

# REVISTA TECNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DEL ZULIA

MARACAIBO - VENEZUELA



Una Revista Internacional Arbitrada  
que está indizada en las publicaciones  
de referencia y comentarios:

- Science Citation Index (SCIExpanded)
- Compendex
- Chemical Abstracts
- Metal Abstracts
- World Aluminium Abstracts
- Mathematical Reviews
- Petroleum Abstracts
- Current Mathematical Publications
- MathSci (online database)
- Reveneyt
- Materials Information
- Periódica
- Actualidad Iberoamericana

## Update of the geological model for the BACH 129 gas prospect, Tia Juana Lago, Lake Maracaibo basin

*Molina Marcos<sup>1</sup> y Zabala José Andrés<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Petróleos de Venezuela, S.A. Urbanización El Prado. Edificio Principal Tía Juana, Municipio Simón Bolívar, Venezuela. Código postal: 4017.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Petroleras de la Universidad del Zulia. Av. 1A con calle 95, sector La Ciega, Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. Código postal: 4004.  
e-mail: jose.andreszabala@gmail.com; molinamn@hotmail.com

### Abstract

The BACH 129 gas prospect is located at the northwest of the Maracaibo Lake basin, in the Miocene North exploitation area of the Bolivar Coastal Field among the areas of Lagunillas and Tia Juana. Officially, it covers an area of 0.51 Km<sup>2</sup>, with an estimated GOES of 2,099 MPCNG and a recovery factor of 70.0%. Stratigraphically, it is found within the unconsolidated rocks of the Bachaquero Member (in the informal unit of Inferior Bachaquero - BACHI) of the Lagunillas Formation and it limits superficially to a small zone within the LL-05 operational area of PDVSA-West. It comprises an accumulation of non-associated natural gas, and is officially classified as probable reserves. In this study, its geological model was updated and stratigraphic, sedimentological and structural models were established. In this context, stratigraphic and structural correlations were generated and also electrofacies identification which frames it within a fluvial environment of anastomosed type. In addition, new structural and sedimentological limits were defined and an increase in the gas accumulations area occurred. Finally, the reclassification of the BACH 129 gas prospect to a gas field of proven reserves is considered.

**Keywords:** Non-associated; natural gas; reserves; geologic model; structural and sedimentological boundaries.

## Actualización del modelo geológico para el prospecto de gas BACH 129, Tía Juana Lago, cuenca del Lago de Maracaibo

### Resumen

El prospecto de gas BACH 129 se ubica al noroeste de la cuenca del Lago Maracaibo, en el área de explotación Mioceno Norte del Campo Costanero Bolívar, entre las áreas de Lagunillas y Tía Juana. Oficialmente, comprende un área de 0,51 Km<sup>2</sup>, con un GOES estimado de 2.099 MPCNG y un factor de recobro de 70,0 %. Estratigráficamente, se ubica dentro de las rocas no consolidadas del Miembro Bachaquero (en la unidad informal de Bachaquero Inferior - BACHI) de la Formación Lagunillas y se limita superficialmente a una pequeña zona dentro del área operacional del LL-05 de PDVSA Occidente. Comprende una acumulación de gas natural no asociado, y está clasificada oficialmente como reservas probables. Con el desarrollo de este estudio, se determinó su modelo geológico, se establecieron los modelos estratigráfico, sedimentológico y estructural. Generando correlaciones estratigráficas, estructurales e identificación de electrofacies, que lo enmarcan dentro de un ambiente fluvial de tipo anastomosado. Así mismo, se definieron nuevos límites estructurales, sedimentológicos, y se presentó un incremento en el área de las acumulaciones de gas. Finalmente, se plantea la reclasificación del prospecto de gas BACH 129 a un yacimiento de gas de reservas probadas.

**Palabras clave:** Gas natural no asociado; reservas; modelo geológico; límites estructurales y sedimentológicos.

### Introducción

El prospecto de gas BACH 129 está ubicado dentro del Campo Costanero Bolívar, hacia la región nororiental del Lago de Maracaibo, a unos 9 km de distancia de la población de Ciudad Ojeda, adyacente a las áreas de Tía Juana y Lagunillas, en el Municipio Simón Bolívar, estado Zulia; sus límites oficiales se corresponden con líneas arbitrarias, definidas en 1917 durante su descubrimiento. Dentro de los datos básicos manejados por el Ministerio del Poder Popular para Petróleo (MPPP), se tiene una superficie aproximada de 0,51 km<sup>2</sup> con un estimado de 2.099 millones de pies cúbicos normales de Gas Original en Sitio (GOES) y un factor de recobro del 70 %. Estratigráficamente, ha sido ubicado por el MPPP dentro del Miembro Bachaquero de la Formación Lagunillas.

información geológica que da indicios de una posible extensión fuera de los límites arbitrarios establecidos, lo cual respalda una reclasificación de las reservas actuales, a la definición de yacimiento de reservas probadas [2].

El presente trabajo de investigación, está orientado a actualizar el modelo geológico del prospecto de gas BACH 129, para redefinir límites y reestimar las reservas conocidas, con el fin de la explotación comercial del gas y la generación de un posible plan de desarrollo.

### Parte Experimental

Para la realización del presente estudio, se cuenta con la información de pozos disponible del área, con el fin de actualizar para el Miembro Bachaquero del área de Tía Juana Lago el modelo geológico del prospecto de gas BACH

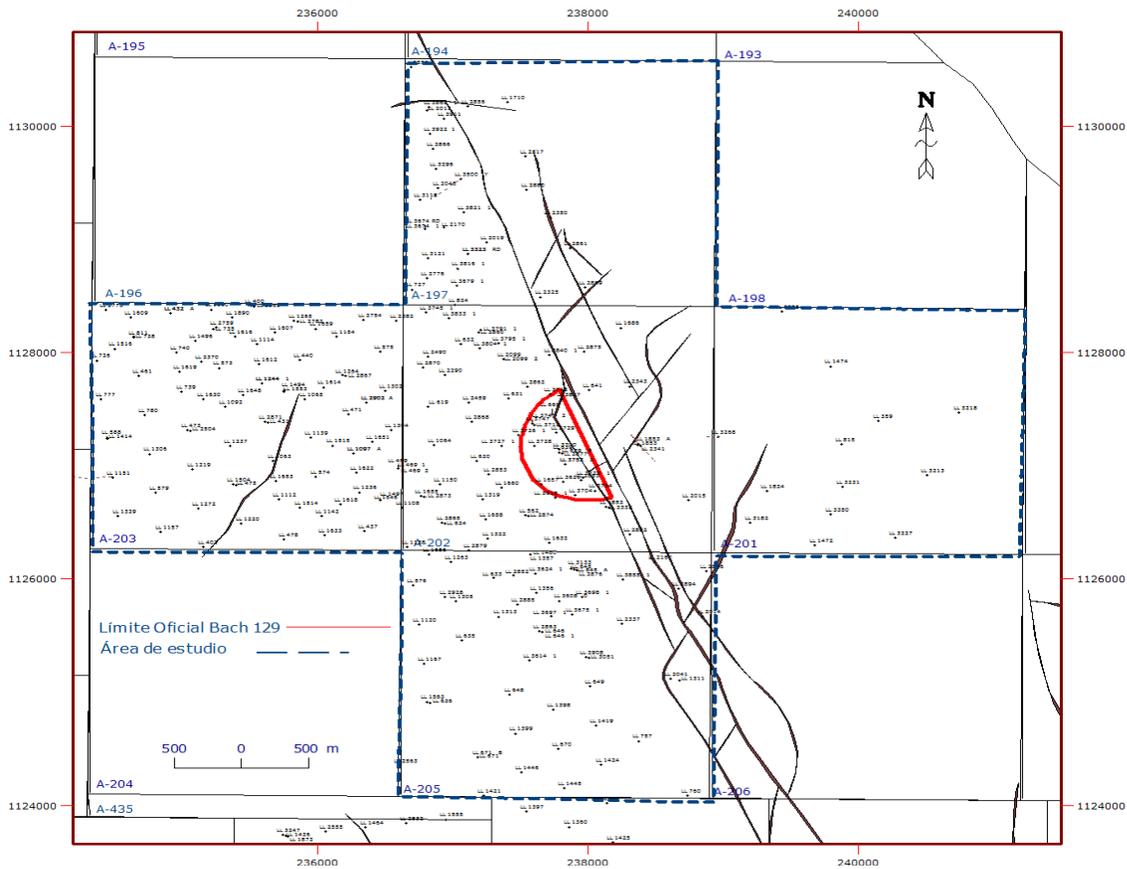


Figura 1. Mapa base del área de estudio, con sus parcelas y pozos. [1]

El prospecto de gas BACH 129 es considerado como reserva probable, y constituye una de las pocas acumulaciones de gas natural no asociado de edad Mioceno en el área de Tía Juana Lago, estado Zulia [1]. La información de producción del pozo LL-3704 y datos obtenidos de nuevas perforaciones de pozos en el área, han aportado

información geológica que da indicios de una posible extensión fuera de los límites arbitrarios establecidos, lo cual respalda una reclasificación de las reservas actuales, a la definición de yacimiento de reservas probadas [2].

Para el desarrollo del estudio se utilizaron un total de 255 pozos perforados dentro del perímetro de BACH 129 (Figura 1), de los cuales 22 pozos localizados en diversas áreas, atravesaron el Miembro Bachaquero Inferior; y 233 pozos perforados en las parcelas A-197 (31 pozos), A-202 (41 pozos), A-203 (93 pozos), A-205 (55 pozos) y A-201

(13 pozos), lográndose así, a través de su información, una acertada caracterización geológica. En cambio, la identificación y correlación del intervalo de interés se logró de la información de 124 pozos, y que además fueron los que se emplearon para la elaboración del mapa base, mallado y construcción de las secciones estratigráficas y estructurales, mapas de electrofacies, entre otros. Esto con la finalidad de obtener a través de ello, una visión más clara de la continuidad y comportamiento en el subsuelo de las unidades sedimentarias, así como de los rasgos y patrones estructurales que controlan la configuración geológica del área de estudio, y para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se empleó la metodología planteada por Ambrose [3] quien estudió en detalle la parte inferior del Miembro Bachaquero de la Formación Lagunillas de edad Mioceno.

Sobre la base del registro Potencial Espontaneo (Spontaneous Potential-SP) del pozo tipo PB-698 y las descripciones del núcleo del pozo TJ-1094, se identificaron 11 superficies definidas por paleosuelos e inundación marina en la parte inferior del Miembro Bachaquero, superficies que serán identificadas como BACHI (Bachaquero Inferior); y que dividen el intervalo de interés en unidades estratigráficas de espesores que varían de 50' (15,2 m) a 150' (45,7 m), definidas como estratos relacionados en tiempo, que representan ciclos de progradación costera, cubiertas por facies transgresivas y superficies lutíticas que representan periodos de sumersión [3]. Estas unidades para el área de estudio, están limitadas por superficies de inundación marina y paleosuelos, según las definiciones de Behrensmeyer [4] y Boggs [5]. A partir de las correlaciones estratigráficas, secciones estructurales e identificación de electrofacies, se logró la construcción y el análisis de los mapas correspondientes para comenzar a actualizar el modelo geológico del área de estudio.

## Resultados y Discusión

### Identificación de los marcadores estratigráficos y correlación en el área de estudio

A partir de la descripción sedimentológica del núcleo TJ-1094, junto con su calibración núcleo- perfil y por medio de su correlación con el pozo tipo (PB-698) hacia el área de estudio (Figura 2) se logró identificar y corroborar los contactos formacionales propuestos por Ambrose [3].

La correlación con los demás pozos del área de estudio, se hizo tomando en cuenta los siguientes criterios que, en orden de jerarquía se pueden enumerar de la manera siguiente:

Selección y ajuste de todos los registros de pozos (Gamma Ray (GR) y SP) a una única escala de trabajo.

Identificación del marcador y Datum BACHI 70, como referencia de correlación de cada pozo, con los registros GR de los pozos TJ-1094 y PB-698.

Empleo del registro GR como curva principal para la identificación de BACHI 70.

Utilización del registro SP para identificar BACHI 70, sobre la base de la correlación con el pozo PB-698.

Identificación de los patrones de apilamiento por arriba y por debajo del marcador BACHI 70; manteniendo los espesores de acuerdo a los registros tipo y la información obtenida del núcleo del pozo TJ-1094.

Reconocimiento de las variaciones de saturación y de espesores de las capas identificadas en los registros de resistividad, partiendo de la premisa de que el área no ha estado sujeta a producción, por lo que las condiciones de los fluidos se mantienen en estados relativamente originales.

### Modelo Estratigráfico / Generación del Mapa Base

Luego de seleccionar los pozos y establecer los marcadores estratigráficos, se trazó sobre el mapa base un mallado constituido por 9 secciones en dirección NE-SO y 11 secciones en dirección NO-SE (Figura 3) definidas de acuerdo a la distribución espacial de los pozos, con el propósito de evaluar la continuidad de las facies y unidades litológicas, y así tener una visión global del comportamiento y disposición de las mismas en el subsuelo. El criterio que se utilizó para construir el mallado, fue esencialmente cartográfico, ya que se pudo verificar previamente cuales eran las mejores alineaciones para realizar las trazas correspondientes y así poder cubrir el área de estudio de la mejor manera.

En la figura 4 se muestra el registro del pozo LL-3704, como parte del modelo estratigráfico propuesto para el prospecto de gas BACH 129.

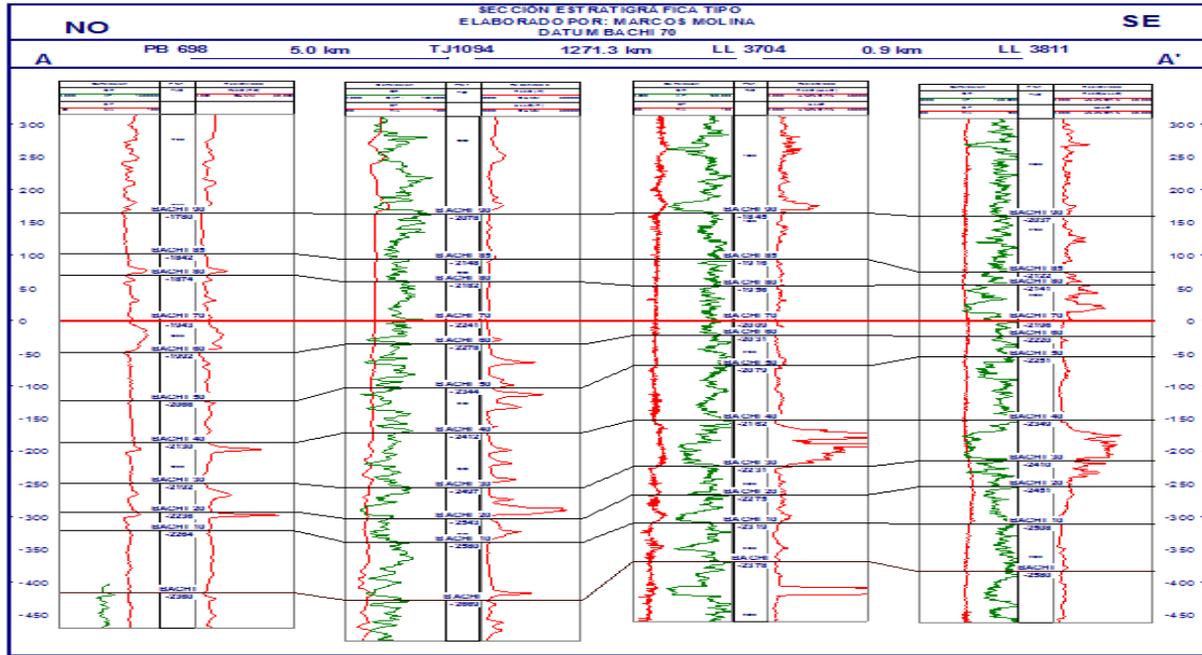


Figura 2. Sección estratigráfica tipo. [1]

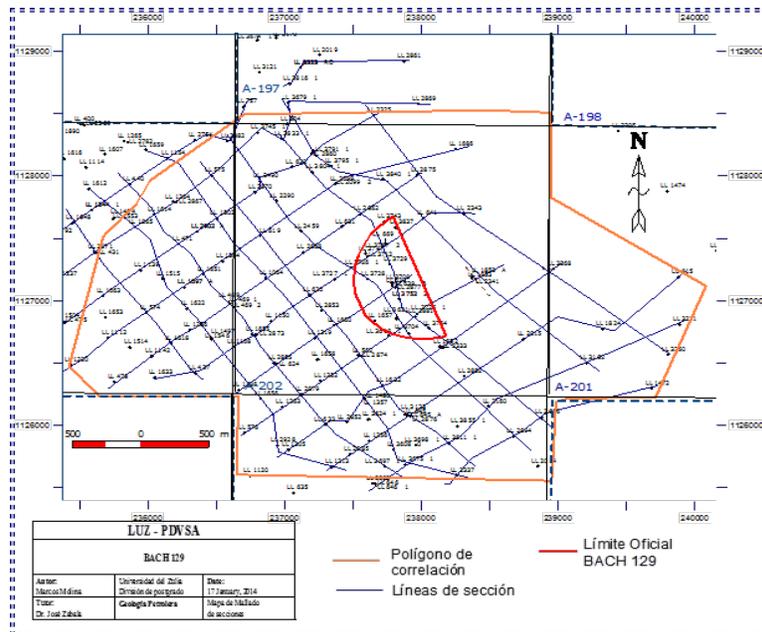
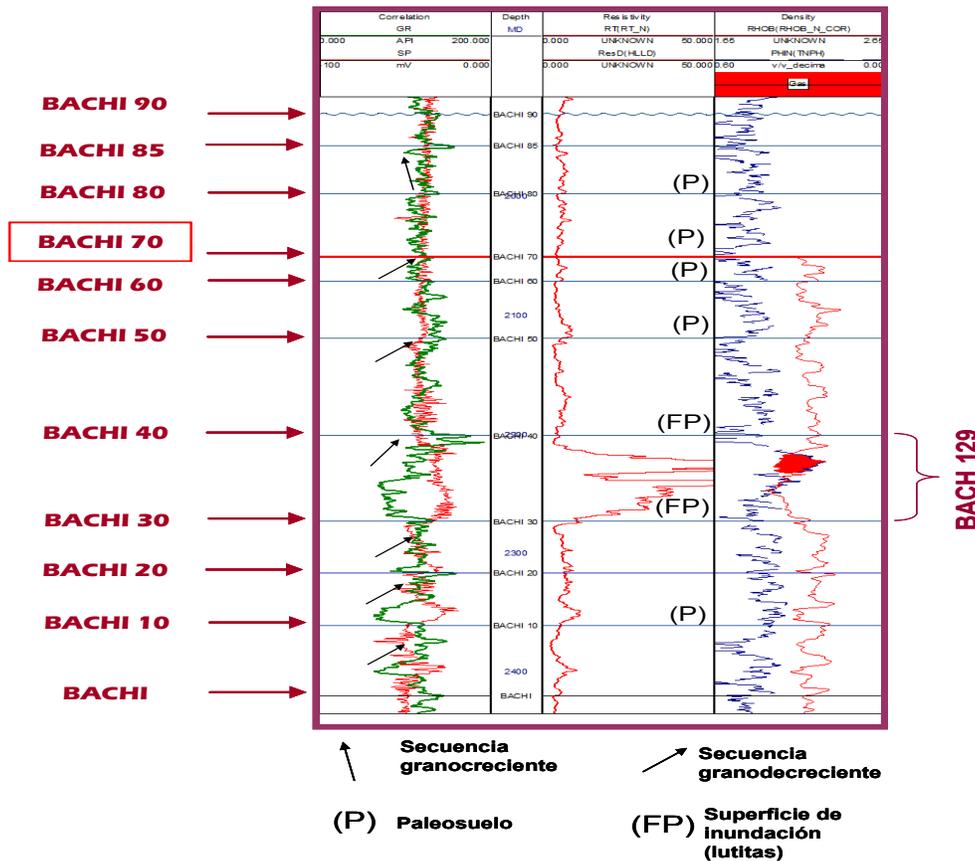


Figura 3. Mallado de Secciones Estratigráficas y Estructurales. [1]



**Figura 4.** Registro compuesto (Litología, Resistividad y Densidad) del pozo LL-3704, mostrando los marcadores estratigráficos (denominados BACHI) definidos por Paleosuelos (P) y superficies de inundación (FP) y la ubicación del yacimiento gasífero entre los intervalos BACHI 30 y BACHI 40.[1]

Se determinó que las acumulaciones de gas del prospecto BACH 129, se encuentran limitadas por los marcadores BACHI 30, en la base y el marcador BACHI 40 hacia el tope, en el intervalo informal Bachaquero Inferior, del Miembro Bachaquero perteneciente a la Formación Lagunillas.

### Modelo Estructural

Tomando en cuenta lo anterior, se procedió a migrar las trazas de fallas interpretadas para el Miembro Lagunillas Inferior hacia el mapa base y junto con los topos definidos mediante correlaciones, se elaboraron los mapas estructurales para el tope del intervalo Bachaquero Inferior (BACHI 90) y el tope de la parasecuencia BACHI 30-BACHI 40. Una vez cargadas las profundidades en la base de datos PETREL®, se generaron los contornos estructurales cada 25' (7,62 m), utilizando como método de interpolación el mínimo de curvatura, para luego

suavizar y corregir manualmente los contornos, donde fuese necesario. Ahora, debido a que el límite nororiental de BACH 129 es arbitrario, y que la falla normal ubicada cerca de éste, exhibe cierto control estructural sobre los contornos [3], es por lo que se propone esta línea, como límite estructural hacia el noreste. Aunque los saltos son menores de 30' (9,14 m), se infiere un límite estructural debido a la inversión general de la dirección del buzamiento, más allá del límite previamente propuesto, en dirección noreste (Figura 5).

Se determinó que la actualización del modelo estructural de las acumulaciones de gas, ratifica la presencia de un monoclinal con un buzamiento de 5 a 10° S-SO. Las fracturas principales corresponden a un conjunto de fallas normales y subverticales, de dirección predominante sureste-noroeste, con un salto no mayor a los 30' (9,14 m). Existen otras fallas secundarias, de dirección predominantemente noreste-suroeste que no muestran evidencias de control

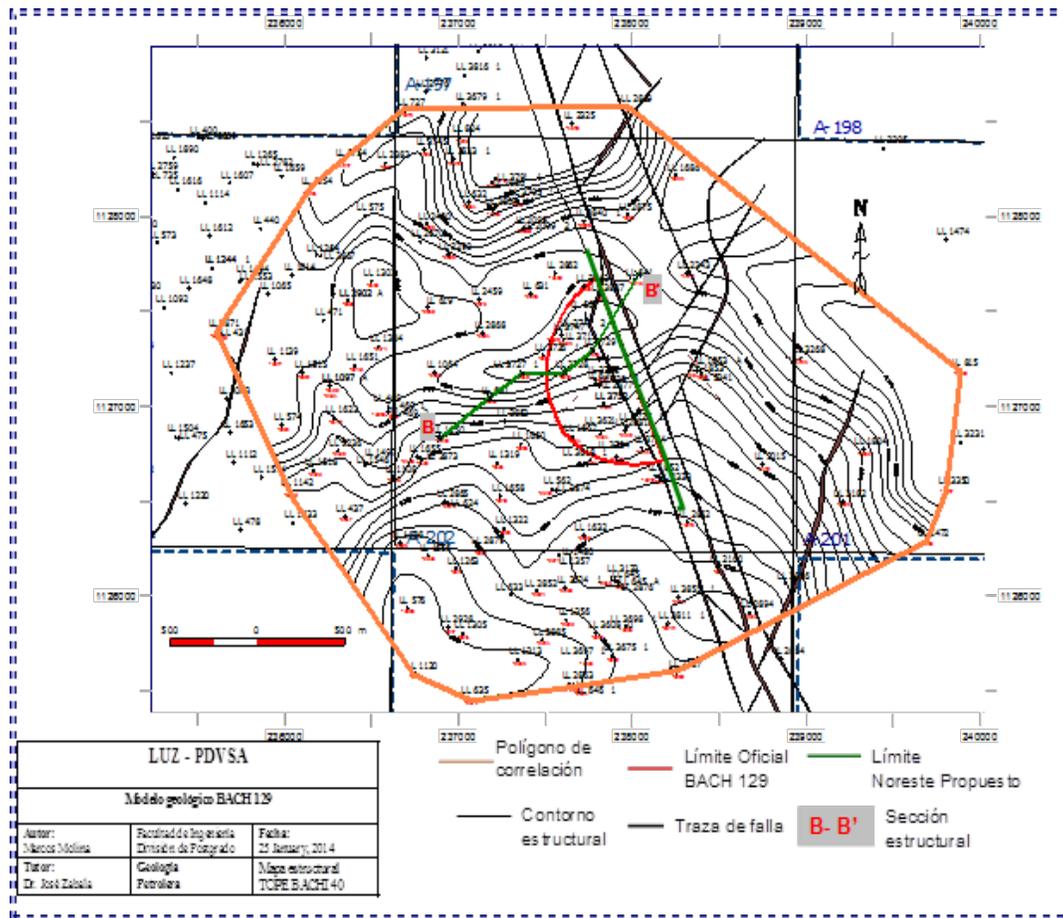


Figura 5. Mapa estructural del tope de la parasecuencia BACH 129 (Tope BACHI 40) con contornos estructurales cada 25'. [1]

estructural, y el salto de falla suele ser mucho menor a las principales. La falla principal ubicada más hacia el este, se postula como límite noreste del BACH 129, ya que define la extensión de las acumulaciones de gas libre hacia esta dirección (Figura 6).

### Modelo Sedimentológico

La distribución total de las electrofacies, se compilaron y clasificaron de acuerdo con sus características en las respuestas de registros radiactivos (GR principalmente) y eléctricos [6], con el fin de definir los patrones de apilamiento y elaborar el mapa de electrofacies correspondiente. Para el presente estudio, se elaboró el mapa mencionado (Figura 7) para el intervalo gasífero de BACH 129 (parasecuencia BACHI 30–BACHI40), asociando cada patrón de apilamiento identificado, y calibrado con el núcleo TJ-1094, a su correspondiente subambiente dentro del marco sedimentológico. Así, una secuencia grano

decreciente, se asoció a rellenos de canal; secuencias grano crecientes para barras de desembocadura; secuencias de capas arenosas aisladas para abanicos de rotura; secuencias lutíticas para llanuras de inundación; y secuencias aserradas para bahías interdistributarias [7].

La interpretación de los cuerpos sedimentarios a partir del mapa de electrofacies, de las dimensiones de las secciones estratigráficas y por la ocurrencia del gas libre en el reservorio, permitió definir los límites ubicados hacia el suroeste de BACH 129. Originalmente, estos límites fueron definidos por PDVSA como arbitrarios; sin embargo, la perforación de nuevos pozos posteriores a su delimitación, demuestran una mayor extensión del prospecto, cuyos límites son hacia el este, la falla descrita inicialmente en el desarrollo del modelo estructural, y los límites ubicados hacia el oeste y suroeste, lo conforman como un cuerpo de roca sin evidencias de gas. Esto se puede sustentar en las secciones estratigráficas, mediante la presencia

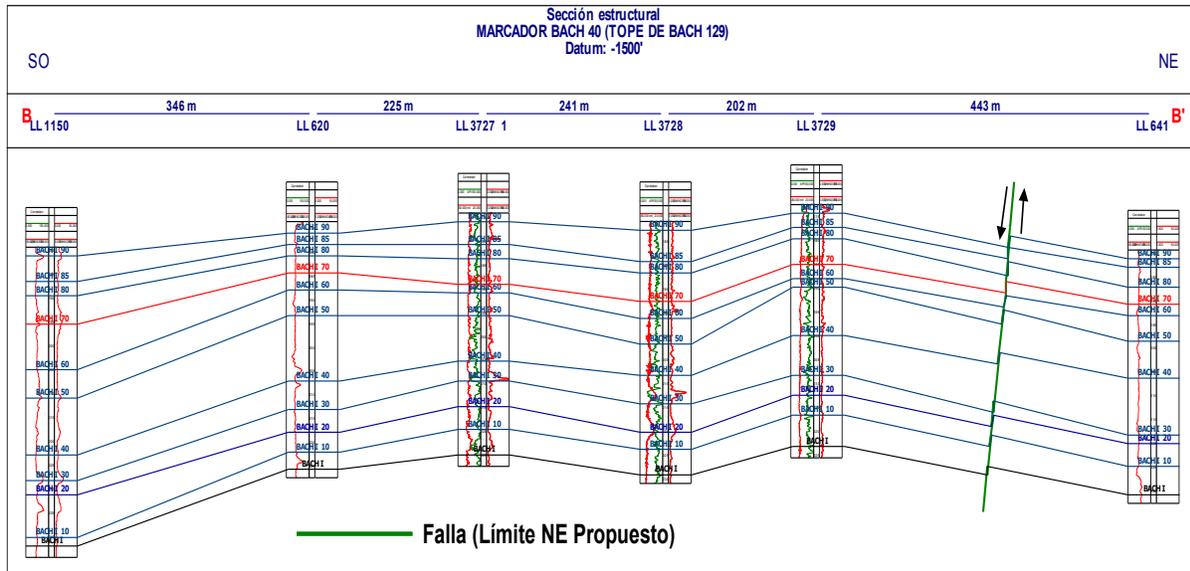


Figura 6. Sección estructural en sentido SO-NE representativa del tope de la parasecuencia BACH 129 (horizonte BACH 40). [1]

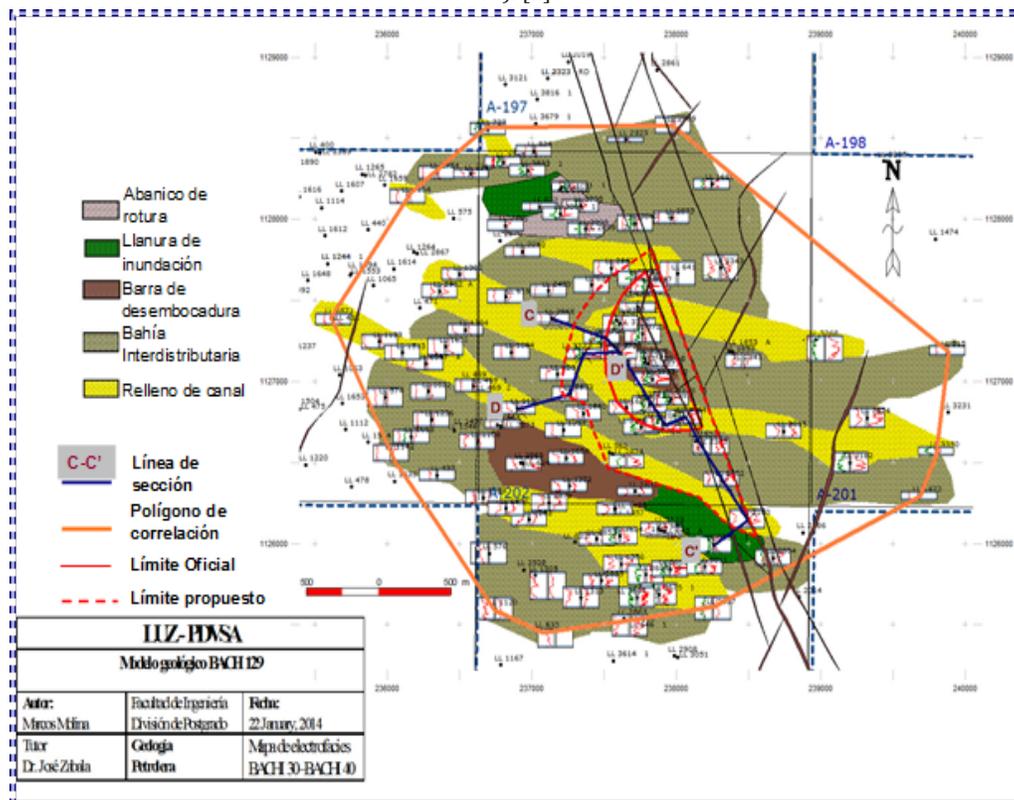
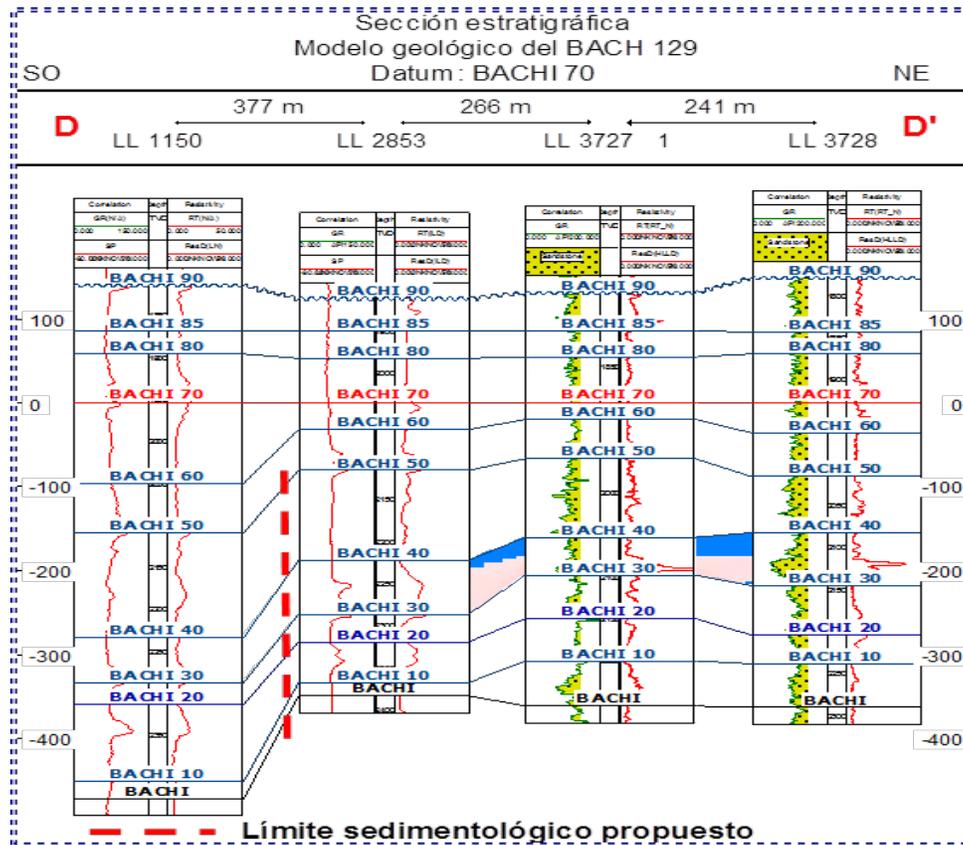


Figura 7. Mapa de cuerpos sedimentarios según electrofacies BACH 129, mostrando los nuevos límites propuestos del yacimiento. [1]

de barreras de permeabilidad [1] más allá de los límites descritos (Figura 8). El límite propuesto comprende un área aproximada de 271 Acres (aprox. 1.097 km<sup>2</sup>), contra los 82 Acres oficiales, lo que representa un aumento del 330 % de la extensión del BACH 129.

Manual de Definiciones y Normas de las Reservas de Hidrocarburos (2005) del Ministerio del Poder Popular para la Energía y el Petróleo [2], de reservas probables, a reservas probadas no desarrolladas, sustentado en la actualización del modelo estático (estructural y



**Figura 8.** Sección estratigráfica en dirección NE-SO mostrando la correlación de la para secuencia BACHI 30-BACHI 40 y el nuevo límite sedimentológico propuesto. [1]

Visualmente, a través del análisis de los mapas de electrofacies, se puede apreciar una relación aproximada de arenisca-lutita de 30 a 70 %, lo cual representa una característica de los sistemas fluviales [3]. Para el área de estudio, se observan canales que tienen hasta 120 m de ancho, lo que permite proponer, posiblemente, un sistema de ríos anastomosados [7].

Una vez puesto a producción, a finales de noviembre del 2010, el pozo LL-3704 (Figura 4), como se reseña en su registro histórico de producción, produjo en promedio 1,41 MMPGC, sin contenido de agua, ni petróleo. Lo que evidencia, que la producción se corresponde con las reservas originales estimadas. En vista de lo expuesto anteriormente, se plantea la reclasificación del prospecto de gas no asociado BACH 129, según lo expresa el

sedimentológico) planteado y en la producción del pozo LL-3704, específicamente en el intervalo comprendido entre los marcadores BACHI 30-BACHI 40.

### Conclusiones

- El intervalo gasífero de BACH 129, se ubicó estratigráficamente dentro del intervalo informal Bachaquero Inferior, en la para secuencia definida por los límites BACHI 30-BACHI 40.
- El modelo sedimentológico de BACH 129 se corresponde con un ambiente fluvial de ríos anastomosados.
- Las electrofacies dominantes en la para secuencia, correspondiente a BACH 129, son rellenos de canal

y bahías interdistributarias, con una relación visual aproximada de arena-arcilla 30 a 70%.

- La orientación preferencial de los depósitos de canales distributarios en sentido SO-NE, indica una fuente de sedimentos provenientes principalmente desde el noroeste.

- Se determinó que el modelo estructural de las acumulaciones de gas de BACH 129, corresponde a un monoclinial con un buzamiento de 5 a 10° S-SO.

- Los límites geológicos de BACH 129, corresponden hacia el noreste con una falla normal de orientación SE-NO; y hacia el oeste y suroeste, el límite es de tipo estratigráfico. El límite propuesto para BACH 129 comprende 271 Acres (aprox. 1.097 km<sup>2</sup>), contra los 82 Acres oficiales, lo que representa un aumento del 330 % de su extensión.

- Con base en la producción del pozo LL-3704 y al modelo geológico actualizado, el presente estudio sustenta la reclasificación del prospecto de gas no asociado, de reservas probables, a la de un yacimiento de reservas probadas.

- [4] Behrensmeyer, A. K., and Tauxe, L.: "Isochronous fluvial systems in Miocene deposits of northern Pakistan: Sedimentology", Vol. 2, (1982), 331-352.
- [5] Boggs, Sam Jr.: "Principles of Sedimentology and Stratigraphy", Fourth edition, New Jersey, Pearson Prentice Hall, University of Oregon, (2006).
- [6] Escalona, A.: "Regional tectonics, sequence stratigraphy and reservoir properties of Eocene clastic sedimentation, Maracaibo Basin, Venezuela", Austin, PhD. Dissertation, The University of Texas, (2003), 10-22.
- [7] Méndez, J.: "Petrología – Ambientes Sedimentarios", 1ra Edición, Facultad de Ciencias, UCV, PDVSA-Intevep, (2006).

Recibido el 03 de Abril de 2017

En forma revisada el 23 de Marzo de 2018

### Referencias Bibliográficas

- [1] Molina, M.: "Modelo geológico del prospecto de gas BACH 129 en el área de Tía Juana Lago, cuenca de Maracaibo, estado Zulia", Trabajo de grado de maestría en Geología Petrolera, División de Postgrado, Universidad del Zulia, (2014).
- [2] Ministerio de Energía y Petróleo. "Manual de Definiciones y Normas de las Reservas de Hidrocarburos", República Bolivariana de Venezuela, Dirección General de Exploración, Reserva y Tierra, (2005).
- [3] Ambrose, W. A., Mendez, M., Akhter, M., Fosher, R., Alvarez, R., Wang, F., Skolnakorn, J., Baghai, N.: "Geologic controls on reservoir architecture and hydrocarbon distribution in Miocene shoreface, fluvial, and deltaic deposits in The Miocene Norte Area, Lake Maracaibo, Venezuela", The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology Report of Investigations No. 252, (1998), 15-31.



UNIVERSIDAD  
DEL ZULIA

---

## **REVISTA TECNICA**

DE LA FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DEL ZULIA

**Vol. 41. N°3, Septiembre - Diciembre 2018\_\_\_\_\_**

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada el  
31 de Agosto de 2018, por el **Fondo Editorial Serbiluz**,  
Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela*

**[www.luz.edu.ve](http://www.luz.edu.ve)  
[www.serbi.luz.edu.ve](http://www.serbi.luz.edu.ve)  
[produccioncientifica.luz.edu.ve](http://produccioncientifica.luz.edu.ve)**