

CARBONES Y PELITAS CARBONOSAS DEL CARBONIFERO DE LA CUENCA DE PAGANZO: CONTEXTO LITOFACIAL Y POTENCIAL GENERADOR DE HIDROCARBUROS

ESTANTERIA CONGRESOS
UBICACION

Héctor J. Villar⁽¹⁾ y Oscar R. López Gamundi⁽²⁾

(1). CIRGEO, J.R. Velasco 847, 1414 Buenos Aires, ARGENTINA

(2). Texaco Inc., Frontier Exploration Department, 4800 Fournace Place, Bellaire, Texas 77401, USA.

ABSTRACT. CARBONIFEROUS COALS AND CARBONACEOUS SHALES OF THE PAGANZO BASIN: FACIES CONTEXT AND HYDROCARBON GENERATION POTENTIAL. Organic-rich shales and coals of Middle and Late Carboniferous age, mostly corresponding to the Guandacol and Tupe Formations of the Paganzo basin, are widespread in western Argentina. The carbonaceous shales of the Guandacol Formation were deposited in lacustrine and/or brackish environments whereas the coals and carbonaceous shales of the Tupe Formation were laid down in swamps, in deltaic or fluvial settings. Total organic carbon (TOC) analyses denote a wide range of organic content, ranging from less than 1 % up to about 54 %. The predominant kerogen type is woody-coaly, derived from terrestrial plants; low hydrogen indices from pyrolysis analyses, together with kerogen microscopy, suggest that the organic matter underwent subaerial exposure and oxidation during deposition. Vitrinite reflectance values (R_o %) and Thermal Alteration Indices (TAI) indicate that the samples are at the oil window or at the early stages of gas generation. On the basis of the studied samples, the hydrocarbon potential of the Carboniferous is considered to be low to occasionally moderate for gas generation.

INTRODUCCION

La presencia de carbones y pelitas carbonosas en el ámbito de la cuenca de Paganzo ha sido objeto de numerosas contribuciones desde el siglo pasado (ver síntesis de Alvarez Rojo, 1987) y, recientemente, se han investigado algunas de sus características geoquímicas (Villar *et al.*, 1991). Desde el punto de vista estratigráfico, la gran mayoría de estos niveles aparecen en el denominado Paganzo I en unidades formacionales de distinto nombre, siendo el de Formación Tupe posiblemente el más difundido. Entre los años 1988 y 1990 se realizó un estudio minucioso del potencial petrolero de las cuencas intermontanas del oeste argentino. Como parte de ese trabajo, se efectuó un detallado análisis de campo y laboratorio con el objeto de evaluar las características generadoras de hidrocarburos de las rocas continentales y marinas del Carbonífero que, junto con los depósitos triásicos equivalentes a los de la cuenca de Cuyo, constituyen los dos principales intervalos de posible generación en las cuencas intermontanas. Los resultados correspondientes a las pelitas carbonosas y carbones del Carbonífero de la cuenca de Paganzo entre aproximadamente los paralelos 30° y 32° S (Fig. 1) son presentados en esta contribución.

CUENCA DE PAGANZO

La cuenca de Paganzo, caracterizada por un relleno de edad carbonífera y pérmica, abarca una importante área del oeste argentino habiéndose desarrollado mayormente en las provincias de San Juan y La Rioja (Fig. 2). La cuenca cubre amplios sectores desde la Precordillera central y oriental extendiéndose hacia el este en el ámbito de las Sierras Pampeanas hasta el sector occidental de la provincia de Córdoba (Salfity y Gorustovich, 1981; Andreis *et al.*, 1986). Dos sectores han sido identificados en la cuenca de Paganzo: (1) el sector o dominio occidental que se extiende hasta el arco de Pie de Palo y Sierra de Velazco; (2) el sector o dominio oriental que se extiende hasta los afloramientos ubicados en Córdoba y Santiago del Estero, con una posible conexión con la cuenca Chacoparanense en el Pérmico (Fig. 2).

Ambos sectores tuvieron una historia de subsidencia diferente. Una etapa de subsidencia generalizada durante el Carbonífero medio-tardío caracteriza al sector occidental. La presencia de depósitos glacimarininos en los sectores basales del relleno sugiere una conexión con la cuenca Calingasta-Uspallata aproximadamente a los 30° de latitud sur (depocentro Volcán). Estos depósitos, comprendidos bajo la denominación de Formación Guandacol, poseen una amplia distribución areal en el sector occidental de la cuenca. Los depósitos glaciales pasan a litofacies deltaicas de la parte inferior de la Formación Tupe. Por el contrario, la sedimentación en el sector oriental estuvo restringida durante el Carbonífero medio a depresiones labradas en basamento pampeano (paleovalles) relacionadas a una etapa temprana, arealmente restringida, de subsidencia tectónica. Esta sedimentación estuvo caracterizada por depósitos lacustres, con evidencia de balsaje glacial, y fluviales. Hacia el Carbonífero tardío, ambos sectores se integraron en un gran dominio fluvial-deltaico con drenaje general hacia el O y ONO (Salfity y Gorustovich, 1981; López Gamundi *et al.*, 1989; Fernández Seveso *et al.*, 1990).

Desde el punto de vista bioestratigráfico, los niveles analizados en la Formación Tupe corresponden a la zona megaflorestica NBG (Archangelsky *et al.*, 1987) y a la subzona *Raistrickia-Plicatipollenites* de la zona microflorística *Potonieisporites-Lundbladispota* (Césari, 1986) asignadas al Carbonífero tardío (Estefaniano). La Formación Guandacol

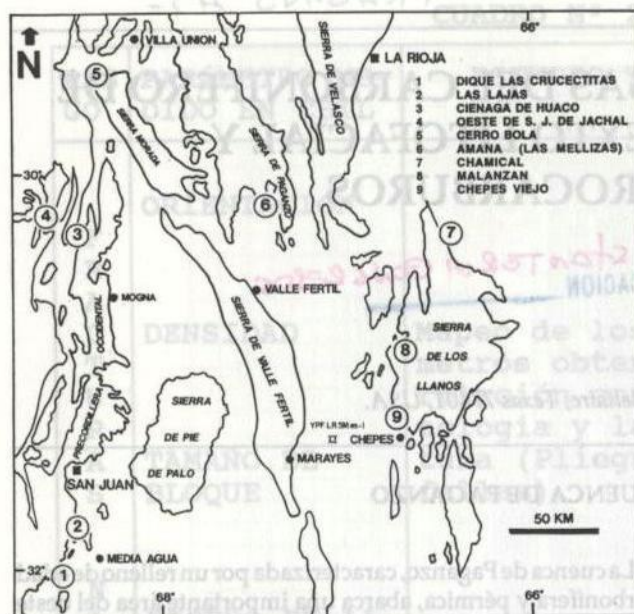


Figura 1: Ubicación de localidades muestreadas en las cuencas intermontanas del oeste argentino.

ha sido clásicamente asignada al Carbonífero medio - temprano (Archangelsky *et al.*, 1987); los niveles glaciales dentro de esta unidad, ubicados en su mitad inferior, son generalmente considerados de edad carbonífera media. Las pelitas muestreadas para este trabajo se ubican estratigráficamente en la mitad superior de la unidad en transición a la Formación Tupe.

CONTEXTO LITOFACIAL

Sector occidental

Pertenecen a este sector las localidades de Dique Las Crucecitas, Las Lajas, Ciénaga de Huaco, oeste de San José de Jáchal (Cerro Usina) y Cerro Bola (Figs. 1 y 2). Las muestras analizadas provenientes de intervalos pelíticos asignables a la Formación Guandacol fueron colectadas en las localidades de quebrada Las Lajas, Ciénaga de Huaco y Cerro Bola. En las localidades del Dique Las Crucecitas, Ciénaga de Huaco y Cerro Bola, se analizaron muestras provenientes de niveles carbonosos del tramo basal de la Formación Tupe o equivalentes. La sucesión aflorante en el Dique Las Crucecitas está caracterizada por litofacies conglomerádicas basales que gradan hacia arriba a areniscas con estratificación cruzada tangencial y en artesa y limolitas arenosas culminando con bancos de hasta 2 metros de espesor de pelitas carbonosas y carbones asociados con areniscas finas a guijarrosas. Este tramo superior con pelitas carbonosas y carbones es correlacionable con el tramo superior de la Formación Jejeños (Césari *et al.*, 1986), de similares características litofaciales, aflorante aproximadamente 10 km al norte. Los intervalos estratigráficos muestreados en la Ciénaga de Huaco correspondientes a la Formación Tupe están caracterizados por

depósitos fluviales arenosos con estratificación cruzada tangencial simple o compuesta, pelitas macizas carbonosas y niveles delgados de carbones con abundante material epiclástico en bancos en general lateralmente continuos u ocasionalmente discontinuos debido a erosión de canales arenosos fluviales. Los niveles carbonosos (localmente explotados en el pasado en las minas Delfina y Algarrobo) aparecen estratigráficamente por encima de los depósitos arenosos de progradación deltaica de la parte cuspidal de la Formación Guandacol y unos 20 metros por debajo de la ingresión de edad carbonífera tardía (estefaniana) característica del depocentro Volcán, sugiriendo un ambiente de plataforma deltaica dominada por cursos fluviales para la depositación de materia orgánica.

Fueron además muestreadas pelitas, generalmente lutitas, gris oscuras de la Formación Guandacol y equivalentes. En la quebrada Las Lajas, las pelitas aparecen asociadas con bancos de areniscas y escasos conglomerados. Las areniscas son macizas, con laminación paralela y/o ondúlita (frecuentemente afectada por deformación) cuyas bases presentan calcos de flujo y carga. Las areniscas presentan características de turbiditas tipo Bouma (Tabc). Los conglomerados incluyen variedades organizadas asociadas con areniscas guijarrosas

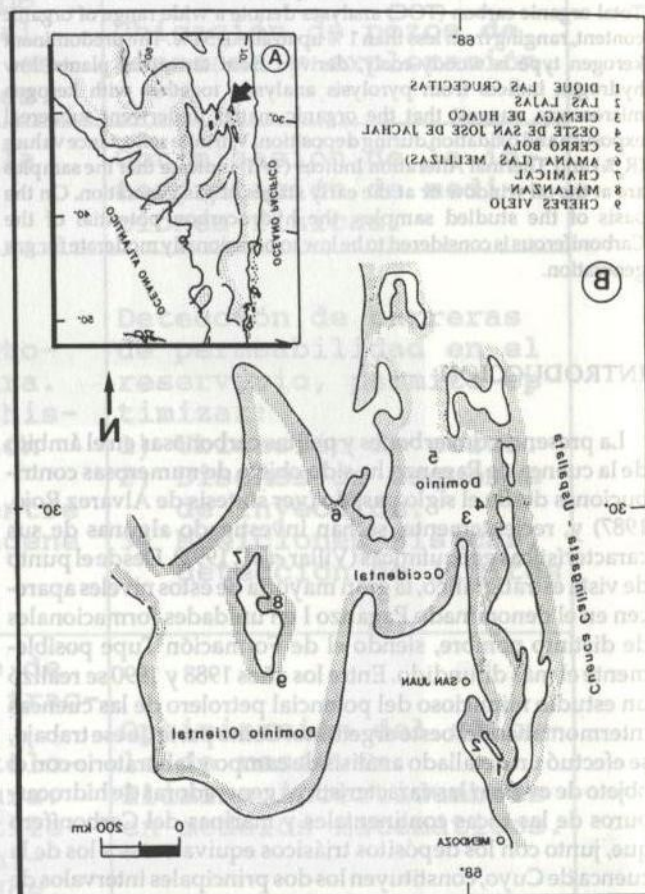


Figura 2: A. Paleogeografía del Carbonífero de la Argentina. B. Esquema paleogeográfico del Carbonífero del oeste argentino (cuenca de Paganzo y zonas vecinas) con localidades analizadas en este trabajo. Modificado de Salfity y Gorustovich (1981).

(flujos de turbidez areno-conglomerádicos) y desorganizadas (flujos de detritos) depositadas en un cuerpo de agua probablemente lacustre. Las secciones de Ciénaga de Huaco y al oeste de San José de Jáchal muestran similares características litofaciales. Las pelitas aparecen agrupadas en bancos generalmente laminados con intercalaciones de areniscas en bancos delgados (15-25 cm) con bases macizas y laminación ondulítica hacia el tope, ocasionalmente retrabajada por oleaje. Son comunes las concreciones calcáreas discoidales de hasta 20 cm. Una asociación de litofacies similar fue encontrada en la sección muestreada de la Formación Guandacol en el Cerro Bola. Allí, las pelitas son de color gris medio, físis, agrupadas en bancos delgados (5-20 cm) laminados e intercaladas con bancos delgados (5-10 cm, excepcionalmente hasta 0.5 m) de areniscas con laminación ondulítica. Los bancos más delgados son de granulometría arenosa fina y geometría lenticular. Los más potentes, de arena media a gruesa, muestran marcas de fondo en sus bases, gradación normal seguida de tramos macizos y cruda laminación paralela (Tab). La presencia en las pelitas de clastos caídos de hasta 15 cm de diámetro y de fangolitas guijosas, con ocasionales bloques derivados del basamento en la parte inferior de la sección analizada, sugiere procesos de balsaje glacial.

Sector oriental

Pertenecen a este sector las localidades de Amaná (mina Las Mellizas), Chamical, Malanzán y Chepes Viejo (Figs. 1 y 2). La sección muestreada en la mina Las Mellizas corresponde a la Formación Tupe, localmente conocida como Formación Lagares, y está caracterizada por una asociación litofacial de origen fluvial. Dentro de las litofacies finas, se distinguieron arcilitas, niveles de carbón, pelitas (físis) carbonosas y arcilitas (macizas) carbonosas asociadas; estas últimas con abundantes fragmentos megascópicos de plantas. Las litofacies finas aparecen intercaladas con areniscas finas en una asociación de planicie de inundación de escaso desarrollo vertical (excepcionalmente llega a 2 m). Son abundantes los cuerpos canalizados de areniscas medianas a conglomerados finos con estratificación cruzada en artesa.

Las muestras analizadas en la sección de Malanzán corresponden a las litofacies de turbiditas lacustres y pelitas carbonosas asociadas de Andreis *et al.* (1986) que apoyan sobre los depósitos basales gruesos de la Formación Malanzán, equivalente local de la Formación Guandacol. Las pelitas lacustres están asociadas con bancos turbidíticos lateralmente continuos con secuencias de Bouma Tabc, Tace y Tce. En esta litofacies han sido encontrados clastos caídos, fragmentos de plantas y espinas de peces. Similares litofacies lacustres fueron muestreadas inmediatamente al oeste de la localidad de Chamical (Zuzek, 1978) y Chepes Viejo (Chebli, 1967). Las pelitas lacustres pasan verticalmente a una asociación deltaica compuesta por litofacies de planicie de inundación dentro de la cual son comunes los niveles carbonosos. Areniscas canalizadas con estratificación cruzada completan la asociación deltaica. Algunos niveles muestreados en el valle de Malanzán corresponden a unidades locales (Formaciones Solca y Loma Larga, cf. Andreis *et al.*, 1986) que, si bien ligeramente más

jóvenes, son genéticamente similares a los niveles muestreados en la mitad inferior de la Formación Tupe.

ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA Y POTENCIAL GENERADOR

Contenido de carbono orgánico total (COT)

El rango en contenido orgánico de las pelitas grises, lutitas carbonosas y carbones estudiados es extremadamente amplio, cubriendo porcentajes de carbono orgánico total (COT %) desde valores mínimos cercanos a 0 y promedios por debajo del 0.5% en varios perfiles (por ejemplo en Ciénaga de Huaco, para 11 muestras de las Formaciones Guandacol y Tupe, y excluyendo una pelita carbonosa de esta última con 10.6% COT) a máximos de 53.25% en la Formación Tupe (Dique Las Crucecitas) y un promedio de 8.25% en el perfil de Malanzán para ambas unidades consideradas. La distribución de rangos de COT para las Formaciones Guandacol y Tupe está representada esquemáticamente en el diagrama de barras de la figura 3. Su análisis indica que aproximadamente la mitad de los niveles estudiados de la Formación Guandacol representa contenidos orgánicos inferiores al 1% de COT, mientras que el resto de las muestras de esta unidad queda comprendido entre 1 y 10%. Para la Formación Tupe existe una distribución particular, ya que las frecuencias se concentran mayoritariamente en valores por debajo del 1% correspondientes a las pelitas grises y, por otro lado, en valores superiores al 10%, correspondientes a lutitas carbonosas y carbones.

Tipos de querógeno

El análisis visual del querógeno, efectuado bajo microscopía combinada de luz transmitida y reflejada, permite clasificar a la materia orgánica de la mayoría de las muestras como predominantemente leñosa/carbonosa derivada de material húmico de plantas superiores. Ocasionalmente, algunos niveles presentan proporciones menores de componentes herbáceos (palinomorfos, cutículas) o de materia orgánica amorfa. Las características ópticas de esta contribución amorfa sugieren que posiblemente ha derivado de material húmico desestructurado, excluyéndose totalmente algún aporte de material algal-sapropélico. Mediante la observación microscópica en preparaciones pulidas de roca total, se reconocen básicamente dos tipos de rocas orgánicas: a) las que contienen materia orgánica escasa dispersa en la matriz mineral con contenidos de COT muy bajos a regulares, y, b) aquellas en las que el material se dispone en capas más o menos densas y macizas, similares a niveles de carbón interestratificados en la matriz arcillosa. En estas muestras quedan comprendidos los carbones y las lutitas carbonosas típicas de la cuenca, con contenidos orgánicos generalmente regulares a altos. En ambos tipos de rocas, los macerales orgánicos predominantes son inertinita, en especial semifusinita y/o fusinita, ya sea maciza o fina-diseminada (inertodetrinita), y vitrinita (material leño-

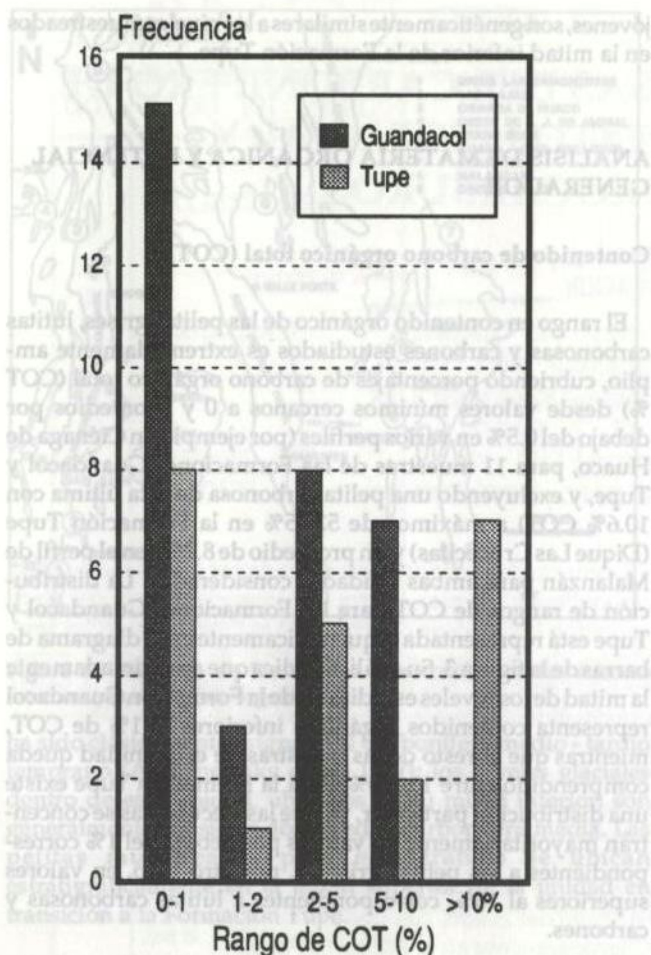


Figura 3: Distribución del contenido en carbono orgánico total (COT%) en las muestras de las Formaciones Tupe y Guandacol.

so); el material liptínico (herbáceo) aparece en cantidades subordinadas.

Análisis de pirólisis

Los resultados del análisis mediante pirólisis Rock-Eval, tanto de las pelitas como de las lutitas carbonosas son globalmente uniformes e independientes de la localidad y posición estratigráfica. La graficación de los índices de hidrógeno (IH) y oxígeno (IO) en el diagrama característico (Fig. 4) apuntan a un querógeno del tipo III-IV. Ello implica materia orgánica terrestre, con un alto grado de alteración (posiblemente oxidación), bajo a muy bajo contenido en hidrógeno y un significativo carácter inerte, del tipo residual descrita por Tissot *et al.* (1980). Son excepciones a esta generalización dos niveles carbonosos de la Formación Tupe en Dique Las Crucecitas (valores máximos registrados de IH de 133 y 91 mg HC/g COT), que ocupan una posición en el diagrama compatible con la de un carbón húmico de mediana evolución.

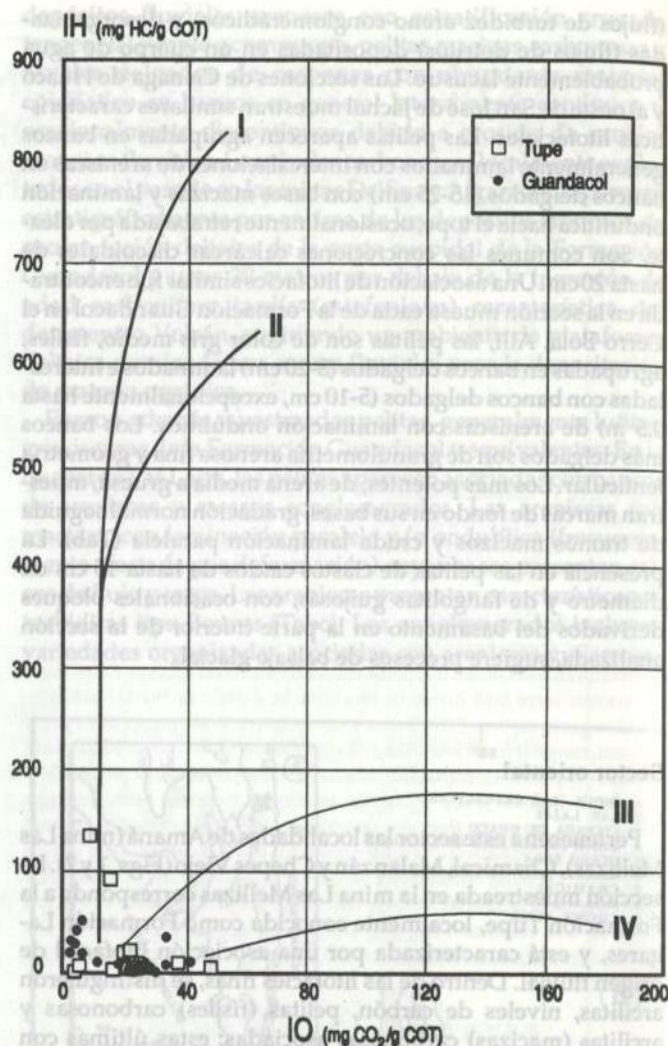


Figura 4: Caracterización mediante un diagrama Rock-Eval del tipo de querógeno presente en las pelitas y carbonos estudiados. IH: índice de hidrógeno, en miligramos de hidrocarburo por gramo de carbono orgánico total; IO: índice de oxígeno, con miligramos de dióxido de carbono por gramo de carbono orgánico total.

Condiciones de depositación y preservación

En la figura 5 se graficó la relación entre los índices de hidrógeno (IH) del conjunto de las muestras estudiadas y su contenido orgánico. Con excepción de algunas muestras, la mayor parte de los puntos se ubican en un área restringida del diagrama encerrada por las líneas curvas. En este sector, los IH más altos tienden a corresponderse con los COT más bajos y, opuestamente, los valores de COT más altos están vinculados con valores de IH muy cercanos a cero. Esta distribución tiene su correlato en las observaciones de petrografía orgánica ya que las muestras con valores elevados de COT y valores de IH cercanos a cero contienen material carbonoso fusinítico (inerte) casi puro, mientras que las caracterizadas por valores de COT bajos y valores altos de IH muestran proporciones crecientes de material leñoso y herbáceo-liptínico. Ello indicaría, en el primer caso, exposición subaérea, desecación y oxidación de la materia orgánica depositada en un ambiente

de tipo bosque-pantano; en el segundo caso, apuntaría a condiciones de deposición/preservación de la materia orgánica dispersa levemente mejores, parcialmente subacuáticas pero siempre subóxicas a óxicas. Los puntos cercanos al origen de coordenadas (valores de COT e IH extremadamente bajos) corresponden a niveles con material inerto detrítico puro y, por lo tanto, implican importantes procesos de reciclaje y oxidación y son considerados anómalos. Los puntos restantes por encima de la curva superior presentan características más similares a las usualmente encontradas en lutitas carbonosas y carbones respecto de su composición petrográfica e IH [Ver, por ejemplo, Stach *et al.* (1982) y Bustin *et al.* (1983)].

Análisis de bitumen

Una muestra correspondiente a sedimentitas del Carbonífero superior del pozo YPF.LR.SM. es-1 (Salinas de Mascarín; corona a 3423-3429 mbbp), con un COT de 3.8%, fue extraída mediante Soxhlet y el bitumen fraccionado en hidrocarburos saturados (9%), aromáticos (28%) y componentes NSO más asfaltenos (63%). Su rendimiento en extracto fue bajo (235 ppm), con una relación de 6 mg HC/g COT, típico de rocas generadoras de gas. En cuanto a la fracción de hidrocarburos saturados, el perfil cromatográfico (Fig. 6) muestra un claro predominio de n-alcenos, con débil predominancia de cadenas impares en el rango C_{25-31} , bajo contenido relativo en isoprenoides y cociente pristano/fitano largamente mayor que 1. Este patrón concuerda razonablemente con un extracto maduro, derivado de materia orgánica de plantas superiores en un ambiente no reductor. Con respecto a los biomarcadores, los hopanos (m/z 191) muestran muy alta intensidad en relación a los esteranos, implicando una significativa contribución bacteriana y aporte despreciable de organismos acuáticos. Su distribución marca el predominio de isómeros β con

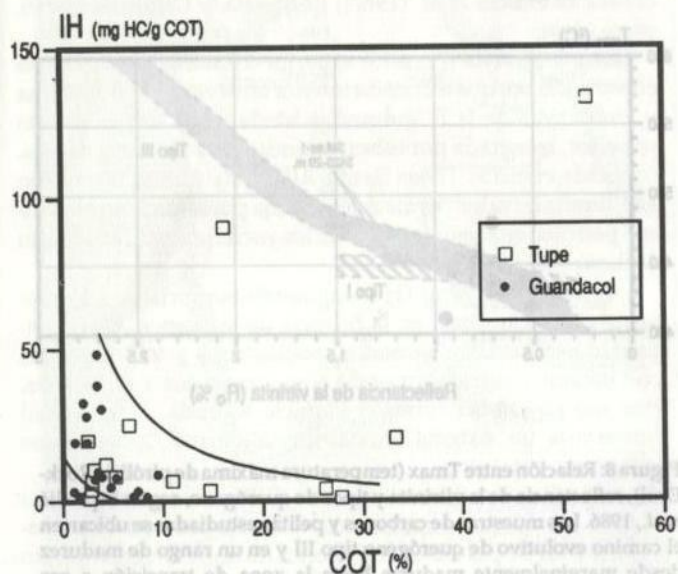


Figura 5: Relación entre el índice de hidrógeno (IH) y el contenido orgánico (COT%) de las muestras estudiadas.

PERFORACION YPF.LR.SM.es-1

Extracto - Testigo de Corona 3423-3429 m.

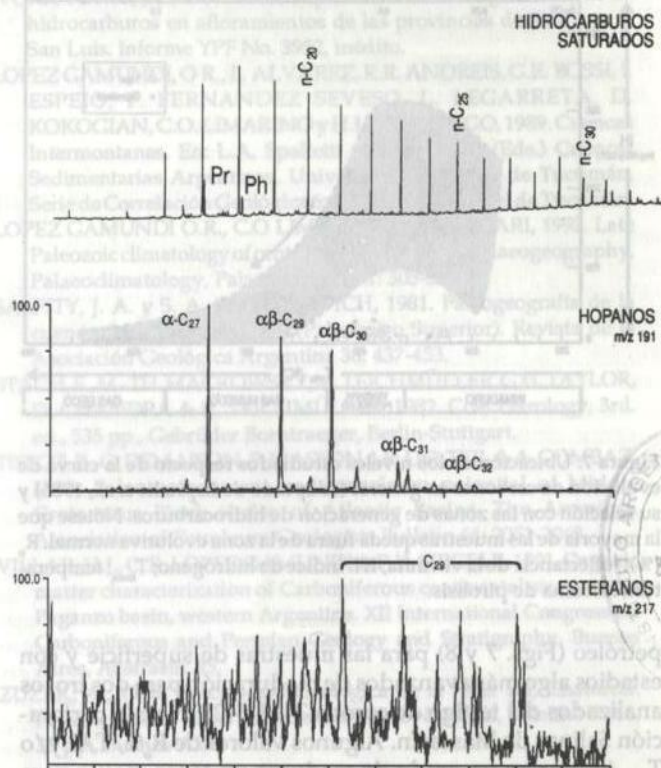


Figura 6: Extracto del testigo corona (3423-3429 m) de la perforación Salinas de Mascarín. Arriba: cromatograma de gases de la fracción de hidrocarburos saturados; Pr: pristano; Ph: fitano; n-C: alcanos normales con i átomos de carbono. Medio: fragmentograma ($m/z=191$) mostrando distribución de hopanos. Abajo: fragmentograma ($m/z=217$) mostrando distribución de esteranos; aunque la resolución es pobre debido a la baja concentración, resulta visible la predominancia de los componentes C_{29} ("terrestres").

los componentes C_{31} , en muy baja concentración, característico de condiciones óxicas de diagénesis. La baja cantidad relativa de esteranos (m/z 217) produce un cromatograma de masa de pobre resolución. Sin embargo los componentes C_{29} , típicos de materia orgánica terrestre, son fácilmente identificables. La información conjunta del perfil cromatográfico y de los biomarcadores señala, por lo tanto, aporte de materia orgánica terrestre (plantas superiores) acumulada en un ambiente de pantano óxico.

Madurez

La madurez térmica de la mayoría de las muestras queda esencialmente comprendida en la ventana de petróleo según lo revelan las determinaciones de reflectancia de vitrinita ($R_v\%$), Índice de Alteración Térmica (TAI) y temperatura máxima de pirólisis (T_{max}). De acuerdo con estos parámetros, y descartando valores anómalos, la madurez corresponde con los estadios tempranos y de pico de generación de

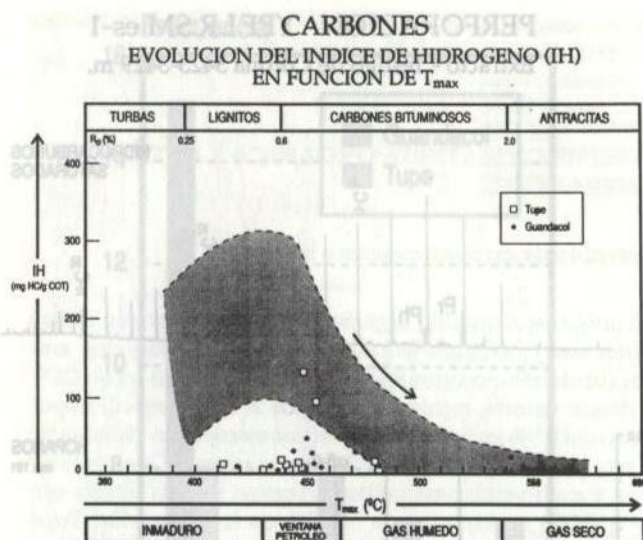


Figura 7: Ubicación de los niveles estudiados respecto de la curva de evolución de carbores en general (adaptado de Espitalié *et al.*, 1986) y su relación con las zonas de generación de hidrocarburos. Nótese que la mayoría de las muestras queda fuera de la zona evolutiva normal. R_o (%): reflectancia de la vitrinita; IH: índice de hidrógeno; T_{max} : temperatura máxima de pirólisis.

petróleo (Figs. 7 y 8) para las muestras de superficie y con estadios algo más avanzados de maduración para dos trozos analizados del testigo de corona 3423-3429 m de la perforación Salinas de Mascasín. Algunos valores de R_o %, TAI y/o T_{max} indicarían un grado de madurez un tanto mayor para algunas muestras, independientemente de la unidad considerada, y es posible que estén influidos por la presencia de fusinita/semifusinita o por reciclaje/oxidación, efectos mencionados más arriba.

CONCLUSIONES

Dentro de la sección carbonífera analizada, los niveles potencialmente generadores se encuentran ubicados estratigráficamente en las Formaciones Guandacol y Tupe. Más específicamente, las pelitas carbonosas de la Formación Guandacol fueron depositadas en condiciones subácueas en ambientes lacustres y/o marinos de aguas salobres. Las pelitas carbonosas y carbores de la Formación Tupe se encuentran concentrados en la sección basal de la unidad en ambientes pantanosos desarrollados en plataformas deltaicas subaéreas y planicies de inundación de sistemas fluviales.

Pese a la presencia de algunos intervalos con alto contenido en materia orgánica, la calidad del querógeno, dominado por material leñoso-carbonoso, y el bajo contenido en hidrógeno, señalan un potencial generador bajo a ocasionalmente moderado para la generación de hidrocarburos gaseosos. Debe considerarse, además, que la madurez determinada indica que las muestras se encuentran en la ventana del petróleo o en madurez temprana para generación de gas. Vale la pena mencionar que la facies orgánica parecería haberse modificado apreciablemente en la Formación Bajo de Véliz (Carbonífero

cuspidal-Pérmico temprano), de acuerdo al buen potencial oleogénico reportado por Ivorra Orts (1981) para afloramientos del área considerada. Esta unidad representa el desarrollo local de cuerpos lacustres sobre el margen oriental de la cuenca bajo condiciones de humedad moderada (estadio paleoclimático IV de López Gamundi *et al.*, 1992).

Análisis de subsidencia sugieren que en ciertos sectores, donde el relleno triásico alcanzó importante espesor, las pelitas carbonosas y carbores del Carbonífero podrían haber sido sometidos a una etapa temprana de generación hacia el Triásico tardío. Sin embargo, y en forma similar a lo acontecido para las pelitas bituminosas del Triásico de la cuenca cuyana y aplicable para las cuencas intermontanas en su totalidad, la etapa principal de generación, expulsión y entrapamiento habría eventualmente ocurrido a partir de la deposición de la potente columna miocena-pliocena.

AGRADECIMIENTOS

La mayoría del trabajo de campo contó con la ayuda de los colegas Paul K. Siegele y Horacio S. Sessarego. Eduardo Rossello, Ricardo Astini y Pablo Kraemer colaboraron en la última fase del trabajo de campo. Felisa Bercowski introdujo a uno de los autores (OLG) en la geología de la Formación Las Lajas facilitando además acceso a los afloramientos. Los análisis de las muestras del Dique Las Crucecitas y quebrada Las Lajas fueron realizados por Barry Katz en el Laboratorio de Exploración y Tecnología de Texaco en Houston. Se agradece a Texaco Inc. por el permiso otorgado para la publicación de este trabajo. Asimismo, se agradece a dos revisores anónimos que ayudaron a mejorar el manuscrito.

CORRELACION DE T_{max} CON LA REFLECTANCIA DE LA VITRINITA PARA QUERÓGENOS TIPO I Y III

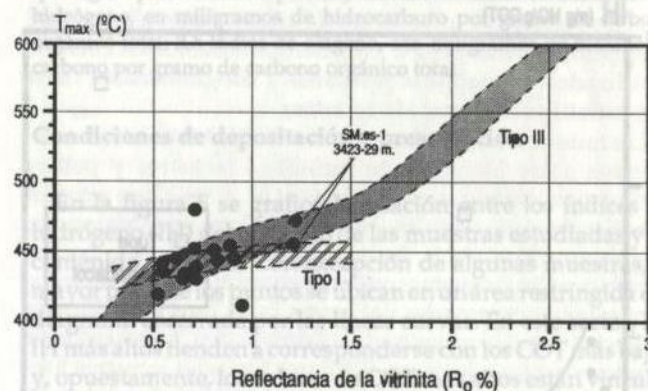


Figura 8: Relación entre T_{max} (temperatura máxima de pirólisis Rock-Eval), reflectancia de la vitrinita y tipos de querógeno, según Espitalié *et al.*, 1986. Las muestras de carbores y pelitas estudiadas se ubican en el camino evolutivo de querógeno tipo III y en un rango de madurez desde marginalmente maduras hasta la zona de transición a gas húmedo y condensado. SM. es-1 3423-3429 m denota los valores registrados para dos muestras del testigo de corona de la perforación de YPF. LRSM. es-1 a esa profundidad.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- ALVAREZ ROJO G., 1987. Depósitos de carbón y pelitas carbonosas. En: Archangelsky S. (Ed.) El Sistema Carbonífero en la República Argentina: 323-325, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- ANDREIS, R.R., R. LEGUIZAMON y S. ARCHANGELSKY, 1986. El paleovalle de Malanzán: nuevos criterios para la estratigrafía del Neopaleozoico de la Sierra de Los Llanos, La Rioja, República Argentina. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias 57: 3-119, Córdoba.
- ARCHANGELSKY, S., C.L. AZCUY, C.R. GONZALEZ y N. SABATTINI, 1987. Correlación general de las biozonas. En: Archangelsky S. (Ed.) El Sistema Carbonífero en la República Argentina: 281-291, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- BUSTIN, R.M., A.R. CAMERON, D.A. GRIEVE & W.D. KALKREUTH, 1985. Coal Petrology. Its principles, Methods and Applications. Geological Association of Canada Short Course Notes, Vol. 3, 2nd. ed., 230 pp. Victoria, British Columbia.
- CESARI, S.N., 1986. Zonación palinológica del Carbonífero tardío de Argentina. IV Congreso Argentino de Paleontología, Actas, I: 227-230, Mendoza.
- CESARI, S.N., P. GUTIERREZ y A.J. AMOS, 1986. Revisión bioestratigráfica de la Formación Jejenos (Carbónico), San Juan. Primeras Jornadas sobre Geología de Precordillera: 174-180, Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires.
- CHEBLI, G., 1967. Geología y estratigrafía de la Sierra de Chepes (Provincia de La Rioja). Universidad de Buenos Aires. Trabajo Final de Licenciatura, 49 pp.
- ESPITALIÉ, J., G. DEROO & F. MARQUIS, 1986. La pyrolyse Rock-Eval et ses applications. Deuxième partie. Revue de l'Institut Français du Pétrole 40: 755-784.
- FERNANDEZ SEVESO, F., M.A. PEREZ y L. ALVAREZ, 1990. Análisis estratigráfico del ámbito occidental de la cuenca de Paganzo, en el rango de grandes ciclos depositacionales. XI Congreso Geológico Argentino, Actas, II: 77-80, San Juan.
- IVORRA ORTOS, J.L., 1981. Sobre la presencia de rocas generadoras de hidrocarburos en afloramientos de las provincias de San Juan y San Luis. Informe YPF No. 3952, inédito.
- LOPEZ GAMUNDI, O.R., L. ALVAREZ, R.R. ANDREIS, G.E. BOSSI, I. ESPEJO, F. FERNANDEZ SEVESO, L. LEGARRETA, D. KOKOGIAN, C.O. LIMARINO y H.L. SESSAREGO, 1989. Cuencas Intermontanas. En: L.A. Spalletti y G.A. Chebli (Eds.) Cuencas Sedimentarias Argentinas, Universidad Nacional de Tucumán, Serie de Correlación Geológica 6: 123-167, San Miguel de Tucumán.
- LOPEZ GAMUNDI O.R., C.O. LIMARINO & S.N. CESARI, 1992. Late Paleozoic climatology of central west Argentina. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 91: 305-329.
- SALFITY, J. A. y S. A. GORUSTOVICH, 1981. Paleogeografía de la cuenca del Grupo Paganzo (Paleozoico Superior). Revista de la Asociación Geológica Argentina 38: 437-453.
- STACH, E., M.-TH. MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, G.H. TAYLOR, D. CHANDRA & R. TEICHMÜLLER, 1982. Coal Petrology, 3rd. ed., 535 pp., Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart.
- TISSOT, B., G. DEMAISON, P. MASSON, J.R. DELTEIL & A. COMBAZ, 1980. Paleoenvironment and petroleum potential of Middle Cretaceous Black shales of Atlantic Basins. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin 64: 2051-2063.
- VILLAR, H.J., O.R. LOPEZ GAMUNDI & P.K. SIEGELE, 1991. Organic matter characterization of Carboniferous continental strata of the Paganzo basin, western Argentina. XII International Congress on Carboniferous and Permian Geology and Stratigraphy. Buenos Aires, Abstracts: 85.
- ZUZEK, A., 1978. Descripción Geológica de la Hoja 18f, Chamental. Provincia de La Rioja. Servicio Geológico Nacional, Boletín Nº 161, 33 pp., Buenos Aires.