



# Correlación de formaciones Cenozoicas mediante registro de rayos gamma de sondeo y afloramientos, en el embalse de Tucupido del Estado Portuguesa, Venezuela.

Amarilis Esteves, PDVSA

Edgar Chacin, Consultoria GPSI

**Resumen:** En la industria petrolera, el geólogo utiliza los registros de pozos, núcleos, muestras de canal y afloramientos para establecer correlaciones y así en conjunto con los gráficos de parámetros operacionales, poder determinar la posición estratigráfica de un sondeo durante la fase de perforación. En cuanto a los registros, la curva de rayos gamma (Gr) es la más importante, debido a que permite caracterizar la electrofacies de la roca reservorio e interpretar los cuerpos sedimentarios tales como canales y barras, así como también la roca sello.

Este trabajo presenta el resultado de la correlación entre los afloramientos Cenozoicos del embalse de Tucupido, (Estado Portuguesa, Venezuela), y la curva de rayos gamma (GR) de un pozo vertical ubicado a 8 km al sur, en el que se han localizado los contactos de la Formación Parángula con las formaciones Pagüey, infrayacente, y Río Yuca, suprayacente. Esta correlación permitió relacionar los cuerpos sedimentarios aflorantes con las electrofacies del sondeo y, de esta manera, comprender mejor la relación roca-perfil.

**Palabras claves:** Fm Parángula, Fm Pagüey, registros de pozos, rayos gamma, Tucupido.

**Abstract:** In the oil industry, geologists use well logs, cores, side wall cores and outcrops to establish correlations as well as calcimetry plots and operational parameters to determine the stratigraphic position of a well during the drilling phase. One of the most important logs run is the gamma curve (Gr) because it allows characterizing the reservoir rock electrofacies and interpreting the different sedimentary elements such as channels and bars as well as the sealing rock. In this paper a stratigraphic correlation between the cenozoic outcrops at the Tucupido reservoir, Portuguesa-Venezuela, and the GR curve of a vertical well located 8 km to the south is established allowing for the identification of the boundaries of the Parángula Fm with the underlying Pagüey Fm and the overlying Río Yuca Fm. This correlation permits to link the outcrop sedimentary bodies with the well electrofacies, and consequently, to better understand the relationship between the rocks and their petrophysical properties detected in logs.

**Key words:** Parángula formation, Pagüey formation, well logs, gamma ray curve, Tucupido dam.

## Introducción.

La correlación estratigráfica es el establecimiento de equivalencias en edad o posición estratigráfica entre capas ubicadas en diferentes áreas. En la industria petrolera, se usa básicamente para comparar las unidades presentes en cada sondeo del área de estudio y así durante muchas décadas ha sido una de las herramientas más empleadas por los geólogos, ya que su correcta elaboración es estrictamente necesaria para obtener mapas de reservorios de alta fiabilidad. El plano de referencia, generalmente se ubica en una superficie isócrona de gran extensión lateral, claramente identificable, tal como una capa guía de carbón, lutita, o caliza, entre otros, y estratigráficamente más alta.

La correlación entre las estaciones # 1 (contacto Fm Parángula - Fm Pagüey) y # 2 ( Fm Río Yuca - Fm Parángula) del mirador del embalse de Tucupido (estado Portuguesa, Venezuela) y la sucesión cortada por un pozo vertical, situado 8 km al sur, permitió situar los contactos entre las formaciones Río Yuca, Parángula y Pagüey, y la curva de rayos gamma del sondeo de superficie, así como también relacionar los cuerpos sedimentarios aflorantes con las electrofacies del pozo y, de esta manera, comprender mejor la relación roca-perfil y su correlación en tiempo y espacio.

## Ubicación del área de estudio.

Geográficamente, el embalse de Tucupido se ubica a 14 km al noroeste de la población de Tucupido, a 25 km al este de la Ciudad de Guanare, y a 470 km al suroeste de la ciudad de Caracas (Fig. 1). Geológicamente, los afloramientos pertenecen a la Subcuenca de Barinas, la cual limita al noroeste con la cordillera de los Andes, al este con el Arco del Baúl, al sur con el Arco de Mérida y al sureste con el río Orinoco.

## Estratigrafía del área.

La figura 2 muestra un cuadro lito-cronoestratigráfico del entorno del embalse de Tucupido, en el cual están representados dos periodos geológicos: Paleógeno y Neógeno. Formación Pagüey, constituida por unos 2150 m de lutitas marinas, grises a negras, duras y astillosas, bien laminadas, muy ricas en foraminíferos y con frecuentes niveles de nódulos sideríticos y alternancias monótonas de limolitas y areniscas (Osuna, 1994), consta de tres (3) miembros: a)

Arandia (lutitas) ambiente marino, b) La California (intercalaciones de lutitas y capas métricas de areniscas) ambiente nerítico y costero, y c) Higuerones (alternancia monótona de areniscas y lutitas) ambiente marino somero, nerítico medio en la parte media de la secuencia y continental hacia el tope (Aguasuelos, 1990; Osuna, 1994). Formación Parángula, de 390-400 m de espesor (Kiser, 1992), está compuesta por conglomerados lenticulares, areniscas de grano fino en capas masivas con estratificación cruzada, limolitas y lodolitas de tonos rojizos. Su ambiente es continental. Formación Río Yuca, consiste en un conglomerado basal, areniscas micáceas de grano medio a grueso con estratificación cruzada y arcillas de color marrón claro, rasgo éste que la distingue de la Formación Parángula. Su espesor es de aproximadamente 1200 m (Pierce, 1960); sin embargo los pozos verticales del área de Tucupido solo perforan un 10 % de dicho espesor, ya que gran parte de la formación ha sido erosionada. El ambiente sedimentario generalmente es continental.

### Trabajos previos.

Los afloramientos de las formaciones Río Yuca, Parángula y Pagüey en el embalse de Tucupido, han sido estudiados desde 1990, por los siguientes autores: I) Aguasuelos (1990), describieron por primera vez los afloramientos en las inmediaciones del embalse, II) Osuna, (1994), detalló la geología del embalse y III) Arnstein et al, (1996), describieron los Miembros Higuerones y La California de la Formación Pagüey, así como también el contacto Río Yuca-Parángula.

### Geología estructural.

Regionalmente, se reconocen dos corrimientos y dos estructuras anticlinales, todos con rumbo NE-SO. El embalse de Tucupido (Fig. 1), se ubica en el sinclinal de Mederos, entre dos corrimientos con vergencia Noroeste, los afloramientos se ubican al norte del anticlinal de Mederos y el sondeo al norte del anticlinal de Sipororo (De Toni et al., 1994).

### Embalse de Tucupido.

El embalse de Tucupido es visitado por turistas, ya que aporta un espacio idóneo para la recreación y el Geoturismo. Posee un puerto donde las embarcaciones pequeñas y lanchas de motor están dispuestas todos los días para ser alquiladas, con patrón incluido, y poder realizar un relajante paseo. En sus aguas se practica la pesca y los deportes acuáticos (Esteves et al, 2012). Adicionalmente es visitado por geólogos que participan en excursiones guiadas de congresos y simposios, entre otros, y también por estudiantes universitarios de la región para las prácticas de campo conducidos por un profesor y/o guía (Fig. 3).

### Acceso a las estaciones.

La ruta de acceso a las estaciones, se realiza a través de una carretera asfaltada de 14 km desde el pueblo de Tucupido. En el 1er tramo se asciende por una 1ra colina, cuya cumbre se ubica a una altura de 220 m s. n. m, en dicha colina está

presente únicamente la Formación Río Yuca. Después, en el descenso, encontramos el 2do tramo, un valle de 3,3 km de ancho y 180 m s. n. m., no se observan afloramientos. Por ultimo, el 3er tramo, la 2da colina de altura máxima de 300 m s. n. m., donde se reconoce desde que se inicia el ascenso, los miembros de la Formación Pagüey, el Miembro Arandia, posteriormente el Miembro La California y por último el Miembro Higuerones en contacto con la Formación Parángula, que corresponde a la estación # 1, finalmente 500 metros más adelante encontramos en la estación # 2, el contacto de las Formaciones Río Yuca - Parángula (Fig. 3 y 4).

La Figura 3, muestra la curva de rayos gamma a nivel de la Formación Pagüey, fue correlacionado con la 2da colina, apreciándose que la primera sección pertenecen al Miembro Arandia, es la sección menos competente y de mayor espesor. En el registro se calcularon 1100 m, está formada en su mayoría por lutitas, luego le sigue el Miembro La California, el mas competente de todos, en el registro se determinaron 530 m, está compuesto por intercalaciones de capas métricas de areniscas y lutitas, 500 metros mas adelante conseguimos el Miembro Higuerones en contacto con la Formación Parángula.

### Correlacion de los afloramientos y la curva de rayos gamma del sondeo vertical.

Los afloramientos contribuyen a conocer en detalle la roca y al correlacionarlos con la curva de rayos gamma de un sondeo cercano se puede reconocer sus electrofacies.

La Estación # 1 (Figuras 3, 4 y 5), observamos el contacto de las formaciones Parángula y Pagüey, ubicado al norte del pozo vertical y 284 m.s.n.m., utilizando la curva de rayos gamma del sondeo, se determinó el contacto a 269 m.b.n.m y se correlacionaron 50 m, divididos en: 20 m suprayacente y 30 m infrayacente al contacto. El afloramiento correlacionado de la Formación Parángula consta de dos (2) unidades, la A y la B. La unidad A, con un espesor de aprox. 3 metros, corresponde a capas continentales y la unidad B, con un espesor de 5 m, a depósitos de un canal apilado dispuesto de modo erosivo sobre el Miembro Higuerones de la Formación Pagüey. (Aguasuelos, 1990; Osuna, 1994). En el registro de rayos gamma la unidad A mide 6 m y la unidad B mide 8 m. En la parte superior del Miembro Higuerones, las unidades C y D, corresponden a sendas secuencias de barras litorales de 4 y 6 metros de espesor, respectivamente. Sobre la superior y cerca del tope de miembro, se encuentran abundantes trazas fósiles del icnogénero Thalassinoides, lo que sugiere un ambiente sedimentario nerítico (Fig. 6).

La Estación # 2, está expuesto el contacto entre las formaciones Río Yuca y Parángula ubicado al noreste del sondeo vertical y 266 m.s.n.m. Se trata de una discordancia angular (Giraldo et al., 1994), constituida por una costra ferruginosa de 0,8 a 1 metro de espesor, color morado y amarillento, indicativo de una superficie de erosión por exposición aérea y desarrollo de paleosuelo tropical, se trata de un largo periodo de erosión de las rocas sedimentarias, antes de la sedimentación de la Formación Río Yuca, durante el cual cualquier mineral que contenga hierro ferroso se oxida y produce hierro férrico, considerado como una reacción

química que genera colores abigarrados, está truncada por el conglomerado basal de aprox. 5 metros de espesor de la Formación Río Yuca. En el registro de rayos gamma del sondeo, este contacto formacional se ha situado en la electrofacies tipo canal del intervalo (105-110 m) (Fig. 6), también se comprobó que los ripios de arcilla de la profundidad 101 m indicaron un color abigarrado, es una prueba de haberse penetrado la Formación Parángula.

### Conclusiones.

El área de estudio se caracteriza principalmente, por la presencia de dos contactos formacionales y del sondeo vertical, donde al correlacionarse nos permite observar con mayor detalle y certeza la geología presente.

Del análisis realizado en los afloramiento, se pudo correlacionar con el registro de rayos gamma del sondeo: a) el Conglomerado basal de la Formación Río Yuca, b) las capas continentales y el clástico basal de la Formación Parángula, c) las barras litorales y estratos de lutitas del Miembro Higuerones de la Formación Pagüey.

### Agradecimientos.

Los autores agradecen a PhD Mounir Mahmoudi, e ingeniero geólogo Rafael Falcón por sus revisiones y recomendaciones.

### Referencias.

- Aguasuelos Ingeniería, S. C.**, (1990). Modernización de datos geológicos en el frente de montaña. Vol. III, Estratigrafía/Sedimentología. Corpoven S.A. Informe Inédito, 517 p.
- Arnstein, R., Osuna, S., Macsotay, O.** (1996): Paleoenvironment profile and age of Pagüey Formation: Barinas and Portuguesa States, Western Venezuela. II AAPG/SVG International Congress and Exhibition, Abstracts A2.
- De Toni, B., Lourerío, D., Colletta, B., Roure, F., Gou, Y. y Marquez, C.** (1994): Análisis geológico integrado de las cuenca de Barinas y Maracaibo. Síntesis estructural. Informe inédito Intevep, S.A. pag 87.
- Esteves, A. y Chacín, E.** (2012): Lugares de Interés Geológico en el Embalse de Tucupido Cuenca Barinas-Apure, Venezuela. VIII Congreso Geológico de España. Zaragoza, España. Geo-Tema, Vol 13, Pag 404.
- Giraldo, C. y Osuna, S.** (1994): Excursión N° 1: Frente Surandino Barinas – Guanare. V Simposio Bolivariano. Exploración Petrolera en las Cuenca Subandinas.
- Osuna, S.** (1994): Geología de superficie del frente de montañas de Barinas. Informe inédito Corpoven, 86 p.
- Pierce, G. R. (1960): Geología de la cuenca de Barinas. III Cong. Geol. Venez., Caracas, 1959, Mem., 1: 214-276.

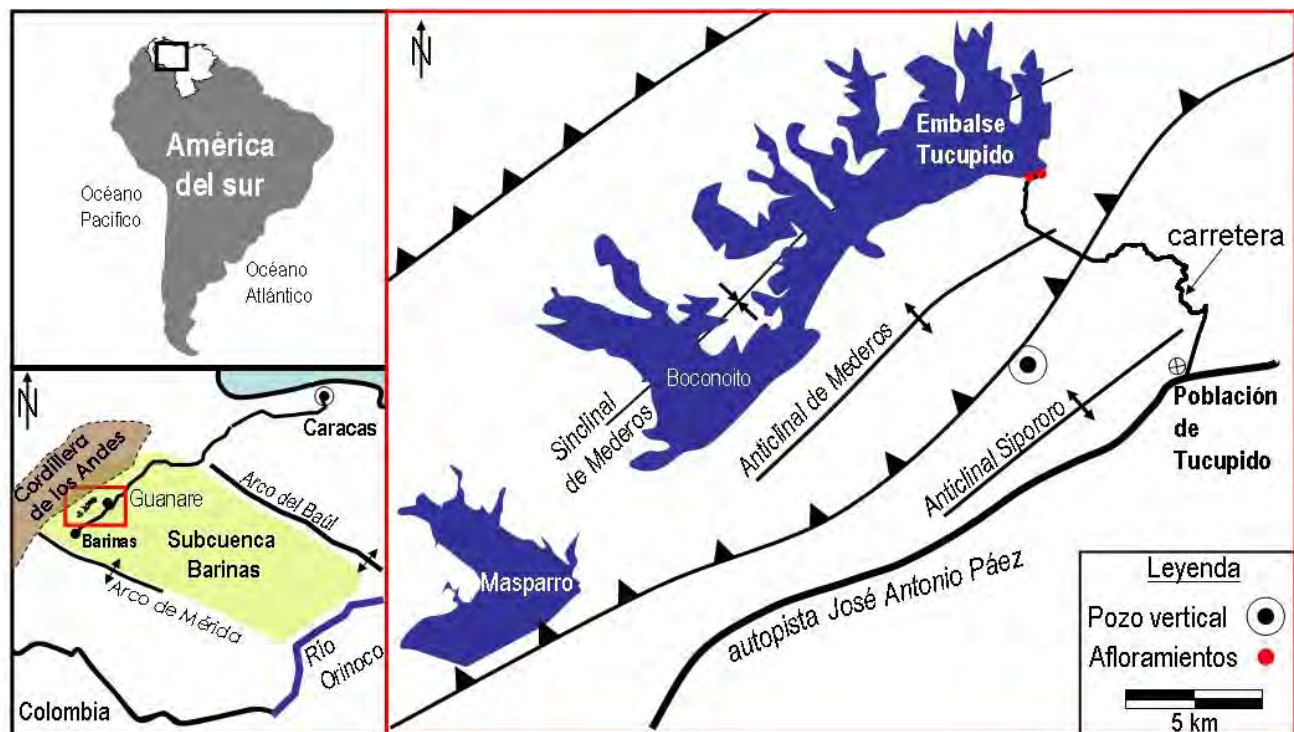


Figura 1: Ubicación del área de estudio (modificado de De Toni et al., 1994).

Periodo	Época	Embalse Tucupido	Curva de Rayos gamma 0 200	Espesor del sondeo en metros	Espesor prom. Afloramiento en metros
Cuaternario	Pleistoceno	Aluviones			
Neógeno	Plioceno	Río Yuca Superior			1200
	Mioceno	Río Yuca Inferior		125	
Paleógeno	Oligoceno Tardío	Parángula		375	390 - 400
	Eoceno Medio Tardío	P a g u e y	Higuerones		
			La California		2158
		Arandia			

Figura 2. Cuadro lito-cronoestratigráfico del entorno del embalse de Tucupido. (Modificado de Esteves et al., 2012).

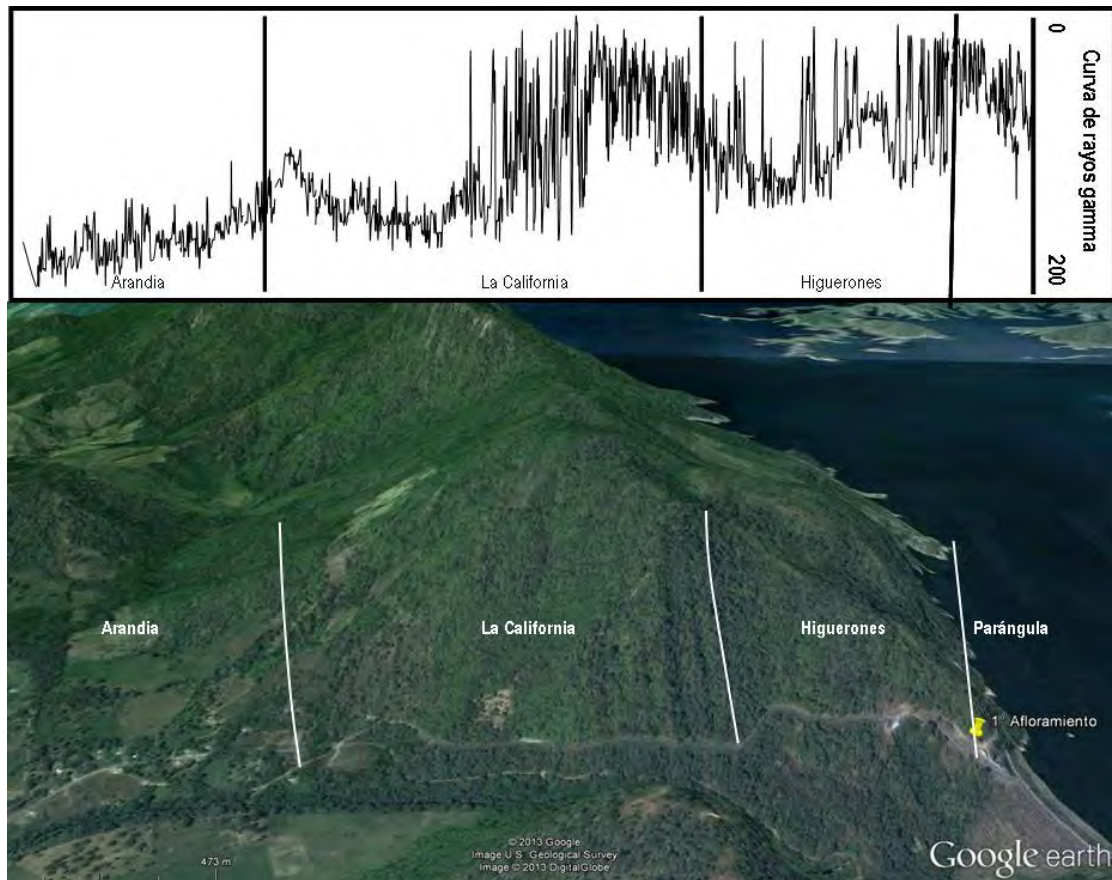


Figura 3. Registro de rayos gamma correlacionado con la 2da colina que conduce a las estaciones.

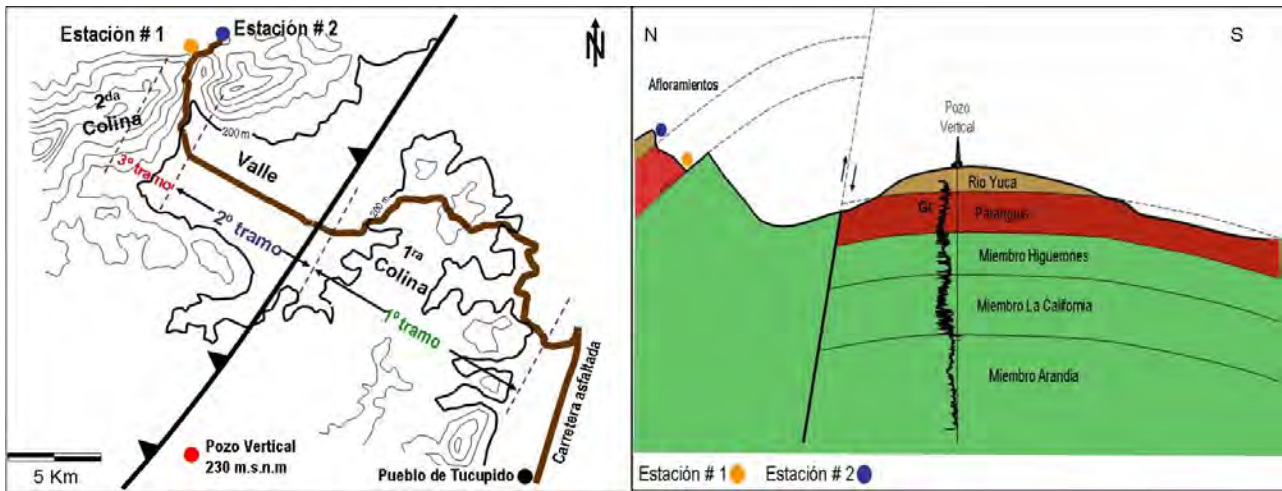


Figura 4. Ruta de acceso a las estaciones # 1 y # 2.

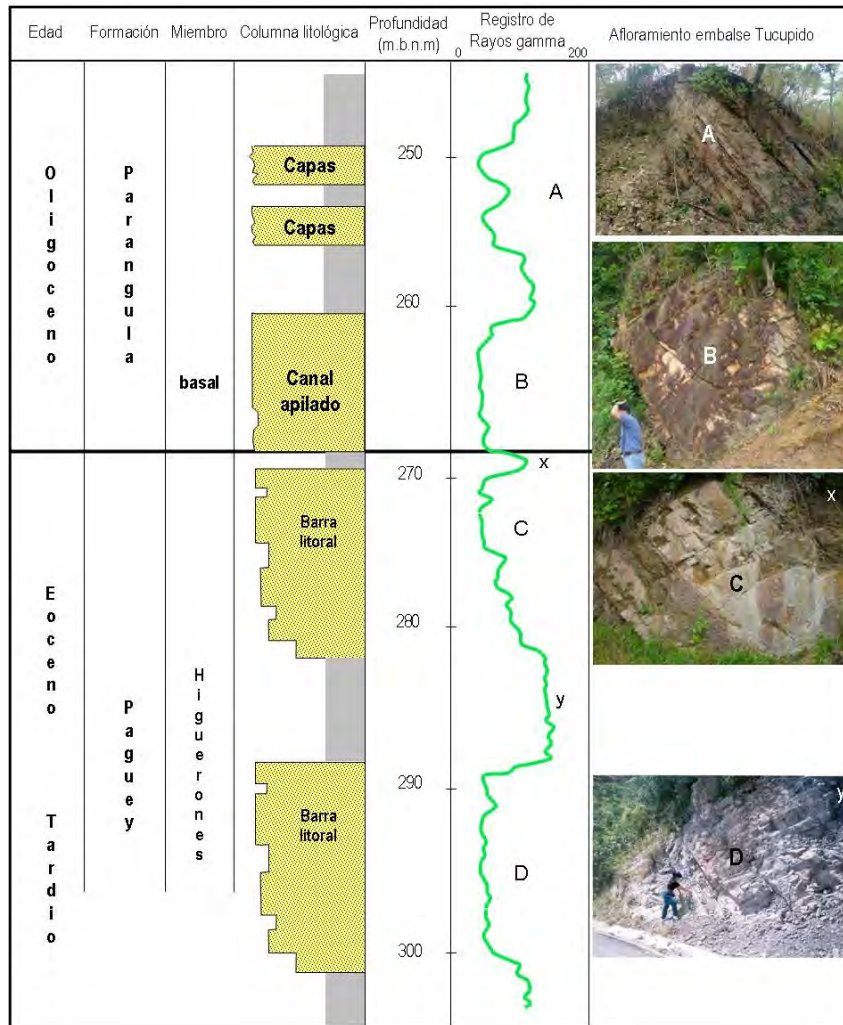


Figura 5. Correlación de la curva de rayos gamma de la estación # 1.



Figura 6. Thalassinoides del Miembro Higuerones, estación # 1.

Edad	Formación	Litología del pozo Vertical (m)	Profundidad m.s.n.m.	Registro de Rayos gamma	Afloramiento embalse Tucupido
M i o c e n o	R i o  Y u c a	153: Arcilla marrón claro amorfa, plástica.	115 —	0 200 Ry	
		138: Arcilla marrón claro amorfa, plástica.	110 —		
O l i g o c e n o	p a r a n g u l a	101: Arcilla marrón claro en parte rojizo, Ocasionalmente amarillo.	105 —	Pr	
			100 —		
			95 —		

Figura 7. Correlación de la curva de rayos gamma de la estación # 2.