



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Área de Estudio

2.1.1 Ubicación y Extensión

Regionalmente, el área en estudio se encuentra localizada en los llanos occidentales entre la ciudad de Barinas (Estado Barinas) y la ciudad de Guanare (Estado Portuguesa), situada al Sur de la región Centro - Occidental del país, y al Sureste de la región de Los Andes (Figura II-1). Está conformado por los Municipios Alberto Arvelo Torrealba, Barinas, Cruz Paredes y Obispos, pertenecientes al Estado Barinas y por los Municipios San Genaro de Boconoito, Guanare y Papelón del Estado Portuguesa.

Localmente, la zona de estudio está emplazada a lo largo de la carretera Troncal 5 desde la Ciudad de Barinas, estimándose una longitud de 70 Km. en línea recta imaginaria hasta las Ciudad de Guanare y un ancho de 30 Km. comprendiendo una superficie total de 2.100 Km². De acuerdo con las coordenadas geográficas de nuestro planeta, el área se ubica entre los paralelos 8°37' y 9°04' de Latitud Norte, y entre los meridianos 70°12' y 69°45' de Longitud Oeste.

El trapezoide que forma el área de estudio tiene cuatro zonas referenciales a escala 1:100.000 en coordenadas UTM (*Universal Transversal Mercator*), siendo estas las siguientes:

Zona 1: (Caño Maraca)

UTM Norte: 989.700

UTM Este: 428.900

Zona 2: (Quebrada El Buey)

UTM Norte: 1.012.000

UTM Este: 408.700

Zona 3: (Caño El Tigre)

UTM Norte: 942.800

UTM Este: 376.900

Zona 4: (Río Santo Domingo)

UTM Norte: 965.000

UTM Este: 356.800

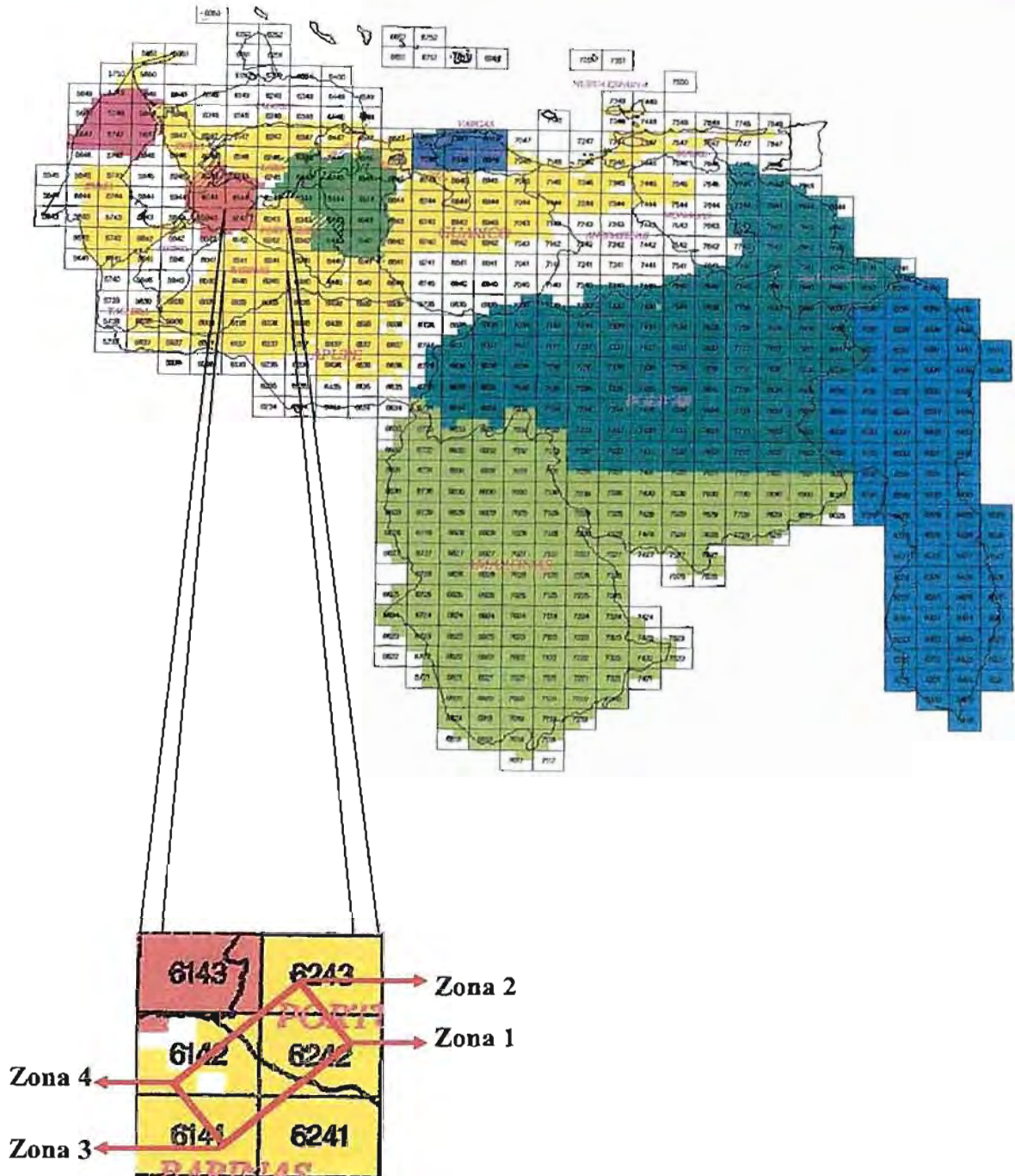


Figura II-1. Ubicación del área de estudio

2.1.2 Características Generales

2.1.2.1 Clima

El clima del piedemonte es de tipo llanero con solo un máximo lluvioso en junio - julio y con una estación seca de diciembre a marzo; el promedio anual de las precipitaciones es de 1400 a 1500 mm. en las estaciones ubicadas a lo largo de la carretera troncal 5. El promedio de la temperatura es de 24°C a 26°C. La humedad relativa en los meses de noviembre a abril es de 80% con una variación mensual promedio de 62% a 78%.

2.1.2.2 Vegetación

La vegetación climática típica de esta zona es el bosque seco tropical. El frente montañoso se caracteriza por una vegetación de tipo bosque mixto semi - caducifolio. A lo largo de la carretera Troncal 5, las napas aluviales levantadas por neotectónica tienen una rala vegetación de chaparral.

2.1.2.3 Suelos

Existe una gran complejidad en la distribución de los suelos, debido fundamentalmente a la mezcla de materiales de diferente naturaleza, tamaño y edad. Hacia el Norte de la Ciudad de Barinas, los suelos son más gravosos y arenosos, cuyos niveles de pH se inclinan más hacia la acidez; mientras que hacia el Sur, los suelos tienden a ser arenosos, disminuyendo progresivamente el tamaño de granos hacia limos y arcillas. El Estado Portuguesa cuenta con una gran extensión de tierras planas, con suelos de buena calidad y abundancia de recursos de agua. Presenta un importante potencial agrícola estimado en un 60% de su superficie. Existen 940.000 ha. de tierras con muy alto y moderado potencial en las planicies de los ríos, cuyas características agroclimáticas permiten el desarrollo, sin muchas limitaciones, de rubros como cereales, ganadería de leche y carne, caña de azúcar, frutales no cítricos, oleaginosas y fibras.

2.1.2.4 Relieve

La zona comprendida entre la ciudad de Guanare y la ciudad de Barinas constituye la parte del Piedemonte Suroriental de los Andes Venezolanos y las unidades existentes en la zona corresponden a tres paisajes geomorfológicos:

- El Paisaje o Zona Montañosa, conformada por el contacto entre la montaña y el piedemonte hallándose tres tipos de estructuras: la primera, entre el Río Santo Domingo y el Río Masparro, el frente montañoso forma el límite superior del piedemonte, este accidente tectónico es vertical con su lado noroeste levantado y su lado sureste deprimido; la segunda, entre el Río Masparro y el Río Guanare cuyo frente montañoso está constituido por una serie de relieves monoclinales, y la tercera, la falla de corrimiento de Suruguapo la cual continúa el límite del piedemonte sobre el Río Guanare.
- El Paisaje de Piedemonte, constituido por cuatro Sistemas de Relieves: el Sistema Estructural, los Relieves de Colinas erosionadas en las formaciones terciarias, los vallecitos aluvio - coluviales cuyas quebradas drenan a las colinas y las Napas aluviales Q₄ levantadas por neotectónica.
- El Paisaje de Valle intra - piedemontino, ubicado a lo largo de los cinco ríos (Ríos Guanare, Boconó, Tucupido, Masparro y la Yuca) que drenan perpendicularmente la faja alargada del Piedemonte. Forman unidades con una topografía plana muy diferente de la topografía de las colinas.

En general, las colinas o piedemonte, es la zona más fértil del estado Barinas y donde reside la mayoría de la población. Debido a la inclinación donde están situadas, estas tierras nunca llegan a anegarse con las crecidas de los ríos y por lo tanto son más aptas para la agricultura. Los llanos altos, están situados a una altura no mayor de 200 m. y tienen la ventaja de que no se abniegan sino en épocas de pluviosidad muy alta.

Los llanos bajos están ubicados a menos de 100 m., por lo que pasan la mayor parte del año bajo las aguas de los ríos que abundan en la región.

Por su parte, el Estado Portuguesa está ubicado en la zona de transición entre las últimas estribaciones de la Cordillera de Los Andes Venezolanos y la llanura. El 70% del Estado tiene una topografía plana ubicado entre los 70 y los 200 msnm, mientras que el resto tiene un relieve montañoso y alcanza los 1200 msnm.

2.1.2.5 Hidrografía

Los ríos más importantes de la región en estudio son: Santo Domingo, Caipe, La Yuca, Masparro, Boconó, Tucupido y Guanare.

La red hidrográfica del Estado Barinas da comienzos desde la cordillera de Los Andes como lo es el caso del Río Santo Domingo el cual es controlado por la presa "General José Antonio Páez, que produce millones de kilovatios anuales. Todos los ríos del Estado Barinas vierten sus aguas al Océano Atlántico a través del Río Apure, que a su vez lo hace en el Orinoco. El Río Santo Domingo, recorre 220 Km. y nace en la laguna de Mucubají, en el Páramo de Mucuchíes. El Masparro, que nace en el Páramo de Calderas y recorre 190 Km. antes de verter sus aguas en el Río Apure. El Boconó, con 182 km. nace en el estado Trujillo. Toda esta red es de gran importancia tanto por sus niveles de caudal como por su aprovechamiento, los cuales por medio de presas, se controla el agua con fines hidroeléctricos o de riego.

Los ríos mencionados, además del Río La Yuca, originan una planicie aluvial de pie de monte como ambiente fundamental de sedimentación, esto ha ocasionado la presencia en el subsuelo, no de cursos fósiles como podría imaginarse, sino de mantos clásticos relativamente continuos, extendidos a todo lo ancho y largo de la planicie, sin que se haya notado ningún cambio sustancial con la profundidad.

El Río Guanare nace en la Cordillera Andina. La cuenca alta, presenta mayor pendiente con muchos manantiales, muy permeable, donde gran parte de la precipitación infiltra y va a recargar el acuífero profundo. La cuenca media, de suelos poco profundos, con pendientes de fondo aún elevadas, con alta producción de sedimentos; y una zona de transición, antes de entrar a la planicie, en donde el valle del río se ensancha y tiene una muy alta permeabilidad lo que garantiza una muy buena recarga del acuífero superficial de la planicie.

2.1.3 Geología

2.1.3.1 Geología Regional

Durante el terciario se han depositado sedimentos marinos y continentales de facies mezcladas (intercalaciones de conglomerados, areniscas, limolitas y lutitas, tipo molasse), que se encuentran en la zona de pie de monte. Posteriormente a la sedimentación marinas de aguas profundas, tipo flysch, de la Formación Río Guache, que aflora en las primeras estribaciones andinas entre la cuenca del Río Tucupido y el Río Acarigua, se depositó una alternancia de areniscas, limolitas y lutitas atribuida al Eoceno Superior (Formación Pagüey).

Un periodo de orogénesis comenzó a fines del Eoceno y continuó durante todo el Terciario: el levantamiento de La Cordillera Andina tuvo como consecuencia amplios procesos erosivos en las vertientes. La litología de las formaciones que se depositaron en los flancos de la cordillera en vía de levantamiento y en la antefosa, ubicada en la zona actual del piedemonte y de los llanos altos, muestra los caracteres típicos de una sedimentación continental rítmica de gran espesor e importante contenido de conglomerados.

2.1.3.2 Evolución Geotectónica de la Cuenca Barinas-Apure

▪ Precámbrico

El basamento de la Cuenca Barinas-Apure está constituido por rocas de edad Precámbrica. Sin embargo, no es posible hacer una discriminación precisa de las unidades involucradas, debido a la escasa información disponible, muy pocos taladros han logrado alcanzar el basamento precámbrico y las descripciones son muy pobres.

▪ Paleozoico

Está caracterizado por una fase compresiva asociada a la acreción de Terrenos a Gondwana. Se evidencia por un cinturón de pliegues y corrimientos imbricados, con transporte hacia el Sur-Sureste. El cinturón se presenta peniplanado y fosilizado bajo la secuencia transgresiva mesozoica. En la sismica se reconoce un terreno aparentemente ígneo-metamórfico (Terreno de Mérida), cabalgado hacia el Sur sobre una secuencia sedimentaria parauctótona, plegada e imbricada (Fm. Carrizal). El límite entre ambos terrenos (sutura) se encuentra entre las Fallas de Apure y Altamira (De Toni *et al.*, 1994).

Las rocas de edad Paleozoica encontradas en el subsuelo de la Cuenca Barinas-Apure son geológicamente de carácter autóctono. Por otra parte, en el subsuelo de la Cuenca Barinas-Apure se mencionan rocas de edad Carbonífero correspondientes al alóctono emplazado sobre el autóctono previamente fracturado. En esta cuenca, se ha interpretado en secciones sísmicas, una sucesión de aproximadamente 4500 m de espesor. Esta sucesión se caracteriza por reflectores paralelos relativamente continuos por debajo de la sección cretácica. Su tope corresponde a una discordancia regional, bien definida por truncaciones, mientras que su base es difícil de reconocer. La edad paleozoica es inferida sobre la base de correlaciones regionales y el modo estructural que afecta a la misma. Tal como se ha mencionado anteriormente, esta sucesión paleozoica estuvo sujeta a un fuerte evento compresivo que originó los plegamientos y corrimientos. Estas estructuras subsecuentemente fueron peneplanizadas y cubiertas

discordantemente por estratos mesozoicos. El modo estructural diferencia las rocas paleozoicas de las secuencias jurásicas.

- **Mesozoico - Cenozoico**

Los estratos depositados durante este intervalo de tiempo son el resultado de la fase de “*riff*” jurásico atribuida a la fragmentación de Pangea y a la fase de colisión cretácica-terciaria de las placas del Pacífico y Suramérica.

- **Mesozoico**

En el subsuelo de la Cuenca Barinas-Apure, es difícil identificar la sucesión mesozoica en secciones sísmicas sin un adecuado control de pozos. Sin embargo, al Suroeste de la cuenca, donde los afloramientos muestran un desarrollo significativo de la sucesión del Triásico-Jurásico, algunas líneas sísmicas muestran una secuencia de unos 3000 m de espesor por debajo del Cretácico. La base no es clara, pero el tope está expresado como una fuerte discordancia.

El modo estructural de estos intervalos, por lo general, está caracterizado por fallas normales que limitan pequeños “graben”, dentro los cuales se puede citar uno con una tendencia Noreste, conocido como Apure-Mantecal (Figura II-2). Este “graben” fue rellenado durante el Jurásico por sedimentos continentales tipo “capas rojas”, volcánicas de diversa índole y eventualmente clásticos y calizas de invasiones marinas.

Al comienzo del Cretácico, una transgresión marina inundó el Escudo de Guayana. El esporádico material volcánico encontrado en la Formación La Luna sugiere la presencia de un arco volcánico hacia el Oeste del occidente de Venezuela, lo cual implica la subducción de la placa del Pacífico (Parnaud *et al.*, 1995). Las diferentes relaciones geotectónicas asociadas sugieren que los estratos del Cretácico fueron depositados en un escenario de margen pasivo. La fase de margen pasivo culminó con

la colisión del arco del Pacífico y la placa de Suramérica y a su vez por la subsidencia flexural de las cuencas de antepaís.

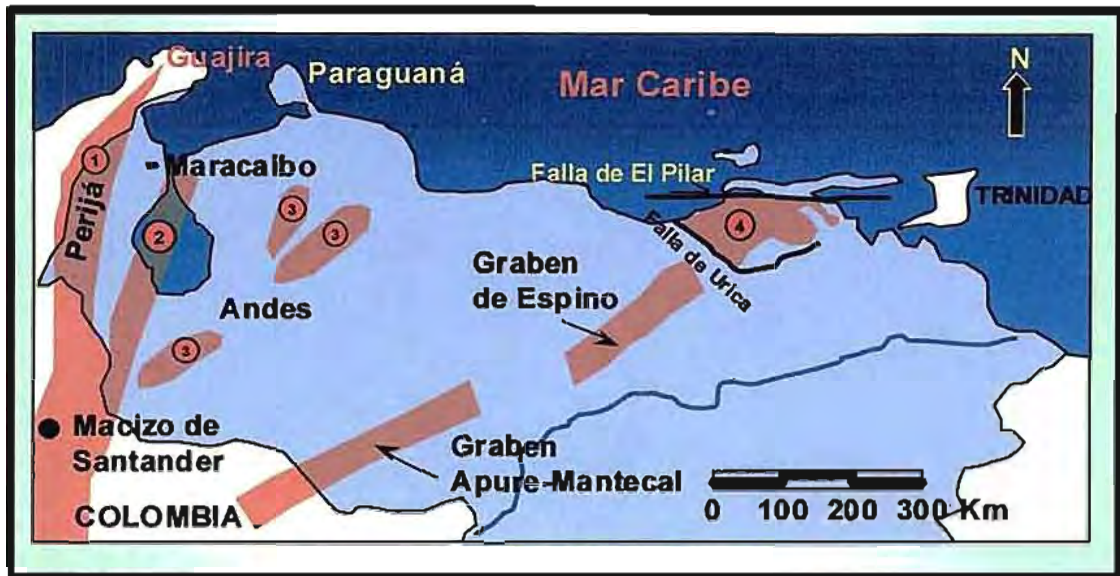


Figura II-2. Distribución de las rocas jurásicas en Venezuela, mostrando que las mismas se encuentran aflorando en la Sierra de Perijá (1), como parte del basamento en el subsuelo de la Cuenca de Maracaibo (2), en Los Andes (3), en el subsuelo de las cuencas Barinas-Apure y Oriental (grabenos de Apure-Mantecal y Espino) y han sido interpretadas como involucradas en profundidad en los corrimientos de la Serranía del Interior (4). Tomado de Bartok (1993), Passalacqua *et al.*, (1995) y Lugo y Mann (1995)

Durante el Albiense tuvo lugar una gran inundación marina invadiendo el Occidente de Venezuela desde la Sierra de Perijá hasta el límite Suroriental de la Cuenca Barinas-Apure y hacia el Escudo de Guayana.

En secciones sísmicas de Barinas, la identificación de los estratos correspondientes al Albiense-Cenomaniense Temprano es generalmente tenue. Sin embargo, hay algunos solapamientos de un cortejo transgresivo (Formación Aguardiente) y biselamiento basal local de un cortejo de nivel alto (Miembro R de la Formación Escandalosa) asociado con una discordancia de ligero buzamiento en su tope (Figura II-3)

SISTEMA	SERIES	UNIDAD LITOSTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	EVENTO GEOTECTÓNICO ASOCIADO
CUATERNARIO		GUANAPA	Gravas, arenas, limos y arcillas.	Cuenca de colisión. La deformación producida por la orogénesis andina origina la partición o aislamiento de las cuencas de Barinas-Apuro y Lago de Maracaibo. Todas las unidades que conforman esta sucesión están constituidas por depósitos molásicos cuyo aporte principal se ubicaba en la cordillera de los Andes de Mérida.
	NEÓGENO	RÍOYUCA	Conglomerados, areniscas y lutitas.	
		PARÁNGULA	Conglomerado de grano grueso, areniscas de grano fino, limolitas y lodolitas abigarradas.	
OLIGOCENO		GUARITA	Lutitas, limolitas y areniscas.	Cuenca de colisión. Intervalo depositado bajo condiciones marinas producto de una amplia inundación que afectó la mayor parte del sureste de Venezuela.
	PALEÓGENO	EOCENO	PAGUEY	Lutitas, limolitas y areniscas glauconíticas y calcáreas.
"ARENA DE GUANARITO"			Areniscas. *Calizas arenolíticas y orbolíticas. *Areniscas conglomeráticas, limolitas y lutitas.	
GOBERNADOR ²				
MASPARRITO ¹				
SUPERIOR	MAMETROCH- TIENBE	BURGUITA	Areniscas micáceas, limolitas, parcialmente glauconíticas y calcáreas de grano fino.	Transición de margen pasivo a margen activo. Facies arenosa de línea costera producto de la migración de un alto porférico desde el Lago de Maracaibo.
		NAVAY	Lodolitas silíceas, areniscas cuarzosas, calizas fanáticas, lutitas y limolitas oscuras.	Margen Pasivo. Parte inferior, sedimentos detríticos litorales del intervalo superior de la Fm. Escandalosa (miembros P y O), depositados bajo un régimen transgresivo. La parte superior está constituida por los depósitos regresivos de la Fm. Navay, depositados como un cortejo de nivel alto y en un ambiente litoral.
INFERIOR	ALBIENSE	ESCANDALOSA	Calizas Neoclásicas y arenosas, areniscas masivas muy permeables y lutitas duras y negras.	Margen Pasivo. Parte inferior, arena transgresiva de la Fm. Aguardiente (plataforma interna a costero). Parte media, MFS desarrollada en el Miembro S de la Fm. Escandalosa (plataforma media). Parte superior, areniscas regresivas del Miembro R de la Fm. Escandalosa. (HST) (litoral).
		AGUARDIENTE	Areniscas calcáreas y calizas arenosas.	

Figura II-3. Evolución Geotectónica de la Subcuenca de Barinas

En el Cenomaniense Tardío-Campaniense Temprano, el hundimiento de la cuenca de antepaís resultó en una transgresión episódica. Las secuencias depositadas durante este intervalo en la Cuenca Barinas-Apure corresponden a las formaciones Escandalosa (miembros P y O, Renz; 1959) y Navay (miembros La Morita y Quevedo; Kehrer, 1938; Renz, 1959).

En el Cretácico Tardío, se marcó una nueva fase en la evolución tectónica en el Occidente de Venezuela, causada por la colisión del arco volcánico del Pacífico y la Placa de Suramérica. Esta colisión transformó el margen pasivo a un cinturón activo, creando una cuenca de antepaís con un alto periférico asociado en el área de Barinas.

Al comienzo del Cretácico Tardío comenzó una regresión, forzada por el alto periférico, donde se depositaron las facies arenosas de línea de costa de la Formación Burgüita (Renz, 1959)

- **Cenozoico**

Hacia el Cretácico Tardío-Paleoceno ocurre la acreción de la Cordillera Occidental Colombiana y la orogénesis de la Cordillera Central. En Barinas, este evento se manifiesta por una tectónica compresiva de basamento, de poco relieve estructural y con orientación predominantemente Noroeste-Sureste.

Durante el Eoceno Medio, el aumento de la carga originada por las napas de Lara resultó en la subsidencia flexural e inundación marina de la plataforma de la Cuenca Barinas-Apure. La sedimentación de las areniscas basales de la Formación Gobernador fue seguida por la depositación de las lutitas de agua profunda de la Formación Pagüey (Pierce, 1960).

Después de la progradación de nivel alto de los sedimentos deltáicos de la Formación Cobre en la parte meridional de la Cuenca Barinas-Apure, se desarrolló un nuevo ciclo transgresivo. Estas “Areniscas Guanarito” están mal definidas, pero pudieran interpretarse de mejor manera a partir del estudio de la Formación Pagüey, relacionada con las mismas.

En el área de Barinas, al final del Eoceno persistió la circulación marina, depositándose los sedimentos marino abierto del Miembro Arauca de la Formación Guafita (Ortega *et al.*, 1987). El desplazamiento de las napas hacia el Sur y la consecuente migración del frente de deformación originaron pliegues con vergencia hacia el Sur-Sureste asociados a corrimientos con despegues intra-Pagüey. En el Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano durante una amplia inundación marina, en la Cuenca Barinas-Apure se depositó el Miembro Guardulio de la Formación Guafita.

Durante el Mioceno Medio, se inició en el Macizo de Santander, Sierra de Perijá y Andes de Mérida un tectonismo compresional a gran escala. La orogénesis de Los Andes de Mérida finalizó en el Plio-Pleistoceno. El evento de construcción de montañas terminó aislando completamente las cuencas de Maracaibo y Barinas-Apure. En esta última, el rápido levantamiento originó la sedimentación molásica de las formaciones Parángula y Río Yuca (Mackenzie, 1937) (Figura II-4)

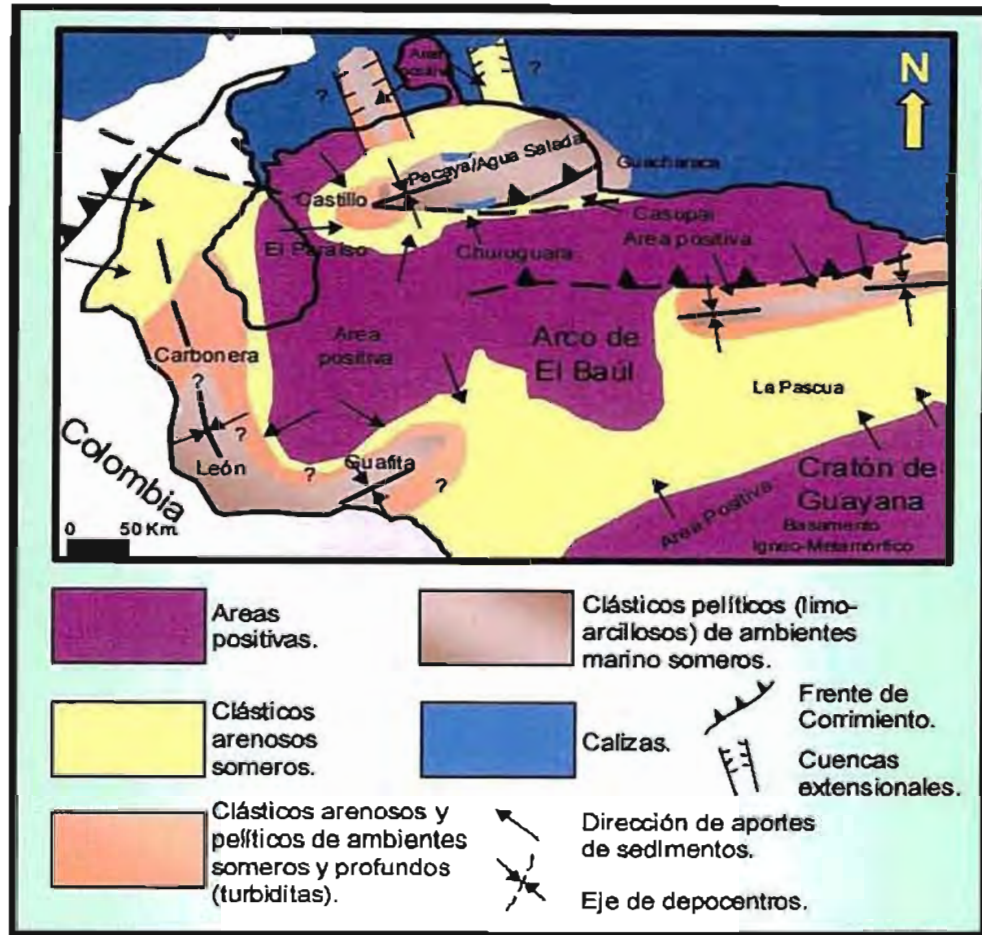


Figura II-4. Marco geológico regional para la sedimentación en Venezuela Occidental durante el Oligoceno. Los mayores depocentros se concentraron hacia los estados Táchira (Fm. León), Falcón (Fms. Pecaya y Agua Salada) y Guárico (Fm. Roblecito). Tomado del WEC, 1997.

2.1.3.3 Estratigrafía

Síntesis Estratigráfica de la Cuenca Barinas - Apure

La secuencia estratigráfica de la Cuenca Barinas-Apure es notablemente sencilla (Figura II-5), y en líneas generales es posible la definición de un perfil litológico, cuya base es precretácico consistente en rocas ígneas y metamórficas correlacionables a las aflorantes en la zona de Los Andes y del Macizo de El Baúl. Reconocido por perforaciones petroleras existentes, el basamento consiste predominantemente de

granito feldespático alterado; suprayacente a este se encuentra los estratos cretáceos con una gran variabilidad en su espesor; esta situación implica profunda erosión del Cretáceo el cual infrayace discordantemente a la Formación Gobernador del Eoceno Medio.

Los estratos cretáceos corresponden a las formaciones denominadas informales Fortuna y Esperanza; la primera se ha dividido en una sucesión que abarca los períodos Barremiense-Turonense (Cretácico Temprano), en dicha sucesión se han identificado en orden ascendente las formaciones Río Negro, Aguardiente y Escandalosa. Por otro lado, la Formación Esperanza se ha dividido en las formaciones Navay (con sus miembros La Morita y Quevedo) y Burgüita (Figura II-5).

La Formación Río Negro está constituida esencialmente por conglomerados, seguida por la Formación Aguardiente con intercalaciones de areniscas calcáreas, lutitas fosilíferas y calizas. La Formación Escandalosa ha sido subdividida basándose en variaciones litológicas y de ambiente en siete miembros identificados como: S, R3, R2, R1, P2, P1 y O correspondientes a lutitas oscuras fosilíferas, areniscas calcáreas, areniscas finas a gruesas, areniscas calcáreas glauconíticas y calizas dolomíticas intercaladas con areniscas calcáreas, correspondientes a un ambiente deltaico a marino de plataforma restringida.

Los miembros S, R y P-1/2 fueron depositados durante un segundo ciclo sedimentario de un total de cinco que han sido identificados en esta cuenca, correspondiente a una fase transgresiva cuyo asiento se ha identificado en el miembro R, constituido por intercalaciones de areniscas calcáreas en su tope y base haciéndose cuarzosa en su perfil intermedio donde se intercalan con limolitas y lutitas oscuras fosilíferas con pirita y carbón, seguido por los miembros P-1/2 considerados los principales productores de hidrocarburos de la cuenca, compuestas de areniscas de grano fino, intercaladas con capas lutíticas medias, piriticas, material carbonáceo, localmente

glauconíticas y con estratificación cruzada, indicativo de ambiente marino, intercaladas con lutitas arenosas y piríticas, con abundantes restos de plantas lignitificadas y algunos intervalos de limolitas compactas. Ahora bien, en algunos sectores, las arenas P-1/2 están separadas por un intervalo lutítico delgado, el cual tiende a desaparecer lo que hace que no sea posible diferenciarlos.

La litología del Miembro La Morita consiste en lutitas grises oscuras y calcáreas. Por otra parte, el Miembro Quevedo presenta intercalaciones de areniscas finas, calcáreas, glauconíticas, lutitas negras, capas delgadas de fanitas y sedimentos fosfáticos con abundantes restos de peces. La Formación Burgüita se compone de areniscas finas a muy finas intercaladas con lutitas oscuras.

El período del Eoceno está representado por las formaciones Gobernador y Pagüey. Los estratos correspondientes al Mioceno han sido identificados como Parángula, y los del Plioceno como Río Yuca. Por último, el tope de la columna estratigráfica consiste en aluviones recientes concernientes a la Formación Guanapa.

La litología predominante de la Formación Gobernador es de areniscas gruesas, finas a conglomeráticas con intercalaciones de lutitas delgadas, calcáreas, fosilíferas y calizas arenosas. La Formación Pagüey se compone de lutitas grises con intercalaciones menores de areniscas. La Formación Parángula y Río Yuca se componen predominantemente de limolitas, areniscas, con intercalaciones de conglomerados.

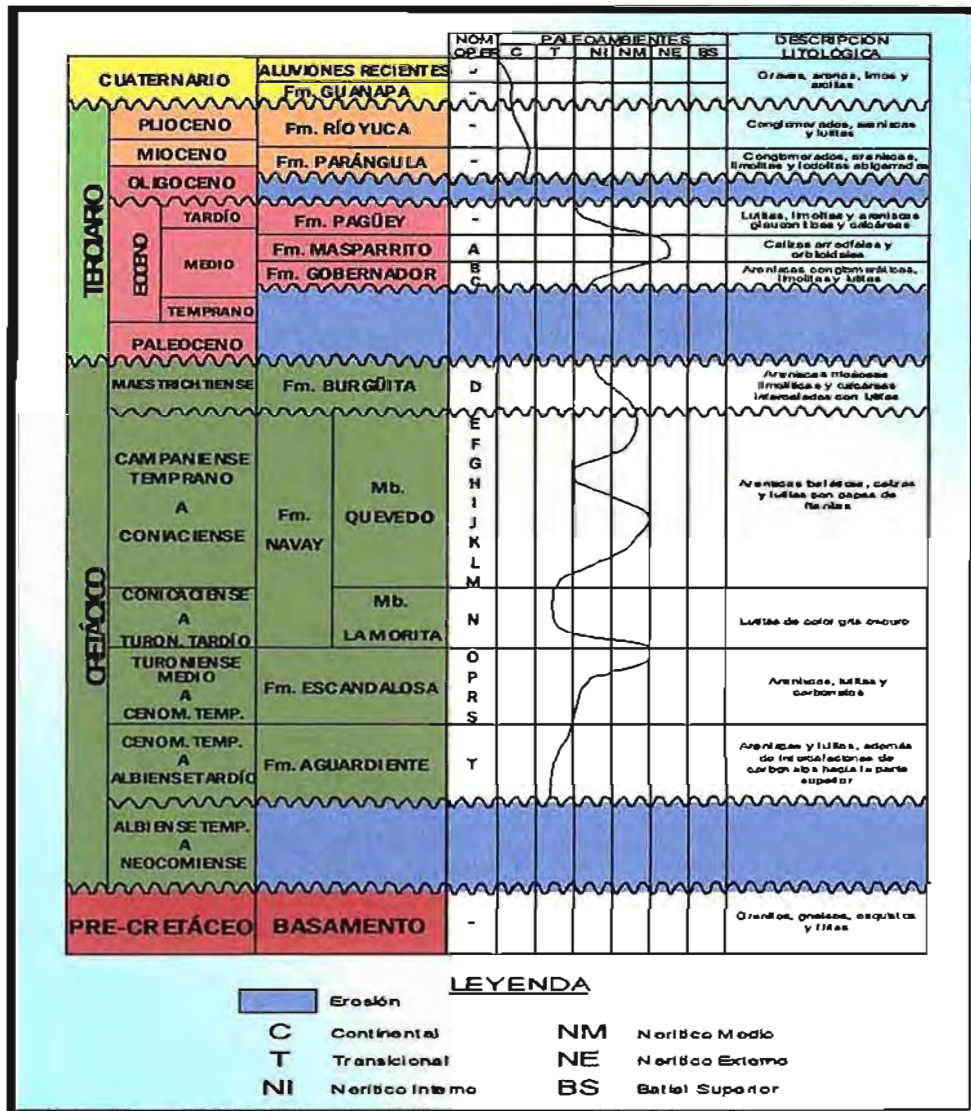


Figura II-5. Columna Estratigráfica Generalizada del Subsuelo de la Subcuenca de Barinas.

Reseña Sedimentaria de la Cuenca Barinas – Apure

El ambiente de sedimentación de la cuenca fue el producto de la evolución tectónica durante el Cretácico y Eoceno de un sistema deltaico complejo, posteriormente en el Eoceno Medio se pasa a ambientes más marinos. La sedimentación quedó interrumpida por períodos de erosión en el Eoceno Tardío y Oligoceno Temprano. En el Mioceno, durante una intensa fase de subsidencia contemporánea al levantamiento de Los Andes se instauró una sedimentación continental de relleno de cuenca.

Los miembros basales de la Formación Escandalosa del Cretáceo (R1, R2, R3 y S) se componen de areniscas finas con porosidades bajas, del orden de 12.8%, y permeabilidades en el rango de 20 a 80 milidarcys, intercaladas con capas delgadas de lutitas negras, piríticas y capas de sedimentos carbonáceos. Estudios hechos sobre estas rocas demuestran que han sido depositadas en ambientes marinos de baja energía. El ambiente de sedimentación general de los miembros P-1/2 es típicamente epinerítico, con una extensa distribución dentro de la cuenca. En la dirección Norte-Noreste (N-NE) los sedimentos se hacen más marinos con la presencia de glauconitas; las areniscas finas a gruesas de los miembros P-1/2 indican variaciones en la energía. La facies arenosas lutíticas de estos miembros corresponden a un ambiente deltaico a frente deltaico.

Al final del Cretácico ocurre una regresión general hacia el Norte, y se produce una emergencia casi total de la cuenca, lo que produjo tanto intensa como extensa erosión. La Formación Gobernador se depositó en un ambiente marino de poca profundidad como producto de la transgresión generalizada sobre toda la cuenca en el Eoceno Medio. La transgresión continúa con la sedimentación de la Formación Masparrito y en facies marinas más profundas la Formación Pagüey. Finalmente, la Formación Parángula y Río Yuca pertenecen a un ambiente continental.

Cretácico

Esta secuencia suprayace al basamento precretáceo, teniendo como contacto una gran discordancia, e infrayace también discordantemente a sedimentos del Eoceno Medio a Tardío. La sección está conformada en la subcuenca de Barinas por las formaciones que en orden ascendente son: Aguardiente, Escandalosa, Navay (Miembro La Morita y Quevedo) y Burgüita.

Formación Aguardiente - (Albiense)

Nombre sugerido originalmente por F. B. Notestein, C. W. Hubman y J. W. Bowler (1944). Su localidad tipo se encuentra ubicada en la Fila de Aguardiente, al Sur de la Concesión Barco, Departamento Santander, Colombia. Está constituida por areniscas calcáreas duras, de color gris a verde claro, grano variable, con estratificación cruzada, localmente glauconíticas, con intercalaciones de limolitas y lutitas micáceas y carbonáceas y algunos lechos de caliza en la parte inferior. Según diferentes autores, dependiendo de la ubicación de los afloramientos, su espesor oscila entre los 150 y 500 m.

La Formación Aguardiente se extiende desde Zulia Suroccidental y partes adyacentes de Colombia hasta la Cordillera de Los Andes entre Táchira y Lara (Figura II-6).

Su contacto inferior es generalmente concordante y diacrónico sobre la Formación Apón; sin embargo, cerca de los núcleos andinos, descansa sobre la Formación Río Negro, y a su vez es transgresivo sobre las formaciones La Quinta, Mucuchachí y el Grupo Iglesias. El contacto superior con la Formación Maraca es concordante y transicional. El índice bioestratigráfico más importante es *Orbitolina cóncava var texana*.

El ambiente depositacional más ampliamente aceptado para la Formación Aguardiente es de plataforma interna con algunas interdigitaciones de línea de costa hacia la parte más proximal.

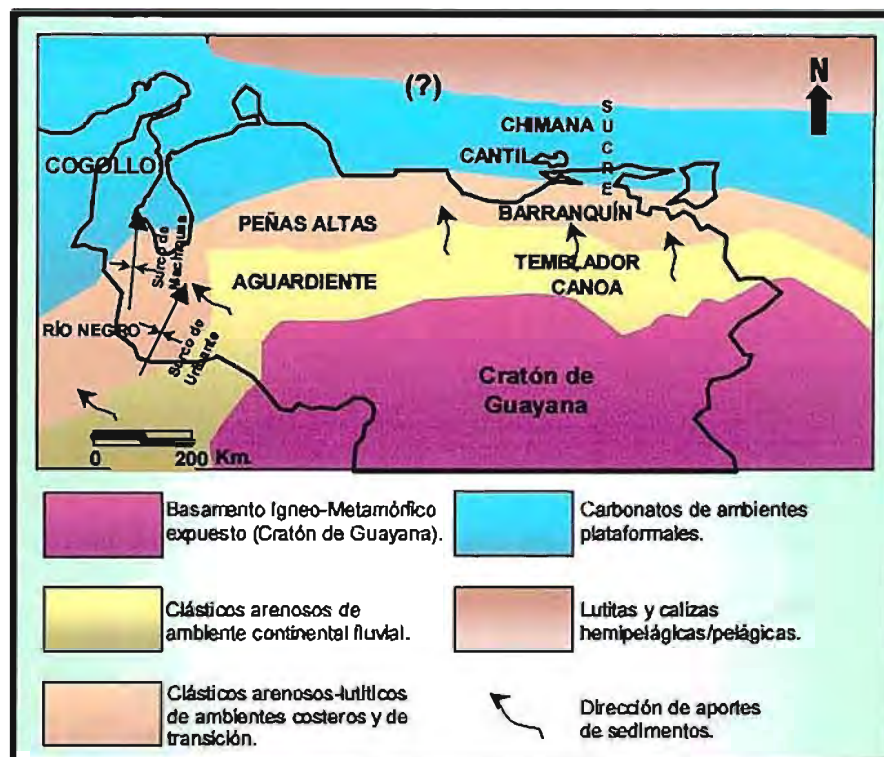


Figura II-6. Distribución de facies sedimentarias dominantes durante el Neocomiense - Albiense (Cretácico Temprano) al Norte del Cratón de Guayana. Tomado del WEC, 1997.

Formación Escandalosa - (Cenomaniense - Turoniense):

Referencia original de O. Renz, 1959. Su localidad tipo se encuentra en la Quebrada Escandalosa, tributaria del Río Doradas en Táchira Suroriental. La formación está compuesta por areniscas macizas, cuarzosas, muy glauconíficas, de color gris a marrón claro y verdoso, de grano fino a medio, bien escogido, micáceo y carbonáceas. Se presentan en capas delgadas a masivas, con estratificación cruzada en las capas más gruesas, con cantidades menores de lutitas oscuras, calcáreas y

carbonosas, algo arenosas. El espesor en la sección tipo es de 300 m, y de 150-427 m en otras localidades. La formación aflora a lo largo de la región piemontina de los andes Surorientales y se reconoce en el subsuelo de la Cuenca de Barinas-Apure (Figura II-7).

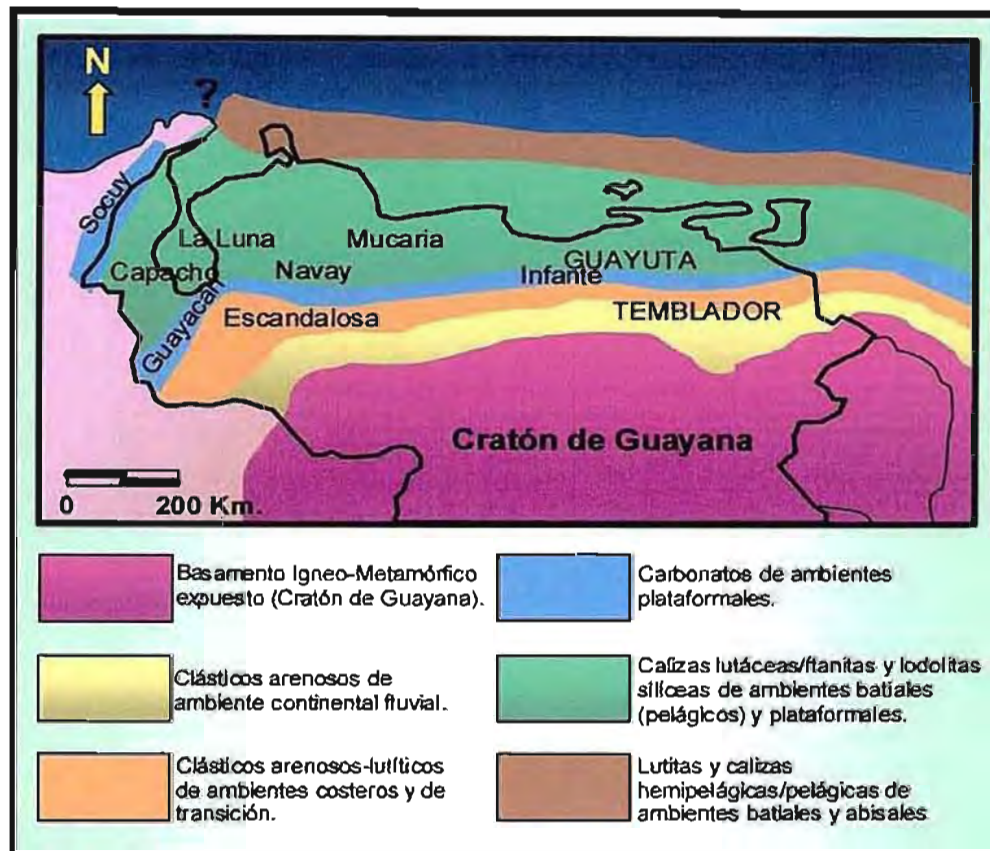


Figura II-7. Distribución de facies sedimentarias dominantes durante el Cenomaniense-Campaniense (Cretácico Tardío) al Norte del Cratón de Guayana. Tomado del WEC, 1997.

El contacto inferior con la Formación Aguardiente es concordante. De igual manera, el contacto superior es concordante con la Caliza Guayacán y las lutitas del Miembro La Morita de la Formación Navay (Kiser, 1997). La macro y microfaua fósil están representadas por diversos ejemplares de moluscos, dinoflagelados y foraminíferos, incluyendo algunos restos de peces.

La Formación Escandalosa representa una facies principalmente nerítica, variando desde litoral al Sur, hacia nerítica externa al Norte.

Formación Navay - (Coniaciense - Maestrichtiense):

Referencia original de L. Kehrer, 1938-a. La localidad tipo yace en las riberas del Río Navay, al Norte de la población de San Joaquín de Navay, Estado Táchira. No han sido publicadas descripciones formales de la sección tipo de la Formación. Pierce (1960), describe en la localidad tipo lutitas silíceas, friables o no, blandas, duras, quebradizas, amarillo claro a crema y a blanco; lutitas muy porosas, pardo claro a gris claro, y algunas ftanitas no porosas, lenticulares, pardo claro, y lutitas calcáreas, carbonáticas, gris a gris oscuro. Como constituyentes menores de la formación, se presentan areniscas lenticulares de grano angular, calcáreas a silíceas, pardo claro a gris claro. Debido a su heterogeneidad, esta formación ha sido dividida, en orden ascendente, en la lutita "N" (Miembro La Morita) y "M" al "I" (Miembro Quevedo).

En la localidad tipo, el espesor es de 940 m (Pierce, 1960), y de 610 m en el área de Burgua (Kiser, 1988). Tiende a aumentar rápidamente hacia el Surco de Uribante, y se acuña hacia el Sur de Apure y los llanos colombianos (Kiser, *op. cit.*), así como localmente sobre el Arco de Mérida. La Formación Navay aflora en la región Nororiental de Los Andes (Renz, 1959) y posee extensión regional en el subsuelo de la Cuenca de Barinas (Feo-Codecido, 1972). En el piedemonte del flanco Surandino, la facies Navay está presente entre el Río Socopó y el Río Doradas.

Según Kehrer (1938-a, b), las facies Navay guardan relación transicional con las facies infra y suprayacentes. El miembro inferior La Morita, se intercala concordantemente entre la Formación Escandalosa infrayacente y el Miembro Quevedo o la Formación La Luna al Sur de Los Andes de Mérida, ambas unidades suprayacentes. Con respecto al contenido fosilífero, Pierce (1960), menciona la presencia de abundantes restos de peces, ostrácodos y radiolarios. Pierce y Wells

(1956), mencionan el hallazgo de huesos de grandes reptiles marinos (mosasaurios), así como amonites, crustáceos y foraminíferos planctónicos. También se señalan algunos dinoflagelados.

Feo-Codecido (1972), afirma que el Miembro La Morita es de ambiente marino moderadamente profundo, haciéndose más somero hacia el flanco Suroriental. Kiser (1988) menciona que la presencia de radiolarios, en este mismo miembro, sugiere profundidades mayores de 300 m. De acuerdo a Sánchez y Lorente (1977), el Miembro Quevedo se depositó a lo largo de una línea de costa, con numerosas desembocaduras de ríos que formaban estuarios de aguas salobres y bien oxigenadas entre el límite de baja marea y la región litoral.

Formación Burgüita - (Santoniense - Maestrichtiense):

Término propuesto por O. Renz, 1959. Este mismo autor, designó al pozo Burgúa-3, Estado Apure, como holoestratotipo para la unidad. El nombre proviene del Río Burgüita, en las cercanías del pozo. Renz (*op. cit.*) designó como sección de referencia, a la expuesta en el Río Mucupatí, estado Barinas.

En cuanto a su contenido litológico, Renz (1959) describe areniscas micáceas, limolíticas, algo glauconíticas y frecuentemente calcáreas, friables, de grano fino y color gris claro, con fragmentos faníticos e interlaminaciones de lutitas gris oscuro y arcillitas de color gris claro. Incluye la presencia de una caliza conchífera en la base. En el área de Burgúa (Kiser, 1989), la formación se inicia con un paquete de areniscas, calizas y lutitas. Suprayacente a este paquete, predominan las lutitas que gradan a limolitas y arcillas, con intercalaciones de caliza glauconíticas y areniscas similares a las basales. La parte superior se compone de areniscas calcáreas, lutitas con concreciones y nódulos de arcilita siderítica, y calizas arenosas (Kiser, *op. cit.*).

En la sección tipo y sección de referencia, los espesores son de 420 m y 350 m, respectivamente (Renz, 1959). Feo-Codecido (1972) menciona que en el subsuelo tiene un espesor variable entre 0 y 177 m con un promedio de 73 m. Kiser (1989) menciona un espesor mínimo de 10 m área de Burgúa.

Según Renz (1959), la Formación Burgüita afloran en el piedemonte Sur de Los Andes venezolanos (Figura II-8), entre San Antonio de Caparo y el Río Capitanejo. En el subsuelo (Feo-Codecido, 1972) se extiende en la Cuenca de Barinas, y parte norte de la Cuenca de Apure-Los Llanos (Kiser, 1989).

El contacto superior de la Formación Burgüita (Kiser, 1989) es una discordancia angular en toda el área donde esta unidad se extiende, con la posible excepción del área de Burgúa, donde sus relaciones con el Paleoceno requieren más estudio. El contacto inferior con la Miembro Quevedo se considera discordante en el subsuelo de Barinas, aunque Renz (op. cit.) afirma lo contrario. En la sección tipo del pozo Burgúa-3 (Renz, *op. cit.*), menciona foraminíferos bentónicos, así como restos de peces en varios intervalos. Monroy y Arnstein (en Kiser, 1989) identificaron palinomorfos en el pozo La Ceiba-1X. Monroy y Van Erve (en Kiser, 1989) también identificaron palinomorfos en el pozo SMW-13.

Feo-Codecido (1972) menciona que la formación es de origen epinerítico. Kiser (1980) señala, asimismo, que el ambiente es nerítico, cerca de la playa, con períodos más marinos. Las areniscas masivas representan barras, e incluso canales en llanuras intramareales.

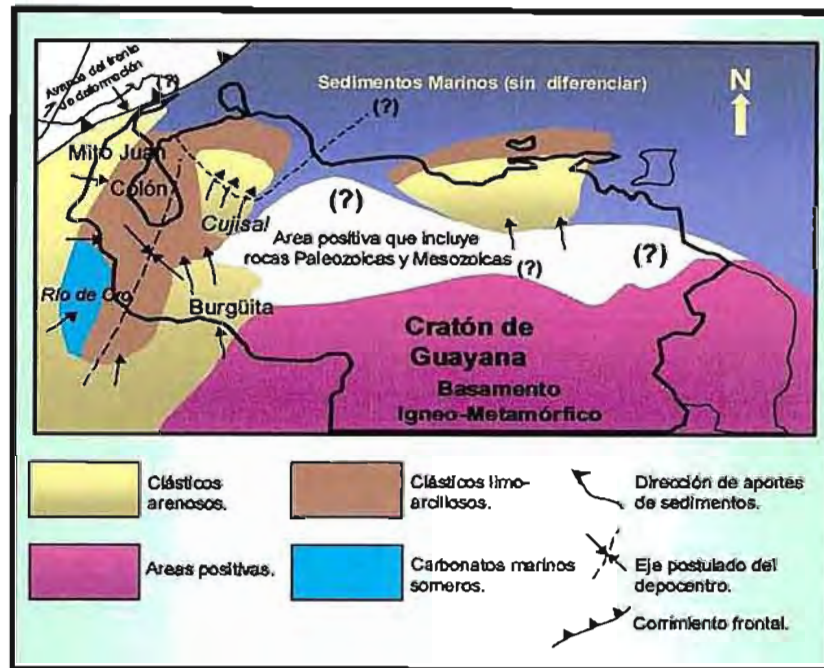


Figura II-8. Distribución de facies sedimentarias durante el Maestrichtiense (Cretácico Tardío) al Norte del Cratón de Guayana. Se indican unidades típicas de dichas asociaciones de facies. Nótese que el eje del depocentro de Venezuela Occidental se alinea subparalelamente al frente de la deformación al Oeste de Venezuela, el cual es una consecuencia de la colisión entre las placas de Nazca v Suramérica. Tomado del WEC. 1997.

Terciario

Por encima de la secuencia cretácea y en contacto discordante se presenta en la subcuenca de Barinas una sección sedimentaria del Eoceno Medio –Tardío, representada por las formaciones: Gobernador, Masparrito y Pagüey.

Formación Gobernador - (Eoceno Medio):

Nombre propuesto originalmente por G. R. Pierce (1960), para la sección tipo en el cerro El Gobernador, al Oeste del Río Calderas, estado Barinas. Von Der Osten (1966) designó al pozo Sinco-4, como la sección tipo del Campo Sinco, en Barinas. Schubert (1968) menciona buenas secciones en el río Santo Domingo y las quebradas Bellaca y Arandia. Kiser (1989) se refiere a la excelente sección del Río Bumbúm. En general, la formación está constituida en su mayor parte por areniscas cuarzosas, friables a bien duras, color gris claro a pardo, localmente conglomeráticas, en capas de espesor medio a grueso, y con estratificación cruzada. En menor cantidad ocurren intercalaciones de limolitas en colores claros, y laminaciones lutíticas carbonáceas gris oscuro a gris azulado.

El espesor de la Formación Gobernador puede variar desde 100 m en el cerro Azul hasta 450 m en el Río Boconó (Pierce *op. cit.*). Se adelgaza ligeramente sobre el Arco de Mérida, y aumenta nuevamente hacia el Suroeste, hasta confundirse con la Formación Cobre. Según Kiser (*op. cit.*), la Formación Gobernador aflora esporádicamente a lo largo del piedemonte andino (Figura II-7), desde el Río Boconó hasta el Río Acequia, y ha sido penetrada en casi todos los pozos de la parte Central y Noreste de la Cuenca de Barinas. No está presente en las áreas de Burgúa, Cutufito y Guafita.

La Formación Gobernador descansa discordantemente sobre el Cretáceo. El contacto superior con la Formación Masparrito es normal y transicional; en ausencia de la Formación Masparrito, el contacto con la Formación Pagüey es transicional. Hacia el suroeste del área Lechozote-Calzada, las areniscas de Gobernador se confunden con las areniscas masivas de la Formación Cobre. Por otra parte, en lo referente a su contenido fósil, se menciona gran abundancia, especialmente de foraminíferos de diversas especies.

Durante el Eoceno Medio, el aumento de la carga originada por las napas de Lara resultó en la subsidencia flexural e inundación marina de la plataforma de la Cuenca Barinas-Apure. La sedimentación de las areniscas basales de la Formación Gobernador fue seguida por la depositación de las lutitas de agua profunda de la Formación Pagüey (Pierce, 1960) (Figura II-9).

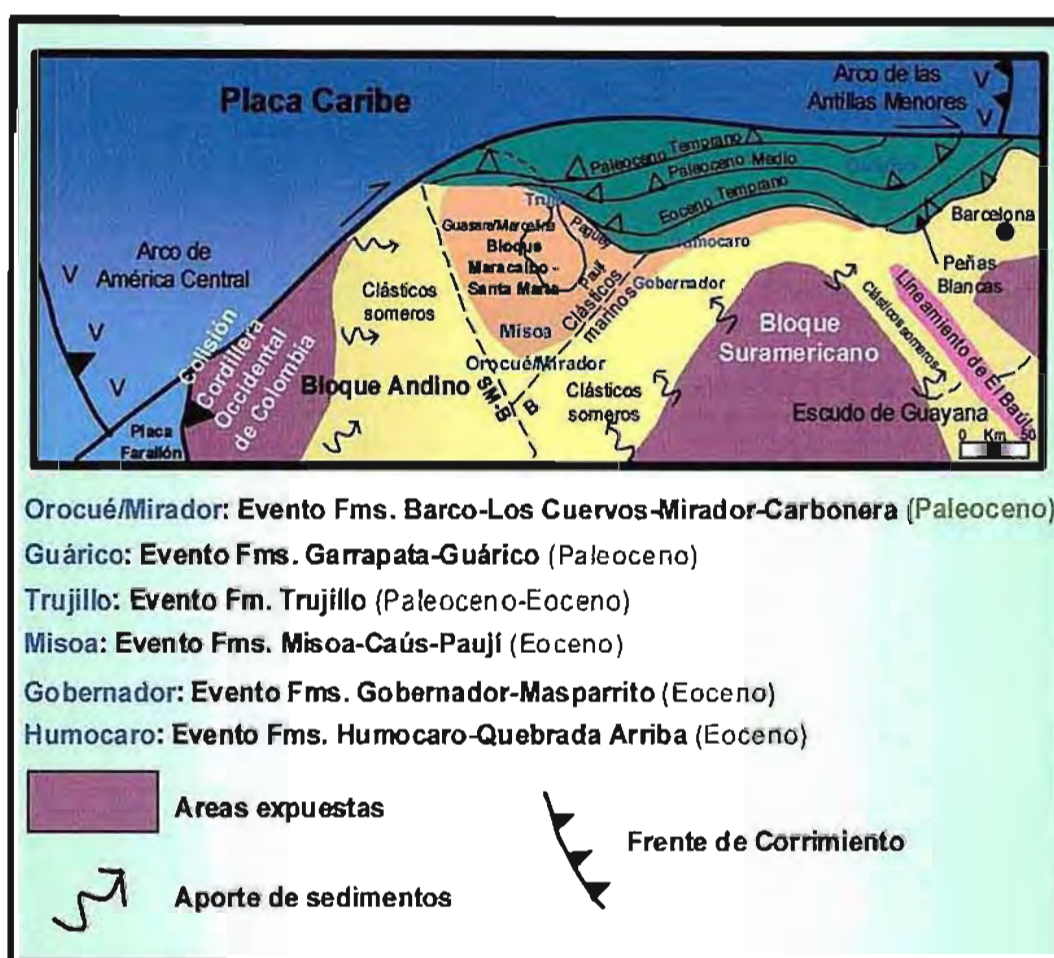


Figura II-9. Migración del Frente de Deformación del Caribe hacia el Este-Suroeste (E-SO) en Venezuela Occidental y sedimentación epi/perisutural asociada durante el Paleoceno-Eoceno. Los límites entre el Bloque Andino y el Suramericano se encontraban aproximadamente donde actualmente se encuentran los sistemas de fallas de Santa Marta-Bucaramanga (SM-B) y Boconó (B). Tomado del WEC, 1997.

Pierce (*op. cit.*) considera que Gobernador fue depositada en aguas salobres, cercanas a la playa, y Von Der Osten (*op. cit.*) la describe como los sedimentos basales de la transgresión eocena que traslapan estratos más antiguos. González de Juana *et al.* (1980) la califican como de ambiente litoral transgresivo. Kiser (*op. cit.*) describe a la formación como clásticos basales de la transgresión marina en aguas salobres y someras; cerca de la playa, en la zona de inundación de mareas, predominan las barras playeras, intercaladas con breves periodos de laguna o pantano; hacia el Sur, se hace más continental, llegando al ambiente de llanura deltáica.

La presencia de *Haplophagmoides sp.* y *Amphistegina sp.*, sugiere un ambiente de plataforma interna a costero; en algunas muestras se han identificado a *Nummulites spp.*, *Ammobaculites spp.* y *Bathysiphon sp.*, que indican un ambiente de talud superior a medio, con fuerte influencia de plataforma (Osuna 1994).

Formación Pagüey - (Eoceno Medio):

Nombre introducido por primera vez por Pierce (1960). Este autor nombró al curso medio del Río Pagüey, estado Barinas, como sección tipo. Sin embargo, Fierro (1977) propuso la secuencia de la Quebrada Bellaca como sección tipo. Su litología se distingue, tanto en el subsuelo como en la superficie, por la predominancia de lutitas marinas grises a negras, duras, astillosas, bien laminadas, muy foraminíferas y con niveles comunes de nódulos sideríticos e, incluso, fanáticas. En el subsuelo (Von Der Osten, 1966), la parte inferior consiste en una secuencia cíclica de lutitas que gradan hacia arriba a limolitas y areniscas de grano fino. En superficie, Pierce (1960), observa areniscas grises claras a grises azuladas, en capas delgadas a medianas, de grano fino a medio, lutíticas, macizas y limolitas y lutitas en estratos irregulares. Por otra parte, Aguasuelos (1990, en Kiser, 1997) separan la formación, en orden ascendente, en tres miembros: Arandía, La California e Higueros.

Pierce (1960) midió un espesor máximo (no fallado) de 1913 m en la sección tipo. Von Der Osten (1966) encontró 350-445 m en el Campo Sinco. Aguasuelos (1990) estimó 2200 m para Pagüey en el área Calderas-Altamira-Río Yuca. Pagüey está presente en el subsuelo del estado Portuguesa desde su interdigitación con la Formación Cobre hasta el Arco El Baúl y el pozo Guarumen-1S, y desde el área de los pozos Nutrias hasta el frente Surandino. En superficie, ha sido cartografiada en la gran cuña terciaria plegada y fallada desde el Río Bumbúm hasta las cercanías de Guanare, y desde el frente de montaña hasta la Falla Soledad - Yacambú. El contacto inferior con el Miembro Masparrito de la Formación Gobernador es concordante, variable y transicional sobre cierto intervalo vertical. En ausencia de las calizas de Masparrito, se coloca en la primera arenisca del tope de Gobernador. El contacto superior de Pagüey es una discordancia angular regional. Al Sur y Sureste del Campo Mingo y en el Depocentro de Capitanejo está cubierta erosionalmente por el Miembro Arauca de la Formación Guafita. Desde el Campo Mingo hacia el Norte, Noreste y Noroeste, descansa discordantemente por debajo de la Formación Parángula. Solamente en el área de la Quebrada Higuerones, Pagüey aparenta estar en contacto transicional con la Formación Tilangona.

La formación tiene una prolífica flora y fauna, tanto bentónica como pelágica. Con especies diagnósticas de edad, Furrer (1971) ubica la formación en la zona *Orbulinoides beckmanni* (*Porticulasphaera mexicana*). En concordancia con las características sedimentológicas, Furrer (1971) asigna a Pagüey a un ambiente de mar abierto, a profundidades no menores a las de la zona nerítica exterior y posiblemente batial superior a media. Campos (1977) interpreta ambientes variables, desde francamente marinos a mixtos marinos y continentales. Osuna (1994) sugiere condiciones de plataforma externa, talud, nerítico, costero y aún continental hacia el tope.

Formación Parángula - (Mioceno Temprano-Medio):

Referencia original de A. N. Mackenzie, 1937 y 1938. La localidad tipo se encuentra ubicada en la Quebrada Parángula, afluente del Río Santo Domingo, estado Barinas. En superficie, predominan los conglomerados lenticulares de grano grueso, de color gris a verdoso y pardo claro a blanco; areniscas de grano fino en capas masivas con estratificación cruzada, localmente glauconíticas; limonitas y lodolitas abigarradas en tonos rojos, morados, pardo rojizo y pardo claro. En el subsuelo, la litología es similar, pero con la ausencia de los conglomerados. El espesor de la formación en la sección tipo es de 550 m. Pierce (1960) nota que aumenta su espesor hacia el Sur y Oeste, estimando que llegue hasta 1400 m, e indica que se adelgaza rápidamente hacia el Noreste hasta los alrededores de Guanare. Von Der Osten (1966) reporta espesores de unos 850 m en el Campo Sinco, y Campos (1977) encontró espesores entre 800 m. y 1000 m. en la región de Calderas. Aguasuelos (*op. cit.*) midió un espesor de 1600 m. entre Barinitas y el Cerro de Paja.

En superficie, esta formación se conoce a lo largo del piedemonte Surandino desde el Río Portuguesa hasta las cercanías del Río Caparo. Está presente en los pozos más meridionales de la Cuenca de Barinas, llegando probablemente al límite Sureste de la cuenca (Figura II-10). Tanto en la superficie como en el subsuelo, Parángula es discordante, con angularidad en la mayoría de los afloramientos, sobre Pagüey y el Miembro Arauca. En Apure, la parte inferior de Parángula (Miembro Guardulio) descansa en discordancia paralela sobre el Miembro Arauca, y de igual forma por debajo de "Palmar" (Parángula superior). Pierce (1960) describe al contacto Parángula - Río Yuca como una discordancia angular en la mayoría de los ríos Surandinos. Solamente en el Río Canaguá, se presenta un contacto aparentemente normal y transicional, aunque Campos (1977) mencionó un contacto similar en la región de Calderas. En el Río Tucupido, la relación entre ambas formaciones es una discordancia angular, con solapamiento de Río Yuca sobre Parángula. En el subsuelo, el contacto Parángula - Río Yuca es normal y transicional.

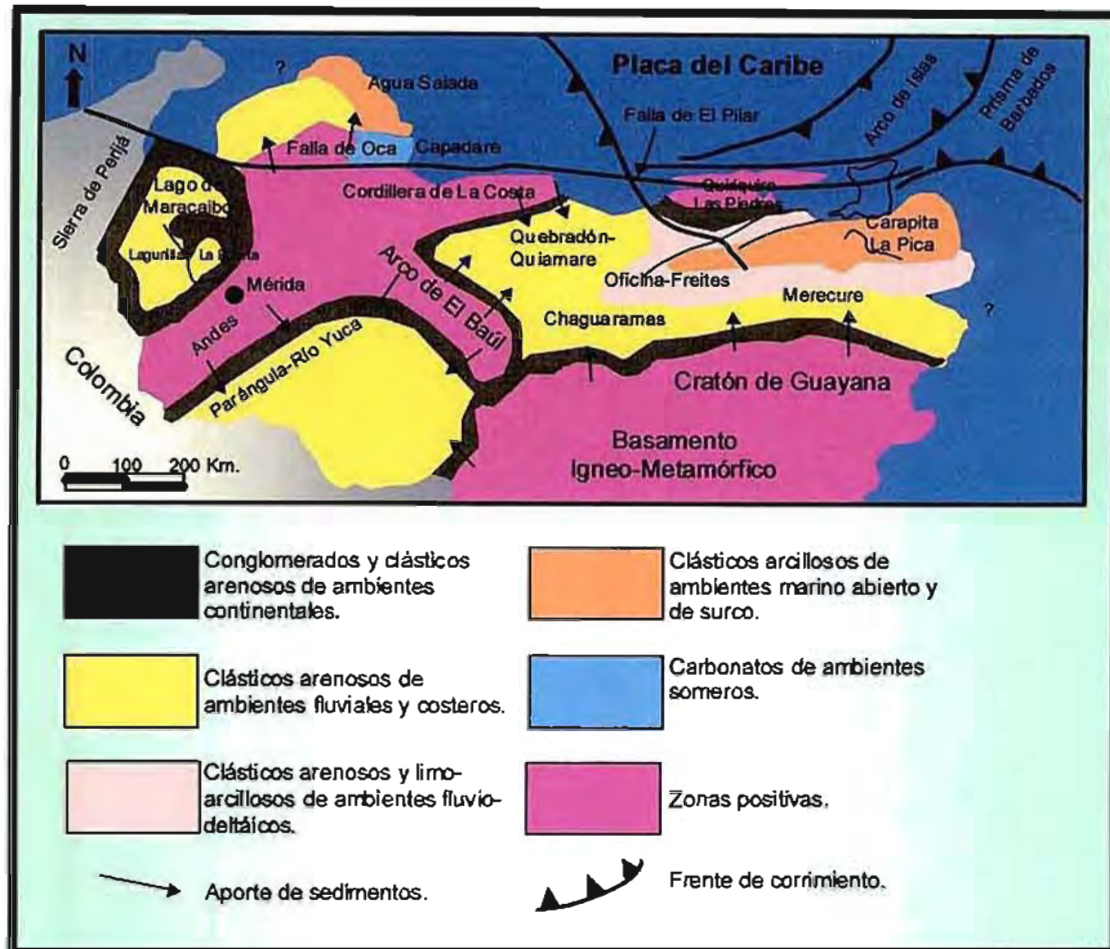


Figura II-10. Marco geológico regional para la sedimentación en Venezuela (Cuencas de Maracaibo, Falcón, Barinas-Apure y Oriental) durante el Mioceno-Plioceno. Las mayores acumulaciones de sedimentos se dan en los flancos de la Cadena Andina y la Cordillera de la Costa. Tomado del WEC, 1997.

La presencia en Parángula de abundantes microfósiles, retrabajados del Eoceno Medio, ha sido notada por varios autores (Pierce, 1960; Feo-Codecido; 1972; Campos, 1977). Como fósiles indígenas, Aguasuelos (1990) menciona a huesos de micromamalias, tortugas, quelonias y caimanos. Hunter (1972), en muestras del Terciario en el área de La Milla, de la ciudad de Mérida, identificó abundantes palinomorfos y dinoflagelados sin identificar.

Parángula conforma un típico depósito molásico que refleja la rápida acumulación de los detritos erosionados del levantamiento de Los Andes de Mérida y depositados en la antefosa adyacente. Representa un ciclo sedimentario transgresivo-regresivo sobre formaciones erosionadas del Eoceno Medio-Tardío y Oligoceno, que se inicia con un clástico basal y continua, en su parte inferior, con sedimentación de ambiente marino somero-salobre-continental y, en su parte superior, con sedimentos de ambiente netamente continental de corrientes fluviales entrelazadas y lacustre. Puede haber existido ambientes locales de pantano-manglar durante el período de transición al ambiente continental.

Formación Río Yuca - (Mioceno Tardío - Plioceno):

Nombre asignado por A. N. Mackenzie, 1937 y 1938, para describir una sección aflorante en el Río Yuca, cerca de la ciudad de Barinas, distrito Obispo del estado Barinas. Según este autor, la unidad consiste principalmente de conglomerados de grano grueso, areniscas macizas, con estratificación cruzada, de grano medio a grueso, localmente caoliniticas, blandas a duras, micáceas, arcillosas, de color típico verde grisáceo. Las arcillas son laminares, blandas, plásticas y micáceas, de color amarillento, gris claro y moteadas de rojo. En la parte media inferior se presentan colores azul-verdoso pálido y gris oscuro. Aguasuelos (1990) menciona intervalos arenáceos blandos de color gris, arenas de colores predominantemente verdes a verde azulados, arcillitas grises, arcillitas negras, arenas subconglomeradas y conglomerados de grano fino a grueso.

Mackenzie (*op. cit.*) estimó un espesor de unos 3000 m en la localidad tipo, que según Pierce (*op. cit.*), es de sólo 2300 m; en el subsuelo Von Der Osten (*op. cit.*) señaló un espesor promedio de 1200 m.

El contacto inferior con la Formación Parángula varía de discordante a concordante, de acuerdo al área. El contacto superior es una discordancia angular con rocas de la

Formación Guanapa o sedimentos recientes. En el subsuelo, no hay evidencia litológica ni estructural de discordancia con Parángula (Kiser, 1997).

Aguasuelos (*op. cit.*) identificó abundantes hongos, algas, esporas, polen y dinoflagelados que están obviamente retrabajados de varias formaciones más viejas. Además de estos, vieron hojas de *angiospermas*, el molar de un roedor y huesos de un mamífero grande. La Formación Río Yuca es una unidad de ambiente continental y constituye una molasa depositada, en su parte inferior, en un ambiente de marismas o lagunas costeras (Figura II-9); el resto de la formación se caracteriza por un ambiente continental de ríos meandrinos y entrelazados de baja velocidad (Aguasuelos, *op. cit.*).

Cuaternario

El suelo de la vasta región de los Llanos venezolanos, está formada por depósitos aluviales recientes compuestos de arcilla, limos, arenas y gravas, discordantes por encima de rocas infrayacentes, que ocultan los posibles accidentes estructurales del Sub-suelo. Los aluviones recientes, se extienden horizontalmente en toda la cuenca, a manera de mantos relativamente delgados, de espesor irregular desde el borde inferior de las montañas circunvecinas (Feo Codecido, 1972). En la sub-cuenca de Barinas este período está representado por depósitos aluviales (arenas, gravas, limos y arcillas), que se presentan de manera discordante sobre la Formación Río Yuca; estos depósitos se consiguen con espesores irregulares a lo largo de toda la región.

Formación Guanapa - (Pleistoceno)

Referencia original de A. N. Mackenzie, 1937-a. Pese a que en Cartografía Nacional no aparece ninguna localidad con el nombre de Guanapa, se presume que la localidad tipo se encuentra en el borde de terraza al Norte de Barinitas, ribera derecha del Río Santo Domingo.

La descripción litológica más detallada hasta la fecha, fue hecha por Pierce (1960) y consiste de conglomerados, arenas y arcillas en estratos masivos, con estratificación cruzada, mal consolidado y con escogimiento y estratificación pobre. Los colores varían entre gris claro a pardo, a gris oscuro y gris-verdoso. El espesor de la formación es variable, entre 5 y 250 m (Pierce, 1960); en la región de Socopó (Río Socopó, al Sur de Barinas) alcanza un espesor de 579 m (Feo-Codecido, 1972). La Formación Guanapa aflora a lo largo del piedemonte andino, en el borde Noroeste de la Subcuenca de Barinas.

La Formación Guanapa es discordante sobre la Formación Río Yuca (Kiser 1997), sobre todas las unidades pre-cuaternarias y por debajo de los sedimentos holocenos. No se han hallado fósiles en esta formación. Aunque no se ha descrito específicamente, por la litología y la morfología, la Formación Guanapa probablemente se depositó como conos aluviales por los ríos que drenan la cordillera andina, sobre el piedemonte llanero occidental.

Bases Teóricas

2.2 Hidrogeología

El agua en la tierra aparece en muchas formas distintas: el agua salada de los océanos, el agua dulce de los lagos y ríos, el vapor de agua de la atmósfera, el agua de la lluvia y de la nieve, el agua de los glaciares y el agua que se encuentra por debajo de la superficie de la tierra. Toda el agua por debajo de la superficie (por ejemplo el vapor del agua, la humedad del suelo, el agua subterránea, el agua de las cuevas, etc.) forma el "agua del subsuelo".

La especialidad de la geología que se ocupa de la exploración y explotación del agua del subsuelo (especialmente el agua subterránea) es la hidrogeología. También puede definirse como "la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas de yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los suelos y rocas, su estado líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación". (Mijailov, L. 1989).

Tomado de <http://www.udep.edu.pe/recursoshidricos/hidrogeologia.pdf>

El agua subterránea se mueve según las fuerzas de la gravitación, pero más lento que el agua superficial. La velocidad y los movimientos dependen de la porosidad y permeabilidad del substrato (la roca o el suelo). La investigación de los movimientos del agua subterránea y de las propiedades hidrológicas del subterráneo es una tarea importante de la hidrogeología.

Para asegurar la disponibilidad de agua de buena calidad para satisfacer las necesidades de los consumidores (agricultura, industria, minería, uso doméstico y alimento básico de cada individuo) la hidrogeología tiene que encontrar métodos de

explotación del agua subterránea para solucionar problemas, tanto cuantitativos como problemas cualitativos del suministro del agua.

Así pues, la metodología hidrogeológica es la disciplina que contempla los métodos y procedimientos del estudio de las condiciones hidrogeológicas, del descubrimiento de los yacimientos de aguas subterráneas y de la evaluación de sus recursos, reservas, régimen, calidad y particularidades del movimiento de dichas aguas.

Un estudio hidrogeológico abarca la evaluación de las condiciones climáticas de una región, su régimen pluviométrico, la composición química del agua, las características de las rocas como permeabilidad, porosidad, figuración, su composición química, los rasgos geológicos y geotectónicos. Es así que la investigación hidrogeológica implica, entre otras, tres temáticas principales:

- El estudio de las relaciones entre la geología y las aguas subterráneas.
- El estudio de los procesos que rigen los movimientos de las aguas subterráneas en el interior de las rocas y de los sedimentos.
- El estudio de la química de las aguas subterráneas (hidroquímica e hidrogeoquímica)

2.3 Ciclo Hidrológico

El agua existe en la Tierra en tres estados: sólido (hielo, nieve), líquido y gas (vapor de agua). Océanos, ríos, nubes y lluvia están en constante cambio: el agua de la superficie se evapora, el agua de las nubes precipita, la lluvia se filtra por la tierra, etc. Sin embargo, la cantidad total de agua en el planeta no cambia. La circulación y conservación de agua en la Tierra se llama **ciclo hidrológico, o ciclo del agua**. Cuando se formó, hace aproximadamente cuatro mil quinientos millones de años, la Tierra ya tenía en su interior vapor de agua. En un principio, era una enorme bola en constante fusión con cientos de volcanes activos en su superficie. El magma, cargado de gases con vapor de agua, emergió a la superficie gracias a las constantes

erupciones. Luego la Tierra se enfrió, el vapor de agua se condensó y cayó nuevamente al suelo en forma de lluvia. (Fig. II-11).



Figura II-11. Ciclo Hidrológico.
Tomado de <http://www.explora.cl/otros/agua/ciclo2.html>

El ciclo hidrológico comienza con la evaporación del agua desde la superficie del océano. A medida que se eleva, el aire humedecido se enfría y el vapor se transforma en agua: es la condensación. Las gotas se juntan y forman una nube. Luego, caen por su propio peso: es la precipitación. Si en la atmósfera hace mucho frío, el agua cae como nieve o granizo. Si es más cálida, caerán gotas de lluvia. Una parte del agua que llega a la tierra será aprovechada por los seres vivos; otra escurrirá por el terreno hasta llegar a un río, un lago o el océano. A este fenómeno se le conoce como escorrentía. Otro poco del agua se filtrará a través del suelo, formando capas de agua subterránea. Este proceso es la percolación. Más tarde o más temprano, toda esta agua volverá nuevamente a la atmósfera, debido principalmente a la evaporación. Al

evaporarse, el agua deja atrás todos los elementos que la contaminan o la hacen no apta para beber (sales minerales, químicos, desechos).

Por eso el ciclo del agua nos entrega un elemento puro. Pero hay otro proceso que también purifica el agua, y es parte del ciclo: la transpiración de las plantas. Las raíces de las plantas absorben el agua, la cual se desplaza hacia arriba a través de los tallos o troncos, movilizándolo consigo a los elementos que necesita la planta para nutrirse. Al llegar a las hojas y flores, se evapora hacia el aire en forma de vapor de agua. Este fenómeno es la transpiración. De tal manera, que el ciclo hidrológico es el proceso de circulación del agua entre los distintos compartimientos de la hidrosfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención mínima de reacciones químicas, y el agua solamente se traslada de unos lugares a otros o cambia de estado físico. Es un proceso continuo en el que una partícula de agua evaporada del océano vuelve al océano después de pasar por las etapas de precipitación, escorrentía superficial y/o escorrentía subterránea.

El concepto de ciclo se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados (líquido, sólido y gaseoso). Este flujo de agua se produce por dos causas principales: la energía solar y la gravedad.

2.3.1 Fases del Ciclo Hidrológico

2.3.1.1 Precipitación:

Es la caída del agua desde la atmósfera hacia la superficie de la tierra. Este fenómeno se inicia cuando se dan ciertas condiciones de temperatura en la atmósfera (básicamente enfriamiento), entonces, la humedad contenida en las nubes se condensa, se forman las gotas y por gravedad se precipitan hacia la tierra en forma de lluvia o granizo, la cual puede caer sobre los océanos o sobre la tierra.