones de petróleo y gas, es el estudio y la búsqueda de manifestaciones de un sistema petrolero.

Un sistema petrolero es un sistema natural que comprende un volumen de roca generadora de hidrocarburos madura así como todo el petróleo y gas generado de dicha roca, que está en acumulaciones comerciales o no. Un sistema petrolero incluye todos los elementos y procesos

geológicos que son esenciales para que un depósito de crudo y gas exista (Magoon y Dow, 1994). Los elementos que constituyen el sistema petrolero, según plantearon Magoon y Beaumont en 1998, son:

-Roca generadora de petróleo: aquella que está generando o ha generado petróleo. Debe haber estado sometida a un calentamiento durante un tiempo geológico para alcanzar la madurez termal suficiente como para generar hidrocarburos.

-Roca reservorio: Las rocas colectoras son aquellas que hacen las veces de almacén, o sea en su interior es donde se acumulan los hidrocarburos, pudiendo generar depósitos comercialmente aprovechables. Por lo general estas rocas ocupan un espacio mucho más extenso que el yacimiento fijado por la trampa. Fuera de los límites del yacimiento la roca madre o almacén está casi siempre lleno de agua.

-Roca sello: Son las rocas que impiden el escape de los hidrocarburos a la superficie. Los sellos de los yacimientos, en dependencia de su posición respecto a la roca almacén, pueden clasificarse en dos tipos: 1) sellos o cierres paralelos y 2) sellos o cierres transversales.

-Roca de cobertura: aquella que cubre el resto de los elementos del sistema. Las rocas de cobertura dificultan la localización de los yacimientos petrolíferos.

Trampas: Toda estructura geológica de origen estratigráfico, tectónico, litológico o mixto que adopte una forma cóncava hacia la base y que se caracterice por contener una zona de alta porosidad y permeabilidad, limitada hacia el techo por rocas impermeables, puede conformar una trampa gasopetrolífera.

-Formación de trampas: incluye todos los procesos que producen la disposición geométrica favorable para que el petróleo quede acumulado y atrapado en ellas. Estos procesos van desde la deformación de la roca en el caso de trampas estructurales, hasta procesos sedimentarios y diagenéticos en el caso de trampas estratigráficas.

-Generación de hidrocarburos: es el proceso mediante el cual la materia orgánica contenida en la roca generadora es convertida en hidrocarburos por la acción del aumento de la temperatura y la presión.

-Migración de los hidrocarburos: proceso de movimiento o flujo de los hidrocarburos desde la roca generadora hasta las trampas donde son acumulados.

-Acumulación de los hidrocarburos: proceso de concentración de los hidrocarburos dentro de la roca colectora cuando llegan a las trampas. Estos elementos y procesos esenciales deben ser puestos correctamente en el tiempo y espacio, de manera que la materia orgánica incluida en la roca generadora, pueda ser convertida en una acumulación de hidrocarburos.

Trabajos precedentes

En la literatura geológica cubana está referido el desarrollo de una cuenca de antepaís a partir del Paleoceno, (Iturralde, 1995 y 1996, Brawlover y Iturralde, 1997). Las investigaciones realizadas permiten establecer el sistema de cuencas de antepaís a partir del Campaniano-Maastrichtiano, según las concepciones planteadas por Decelles y Giles en 1996. En esta investigación no discutimos la validez y variaciones de los conceptos de cuenca de antepaís más usado en la literatura geológica como los dados por, (Dickinson, 1974, Beaumont, 1981, Jordan, 1981, Lyon-Caen y Molnar, 1985). Adoptamos para esta investigación el propuesto en el trabajo de, (Decelles y Giles, 1996), adaptándola a las particularidades del desarrollo geológico de Cuba, (Blanco, 1999).

El sistemas de cuencas de antepaís, fue sintetizado por Decelles y Giles en 1996, atrayendo la atención de numerosos geólogos, para explicar las situaciones de geológicas de cinturones plegados y sobrecorrido en sus áreas de trabajo. Explica sitios de alta complejidad estructural y estratigráfica, con condiciones favorables para la acumulación, generación, migración y acumulación de hidrocarburos (Alavi, 2004).

El sistema de cuenca antepaís se define como una región alargada de un gran potencial de acomodación sedimentos, que se forma en la corteza continental entre un cinturón orgénico contraccional y un cratón adyacente. Esto corresponde a los procesos geodinámicos relacionado a una zona de subducción y el resultado de un cinturón plegado o de una cuenca de retro arco. (Decelles y Giles, 1996).

La secciones sedimentarias, desarrolladas en los sistemas de cuencas de ante país son asimétrico, acumulándose los mayores espesores de sedimentos del lado de las estructuras cabalgadas, mientras que se adelgazan en dirección al margen estable, (Blanco, 1999).

El sistema de cuenca de ante país está definido con cuatro depozonas descritas y nombradas según, (Decelles y Giles, 1996), como: cuña superior, (weedge-top), ante país profundo, (foredeep), levantamiento lejano, (forebulge), y traslevantamiento, (backbulge).

La evolución de cada depozona, en términos de asociaciones de facies, tasa de sedimentación, subsidencia, preservación potencial y profundidad, es muy diferente dependiendo de su ubicación con respecto al cinturón adyacente, o sea la faja plegada y corrida (*fold-thrust belt*).

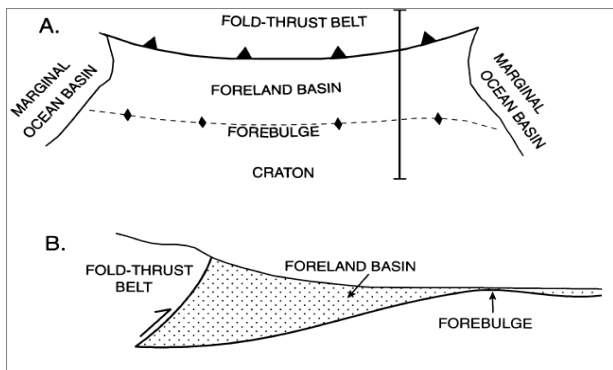


Figura 11. Esquemático de cuenca antepaís (modificado de Decelles y Giles, 1996).

El **wedge-top depozone** es la masa de sedimentos que se acumula sobre la parte superior frontal de la cuña orogénica, incluyendo cuencas “*piggy back*” y “*thrust top*”. Los sedimentos del wedge-top se estrechan hacia el interior (*hinterland*) y son caracterizados, en general, por ser extremadamente gruesos, con numerosas discordancias tectónicas y deformación progresiva, está es la zona ocupada por la Cuenca Cauto, desarrollada a partir del Cretácico Superior-Paleoceno como una cuenca entreatro (Pindell, et al. 2006).

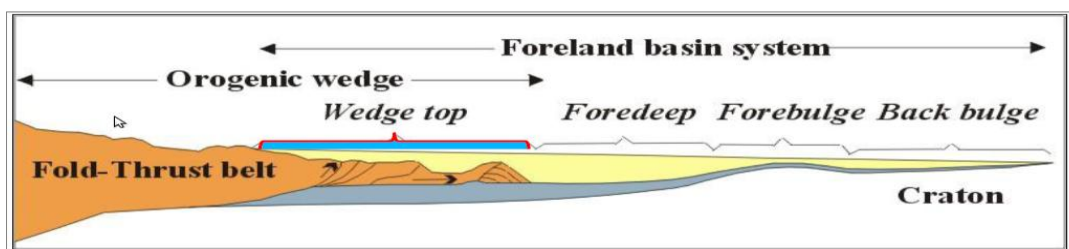


Figura. 12a Perfil esquemático de un sistema de antepaís (modificado de Decelles y Giles, 1996).

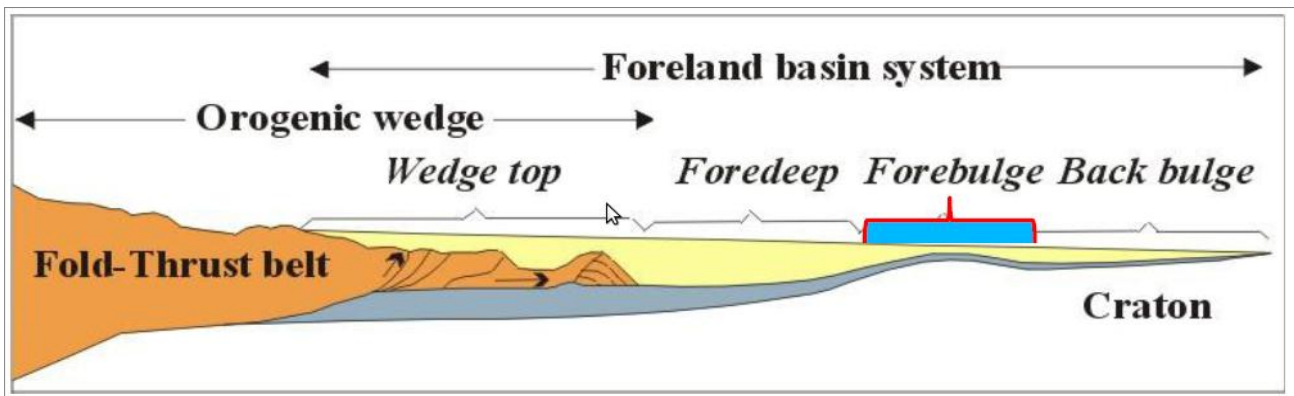


Figura. 12c Perfil esquemático de un sistema de antepaís, a escala aproximadamente real (modificado de Decelles y Giles, 1996).

Las depozonas de *forebulge* son comúnmente sitios de desarrollo de discordancias, condensación y adelgazamiento de estratos, depocentros controlados por fallas, y, en sistemas marinos, crecimiento de plataformas carbonatadas. Las abundantes discordancias que caracterizan la depozona del *forebulge* ayudan a reconstruir la migración del *bulge* a través del tiempo.

La depozona del **back-bulge** es la masa de sedimentos que se acumula en la amplia y somera zona de potencial subsidencia flexural hacia el cratón del *forebulge*. Los sedimentos del *back-bulge* derivan del cinturón montañoso, aunque pueden ocurrir contribuciones desde el cratón y puede desarrollarse plataformas carbonatadas en condiciones subaéreas. La acomodación de sedimentos en las depozonas de *back-bulge* puede resultar principalmente de la agradación hacia un equilibrio del perfil de drenaje (en sistemas subaéreos) o nivel base (en sistemas de flujos).

Las ubicaciones de las depozonas pueden complicarse a partir de las relaciones estructurales que están modificadas por la presencia zonas de fallas de deslizamiento por el rumbo, que modifican la continuidad lateral y vertical al producir zonas deprimidas con cambios en la sedimentación, Figura 13.

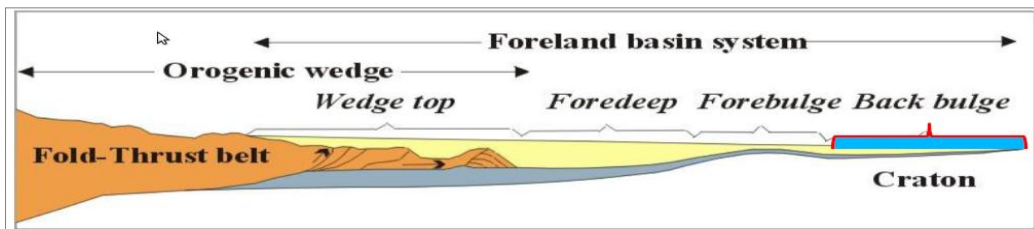


Figura. 12d Perfil esquemático de un sistema de antepaís, a escala aproximadamente real (modificado de Decelles y Giles, 1996).

Modificaciones en la continuidad lateral del cinturón plegado sobrecorrido cubano por zonas de fallas rumbo deslizando están registradas en su constitución geológica, a su vez complicadas por cuencas intra-arcos y deslizamientos paralelos a la zona del eje del arco. Figura 13.

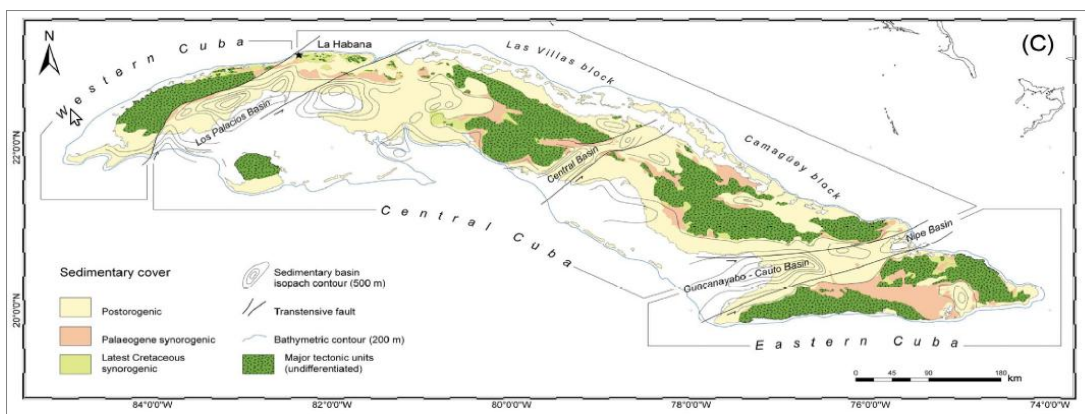


Figura. 13. Cuencas ligadas a zonas de fallas de deslizamiento por el rumbo, modificado de Cruz, et al, 2011.

La depozona de la cuña superior ubicada en la parte frontal y superior de la cuña orogénica e incluye cuenca transportadas, (Oris y Friend, 1984), tal como se concibe el desarrollo de la cuenca Cauto objeto fundamental de nuestro estudio. Los tipos de sedimentos que se acumulan en la cuña superior pueden variar desde ambientes subaéreos con típicas masas de flujos y sedimentos de plataformas, (Tankard, 1986, Decelles y Giles, 1996). La cuña superior puede cubrir decenas de kilómetros paralelo a la dirección general del transporte tectónico, (Coogan, 1992, Decelles, 1994, Horton, 1998). Es también notorio la presencia de discordancias progresivas, (Colombo, 1994), así como pliegues, fallas, estructuras de

crecimientos y los sedimentos con texturas y composición inmadura, todo ello ligado a la acumulación en superficie de erosión-deposición sinorogénica, (Decelles y Giles, 1996).

La delimitación entre los sedimentos de la depozona de la cuña superior y la del antepaís profundo puede estar complicada debido a deformaciones posteriores y a la canibalización de los sedimentos, (Burbank y otros, 1992), en esta depozona de la región se acumulan sedimentos conglomeráticos flyschoides que se reconocen en las formaciones dentro de la cuenca Cauto y se inician con las acumulaciones de la Fm. Babiney.

La depozona del antepaís profundo comprende una zona típicamente amplia, que en la generalización de las depozonas del mundo tienen un ancho entre 100-300 km y de 2 a 8 km de espesor de sedimentos entre las partes frontales de la cuña superior y el forebulge, (Blanco, 1999), los sedimentos que llegan a esta depozona son derivados del cinturón plegado sobre corrido y en menor proporción del levantamiento lejano y el cratón, (Schwab, 1986, Decelles y Hertel, 1989, Decelles y Giles, 1996). Esta depozona no está caracterizada para la región. Fig. 13.

Procesamiento de la información geológica-geofísica.

Para la realización del presente trabajo investigativo se contó como base inicial con los perfiles sísmicos realizados por la empresa GENOIL en 1996, contrados por CUPET en la exploración del Bloque 20, y la información gravimétrica y magnética del procesamiento realizado por Bastos 2011, además se trabajó con las columnas litológicas de los pozos que se ubican en el área.

Para desarrollar el procesamiento de esta información nos apoyamos fundamentalmente en el programa especializado Surfer 9, el cual nos ha permitido describir la interpretación de los perfiles sísmicos, confección de perfiles gravimétricos y solapar diferentes datos para una mejor interpretación, paso fundamental para determinar las estructuras geológicas favorables para las acumulaciones de hidrocarburos. Además se actualizaron las columnas de los pozos. También se destacaron aquellas zonas donde la velocidad de intervalo sufre notables disminuciones.

Datos y sus procesamientos.

Datos gravimétricos.

Según la acabada definición de trampa gasopetrolífera de Levorsen, 1956, los yacimientos de petróleo y gas se encuentran ubicados en determinadas formas estructurales, entre las que se destacan: domos salinos, anticlinales, zonas de fallas tectónicas, discordancias estratigráficas, macizos arrecifales, etc., todas las cuales constituyen frecuentemente objetos geológicos que pueden ser detectados y estudiados por la gravimetría (Alaminos, 2004).

Dentro de los métodos geofísicos, la gravimetría ocupa un lugar muy importante. Se utiliza para resolver problemas geológicos relacionados con la prospección y exploración de los yacimientos, de estructuras geológicas como fallas y otras deformaciones en la profundidad del corte geológico, zonación tectónica, estudio de la figura y forma de la Tierra. (Delgado, 1985).

El método gravimétrico es muy importante en el mapeo de estructuras anticlinales, sinclinales y localización de domos salinos (Grant, 1966). La gravimetría ayuda a detectar estructuras como domos salinos y anticlinales ya que generalmente estas se expresan mediante anomalías gravimétricas (Sazhina, 1971).

En el bloque 20, se inscribe casi completamente dentro del levantamiento gravimétrico Cauto – Nipe del año 1966, por lo cual fue necesario buscar información complementaria en el mar, hacia el Golfo de Guacanayabo.

La escala regional de los datos gravimétricos a que se tuvo acceso, cumple con los requerimientos para la identificación de fallas y estructuras antiformal y sinformales que permiten valorar los límites y contribuyen a describir la evolución geológica de la cuenca.

Datos Magnéticos

Las primeras investigaciones magnetométricas reportadas en esta área fueron realizadas desde aviones por la compañía norteamericana Aero Service Corporation en 1957 con una distribución entre perfiles de vuelo de aproximadamente 3,2 km. Como resultado fueron obtenidos diferentes mapas del campo magnético a varias escalas. Posteriormente en la década del 80 fue realizado un nuevo levantamiento aeromagnético en esta región, por el grupo de Aerogeofísica del MINBAS (Aballi, 1999; Miro, 1993 y 2000; María, 2007). El alcance

de los trabajos de investigaciones magnetométricas está muy ligado a la gravimetría y complementa su información pues permite discernir entre los diferentes tipos de rocas magnéticas y no magnéticas de suma importancia para Cuba, dada su relación evolutiva con el emplazamiento de la suite ofiolítica del Caribe. En el trabajo se emplea el procesamiento realizado por Bastos, 2011.

Datos sísmicos.

En la cuenca de Cauto se realizaron varios levantamientos sísmicos con fines de prospección petrolera. Durante la interpretación se hace un análisis comparativo de los resultados de los estudios sísmicos del área con el mapa gravimétrico y datos de pozos, a fin de evaluar la confiabilidad de los pronósticos sobre existencia de los altos estructurales. Actualmente los métodos de exploración sísmica, están sufriendo a escala internacional un sostenido y vertiginoso desarrollo en todos los órdenes, lo cual es una consecuencia directa de la crisis energética que afronta el mundo y las necesidades crecientes de encontrar nuevos yacimientos de hidrocarburos (Sheriff, 1995; en Miró, 2002).

La sísmica de reflexión continúa siendo el método por excelencia para la exploración petrolera a escala mundial (Miró, 2002). El método se basa en registrar señales sísmicas reflejadas provenientes en forma redundante de las fronteras investigadas lo cual se logra combinando adecuadamente las posiciones de los puntos de excitación y de recepción de la energía. (Mayne, 1962; Mari, 1999).

Para poder realizar una interpretación sísmica confiable deben ser conciliados todos los datos posibles: mapas y perfiles gravimétricos y magnetométricos, datos geofísicos de pozos, geológicos, geomorfológicos, de teledetección que existente sobre el territorio investigado (Johnston, 2000).

Entre las anomalías más importantes, que son detectadas a partir del análisis de los datos sísmicos tenemos los: anticlinales, arrecifes, fallas, fronteras de discordancias, paleocauces, trampas estratigráficas, diapiros, domos, fronteras asociadas a cambios de fluidos. (Johnston, 2000). La sísmica detecta principalmente dos tipos de trampas petroleras que son: estructurales (fallas, anticlinales) y estratigráficas como discordancias, truncamiento. (Caldwell, 1997).

Los resultados de este método son generalmente favorables en las áreas de tectónica extensiva y con limitaciones en las áreas de tectónica compresiva como el cinturón plegado y sobrecorrido desarrollado en Cuba, áreas vinculadas a las cadenas montañosas del oeste del continente americano (Carneiro, 2002). Últimamente está siendo muy empleada en los estudios de yacimientos la llamada Sísmica 4D que son levantamientos 3D (tridimensional) repetidos en las mismas áreas en diferentes tiempos (Alsos, 2002).

El levantamiento sísmico realizado en la cuenca de Cauto (Bloque 20) anteriormente referido cuyos resultados fueron consultados en el marco del presente trabajo (Álvarez, 2001a) por ser el más reciente, fue ejecutado empleándose una cobertura de 6000%, un tendido de registro simétrico y un tiempo de escucha de 5 s. con fuente no explosiva.

Datos geológicos.

En la presente investigación se utilizó la información contenida en los mapas geológico y estructural de la región a diversas escalas, haciendo énfasis en los mapas 1:500 000 y 1:250 000 respectivamente, así como la generalización de las columnas litoestratigráficas disponibles para identificar los elementos que pueden estar vinculadas con la generación, migración y acumulación de petróleo en este sistema petrolero.

Mapa de pozos y datos de los mismos.

Actualmente los índices estratigráficos y estructurales son muy importantes en las investigaciones petroleras. Las estructuras regionales determinan la ubicación y características de los campos petroleros (Magoon, 1994).

En el año 1996 se llevó a cabo una campaña de adquisición sísmica dispuesta en una red de reconocimiento que abarcó todo el Bloque 20. Como resultado del mismo se revelaron una serie de objetivos geológicos distribuidos en toda la región explorada, pero ninguno de ellos tenía un grado de estudio suficiente como para constituir un prospecto en la exploración petrolera (Aballí, 1999).

Recién se publicó el libro de Linares 2011, de donde se tomaron los datos referentes a las manifestaciones de hidrocarburos en la cuenca (Figura 14) e ideas muy valiosas de correlación y desarrollo de estructuras.



Figura 14. Mapa de manifestaciones directas de hidrocarburos y pozos perforados en la Cuenca del Cauto (tomado de Linares, 2011 y modificado por Kambwa M.)

En el Bloque 20, se han perforado más de una decena de pozos (Tabla 1), de los cuales el más profundo es el Granma 1 (3017 m). Sin embargo las rocas más antiguas se reportaron en el pozo Manzanillo 1 a 1504 m de profundidad con edad Paleoceno Inferior y Medio. La interpretación de los cortes de los pozos permite conocer la distribución en planta y en la vertical del registro estratigráfico a la vez que nos da información sobre los elementos del sistema petrolero.

Tabla 1. Pozos perforados en la cuenca de Cauto (bloque 20).

Pozos	Profundidad (m)	Coordenada Lambert	
		X	Y
Oruita 1	2210	474030,9832	192321,8587
Granma 1	3000	490030,0141	204187,1767

Embarcadero 1	2550	500985,6904	207833,1398
San Ramón	1430	443772,8159	172812,4921
Santa Regina 1	1400	448863,4163	173538,9402
Campechuela 1	1500	456378,1127	174668,9704
Manzanillo 1	2050	471658,4381	186335,0534
Vicana 1	678	439732,6564	161350,7565
Vicana 2	1020	438763,0183	162642,2196
Creciente 1X	1738	437954,9865	166678,0421
Macaca 1	1182	432298,7635	164337,2648
Media luna 1	1377	436419,7258	165870,8776

El Pozo Embarcadero 1. (Figura 15) Se ubica a 3 km al sur del poblado Cauto Embarcadero y a 10 km al sureste del poblado Río Cauto, cerca de La localidad La Gabina. Coordenadas: X: 500985,6904, Y: 207833,1398. Este sondeo fue perforado en los primeros meses de 1956 por Trans Cuba Oil, y alcanzó la profundidad de 2550 m. Fue el primer pozo perforado en la cuenca del Cauto y mostró ligeras manifestaciones de gas, casi al final de pozo.

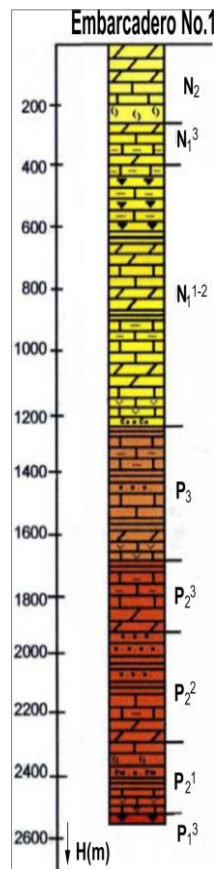


Figura 15. Corte esquemático pozo Embarcadero 1X.

Las rocas cortadas eran tobas y rocas sedimentarias del Paleoceno Superior- Eoceno Inferior, perteneciente al grupo El Cobre, esto indicios de la presencia de hidrocarburos a grandes profundidades son indicativos de la ocurrencia de rocas madres con capacidad generadora de petróleo y gas dentro de la cuenca, así como la migración del mismo por dentro de la cuenca.

Pozo Santa Regina 1. Se encuentra a 500 m al sur del poblado Ceiba Hueca y a 2 km al norte de Ceiba Hueca Arriba provincia de Granma. Coordenada Lambert. X: 448863,4163 Y: 173538,9402. Se comenzó en Mayo 1958 por la compañía Cuba Stanolind Oil y alcanzó una profundidad de 1400 m. esta perforación se realizó sobre una estructura sísmica. El sondeo no logró su objetivo, al no cortar las llamadas Calizas Macaca, encontrados en el pozo de igual

nombre pero detectaron una calizas de formación arrecifal del Eoceno Medio entre 1253-1320 m de la formación Charco Redondo con buena porosidad y manifestaciones de gas en ella, indicativo de la presencia de roca colector y sellos dentro del área de la cuenca.

Pozo Crecientes 1X. Que se encuentra a 1 km al noreste del central azucarero Juan Manuel Márquez (antes Media Luna), a unos 100 m de la carretera Manzanillo-Niquero. Coordenada Lambert X: 437783.60, Y: 166696.21. El pozo Creciente 1X, fue propuesto y perforado por La compañía Genoil Inc, en 1999, hasta la profundidad final de 1738 m Figura 15. El objetivo primario de este sondeo era determinar el potencial gasopetrolífero de presumibles construcciones arrecifales del Eoceno Medio, que se sugería por los datos sísmicos. Se sustentaba además de la información de las líneas sísmicas por la correlación con secuencias arrecifales cortadas por los cercanos pozos Vicana 1 y Vicana 2 y Macaca 1. Un segundo objetivo que se tenía, se relacionaba con las secuencias cretácicas que subyacen las rocas colectoras arrecifales, con el propósito de evaluar su potencial, en primer lugar como rocas madre, y en segundo como posibles reservorios. Este objetivo no se pudo esclarecer, ya que el pozo fue detenido por la compañía a 1738 m y no continuo hasta 2500 m, como estaba previsto en el proyecto.

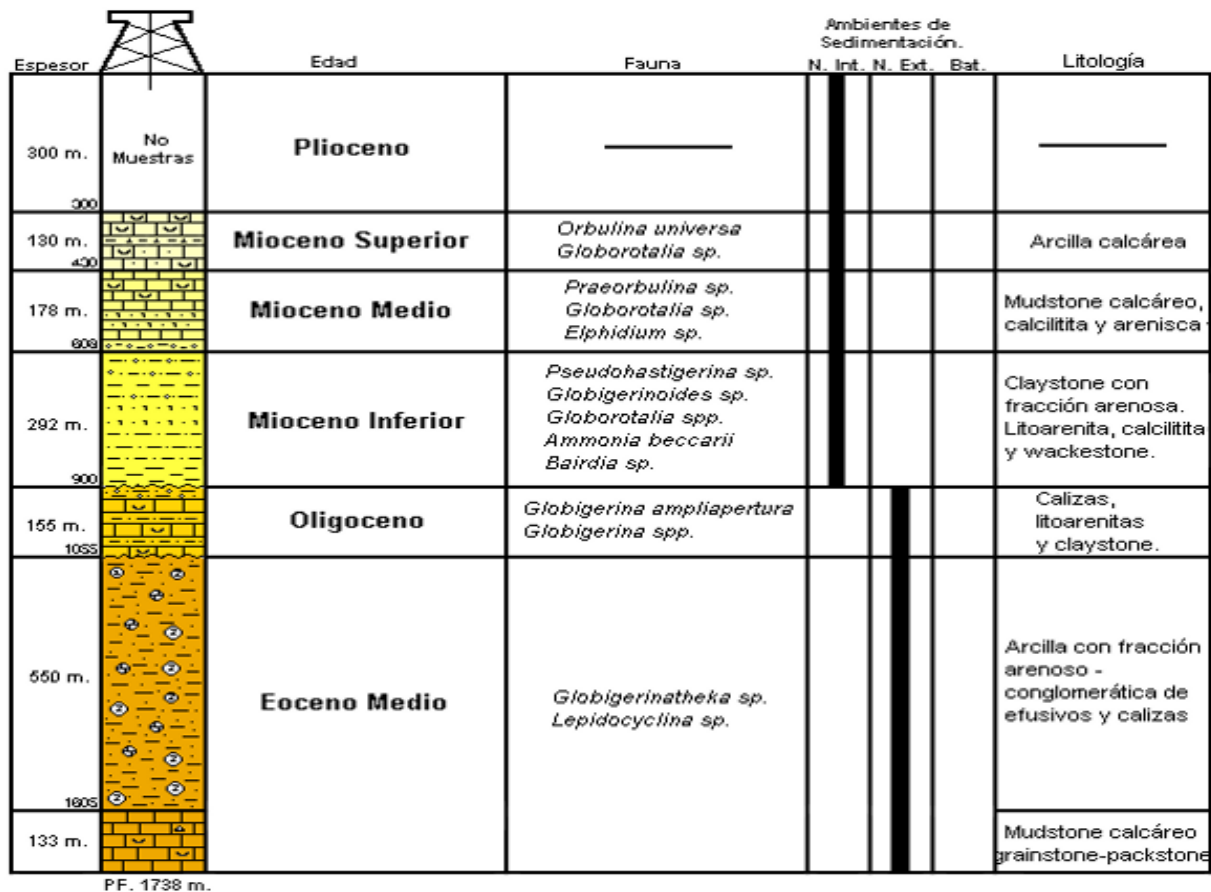


Figura. 16. Corte esquemático pozo Creciente 1X.

En la localidad Las Tunas de Guajacabo, Río Cauto, fue perforado el pozo Granma 1 que hasta la fecha es el segundo más profundo de la región oriental. Está situado aproximadamente a 7 km al sur-suroeste del poblado Río Cauto y a 11,5 km al suroeste del poblado Cauto Embarcadero. Coordenadas: X: 490030,0141 Y: 204187,1767 Figura 16. Esta perforación fue ejecutada en 1979 y alcanzó 3000 m de profundidad. Se convirtió en el pozo más profundo perforado en la cuenca del Cauto. Este no presentó manifestaciones de hidrocarburos. Por su profundidad, el corte del pozo se muestra a continuación: 0-165 m: cobertura sedimentaria del Neógeno-Cuaternario; 165-720 m: margas, areniscas calcáreas y polimícticas, calizas arcillosas, calizas organógenas y dolomitas o calizas dolomitizadas de la Formación Damajagua, edad Plioceno; 720-820 m: calizas organógenas, en algunos casos dolomitizadas, calizas arcillosas, pertenecientes a la Formación Casimba, edad Mioceno Superior (también

Formación Júcaro); 820-1265 m: calizas bioclásticas, dolomitizadas, calizas arcillosas de edad Mioceno Inferior y Medio; 1265-1495 m: arcillas, areniscas polimícticas y calizas arcillosas de la Formación Yara, edad Oligoceno Superior; 1495-1825 m: areniscas polimícticas, arcillas, areniscas calcáreas algunas intercalaciones de calizas bioclásticas y dolomías pertenecientes a la Formación Jiguaní, edad Oligoceno Inferior-Superior; 1825-1995 m: calizas clásticas, dolomitas, calizas arcillosas y arcillas, Formación San Luis de edad Eoceno Superior; 1995-2500 m: calizas, arcillas, calizas bioclásticas y arcillosas, margas, areniscas polimícticas y conglomerados calcáreos, Formación Charco Redondo de edad Eoceno Medio; 2500-2630 m: calizas bioclásticas y areniscas con material volcánico, Formación Ojo del Toro, edad Eoceno Inferior (Grupo El Cobre); 2630-2995 m: conglomerados volcánicos y tobas, de la Formación Pílon, edad Paleoceno-Eoceno Inferior 2995-3017m: calizas bioclásticas, areniscas polimícticas y volcánicas, grauvacas, edad Paleoceno -Eoceno Inferior.

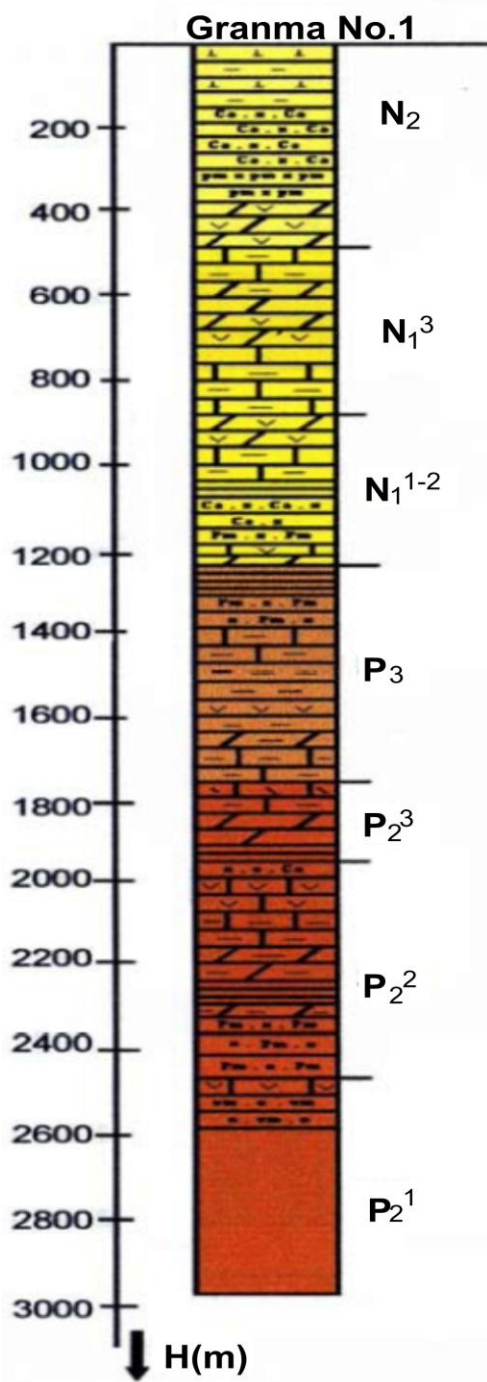


Figura 17, Corte estratigráfico del pozo Granma 1.

Pozo Manzanillo 1. Figura 18. Esta perforación se encuentra ubicada en El Diagonal a 200 m al sureste de la ciudad de Manzanillo, provincia de Granma. Coordenada X: 471658,3481 Y: 186334,0534. El sondeo comenzó ejecutarse en abril de 1956 por la Campania Trans-Cuba Oil y alcanzo la profundidad de 2050 m fue situado sobre una estructura sísmica (Nariz de Anticlinal). Como manifestaciones mostró mancha de petróleo pesado en el intervalo de 1245-1302 m, en margas de Eoceno Inferior, también en una caliza arrecifal de Eoceno Medio de poco espesor y en algunas intercalaciones de los arrecifes Macaca.

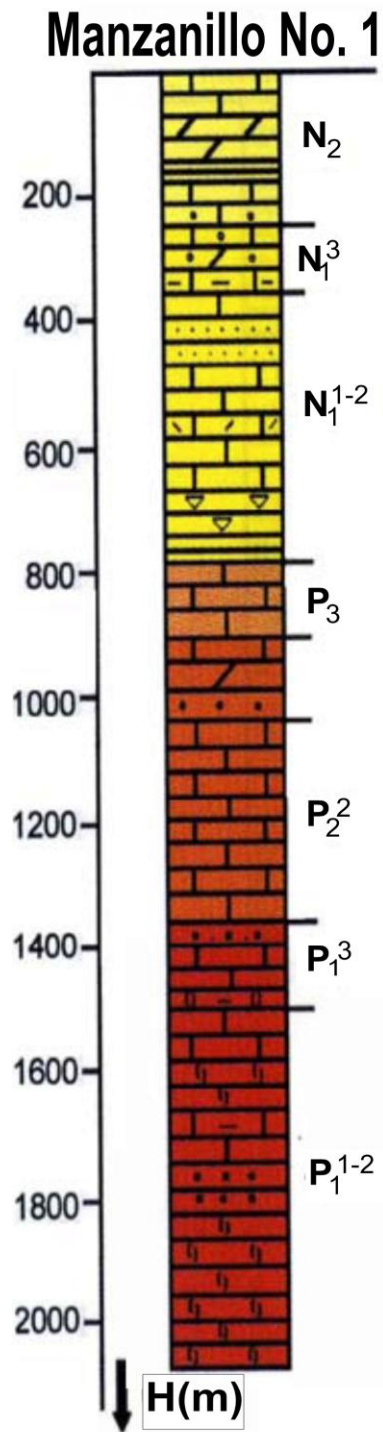


Figura 18, Corte estratigráfico del pozo Manzanillo 1.

Pozo Vicana 2

Está situado a 2.5 km del poblado de Medio Luna cerca del cementerio de poblado Vicana Abajo. X: 438763,0183 Y: 162642,2196. Comenzó a perforarse en Junio 1958 y alcanzo la profundidad de 1020m. Se encontraron la caliza Macaca con algunas manifestaciones de gas y manchas de petróleo.

Mapa de manifestaciones de petróleo y gas.

En la Cuenca del Cauto se han reportado manifestaciones de petróleo y gas en varios pozos perforados ver tabla 2. Esta información muestra la capacidad de generación de rocas madres dentro de la cuenca, hecho apoyado también por las manifestaciones superficiales que han sido descritas por Linares, 2011.

Tabla 2. Manifestaciones de petróleo y gas en los pozos perforados la Cuenca de Cauto (Bloque 20).

Pozo	Prof. (m)	Coordenada Lambert		Manifestaciones superficiales	
		X	Y	Gas	Petróleo
Vicana 2	1020	438763,0183	162642,2196	Si	Si
Vicana 1	678	439732,6564	161350,7565	No	No
Macaca 1	1182	432298,7635	432298,7635	No	No
Media Luna 1	1377	436419,7258	165870,8776	No	No
Rio Tana 1				Si	Si
Santa Ramón	1430	443772,8159	172812,4921	No	No

Santa Regina 1	1400	448863,4163	173538,9402	Si	No
Campechuela 1	1500	456378,1127	174668,9704	Si	No
Manzanillo 1	2050	471658,4381	186335,0534	No	Si
Oruita 1	2210	474030,9832	192321,8587	No	No
Granma 1	3000	490030,0141	204187,1767	No	No
Embarcadero 1	2550	500985,6904	207833,1398	No	Si

En la figura 19 en la localidad de margen sur del Arroyo Guamutas ubicado en la cuenca del Cauto se observa en el lodo de la orillas, sustancia grasienta de hidrocarburos, de color aceitunado brillante sobre el fango e iridiscente sobre el agua.



Figura 19. Manifestación en el arroyo Guamutas (tomado en Linares, 2011).

En la localidad Las Tunas de Guajacabo, Río Cauto, fue perforado el pozo Granma No.1 que hasta la fecha es el segundo más profundo de la región oriental. Está situado aproximadamente a 7 km al sur - suroeste del poblado de Río Cauto y a 11.5 km al suroeste del poblado de Cauto Embarcadero con la siguiente coordenadas: x: 489960 y: 204145. Se ve la manifestación superficial de petróleo en la boca de pozo.

También se observó presencia de petróleo líquido en los pozos Río Tana 1 y Vicana 2. Las manifestaciones de gas encontradas en algunos pozos perforados en la cuenca Cauto, deben tener un origen termogénico y pudieran haberse generado en los sedimentos Paleógenos de la columna sedimentaria de la cuenca del Cauto o tal vez en otros más antiguos, no alcanzados aún por perforaciones. Se detectaron manifestaciones de petróleo en el pozo Manzanillo y de gas en el Vicana 2.

Los depósitos más jóvenes del complejo postorogénico, presentaron manifestaciones de petróleo en los pozos Campechuela y Río Tana. Además han sido detectadas manifestaciones de petróleo y bitúmenes en la superficie, en las regiones interiores de la cuenca y en sus bordes (Aballi, 1999; Miró, 1993 y 2000; González, 2007). Los resultados de los estudios rock eval, de las muestras tomadas en el año 2003, se analizaron en laboratorios del CEINPET CUPET y las del 2006 en INTEVEP PDVSA; los resultados de ambas campañas indicaron que los sedimentos del intervalo Eoceno Inferior – Mioceno, presentes en la Cuenca del Cauto, tienen valores de carbono orgánico total (COT) extremadamente bajos, máximo de 0.16 y promedio de 0.04 %, indicando muy poco o ningún contenido de materia orgánica (Linares, 2011), indicativo de no ser las rocas madres de los manifestaciones de hidrocarburos en los pozos y salideros de la cuenca.

No obstante lo anterior, las manifestaciones superficiales de petróleo constituyen un índice directo de la exploración de hidrocarburos, lo cual justifica la existencia de un sistema petrolero cuya génesis pudiera estar asociada en esta región a rocas más antiguas, como las depositadas en el Cretácico a inicios de la formación de la cuenca.

CAPÍTULO III. REPRESENTACION E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

3.1 Introducción

El siguiente capítulo se mostrara las interpretaciones que se llevaron a cabo después de procesar la información obtenida. Partiremos de un análisis sismo-estratigráfico así como una correlación con los datos de pozos, datos gravimétrico y magnéticos, para cada una de las líneas sísmicas que mejor caracterizan los diferentes rasgos de la cuenca tomando en consideración el sistema petrolero; finalmente se estudiaran en conjunto las interpretaciones de las líneas sísmicas para proponer cuales podrán ser las estructuras más propensas a contener acumulaciones de hidrocarburos.

Evolución geológica

A fines del Campaniano Superior-Maastrichtiano se extinguió el arco volcánico Cretácico, iniciándose la obducción de sur a norte, originándose procesos de acreción tectónica sobre el margen de Bahamas, y el emplazamiento del complejo ofiolítico según un sistema de escamas de sobrecorrimientos altamente dislocadas (Rodríguez A., 1999, Pindell, et. al 2011).

La actual cuenca Cauto aparece como estructura geotectónica en este periodo como una prolongación de la apertura de la cuenca de Yucatán y como cuenca intra-arco de la evolución del arco de las Antillas, (Pindell, et. al, 2006).

Los movimientos de compresión hacia el norte culminaron con la colisión y obducción de las paleounidades tectónicas del Bloque Oriental Cubano sobre el borde pasivo de la Plataforma de Bahamas (Pindell, et.al, 2011) Figura 19. A partir del Eoceno Medio y hasta el Mioceno Medio las fuerzas de compresión tangencial se reducen quedando sólo expresadas a través de fallas de deslizamiento por el rumbo, plegamientos y empujes locales, tomando importancia para la región los movimientos verticales que caracterizan y condicionan la morfotectónica regional, iniciándose a partir del Mioceno Medio el proceso de ascenso del actual territorio de la isla de Cuba, dominados en el sector oriental por el sistema de fallas transcurrentes Oriente, límite de placas actual del Caribe y Norteamérica.

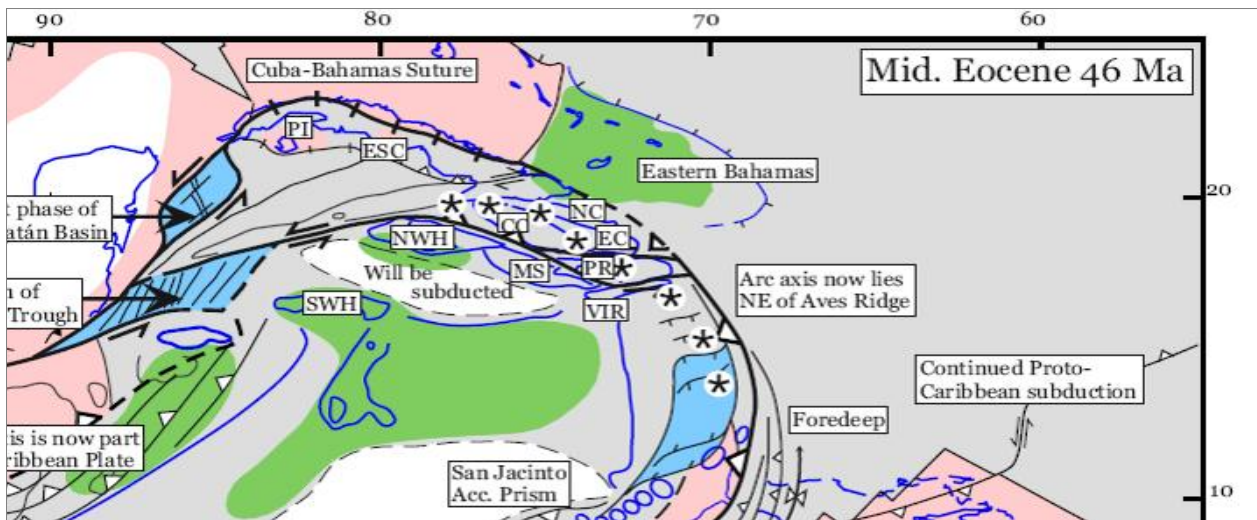


Figura 20. Termino del Eoceno Medio, acreción y sutura del Bloque Oriental Cubano. Al margen de Bahamas. (Modificado Pindell, 2011.)

Los movimientos tectónicos recientes se van a caracterizar por movimientos verticales responsables de la modelación del sistema de horts y grabens, pero sin restar importancia a la influencia que tienen sobre Cuba y más remarcada sobre el sector de Cuba Oriental los desplazamientos horizontales que ocurren a través de la falla Oriente (Bartlett-Caimán) desde el Eoceno Medio-Superior, generándose un campo de esfuerzos de empuje con componentes fundamentales en las direcciones norte y noreste, que a su vez provocan desplazamientos horizontales de reajuste en todo el Bloque Oriental Cubano y que deforman las antiformas del foredeep en el sistema de cuencas de antepaís Cuba-Bahamas, en su porción oriental Figura 21.

Los sistemas de escama tectónicas movieron todas las estructuras junto a la Cuenca Cauto, como estructura de cuenca a cuesta; desde el Maastrichtiano (García-Casco, et al, 2008, Pindell, et al, 2011), debido al movimiento del cinturón orogénico al norte, que se deforma por compresión y se separa por la fallas transcurrentes laterales que lo subdividen.

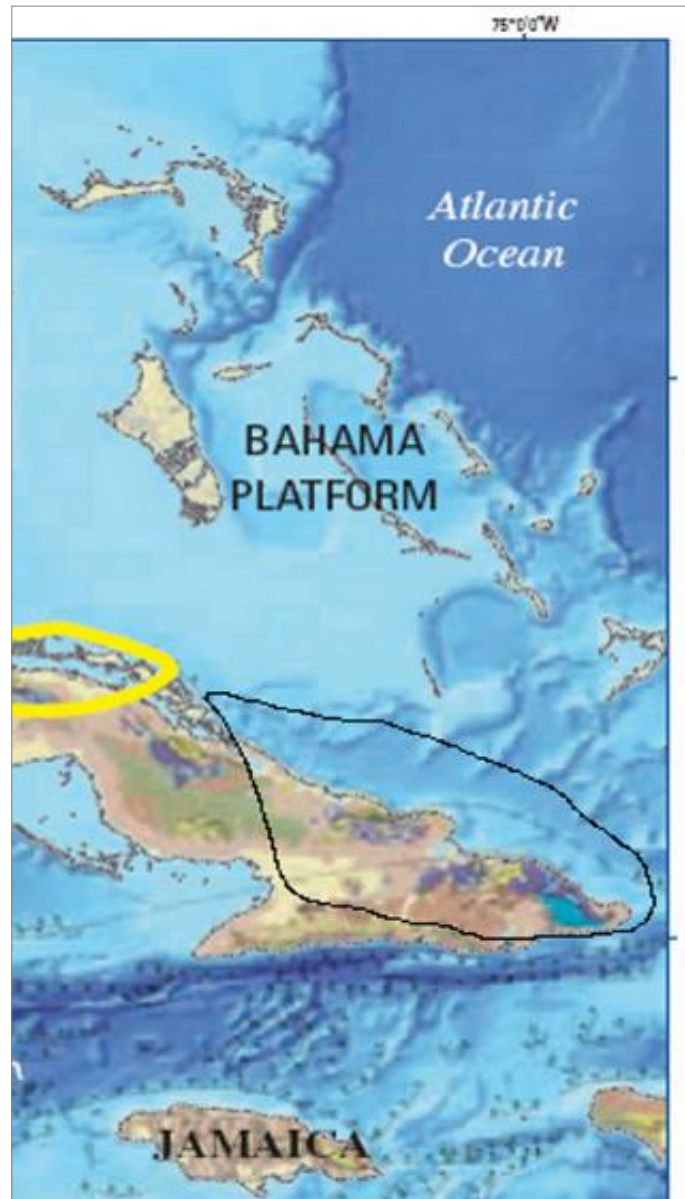


Figura 21. Esquema de la zona que ocupa el sistema de cuenca de antepaís Cuba-Bahamas en la porción oriental de Cuba.

Se puede generalizar el sistema a partir de las principales estructuras de Cuba Oriental, y la superposición de eventos geológicos compresivos oblicuos de dirección septentrional (García-Casco, et al, 2008); Figura 22. El evento compresivo Cretácico-Terciario con magmatismo

asociado, y la continuidad de este evento compresivo sin magmatismo asociado desde el Eoceno Superior.

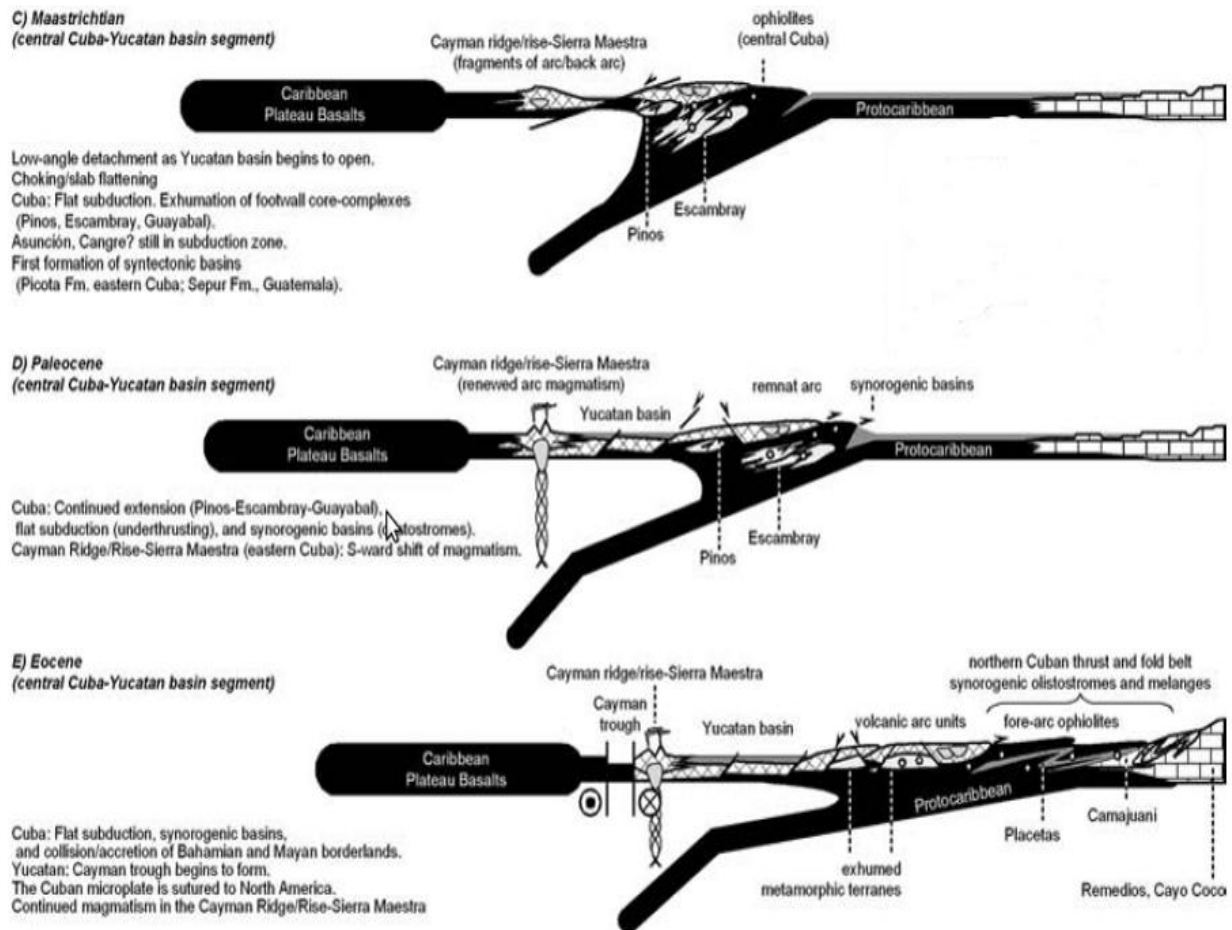


Figura 22. Esquema de desarrollo y obducción del cinturón plegado cubano y sus cuencas sobre el margen de Bahamas, (modificado de García-casco, et al. 2008)

En el Eoceno Inferior parte alta, la actividad volcánica comenzaba a disminuir al sur de la cuenca, se mantiene el sistema de grandes fallas de dirección NO, que modela la Cuenca Cauto desde el Cretácico (García-Casco, et al. 2008). Es activa la compresión oblicua hacia el norte.

Luego de casi concluida la actividad volcánica, se mantiene la componente tensional y la compresión N-S, por la continuación de obducción sobre el margen de Bahamas, apareciendo un elemento nuevo: la transcurrencia de dirección E-O asociada a la apertura de la Fosa Caimán. Con la subsiguiente deposición de las brechas polimícticas como la Fm. Farallón Grande con clastos angulares de hasta 1 m de la Fm. Charco Redondo y el Grupo El Cobre. Los afloramientos de esta formación marcan en superficie el momento de máxima actividad de la zona de falla transcurrente Cauto-Nipe, la que desempeña un papel importante en la traslación desde una posición meridional del bloque Oriental cubano.

Estructuras dentro de la Cuenca Cauto

Las estructuras desarrolladas dentro de la cuenca Cauto pertenecen a la zona de la cuña orogénica (wedgetop) del sistema de antepaís Cuba-Bahamas, Iniciada a fines del Mesozoico, y representados en afloramientos dentro de la cuenca por la Formación Babiney. El proceso continuo de evolución tectónico sedimentario dentro de la cuenca en el periodo Terciario, está dominado por procesos de extensión de la corteza, manifestando procesos transpresionales y transtensionales dominados por la zona de falla Cauto-Nipe (Figura 7) bien expresada en los campos magnéticos y gravimétricos del área de estudio (Figura 23 y 24), donde se observa la cuenca con sus límites bien expresado por altos gradientes en los bordes del campo, y desarrollada como un mínimo gravitacional regional con algunos máximos locales. Los máximos A y A', con una intensidad de campo de 46 y 70 mGal, muestran el efecto de cuerpos densos del arco volcánico Cretácico y de la corteza oceánica. Las anomalías C y C' similares; se encuentran enmarcadas en un mínimo gravimétrico relativo, presentando intensidades de campo de 6 y 12 mGal; esta zona corresponde al mínimo regional que representa en la cuenca de Cauto la zona de fallas transcurrentes Cauto -Nipe, a la que está asociado un potente espesor sedimentario. La anomalía B caracteriza el máximo Levingston, corresponde con una intensidad de campo de 176 mGal, mostrando un alto gradiente con respecto a la anomalía C, indicando una zona de contacto tectónico con cambios bruscos de dirección, indicativo de tectónica transcurrente que caracteriza la Zona de Falla Cauto-Nipe. Esta anomalía está provocada por un cuerpo enorme de rocas densas (Álvarez, 2001b) perteneciente a una corteza oceánica.

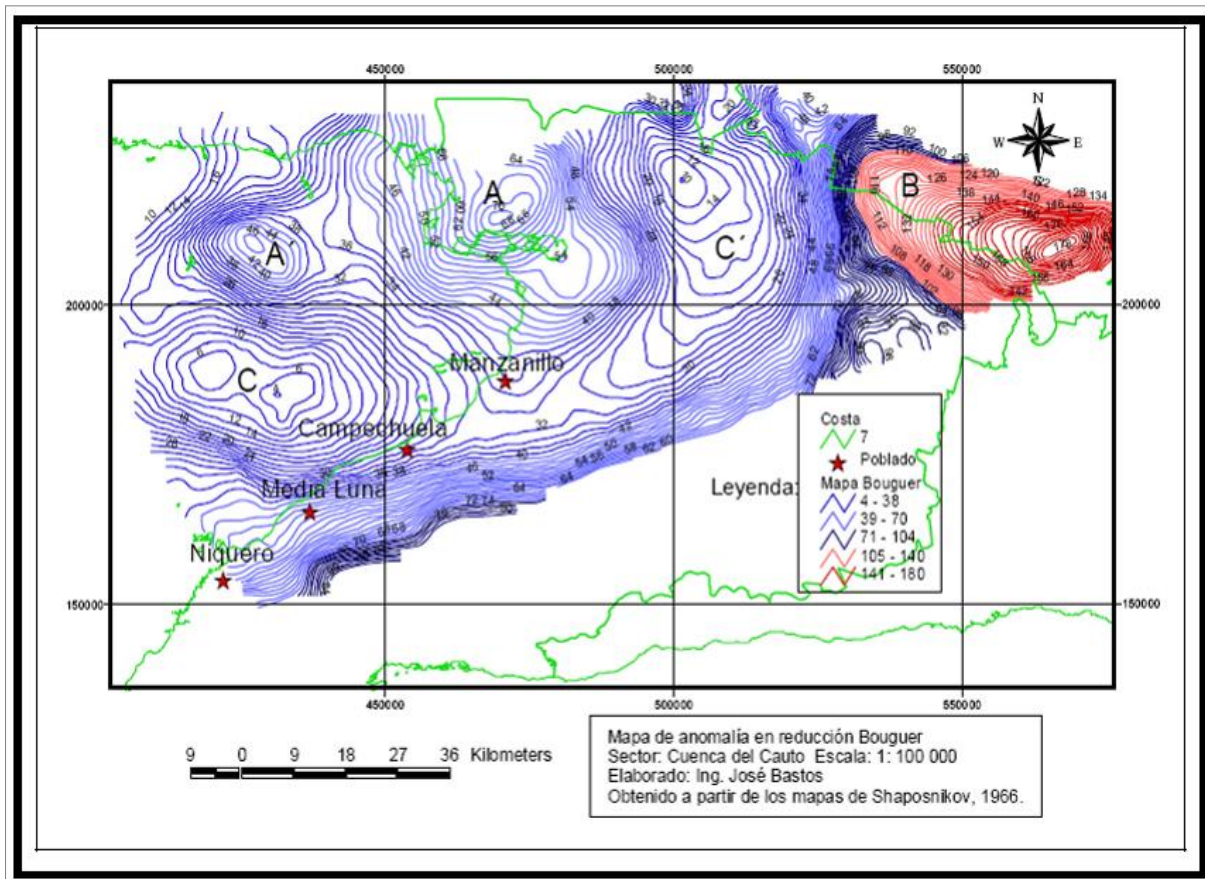


Figura 23. Mapa de anomalía en reducción Bouguer, (tomado de Bastos, 2011)

En el mapa magnético (Batos, 2011), se observa cómo los cuerpos magnéticos bordean la cuenca, delimitada por el mínimo regional del campo gravimétrico que presenta un comportamiento tranquilo. Además se pueden observar algunas anomalías circulares de máximos magnéticos locales dentro del mínimo gravimétrico regional. Las anomalías magnéticas son coincidentes con los afloramientos de rocas del arco y sus ofiolitas, así como del extremo occidental de la Sierra Maestra.

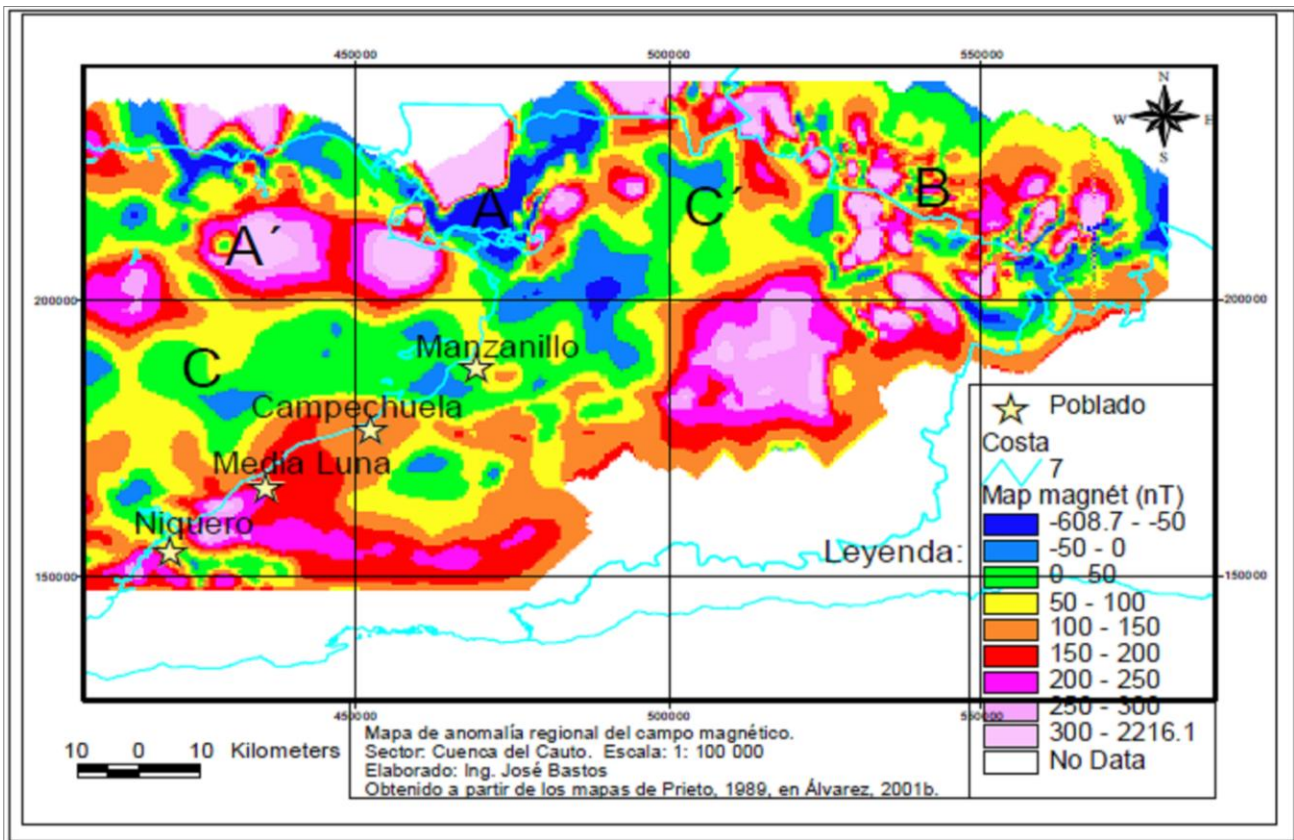


Figura 24. Mapa de anomalía regional del campo magnético, (Bastos, 2011)

Ambos mapas con sus anomalías, muestran el control tectónico impuesto por el desarrollo de fallas transcurrentes que forman la cuenca tensional del Cauto, a partir de la extensión de la corteza, unido al proceso de colisión que generó el sistema de antepaís. La presencia de las subcuencas es un peculiar rasgo del desarrollo de las cuencas de pull-apart, interpretado como una extensión paralela al orógeno. Este estilo tectónico determina la existencia de bloques elevados por basculamiento, que pueden formar trampas para la acumulación de hidrocarburos y por ende se convierten en objetivos potenciales de la exploración petrolera.

Estructura de zonas perspectivas en la Cuenca Cauto.

Dentro del conjunto investigado por la sísmica tomamos los perfiles más importantes y que coincidían con estructuras delimitadas por la gravimetría en trabajos precedentes. Donde con claridad se observa relación entre la geología de superficie y la del subsuelo, y manifestando zonas levantadas dentro de la cuenca Cauto, coincidentes con manifestaciones de

hidrocarburos en superficie o en los pozos aledaños como las áreas de Manzanillo, Embarcadero, figura 24.

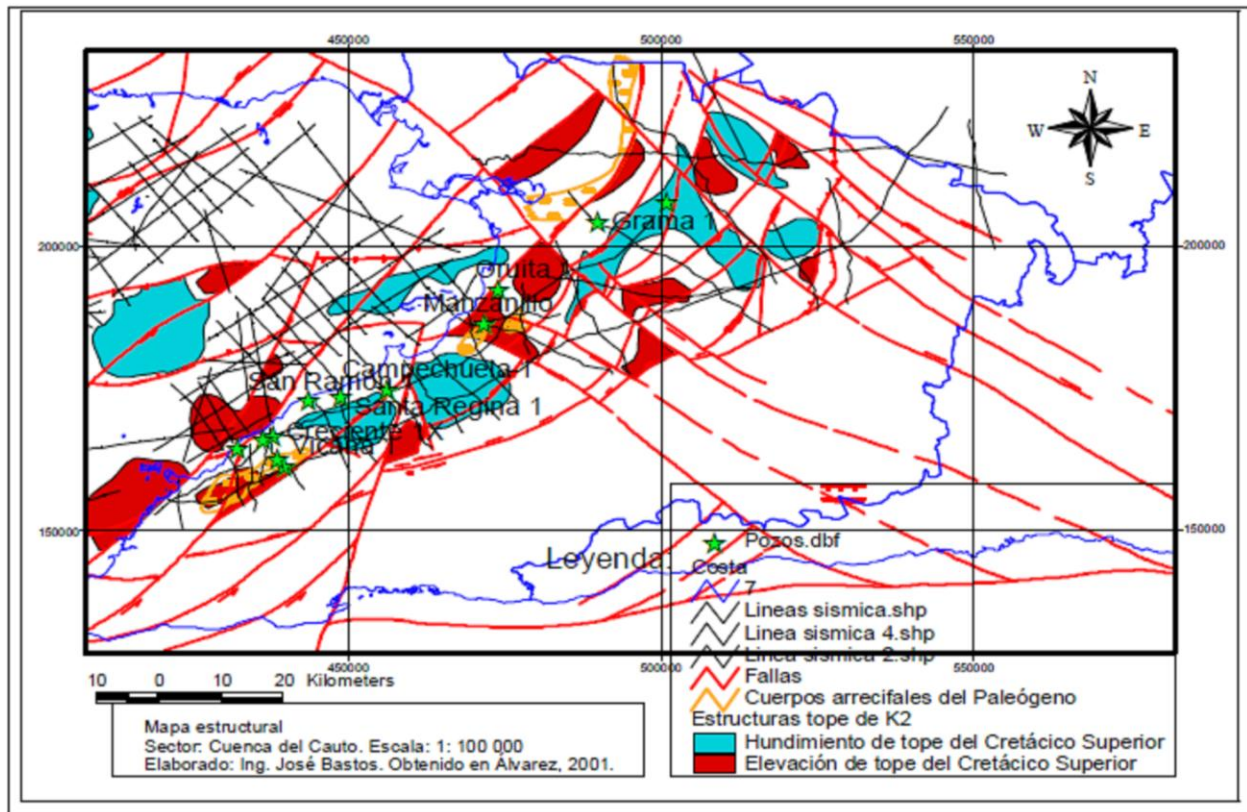


Figura 25. Mapa estructural

En la porción sur occidental existe una relación entre las manifestaciones de hidrocarburos y levantamiento del registro estratigráfico cretácicas, coincidencia que se muestra en el mapa de tope del Cretácico elaborado por Bastos, 2011. En la zona aparecen perforados los pozos Vicana 1, Vicana 2, Creciente 1X y Media Luna, todos ubicados sobre estructuras levantadas del Cretácico pero no llegan a evaluar los mismos en su profundidad Figura 25.

Las estructuras en forma de anticlinal coinciden con el movimiento paralelo al transporte tectónico de las estructuras compresivas de colisión y pliegan las secuencias del Eoceno medio, justo antes de la discordancia del Eoceno Superior, indicando la sedimentación sobre un paleorelieve deformado por compresión y luego enterrado en el proceso de extensión tectónica de la cuenca Cauto.

Se observa un control tectónico del anticlinal, con el desarrollo de numerosas fallas, que cortan la secuencias miocénicas, indicativo de los movimientos transcurrentes que ocurren aún dentro de la cuenca.

El perfil sísmico CUB20-96-15 (Figura 28) se relaciona con el pozo Granma 1 (3017m). Esta línea muestra de manera general una profundización de la cuenca hacia la parte suroriental, mientras el noroeste va levantándose la estructura del fondo presumiblemente cretácica y los estratos terciarios disminuyen los espesores. Todo el corte coincide con la anomalía gravimétrica que se observa en el mapa. A partir del pozo hacia sureste hay fallas normales que aparecen en toda la secuencia sedimentaria y la parte noroeste parece fallas inversas.

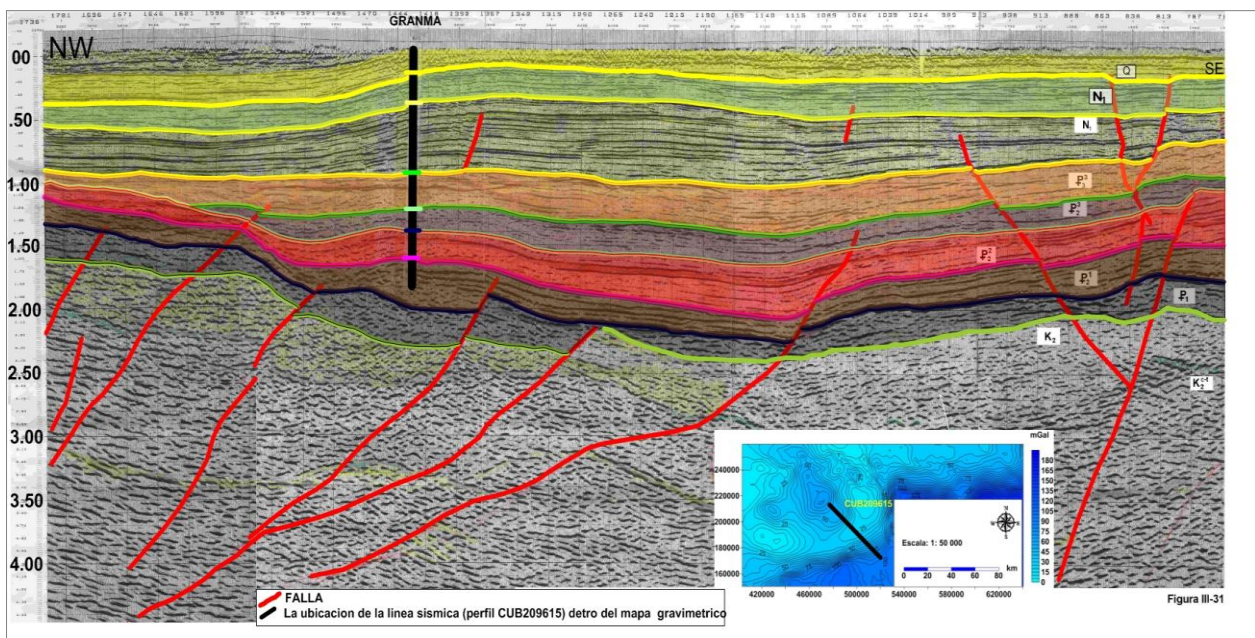


Figura 28 Granma. Estructura de elevación del Cretácico.

Se puede concluir que el pozo Granma 1, está fuera de la estructura y una posible ubicación de un nuevo pozo de exploración, debe tener en cuenta la relación que existe con el mapa de anomalías residuales, figura 29, Bastos, 2011. Su ubicación debe coincidir con el cuadrante de la anomalía A, y en la posición que cierra la residual 8.

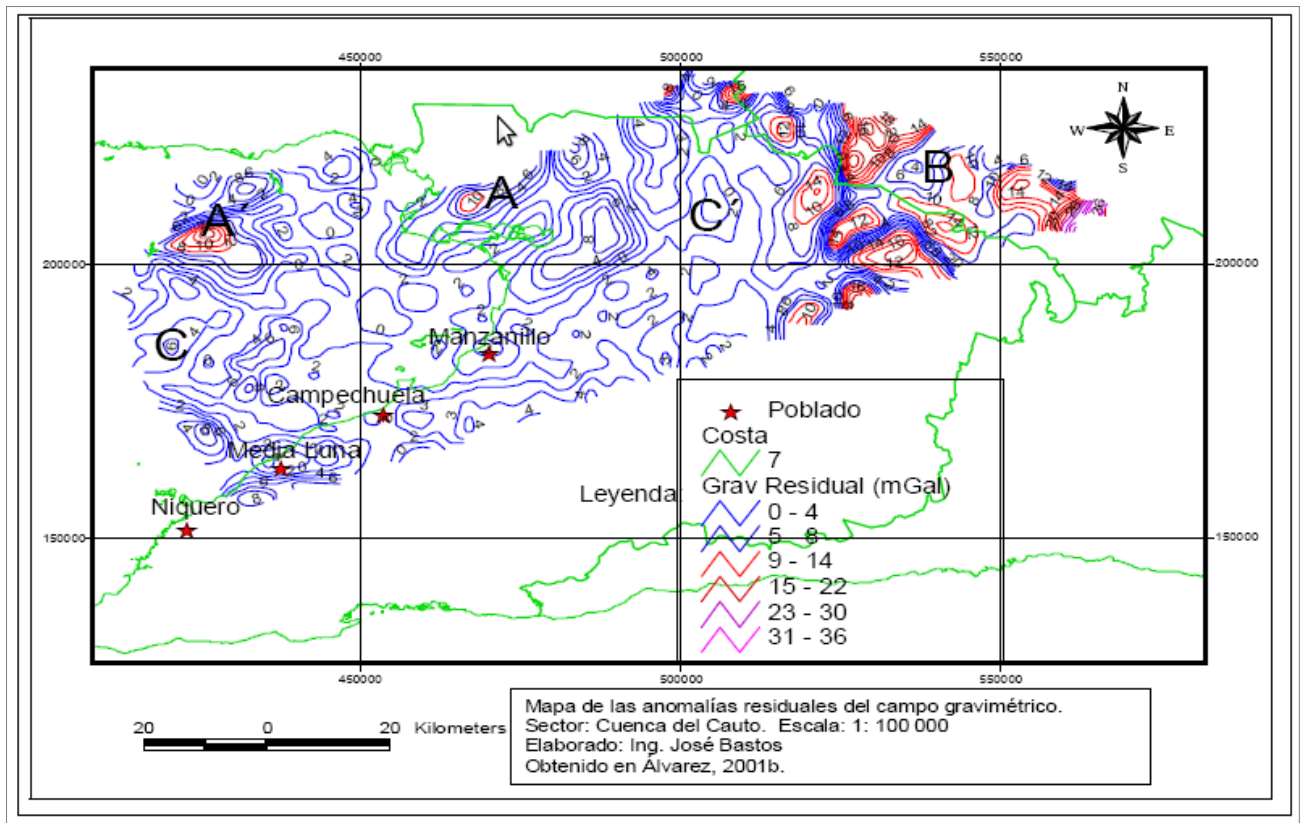


Figura 29. Mapa anomalías residuales gravimétricas. Basto, 2011.

Toda la evidencia entre los diferentes datos recopilados nos lleva a afirmar que existe, en la cuenca una relación muy estrecha, entre las manifestaciones de hidrocarburos en pozos y salideros superficiales, con las antiformas descritas en el mapa geológico; que su vez son coincidentes en profundidad con las anomalías gravimétricas y estructuras levantadas delimitadas por la sismica. Esto se debe tener en cuenta para futuras exploraciones.

Conclusiones

- Fueron evaluadas las relaciones tectono-estratigráficas de la Cuenca Cauto, a través de un modelo evolutivo de sistema de cuenca antepaís y se localizaron las zonas con mayores perspectivas en el desarrollo de su sistema petrolero.
- La investigación realizada permitió afirmar que la Cuenca Cauto, en el bloque oriental cubano, pertenece a la cuña orogénica (wedge top) del sistema de cuenca de antepaís Cuba-Bahamas.
- La realización de este trabajo permitió confirmar que las estructuras en forma de anticlinal presentes en la cuenca Cauto, coinciden con el movimiento paralelo al transporte tectónico de las estructuras compresivas de colisión y pliegan las secuencias del Eoceno medio, justo antes de la discordancia del Eoceno Superior, indicando la sedimentación sobre un paleorelieve deformado por compresión y luego enterrado en el proceso de extensión tectónica de la cuenca Cauto.
- Existe una relación real entre las manifestaciones de hidrocarburos en pozos y salideros superficiales, con las antiformas descritas en el mapa geológico; que a su vez son coincidentes en profundidad con las anomalías gravimétricas y estructuras levantadas delimitadas por la sísmica. Las zonas favorables para la exploración y ubicación de pozos están en el área adyacente de los antiguos pozos Manzanillo y Granma.

Recomendaciones

- Aumentar el nivel de investigaciones sísmicas en las áreas de interés.
- Utilizar tecnologías de estudios geofísicos de mayor alcance.

Bibliografía

1. Allen, P.A., Homewood, P., 1986. Foreland basins. Blackwell Scientific Publications, 453 pp.
2. Alavi Mehdi. 2004 Regional Stratigraphy of the Zagros Fold-Thrust Belt of Iran and its Proforeland Evolution. American Journal of Science, Vol. 304, January, 2004, P. 1–20
3. Alavi Mehdi. 2004 Regional Stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. American Journal of Science, Vol. 304, January, 2004, P. 1–20
4. Blanco-Quintero, ideal, 2010. Metamorphic and magmatic consequences of subduction of young oceanic lithosphere and exhumation in a serpentinite subduction channel. Eastern Cuba. Granada. Tesis doctoral. 277p
5. Busby, C.J., Ingersoll, R.V., 1995. Tectonics of Sedimentary Basins. Blackwell Science, 579 pp.
6. Catuneanu O., Beaumont C., Waschbusch P. 1997. *Interplay of static loads and subduction dynamics in foreland basins: reciprocal stratigraphies and “missing” peripheral bulge*. Geology, 25, 1087-1090.
7. Catuneanu O., Sweet A., Miall A. 1999. *Concept and styles of reciprocal stratigraphies: Western Canada foreland system*. Terra Nova, 11, 1-8.
8. Conference Transactions, Petroleum Systems of Deep-Water Basins, December 2-5, 2001, pages 193-220.
9. Christopher J. Schenk., 2004. Jurassic-Cretaceous Composite Total Petroleum system And Geologic Models for Oil and Gas Assessment of the North Cuba Basin, Cuba. U.S. Geological Survey Digital Data Series DDS–69–M.
10. Cruz-Orosa, Israel , Sàbat, Francesc , Ramos, Emilio and Vázquez-Taset, Yaniel M.(2011) 'Synorogenic basins of central Cuba and collision between the Caribbean and North American plates', International Geology Review, First published on: 09 June 2011.

11. DeCelles P., Giles K. 1996. *Foreland basin systems*. Basin Research, 8, 105-123.
12. Fantoni R., Catellani D., Merlini S., Rogledi S., & Venturini S. (in press). *La registrazione degli eventi deformativi cenozoici dell'avampaese Veneto-Friulano*. Mem. Soc. It.
13. FRANCO, G. L. A. *Léxico estratigráfico de la República de Cuba*. Instituto de Geología y Paleontología (I.G.P.). . LA HABANA, 2004.
14. GARCÍA, D. *Estratigrafía de la Cuenca Cauto y su correlación con el subsuelo*. VII CONGRESO DE GEOLOGÍA (GEOLOGIA'2007), Estratigrafía y Paleontología., LA HABANA, 2007.
15. *García E1., Et al-* 2007 Estratigrafía de la region de la cuenca del Cauto y su correlación con el subsuelo.
16. A. GARCÍA-CASCO., M. A. Iturralde Vinente., J. PINDELL., 2008 Latest Cretaceous Collision/Accretion between the Caribbean Plate and Caribean: Origin of Metamorphic Terranes in the Greater Antilles.
17. GRANT, F. S. *Interpretation theory in Applied Geophysics*. University of Toronto, 1966.
18. GUBINS, A. *Euler Deconvolution, Past, Present and Future: a Review*. Applications of regional geophysics and geochemistry. Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration, GETECH, c/o Department of Earth Sciences, Leeds University, Leeds, United Kingdom., 1997.
19. Israel Cruz-Orosaa; Francesc Sàbatb; Emilio Ramosa; Yaniel M. Vázquez-Taseta 2001.,Synorogenic basins of central Cuba and collision between the Caribbean and North American plates. International Geology Review.
20. James Pindell and Lorcan Kennan. 2001. Kinematic Evolution of the Gulf of Mexico and Caribbean. GCSSEPM Foundation 21st Annual Research Conference Transactions, Petroleum Systems of Deep-Water Basins, December 2-5, 2001, pages 193-220.
21. Jesús Antonio Blanco Moreno. 1999 Estratigrafía y Paleogeografía de las Cuencas Superpuestas de Cuba Centro Oriental. Tesis de doctorado.

22. J. Pindells, 2006. Foundations of Gulf of Mexico and Caribbean evolution: eight controversies resolved. *Geologica Acta*, Vol.4, Nº1-2, 2006, 303-341.
23. José F., C., José H., L., Yusneurys P., 2007 *CEINPET*. Análisis estratigráfico, Ambientes de Sedimentación y Evolución de la Cuenca de Antepaís según las perforaciones horizontales costa afuera.
24. José Bastos Vaz Da Conceição Do Sacramento. 2011 Interpretación Integrada De Atributos Geológico – Geofísicos para la Selección de Áreas Perspectivas para la Exploración Gasopetrolífera en la Cuenca del Cauto, Cuba. Tesis De Maestría.
25. MIKE, A. *Gravity / Magnetic Glossary. Integrated Geophysics Corporation Corine Prieto - Integrated Geophysics Corporation, 2005.*
26. MIRÓ, G. *Aplicación de los métodos geofísicos, morfométricos y de teledetección para el estudio de la Cuenca del Cauto.* Geociencias. La Habana, ISPJAE, Facultad de Ingeniería Civil, Especialidad Geofísica., 1993.
27. MLLÁN, R. *Tectónica de Cuba Oriental. IGP.*, 1997.
28. MORALES, R., GÓMEZ, R. *Interpretación Geológica de los datos gravimétrico de las Cuenca del Cauto.*, ISPJAE, Facultad de Ingeniería Civil, Especialidad Geofísica., 1991.
29. M. A. Iturralde Vinente., E. G. Lidiak., 2006 Caribbean tectonic, Magmatic, Metamorphic and Stratigraphic events implications for plate tectonics.
30. Pindell, J., Kennan, L., Maresch, W.V., Stanek, K.-P., Draper, G., and Higgs, R., 2005, Plate-kinematics and crystal dynamics of circum-Caribbean arc-continent interactions: Tectonic controls on basin development in Proto-Caribbean margins, in Avé Lallemant, H.G., and Sisson, V.B. eds., Caribbean–South American plate interactions, Venezuela: Geological Society of America Special Paper 394, p. 7–52, doi: 10.1130/2005.2394(01).
31. 4RES, E. *Yacimientos y manifestaciones de hidrocarburos de la República de Cuba. CEINPET.* 2011.
32. Xiomara Cazañas & Pura Alfonso & Joan Carles Melgarejo & Joaquín Antonio Proenza & Anthony Edward Fallick, 2008. Geology, fluid inclusion and sulphur isotope

characteristics of the El Cobre VHMS deposit, Southern Cuba. *Miner Deposita* 43:805–824.