

CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LAS FORMACIONES ESCANDALOSA (MIEMBRO "O"), BURGÜITA, GOBERNADOR (MIEMBRO MASPARRITO) Y PAGÜEY EN EL FLANCO SURANDINO Y ÁREA TRADICIONAL DE BARINAS

SEDIMENTOLOGIC AND STRATIGRAPHIC CHARACTERIZATION OF ESCANDALOSA ("O" MEMBER), BURGÜITA, GOBERNADOR (MASPARRITO MEMBER) AND PAGÜEY FORMATIONS IN SOUTHANDEAN FLANK AND BARINAS TRADICIONAL AREA

Natali C. Guerra B.¹, Francisco Rondón², Omaira Barrios³

Recibido: 5-10-09; Aprobado: 10-11-09.

RESUMEN

La cuenca Barinas-Apure es una unidad tectonoestratigráfica que comprende las subcuencas de Barinas y de Apure, ambas de interés económico para el país, por sus características estratigráficas que posibilitan el entrapamiento de hidrocarburos. El flanco surandino constituye la zona de contacto entre el piedemonte andino y la subcuenca de Barinas, y es precisamente entre estos dos eventos donde se ubica el área de estudio. El hecho es que la información sedimentológica y estratigráfica existente en los pozos ubicados allí no se encontraba actualizada, y en algunos casos estaba enfocada sólo en zonas de particular interés. Por tal motivo, la presente investigación tuvo como objetivo principal caracterizar sedimentológica y estratigráficamente las formaciones Escandalosa (Miembro "O"), Burgüita, Gobernador (Miembro Masparrito) y Pagüey en el área antes citada. Una vez recopilada y revisada la información de interés se seleccionaron los pozos tipo a estudiar. Seguidamente, se describieron núcleos y se elaboraron secciones estratigráficas, secciones sísmicas y mapas isópacos de arena neta, a fin de cumplir con el objetivo antes mencionado. Una vez aplicada la metodología, se discutieron los resultados, concluyéndose, que en los núcleos descritos de los pozos 1X y 2X las facies con mayor espesor fueron las facies clásticas S y L, respectivamente; la Formación Gobernador en dirección suroeste-noreste presenta un desarrollo de cuerpos con características de barras y canales, indicando un ambiente deltaico con predominio fluvial; los mayores espesores del Miembro "O" y de la Formación Gobernador se encuentran hacia el suroeste del área de estudio.

Palabras clave: Flanco surandino, Formación Escandalosa, Formación Gobernador, Miembro Masparrito, Miembro "O".

ABSTRACT

The Barinas-Apure Basin is a tectonostratigraphic unit that consists of the Barinas and the Apure Subbasins, both of economic interest to the country by their stratigraphic features in hydrocarbon entrapment. The southern Andean flank constitutes the contact zone between Andean piedmont and Barinas Subbasin, and it is between these two events where the study area is located. The fact is that the sedimentologic and stratigraphic information of the wells located there was not updated. Therefore, this study aimed to produce a sedimentological and stratigraphical characterization of the Escandalosa ("O" Member), Burgüita, Gobernador (Masparrito Member) and Pagüey Formations in the aforementioned area. Once the relevant information was collected and reviewed type wells were selected for study. Subsequently, cores were described and stratigraphic sections, seismic sections and net sand isopach maps were developed in order to comply with the above objective. Once applied the methodology, the results were discussed, concluding that in the cores described from the 1X and 2X wells the thicker facies were the S and L clastic facies, respectively; the Gobernador Formation in southwest-northeast direction, presents a body development with bar and channel characteristics, indicating a fluvial-deltaic environment, the greater thicknesses of the "O" Member and the Gobernador Formation located are southwest of the study area.

Keywords: Escandalosa Formation, Gobernador Formation, Masparrito Formation, "O" Member, Southandean Flank.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad principal caracterizar sedimentológica y estratigráficamente las formaciones Escandalosa (Miembro "O"), Burgüita, Gobernador (Miembro Masparrito) y Pagüey en el flanco surandino y área tradicional de Barinas. Para lograr este objetivo es necesario cumplir con una serie de objetivos específicos, entre los que se mencionan: identificar las facies sedimentarias presentes en núcleos de interés mediante la descripción sedimentológica de los mismos; validar tanto los topes como la extensión lateral y vertical de las formaciones de interés mediante la correlación estratigráfica de las mismas; definir superficies estratigráficas, sistemas encadenados y secuencias en las formaciones de interés; definir las facies sedimentarias de los niveles estratigráficos de interés mediante el

análisis de las electrofacies; visualizar las variaciones de espesor de las rocas reservorio del área de estudio mediante la elaboración de mapas isópacos, entre otros. Existen diversos estudios que han generado información relativa a la sedimentología y estratigrafía en las rocas del Terciario y finales del Cretácico en la Cuenca Barinas-Apure, entre los cuales se destacan Aquino *et al.* (1994), Martínez *et al.* (1995), González *et al.* (1997), Figueroa *et al.* (1997) y Bejarano (1999).

¹ Ing° Geó°, Libre ejercicio. e-mail: gbnatalic.84@gmail.com

² Ing° Geó°, Libre ejercicio. e-mail: rondon.francisco@gmail.com

³ Ing° Geó°, Espec. Profesora Asistente, UDO. e-mail: omaira.barrios14@gmail.com

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La información sedimentológica y estratigráfica existente en los pozos ubicados en el área de Barinas tradicional y el flanco surandino no se encuentra actualizada, y en algunos casos está enfocada sólo en zonas de particular interés, por tanto se requiere actualizar el modelo sedimentológico-estratigráfico existente en el área de estudio.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La subcuenca de Barinas es una depresión estructural que limita al Norte con la serranía del interior central, al Sur con la cuenca de los llanos colombianos, al Este y noreste con el levantamiento de El Baúl y al Noroeste con la cordillera de Los Andes. El flanco surandino constituye la zona de contacto entre el piedemonte andino y la subcuenca de Barinas, se extiende en dirección noreste-suroeste desde Acarigua, estado Portuguesa, hasta la frontera con Colombia en el estado Táchira y está limitada al Norte por la traza de la falla de Boconó y al Sur por la carretera nacional troncal 105. El área de estudio abarca la subcuenca de Barinas y el flanco surandino, la misma se ilustra en la figura 1.

METODOLOGÍA

Para cumplir eficientemente con los objetivos planteados en este trabajo, fue necesario establecer una metodología adecuada, la cual se resume en el siguiente flujograma (Figura 2); el mismo contempla cada una de las etapas a seguir durante el desarrollo de la investigación.

Al iniciar una investigación en cualquier área del conocimiento, es de vital importancia el proceso de documentación, puesto que, conocer previamente las características principales del problema o situación objeto de estudio, facilita el desarrollo de la misma. Por tal motivo, en la primera etapa de la investigación se contempló la recopilación de toda la información existente del área de estudio y los pozos ubicados en la misma. Una vez recopilada la información se procedió a la revisión de todo el material bibliográfico disponible, constituido por textos, informes técnicos, sumarios geológicos, entre otros, para luego seleccionar los pozos que conformarían el estudio. Seguidamente, se integró la data sedimentológica y bioestratigráfica existente mediante la elaboración de tablas de datos, mapas de distribución de muestras y un mapa de calidad del dato. Para la preparación de estos mapas se utilizó el programa *Microstation*.

Posteriormente, se caracterizó tanto sedimentológica como estratigráficamente las formaciones objetivo. Se describieron núcleos de interés con el mayor detalle posi-

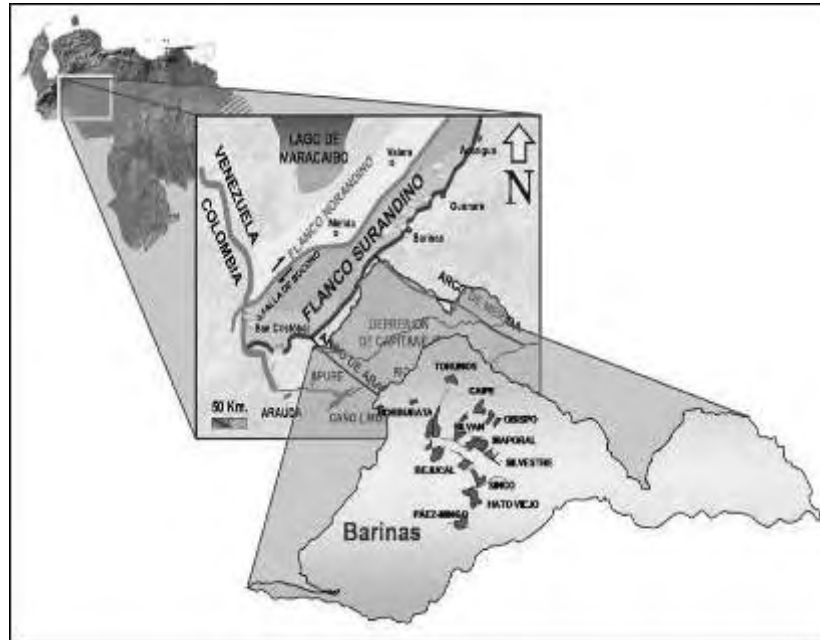


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

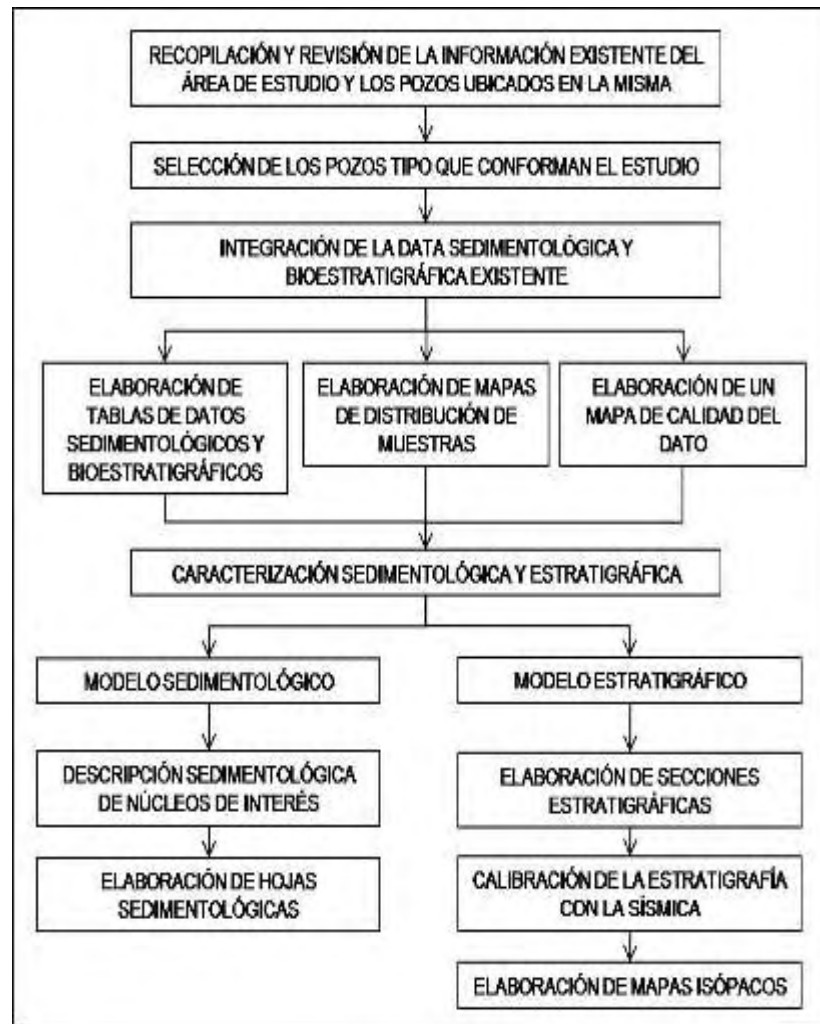


Figura 2. Flujograma de la metodología utilizada.

ble, con la finalidad de identificar las facies cuenta aspectos tales como: litología, geo-sedimentarias presentes, tomando en métrica, contactos, estructuras sedi-

mentarias, entre otros. Para las descripciones de las facies presentes en las muestras se utilizó el código de facies establecido por el Laboratorio Geológico El Chaure. A partir de estas descripciones se elaboraron las hojas sedimentológicas respectivas. Estas hojas se elaboraron utilizando el programa CANVAS 9.0.

Se elaboraron diez secciones estratigráficas en direcciones tanto paralelas como perpendiculares a la dirección de sedimentación, de manera tal que abarcaran toda el área de estudio.

Para el nivel superior (Formaciones Burgüita, Gobernador (Miembro Masparrito) y Pagüey) se tomó como *datum* de referencia una superficie de máxima inundación (MFS) ubicada en la base de la Formación Pagüey, por ser esta formación una lutita que constituye un marcador guía de carácter regional. Para el nivel inferior (Miembro "O"), el *datum* de referencia horizontal to-

mado fue la base del Miembro La Morita de la Formación Navay, el cual consiste, casi en su totalidad, de lutitas.

Se realizó un análisis secuencial el cual se basó principalmente en la determinación de superficies estratigráficas: superficies de inundación (FS), de máxima inundación y límites de secuencias (SB), sistemas encadenados y secuencias. La edad y orden de estas últimas se determinó mediante el uso de las tablas I y II, respectivamente. Luego se identificaron las electrofacies presentes en los perfiles de pozos separando las respuestas de los mismos según sus formas características y su litología. En esta etapa del estudio se utilizó la aplicación *Stratwork* de la plataforma *Landmark*.

Una vez realizadas las secciones estratigráficas se procedió a calibrar las mismas utilizando las líneas sísmicas, tanto 2D como 3D, del área de estudio. Para la interpretación sísmica se siguió

Tabla I. Código de tectonosecuencias VIPA (s/fecha).

SECUENCIA	ÉPOCA	EDAD (Ma)
SP1	Plioceno-Pleistoceno	5.3-Reciente
SM3	Mioceno Tardío	11.2-5.3 (5.9)
SM2	Mioceno Medio	16.6-11.2 (5.4)
SM1	Mioceno Temprano	23-16.6 (6.4)
SE4	Eoceno Tardío-Oligoceno	37-23 (14)
SE3	Eoceno Medio	43.5-37 (6.5)
SE2	Eoceno Medio	52-43.5 (8.5)
SE1	Eoceno Temprano	58-52 (6)
SK2	Cretácico Tardío-Paleoceno	75-58 (17)
SK1	Cretácico Temprano a Tardío	124-75 (49)

Tabla II. Origen y duración de los ciclos eustáticos (Vail *et al.*, 1991).

ORDEN	ORIGEN	DURACIÓN
1	Ciclos continentales e inundación debido a variaciones en el volumen de los océanos por cambios de dicho volumen en una tasa grande.	50 > Ma
2	Largos periodos de ciclos climáticos glacio-eustáticos, forman supersecuencias.	5 a 50 Ma
3	Glacio-eustacia (ciclos climáticos), forman secuencias deposicionales.	0.5 a 5 Ma
4	Fluctuaciones cortas en términos climáticos debido a ciclos astronómicos.	0.1 a 0.5 Ma
5	Forman parasecuencias y secuencias simples.	0.1 < Ma

ron tres horizontes, los cuales fueron los topes de las formaciones Pagüey, Gobernador y Escandalosa. En esta etapa la aplicación utilizada en la estación de trabajo fue *Seiswork*.

Finalmente, se realizaron dos mapas isópacos de arena neta correspondientes al Miembro "O" de la Formación Escandalosa y a la Formación Gobernador, los cuales constituyen las rocas reservorio del área de estudio. Estos mapas se realizaron tanto manual como digitalmente, en este último caso mediante el uso del programa CANVAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se estudiaron un total de cincuenta y cinco pozos. Se obtuvieron cincuenta y cinco tablas de datos sedimentológicos y bioestratigráficos, cinco mapas de distribución de muestras, un mapa de calidad del dato, dos hojas sedimentológicas, diez secciones estratigráficas, siete secciones sísmicas y dos mapas isópacos de arena neta.

De la mayoría de los pozos ubicados en el Área Tradicional de Barinas se han extraído muestras de núcleos y canal, los cuales cuentan con numerosas y actualizadas descripciones sedimentológicas y análisis bioestratigráficos en sus tres disciplinas (foraminíferos, palinología y nannoplancton calcáreo) realizados por diversos autores, razón por la cual constituyen una data confiable a correlacionar hacia el área del Flanco Surandino y Sur de Barinas.

En el mapa de calidad de datos se muestra que hacia la zona norte y central del área de estudio se concentra la mayor densidad de información tanto sedimentológica como bioestratigráfica.

Se describieron un total de 332 pies de núcleos correspondientes a los pozos 1X y 2X. A través de la descripción macroscópica de los núcleos 3 al 7 del pozo 1X se identificaron un total de siete (7) facies sedimentarias: tres (3) facies arenosas (S3, SB y S2B); dos (2) facies arcillosas (L y HB); una facies carbonática (Mare) y una facies de carbón y lutitas carbonosas (C). La facies con mayor espesor en los núcleos descritos en este pozo fue la facies L (68 pies).

De igual manera, en los núcleos 3 al 7 del pozo 2X se identificaron siete (7) facies sedimentarias: seis (6) facies arenosas (S, S1, S3, S11, SB y S2B) y una facies arcillosa (L). La facies con mayor espesor en los núcleos descritos en este pozo fue la facies S (44 pies). A continuación se describen las facies sedimentarias observadas en los núcleos de los pozos 1X y 2X:

1. Facies S: arenisca de grano grueso a conglomerático, moderadamente escogida, presenta estratificación cruzada planar de ángulo variable (generalmente moderado), ocasionalmente se presenta masiva y con láminas esporádicas (continuas y discontinuas) de lutita gris oscuro a negro; esporádicos clastos de lutitas.
2. Facies S1: arenisca de grano fino a medio, bien escogida, presenta láminas continuas de arcilla gris oscuro a negro, bioturbación escasa.
3. Facies S3: arenisca de grano medio a grueso, bien escogida a moderadamente escogida, ocasionalmente mal escogida, presenta estratificación cruzada planar de ángulo moderado a bajo, a veces masiva, ocasionalmente con clastos de lutita y láminas continuas y discontinuas de lutita gris oscuro a negro.

4. Facies SB: arenisca de grano medio superior/grueso inferior, moderadamente escogida a bien escogida, intensamente bioturbada, ocasionalmente presenta arena media-gruesa conglomerática dispersa.

5. Facies S2B: arenisca de grano fino a medio, bien escogida a moderadamente escogida, intensamente bioturbada. Dentro de esta facies se presentan cuatro (4) subfacies en el pozo 2X: S2Bd (dolomítica), S2Bgl (glaucónica), S2Bca (calcárea) y S2Bdgl (dolomítica-glaucónica), y dos (2) subfacies en el pozo 1X: S2Bd y S2Bgl.

6. Facies S11: arenisca de grano fino a medio, bien escogida, generalmente masiva y ocasionalmente con laminación paralela, ocasionales láminas discontinuas de arcilla, bioturbación escasa o ausente. Dentro de esta facies se presentan dos (2) subfacies: S11d (dolomítica) y S11dgl (dolomítica-glaucónica).

7. Facies L: lutita de color gris oscuro a negro, algunos intervalos presentan niveles de conchas de moluscos muy delgados o se presentan moderadamente bioturbados.

8. Facies HB: lutita gris oscuro a negro y arenisca de grano fino a muy fino a veces glauconítica y en proporciones variables, completamente mezcladas por bioturbación.

9. Facies Mare: micrita arenosa, fosilífera, bioturbación pobre o ausente.

10. Facies C: carbones y lutitas carbonosas de color gris oscuro a negro.

En la figura 3 se ilustra el mapa índice de secciones. En las secciones estratigráficas realizadas en dirección suroeste-noreste, cuya longitud promedio es de 55 km, se identificaron las unidades Cretácicas (Formación Burgúita) y Eocenas (Formación Gobernador, Miembro Masparrito y Formación Pagüey) de interés, a excepción de los pozos 3X, 6X, 7X, 13X, 14X y 15X, en los cuales la Formación Burgúita está erosionada. En general, la Formación Gobernador no presenta notables cambios de espesor, excepto en el pozo 4X en el cual presenta un valor anómalo de 30 pies, puesto que el mismo se encuentra sobre un alto estructural. La litología de Formación Gobernador está constituida esencialmente de paquetes arenosos intercalados con lutitas. El Miembro "O" aumenta su espesor gradualmente en dirección suroeste-noreste, y en la mayoría de los pozos se mantiene su litología característica constituida por una caliza masiva.

Se observó en las respuestas de los perfiles un mayor número de electrofacies con engrosamiento hacia el tope, características de barras. Esto no se observó en el pozo 3X, en el cual se aprecia que las electrofacies son en su mayoría cilíndricas con base erosiva/abrupta características de canales. En la figura 4 se muestra una de las secciones estratigráficas realizadas en dirección suroeste-noreste (sección estratigráfica 1), está compuesta por los pozos 3X, 4X, 5X, 6X y 7X y tiene una longitud de 70 km,

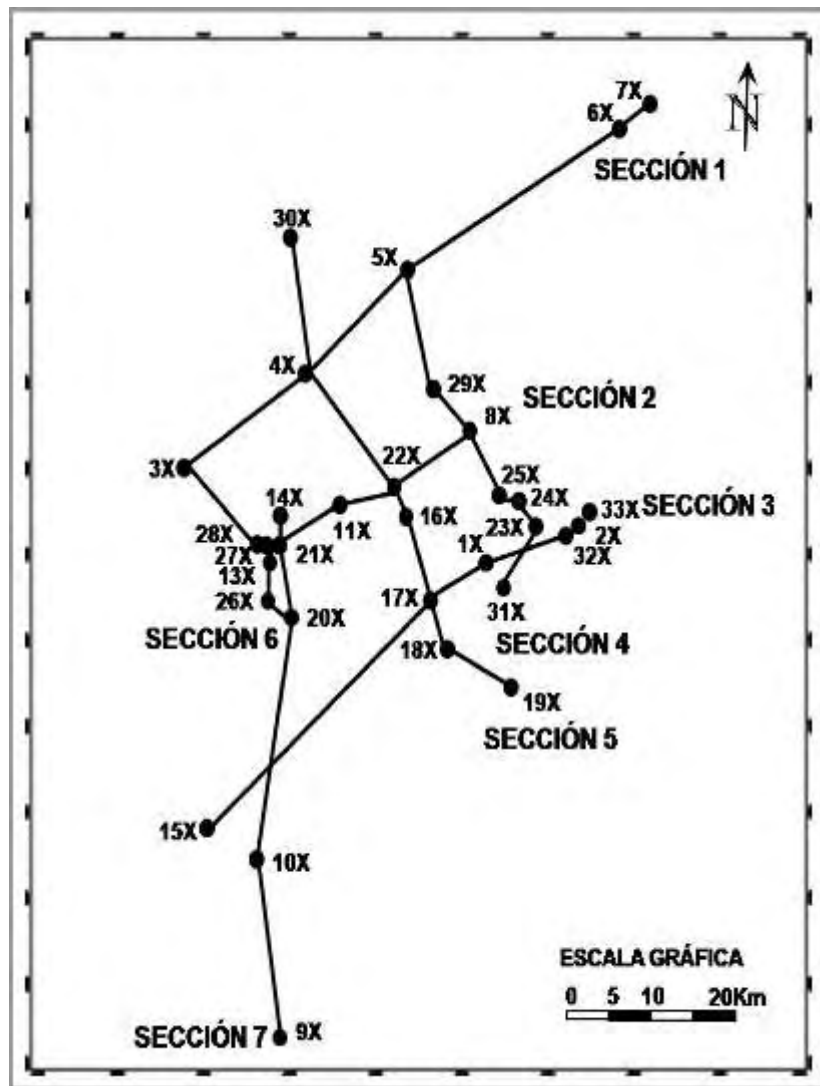


Figura 3. Mapa índice de secciones.

aproximadamente.

En las secciones estratigráficas realizadas en dirección sureste-noroeste, cuya longitud promedio es de 40 km, se identificaron las unidades cretácicas y eocenas de interés, excepto en la sección 6A, en la cual la Formación Burgúita desaparece en su totalidad por erosión. La Formación Gobernador disminuye considerablemente su espesor hacia el noroeste. El Miembro Masparrito presenta un espesor más o menos homogéneo (30 pies, aproximadamente) a lo largo de las secciones, a excepción del pozo 16X en el cual aumenta considerablemente su espesor (100 pies). Las electrofacies identificadas son en su mayoría características de barras.

En la sección 7, de dirección sur-norte y longitud 62 km, la Formación Burgúita está erosionada en casi todos los pozos de la sección, excepto en el pozo 9X ubicado al suroeste del área de estudio. La Formación Gobernador presenta un espesor muy variable. En el pozo 9X, ubicado al suroeste del área de estudio, se observa el mayor

espesor de esta formación (900 pies, aproximadamente), por encontrarse este pozo sobre una zona deprimida, lo que indica una elevada tasa de sedimentación que conllevó a la acumulación de tales espesores. El Miembro Masparrito muestra su mayor espesor hacia el Sur de la sección. Las respuestas de los perfiles observadas son en su mayoría características de barras.

En todas las secciones realizadas a nivel del Maastrichtiense al Eoceno Tardío se identificaron: un SB (*Sequence Boundary*) representado por el tope de la Formación Burgúita; una FS (*Flooding Surface*) y un SB dentro de la Formación Gobernador; y una MFS (*Maximum Flooding Surface*) ubicada en la base de la Formación Pagüey. En base a estas superficies se establecieron los sistemas encadenados presentes, los cuales en orden ascendente fueron: un sistema encadenado de alto nivel HST (*High System Track*), un sistema encadenado de bajo nivel LST (*Low System Track*), un sistema encadenado transgresivo TST (*Transgressive System Track*), nuevamente un HST, finalmente, un LST. De

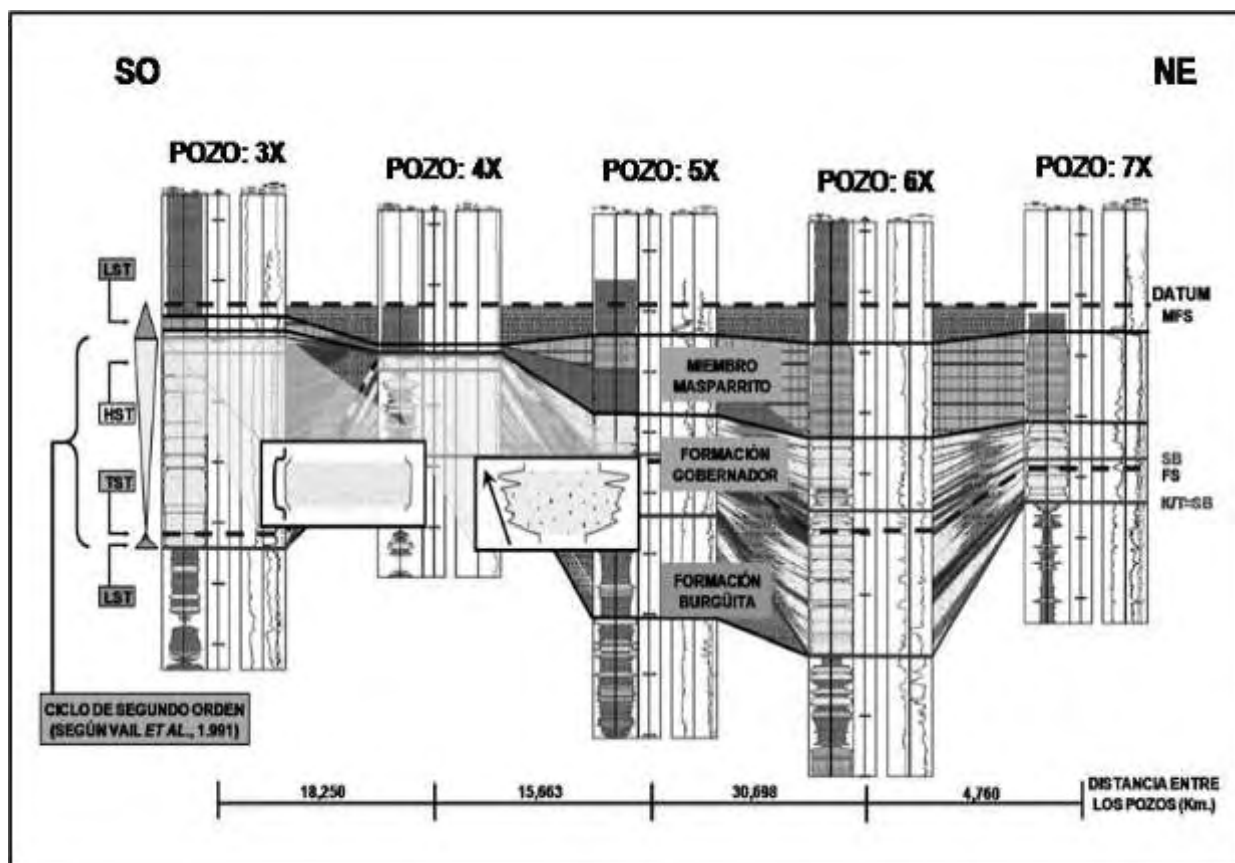


Figura 4. Sección Estratigráfica 1.

este modo se pudo notar la existencia de un ciclo de edad 8,5 M.a, el cual según Vail *et al.* (1991) corresponde a un ciclo de segundo orden.

En las secciones realizadas a nivel del Miembro "O" (2B, 4B y 6B), el cual ha sido subdividido en nueve ciclos sedimentarios denominados de base a tope: 1', 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 (Figuroa *et al.*, 1997), no se observan notables cambios de espesor y en la mayoría de los pozos que integran las secciones se identificaron los ciclos sedimentarios antes mencionados.

En general, el seguimiento de los horizontes interpretados en la sísmica del área no presentó gran dificultad, ya que en el Área Tradicional de Barinas, donde se encuentran la mayoría de los pozos estudiados, se cuenta con una sísmica 3D de alta resolución.

La Formación Gobernador aumenta gradualmente su espesor hacia el Norte del área de estudio (Flanco Surandino). En la zona central se mantiene un espesor constante, permaneciendo en la mayoría de los pozos entre las isópacas de 50 y 100 pies, y mostrando una tendencia en dirección noreste-suroeste. Hacia el Sur aumentan considerablemente los espesores. El Miembro "O" no presenta gran variación de espesor hacia el Norte del área de estudio, teniendo un valor promedio de 80 pies. En la zona central se encuentran los menores valores de espesor de este miembro. Hacia el Sur se observa un incremento de espesor, mostrándose la mayor pendiente del área de estudio.

CONCLUSIONES

- Mediante la descripción de los núcleos del pozo 1X se identificaron un total de siete (7) facies sedimentarias: tres (3) facies arenosas, dos (2) facies arcillosas, una facies carbonática y una facies de carbón y lutitas carbonosas.
- A través de la descripción de los núcleos del pozo 2X se identificaron un total de siete (7) facies sedimentarias: seis (6) facies arenosas y una facies arcillosa.
- Mediante el estudio se observó que el Miembro Masparrito de la Formación Gobernador presenta una litología anómala en el pozo 24X, compuesta por areniscas calcáreas, indicando mayor influencia

continental.

4. La Formación Gobernador en dirección suroeste-noreste presenta desarrollo de cuerpos con características de barras y canales, indicando un ambiente deltaico con predominio fluvial.

5. La Formación Burgúita está erosionada hacia el noreste, oeste y suroeste del área de estudio.

6. El Miembro "O" de la Formación Escandalosa en los pozos 21X y 11X aumenta su contenido dolomítico y calcáreo, respectivamente.

7. Se identificó desde la discordancia Cretácico-Terciario hasta un SB ubicado dentro de la Formación Gobernador un ciclo de edad 8,5 M.a, el cual según Vail *et al.* (1991) corresponde a un ciclo de segundo orden.

8. Los mayores espesores del Miembro "O" y de la Formación Gobernador se encuentran hacia el suroeste del área de estudio.

REFERENCIAS

- Allen G., Posamentier H. (1999). *Siliciclastic sequence stratigraphy-concepts and applications*. SEPM (Society for Sedimentary Geology), Oklahoma, U.S.A.
- Álvarez Y., Betancourt O., García M., Jouval J., Maita L., Mata L., Mestre A., Quiroz P., Rosa J. y Zorrilla O. (2006). *Estudio estratigráfico y sedimentológico del pozo OBI-3X, Cuenca Barinas-Apure, Venezuela Occidental*. Puerto La Cruz, Venezuela.
- Aquino R., Figuroa L., Hernández E., Kupecz J., Pérez M., Prieto M., Salazar R., Vargas Y. (1997). *Caracterización sedimentológica y petrofísica Miembro "O"-Formación Escandalosa. Área Barinas-Flanco Sur Andino*. Puerto La Cruz, Venezuela.
- Berge T., González A., Issa N., Mujica A., Rengel M., Serrano O. (1997). *Estudio integrado del área Barinas Norte, Flanco Surandino, Cuenca Barinas-Apure, Venezuela*. Puerto La Cruz, Venezuela.
- Emery D., Myers K. (1996). *Sequence Stratigraphy*. Blackwell Science Ltd, Londres, Inglaterra.
- González de Juana C., Iturralde J., y Picard X. (1980). *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*. Tomos I y II. Venezuela. Foninves.