

MODELO SEDIMENTOLÓGICO PARA EL YACIMIENTO B-1/SVS0073, FORMACIÓN MISOA (EOCENO TEMPRANO-MEDIO), CAMPO LAMA, BLOQUE IX, LAGO DE MARACAIBO, ESTADO ZULIA

Autores:

Katherine Duque¹, Carlos Ceron², Zonia Palacios² & Humberto Sanz³

1-Pdvsa Gas Occidente. Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela katheduque@cantv.net 2- Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Geológica. Merida-Venezuela ceroncr@hotmail.com, zoniap@ula.ve

3- Ministerio de Energía y Petróleo. Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.

RESUMEN

La secuencia estratigráfica en estudio está constituida por el miembro Informal B-1 de la Formación Misoa. El ambiente de sedimentación de la Formación Misoa se ha definido como fluvio-deltaico para toda la Cuenca de Maracaibo, lo cual supone grandes cambios laterales de facies y migraciones de subambientes sedimentarios. El Yacimiento B-1/SVS0073, está ubicado en el Campo Lama, al sur del Bloque IX del Lago de Maracaibo, el área principal abarca 40 km² aproximadamente, en adición del Área LAG-2016 de 22 km². Está delimitado estructuralmente al norte por la Falla SVS-67, al oeste por la Falla Lama - Icotea, al este por una falla de carácter inverso y al sur por tres contactos agua - petróleo. En este estudio se generó el modelo sedimentológico para el Yacimiento B-1/SVS0073, Formación Misoa, el que se basó en la descripción macroscópica de los núcleos correspondientes a los pozos SVS-095, SVS-226 y SVS-339. La descripción comprendió la identificación de las facies clásticas, identificación de estructuras sedimentarias, identificación de icnogéneros y asociaciones de facies. En base a estos análisis se identificaron un total de seis (6) facies clásticas, de las cuales cuatro (4) son facies arenosas (S3, S1, S11, S2) distinguiéndose entre sí según el tamaño del grano y dos (2) facies arcillosas (H y L), observándose un predominio de facies que varían de grano muy fino a limolítico (S2, H y L) con porcentajes en los núcleos que van desde 28% a 37%, lo que sugiere bajo nivel de energía durante la depositación. Entre las principales estructuras encontradas se tienen estratificación flaser, estratificación lenticular, estratificación cruzada, estratificación cruzada bimodal y laminación horizontal. También se identificaron cinco (5) icnogéneros (*Arenicolites*, *Ophiomorpha*, *Skolithos*, *Planolites* y *Teichichnus*) de las Icnofacies de *Skolithos* y *Cruziana*. La presencia de estos icnogéneros y sus asociaciones en grupos de Icnofacies, sugiere que el intervalo estudiado fue depositado en ambientes de sedimentación próximo costero hasta sub-litoral. Una vez definidos estos parámetros (facies clásticas, estructuras sedimentarias e identificación de icnogéneros) e integrando toda la información adquirida se realizaron las asociaciones de facies las cuales son características de un ambiente sedimentario deltaico dominado por mareas, específicamente los subambientes de frente deltaico de plano bajo conformado por depósitos de barras de mareas, apilamiento de barras de marea, canales de marea, barras distales de marea, llanura de marea y apilamiento de canales de marea y el prodelta.

ESTRATIGRAFÍA

La secuencia estratigráfica del área (Figura 1), esta constituida de base a tope, por el miembro Informal B-1 de la Formación Misoa. El ambiente de sedimentación de la Formación Misoa se ha definido como fluvio-deltaico para toda la Cuenca de Maracaibo, lo cual supone grandes cambios laterales de facies y migraciones de subambientes sedimentarios. Dicha formación consiste principalmente en una secuencia general transgresiva, interrumpida por varias facies regresivas de construcción de deltas, pero de notable tendencia granodecreciente. A grandes rasgos, está constituida por areniscas, limolitas y lutitas intercaladas. Las areniscas presentan tamaño de grano variado, pero en general, son de grano fino y gradan a limolitas; son duras, micáceas y carbonáceas. En algunas zonas del yacimiento, la Formación Misoa, está preservada totalmente, mientras que en otras donde la erosión post-Eoceno fue más intensa, la misma aparece parcialmente erosionada encontrándose en

algunas áreas sólo las unidades basales B-1.4 y B-1.5, las cuales suprayacen en forma concordante a las arenas B-2 de la Formación Misoa, dentro del área de estudio dicha formación fue subdividida a su vez en 21 sub-unidades de flujo (Scotia/WGS (1998)).

Suprayacente y en contacto discordante se encuentra el Miembro Santa Bárbara que representa el intervalo basal de la Formación La Rosa, de edad Mioceno temprano, caracterizada por una transgresión marina de gran extensión territorial en el lago, representada por sedimentos de origen marino. Regionalmente la Formación La Rosa representa la primera etapa de la invasión marina, sobre la superficie erosionada del Eoceno, mientras que la Lutita de La Rosa, suprayacente, corresponde a la máxima extensión de la transgresión de un mar poco profundo, que cubrió la mayor parte de la Cuenca de Maracaibo. La formación consiste de lutitas verdosas fosilíferas, intercalaciones de lutitas y areniscas gris oscuro a claro. Es de hacer notar que en algunas áreas aparece la Formación Paují suprayacente y de manera concordante con el Miembro Informal B-1 de la Formación Misoa, representando ésta un ciclo transgresivo evidenciado por una gruesa sección lutítica de carácter marino que se depositó en aguas limpias y profundas, de talud superior y medio.

La secuencia continua con las formaciones Isnotú, Lagunillas y La Puerta de edad Mioceno compuesta por depósitos continentales y marinos deltaicos.

Finalmente la sección del Plio-Pleistoceno representada por las formaciones: El Milagro y Onia de ambiente fluvio-deltaico y lacustrino marginal

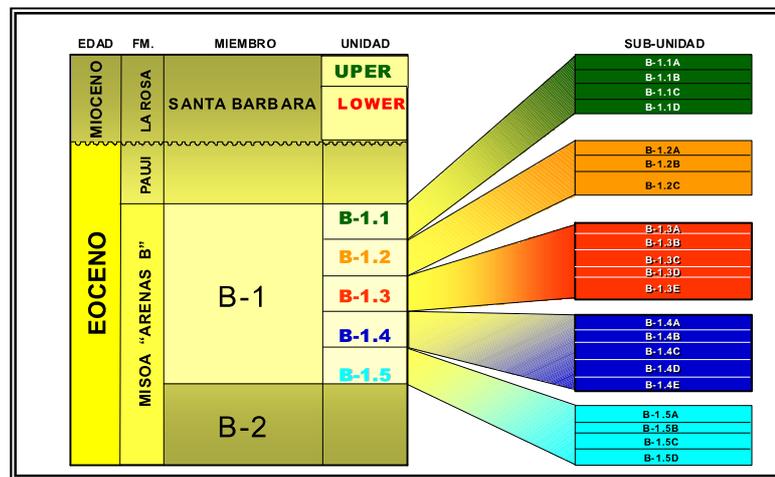


Figura 1 Columna estratigráfica generalizada del área de estudio. (Tomado del Scotia/WGS (1998))

MODELO ESTRATIGRÁFICO - SEDIMENTOLÓGICO

Para llevar a cabo dicho modelo se definió como registro tipo el pozo SVS-0087, el cual presenta bien definida la secuencia de interés. (Figura 2); al correlacionar se pudo observar que los topes de B-1.1, B-1.2, B-1.3, B-1.4, B-1.5, fueron razonables en el área de estudio en los cuales pocas modificaciones fueron necesarias, sin embargo, los topes de algunas sub-unidades y de B-2 parecen ser menos consistentes estableciéndose así una nueva distribución de los topes en el área de estudio.

Luego de identificar el registro tipo se realizó el mallado de triangulación y posteriormente se generaron las secciones estratigráficas en las cuales se distinguieron 5 unidades y 21 sub-unidades (ver figura 3); las unidades presentan un espesor promedio que varía entre 70 pies y 155 pies, y las sub-unidades entre 10 pies y 50 pies aproximadamente, dichas unidades se caracterizan por presentar una secuencia bastante heterogénea con grandes cambios laterales de facies de un pozo a otro adyacente. Las unidades con mayor porcentaje de arcillas son B-1.1 y B-1.2, distinguiéndose de esta manera los mejores cuerpos de arena en las unidades inferiores, es decir, B-1.4 y B-1.5, todo ello junto al estudio de las tendencias de los registros eléctricos de Rayos Gamma genero la interpretación de las distintas facies que permitieron la elaboración de mapas de facies (ver figura 4 y 5) para cada unidad del Yacimiento B-1/SVS0073.

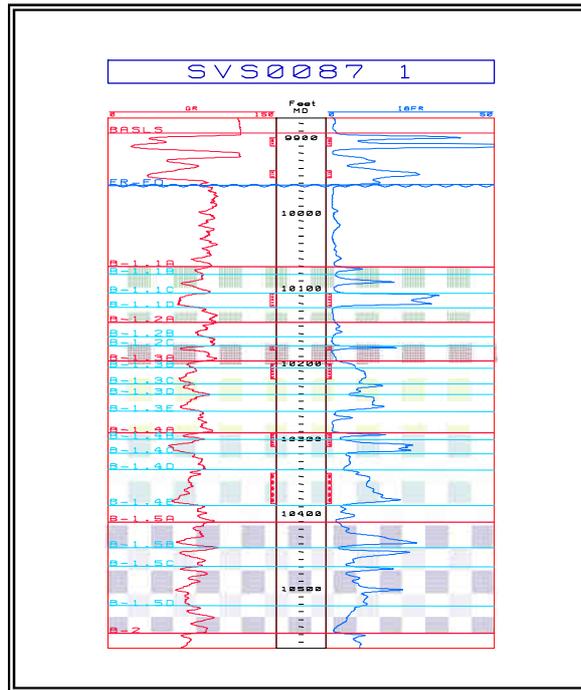


Figura 2 Registro tipo del área. Pozo SVS-087

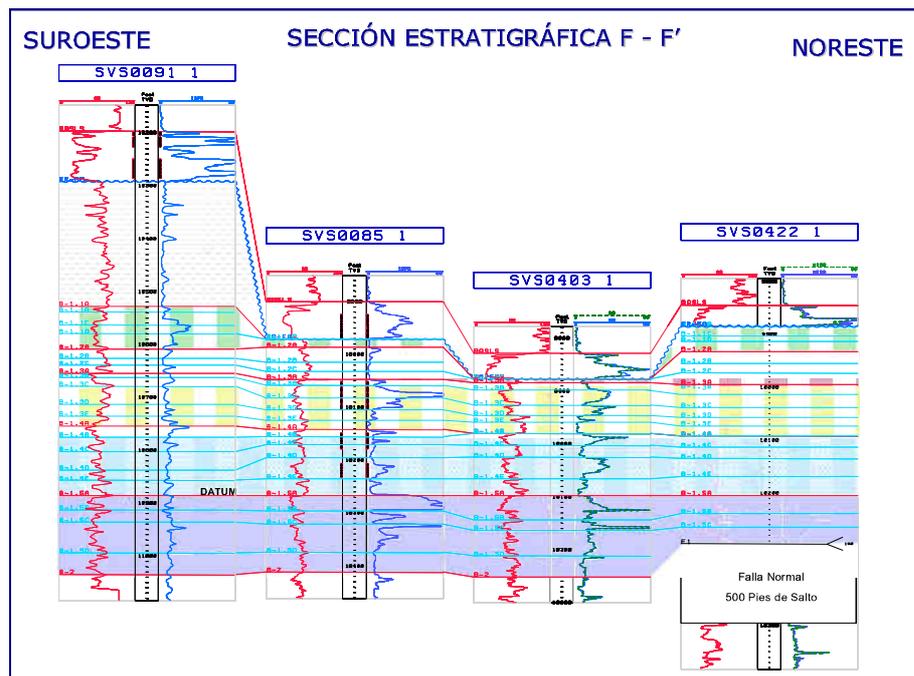


Figura 3 Sección Estratigráfica Suroeste - Noreste

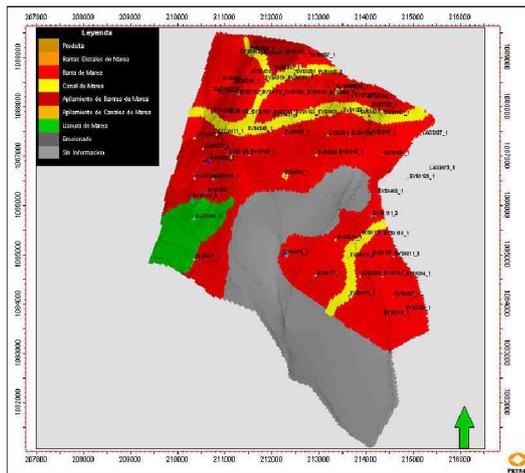


Figura 4 Mapa de Facies Unidad B-1.5

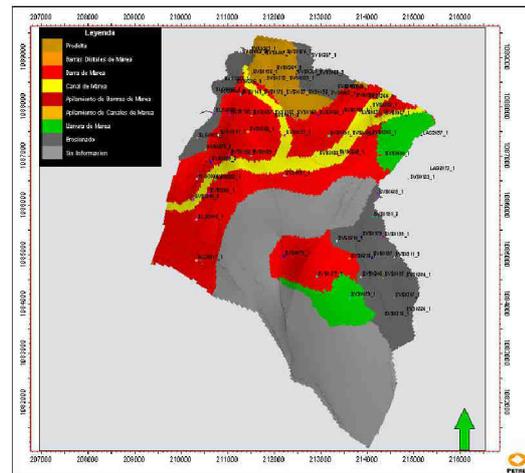


Figura 5 Mapa de Facies Unidad B-1.1

Para el modelo sedimentológico la información se basó en la descripción macroscópica de los núcleos de los pozos SVS-095, SVS-226 y SVS-339, la cual comprendió la identificación de las facies clásticas, identificación de estructuras sedimentarias e identificación de icnogéneros. En base a estos análisis se identificaron un total de seis (6) facies clásticas:

- a) Facies S3: Arenisca de grano medio a grueso, frecuentemente de color gris claro, sub-angular a sub-redondeado, moderada a bien escogida, en algunos intervalos se presentan láminas de materia orgánica, fragmentos de conchas, clastos de siderita, estratificación ondulada, laminación lenticular, y en ciertos casos puede ser calcárea, generalmente no muestra impregnación de hidrocarburos.
- b) Facies S11: Arenisca de grano fino a medio, generalmente de color gris claro, aunque a veces puede presentarse de color marrón claro, sub-angular a sub-redondeado, moderada a bien escogida, normalmente no muestra intercalación de lentes de lutita, sin embargo puede presentar láminas de lutitas de manera esporádica, frecuentemente se presenta de manera masiva y algunos intervalos presentan material orgánico. Localmente puede observarse estratificación cruzada.
- c) Facies S1: Arenisca de grano medio a fino, sub-angular a sub-redondeado, bien escogida, con abundantes intercalaciones de materia orgánica y lentes continuos y discontinuos de lutita color rojizo pálido, puede presentar estratificación cruzada, laminaciones discontinuas y en algunos intervalos puede ser calcárea. A diferencia de la facies descrita anteriormente, esta facies se caracteriza por presentar laminaciones paralelas de lutita, producto de los fuertes cambios energéticos.
- d) Facies S2: Arenisca de grano muy fino a limolítico, sub-angular a sub-redondeado, muy bien escogida, color gris claro a beige y en algunos intervalos marrón claro, con intercalaciones de lentes de lutita color marrón a gris oscuro, estos lentes están comúnmente en forma discontinua. Se caracterizan por presentar estratificación "flaser" características de regímenes mareales; estas estructuras sugieren procesos de baja energía, algunos intervalos presentan glauconita.
- e) Facies H: Lutita generalmente negra que en algunas ocasiones puede presentarse de color gris oscura, muy finamente laminada. La común ocurrencia de estructuras laminares caracteriza a esta facies.
- f) Facies L: Lutita gris oscuro a negro, con intercalaciones locales de lentes limolíticos y abundante materia orgánica. En el pozo SVS0095 se observó hacia la base una lutita de color negro de fractura cóncava-convexa, con abundantes restos de materia orgánica.

Entre las principales estructuras encontradas se tienen:

- ❖ Estratificación flaser y estratificación lenticular: característicos de regímenes mareales, sin embargo, pueden desarrollarse en distintos medios sedimentarios, en los que concurra la existencia de una zona con déficit de sedimento (de arena en la lenticular y arcilla en la flaser) y en un medio cambiante entre turbulento (cuando la corriente o la ola transporta y deposita la arena) y tranquilo (cuando se deposita la arcilla). O sea alternando fases agitadas con fases de calma.

❖ Estratificación cruzada es una estructura formada por corrientes unidireccionales en las que se puede observar la dirección de migración de los ripples e interpretar el sentido de la paleocorriente por lo que se pueden encontrar en diferentes ambientes.

❖ Estratificación cruzada bimodal se debe al flujo y reflujo de las mareas.

❖ Laminación horizontal, se debe a un régimen hidráulico elevado, por lo tanto puede encontrarse en multitud de medios sedimentarios, siempre que exista un transporte de material arenoso con una elevada energía.

También se identificaron cinco (5) icnogéneros (*Arenicolites*, *Ophiomorpha*, *Skolithos*, *Planolites* y *Teichichnus*) de las Icnofacies de *Skolithos* y *Cruziana*.

❖ Icnofacies *Skolithos*

Es indicativa de niveles relativamente altos de energía de corrientes o de olas y típicamente se desarrolla en sustratos ligeramente lodosos a limpios, bien escogidos y no consolidados. Entre los icnogéneros presentes en los núcleos analizados se tienen los siguientes:

Arenicolites: Está asociado a sustratos arenosos, indica condiciones de baja energía o ambientes de llanura de marea.

Ophiomorpha: Se encuentra en abundancia en ambientes de anteplaya, también está asociado a depósitos de aguas salobres incluyendo estuarios y charcas de marea.

Skolithos: Está asociada con sedimentos arenosos ligeramente fangosos a limpios, bien seleccionados a móviles, sujetos a abrupta erosión o depositación. Típicamente se presenta en el *foreshore* y el *shoreface* medio a superior. Sin embargo, la icnofacies de *Skolithos* puede estar asociada a otros ambientes que exhiben similares condiciones depositacionales, tales como barra en puntas estuarinas.

❖ Icnofacies *Cruziana*

Esta icnofacies se presenta en ambientes por encima del nivel de olas de tormenta hasta ligeramente por encima del nivel de olas normales, en una zona comprendida entre el *shoreface* inferior y el *offshore* inferior. Tipifica condiciones de energía moderada a relativamente baja. Entre los icnogéneros presentes en los núcleos analizados se tienen los siguientes:

Planolites: Debido a su morfología simple ha sido encontrado en casi todos los ambientes, desde marino profundo hasta diques fluviales, por lo que no es buen indicador de ambientes.

Teichichnus: Aunque es un género característico de las Icnofacies *Cruziana*, también prevalece en lagunas y bahías de aguas salobres.

La presencia de estos icnogéneros y sus asociaciones en grupos de Icnofacies, sugiere que el intervalo estudiado fue depositado en ambientes de sedimentación próximo costero hasta sub-litoral.

Las asociaciones de facies interpretadas son las siguientes:

- a) Depósitos de barras de marea: en un perfil de *Gamma Ray*, un depósito de barra de marea debido a que tienen una organización textural granocreciente tiene una expresión en forma de embudo al igual que las lomas playeras con dominio de oleaje o los depósitos de barra de desembocadura de los deltas con dominio fluvial
- b) Depósitos de canales de marea: En el perfil de *Gamma Ray*, los depósitos de canales de marea muestran una expresión granodecreciente o cilíndrica, pero en este caso la forma cilíndrica no fue observada.
- c) Depósitos de barras distales de marea: Corresponden a la parte más extensa del frente deltaico su tendencia es granocreciente en forma de embudo aserrado lo que indica el contenido de materiales finos, generalmente limos y arcillas y, en menor proporción, arenas finas.
- d) Depósitos de llanura de marea: Está compuesta por materiales arcillosos, limosos y en algunos casos hasta arenas de grano fino intercaladas en la depositación, en el perfil de *Gamma Ray* no muestra una tendencia definida.
- e) Apilamiento de barras de marea y canales de marea: El apilamiento de barras de marea y canales de marea no es más que una sucesión vertical de facies que se observan de manera continua una sobre otra.
- f) Depósitos de prodelta: Está representada principalmente por lutitas y en segundo lugar por sedimentos heterolíticos de grano muy fino, con pequeñas intercalaciones arenosas.

Finalmente con la información obtenida de los núcleos y la interpretación de las electrofacies, junto con el análisis de todas las características sedimentarias como son: asociación de facies, icnofósiles, estructuras primarias, se puede definir para el Miembro Informal B-1 un Ambiente Deltaico dominado por Mareas, caracterizado por los sub-ambientes de Frente Deltaico de Plano Bajo que presenta facies sedimentarias como barras de marea, canales de marea, apilamiento de barras de marea, apilamiento de canales de marea, y barras distales de marea hasta llegar al Prodelta.

CONCLUSIONES

- a) A través del análisis de las secciones estratigráficas se observó que las unidades inferiores B-1.4 y B-1.5 son las que presentan mayor continuidad lateral y a su vez son las que muestran mayor desarrollo de cuerpos arenosos, así como también se observa que hacia la parte sur del yacimiento se encuentran todas las unidades del Miembro Informal B-1 de la Formación Misoa inclusive la Formación Paují.
- b) A partir de la descripción macroscópica de los núcleos de los pozos SVS-095, SVS-226 y SVS-339 se logró observar un predominio en cada uno de ellos de facies que varían de grano muy fino a limolítico (S2, H y L) con porcentajes que van desde 28% a 37%, lo que sugiere bajo nivel de energía durante la depositación
- c) A partir de las correlaciones estratigráficas y con el análisis de las estructuras sedimentarias y de las icnofacies presentes en los núcleos como son *Skolithos* y *Cruziana* se determino un Ambiente Deltaico Dominado por Mareas específicamente los subambientes de **Frente Deltaico de Plano Bajo** conformado por depósitos de barras de mareas, apilamiento de barras de marea, canales de marea, barras distales de marea, llanura de marea y apilamiento de canales de marea y el **Prodelta**

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Buatois, L. 2005. Curso de Caracterización Paleoambiental de Reservorios Clásticos: Facies Sedimentarias, Icnología y Estratigrafía Secuencial de Alta Resolución. p. 1 – 700.
- The Scotia Group - Weinman Geoscience. 1998. Estudio Integrado de los Yacimientos de las Arenas Santa Bárbara y Misoa, Área Lama Sur, Bloque IX, Lago de Maracaibo, Fase II: Descripción Detallada Del Yacimiento. p. 1-120