Facies, Ambientales y Desarrollo de la Plataforma Cretácica de Tuxpan-Tecolutla (Faja de Oro)

Pedrazzini, C.*

INTRODUCCION

El presente trabajo informa sobre unas investigaciones que el Instituto Mexicano del Petróleo realizó en la plataforma calcáreo-cretácica de Tuxpan-Tecolutla, en el subsuelo de la costa del Golfo de México.

Estas consistieron en el estudio sedimentológico-estratigráfico de la Formación El Abra cortada por los pozos perforados a lo largo del borde occidental de la plataforma (Faja de Oro), en su área lagunal central y en el borde oriental que coincide con los campos marinos (Fig. 1).

Se estudiaron las muestras de núcleo y de canal de 34 pozos; sin embargo el muestreo no fue uniforme ya que si en la parte septentrional del área todos los pozos atravesaron la Formación El Abra, en la parte meridional y marina, donde la penetración en esta formación es escasa, el estudio se limitó a tramos de columna reducidos.

La Formación El Abra fué descrita por Muir (1936) y Heim (1940); entre los trabajos recientes, los más importantes son los de Bonet (1952-1956-1963) y Aguayo (1978). La información del subsuelo fué proporcionada por informes de Petróleos Mexicanos y por las publicaciones de Cabrera y Menes (1974) y Govela (1974 y 1975). Interpretacio-

Fig. 1 PLANO DE LOCALIZACION DE LOS POZOS UTILIZADOS PARA EL ESTUDIO DE LA FM EL ABRA (MODIFICADO DE SANBORN Y GIRARD, 1969).

* Instituto Mexicano del Petróleo

nes regionales fueron propuestas por Guzmán (1967), Vinięgra y Castillo Tejero (1970), y Coogan et al. (1973).

MARCO GEOLOGICO

La margen del "paleogolfo de México" se caracteriza por el desarrollo durante parte del Cretácico de una serie de plataformas calcáreas. Estas se prolongan hacia el norte con los complejos arrecifales de Texas.

La plataforma de Tuxpan-Tecolutla se formó sobre un basamento ígneo intrusivo de edad paleozoica tardía, cubierto a su vez por capas rojas continentales de edad triásico-jurásica. Ambos constituyeron un área positiva que se tradujo durante gran parte del Jurásico por la existencia de islas. Posteriormente los mares del Titoniano y del Neocomiano cubrieron extensamente la región depositando sedimentos de mar abierto pero de poca profundidad sobre este alto estructural. Sin embargo, el episodio de sedimentación pelágica es breve en esta área y después del Neocomiano vuelven a aparecer bancos someros sobre los cuales, durante el Albiano-Cenomaniano se acumulan los carbonatos masivos de la Formación El Abra, acompañados de una continua subsidencia que les permite alcanzar un espesor de más de 1500 m, mientras que en las áreas adyacentes se depositan sedimentos de mar abierto con espesor muy inferior. Hacia el final del Cretácico Tardío prevalecen condiciones de mar abiertos y se depositan calizas arcillosas y margas.

La base de la Formación El Abra es discordante sobre el Neocomiano que se encuentra en parte ausente. Su límite superior es una superficie de erosión. Rasgos de morfología y erosión cárstica a distintos niveles indican que la plataforma fué expuesta a condiciones subaéreas en varias ocasiones.

SEDIMENTOS Y AMBIENTES DE DEPOSITO

En el complejo de sedimentos de plataforma calcárea pudieron reconocerse facies características de microambientes de depósito; éstas varían rápidamente en sentido vertical y muestran poca continuidad lateral, por lo menos a escala de la distancia entre los pozos.

Basado en los datos proporcionados por este estudio se ilustra en la tabla 1 la relación entre facies, estructuras sedimentarias y ambientes de depósito.

La distribución de las facies sedimentarias muestra la existencia de las siguientes principales

zona isópicas sobre la Plataforma de Tuxpan-Tecolutla:

I Región de ambientes arrecifales

II Región de ambientes lagunares

III Región de bancos oolíticos

Su localización en la plataforma se representa por medio de dos secciones, una transversal y otra longitudinal (Fig. 2). La falta de pozos profundos en la zona meridional impide obtener un cuadro completo.

Región de ambientes arrecifales. Se han identificado numerosos biostromas en localidades distintas y a diferente altura de la columna, lo que hace inferir la existencia de pequeños bancos arrecifales discontinuos (patch reefs); su espesor es reducido, el máximo encontrado ha sido de 14 m.

La facies predominante es la biorrudita de rudistas, corales y algas. La matriz es micrítica y puede ser completamente recristalizada; el pseudoespato forma cristales de grandes dimensiones. Las conchas aragoníticas de rudistas y corales están reemplazadas por calcita. Las cavidades internas de los moluscos se encuentran abiertas en algunos horizontes pero generalmente están rellenas con espato; frecuentemente contienen sedimento interno. En algunos casos se tiene dolomitización de poca importancia.

Los moluscos no están en posición de crecimiento y únicamente su gran concentración y la asociación faunística indica que se encuentran en un cuerpo arrecifal.

Se han observado biolutitas de algas en el pozo Atún No. 502, constituidas por *Lithoporella* sp. y *Lithocodium* sp., asociadas con numerosas solenoporáceas.

Se incluyen en la región de ambientes arrecifales los depósitos de intermarea, identificados en sólo cinco pozos y siempre asociados con bancos arrecifales. Están caracterizados por horizontes estromatolíticos y por su alternancia con sedimentos calcareníticos. Se encuentran en estos depósitos grietas y poros debidos a desecación (birds' eyes), generalmente rellenos de calcita. Con los estromatolitos se han observado delgados horizontes de dolomita de grano muy fino.

Esta facie se encuentra aislada como se ha mencionado, y no tiene gran extensión; se cree que representa bancos lodosos emergidos en la zona

Tabla 1.- Relación entre litofacies, biofacies, estructuras sedimentarias y ambiente de depósito

Litofacies	Biofacies	Estructuras Sedimentarias	Ambiente de Depósito	Zona isópica
Micrita de algas laminares	Foraminíferos bentónicos	Laminación Costras Grietas de desecación Ojos de pájaro	Intermarea	Región de ambientes arrecifales
Biorrudita	1. Rudistas, corales hermatípicos y algas coralináceas 2. Algas solenopóreas	Masiva Estratificación gruesa	Banco arrecifal	
	Ostréidos, mono-pléuridos o <u>Toucasia</u>	Orientación paralela	Biostroma lagunar	
Biomicrita clástica	Mixta 1. Foraminíferos bentónicos 2. Rudistas, corales hermatípicos y algas coralináceas	Estratificación graduada	Periarrecife	Región de ambientes lagunares
Micrita		Estilolitas	Laguna	
Micrita grumosa y pellada y pelespatita	1. Foraminíferos bentónicos 2. Ostrácodos	Bioturbación Laminación Estilolitas		
Micrita fosilífera y biomicrita de miliólidos	1. Foraminíferos bentónicos 2. <u>Nummoloculina heimi</u> 3. Ostrácodos	Estilolitas Bioturbación		
Intraspatita	Foraminíferos bentónicos	Bioturbación		
Calizas dolomitizadas y dolomías	Foraminíferos bentónicos	Pseudolaminación		
Evaporitas	Foraminíferos bentónicos	Laminación nódulos		
Oospatita	Foraminíferos bentónicos	Laminación gruesa Estilolitas (raras)	Zona sublitoral Bancos oolíticos	Región de bancos oolíticos

arrecifal, que favorecen el desarrollo de carpetas de algas y que son cubiertos periódicamente por material detrítico aportado por fuerte oleaje. Esta interpretación fué propuesta por Catalano et al (1974) para facies análogas de Sicilia.

Región de bancos oolíticos. Ocupa la región central de la plataforma, limitada al W por el margen arrecifal. En los pozos meridionales Cazones y Finca se encuentra alternancia de bancos oolíticos con biostromas de rudistas; lo mismo ocurre en algunos pozos del área occidental.

FIG. 2 AMBIENTES DE DEPOSITO ILUSTRADOS POR LAS SECCIONES TRANSVERSAL SW-NE Y LONGITUDINAL S N

Por su amplia extensión se cree que esta área representaba un banco submarino somero sobre el cual se formaban alternativamente depósitos oolíticos o biostromas de rudistas, dependiendo de leves fluctuaciones del nivel del mar; al elevarse éste se retraían los arrecifes y se formaban oolitas sobre el borde de la plataforma.

Región de ambientes lagunares. Se extiende sobre la mayor parte de la plataforma; sus límites representados por bancos biógenos u oolíticos fueron muy variables durante el desarrollo de la plataforma. Según los datos observados (Fig. 2) aparentemente la laguna era más estrecha al iniciarse; posteriormente se ensanchó, inundando los antiguos bancos marginales.

Los sedimentos de esta zona son micritas fosilíferas, pelespatitas, intraspatitas y, a proximidad de los bancos arrecifales, biostromas de moluscos coloniales tales como monopléuridos, *Toucasia* sp. y ostréidos.

La zona lagunar es la región donde es mayor el desarrollo de la dolomías y donde se encuentra un cuerpo importante de evaporitas.

Las dolomías se presentan principalmente en

los sedimentos lagunares de la plataforma donde pueden distinguirse tres áreas correspondientes a distintos episodios de dolomitización (Fig. 3).

El primer episodio (representado por las dolomías basales) afecta únicamente la parte inferior de la columna de la Formación El Abra en los pozos del área occidental; en esta área posteriormente se formarán bancos biógenos y oolíticos.

El área central muestra dos episodios distintos de dolomitización representados uno en la base y otro en la parte superior de la columna; coincide en su mayor parte con la región de los grandes bancos oolíticos; la dolomía superior indica probablemente una nueva fase lagunar.

En el área situada hacia el norte de la plataforma, aún mostrando irregularidad, la dolomía más potente se encuentra en la parte superior de la columna y se cree relacionada con los depósitos evaporíticos del área centro-oriental.

En la figura 3 se observa un aparente desplazamiento hacia el Norte de la depresión central de la laguna.

Fig. 3 DISTRIBUCION DE LAS DOLOMIAS EN DISTINTOS EPISODIOS DE DOLOMITIZACION

Fig. 4 INTERPRETACION PALEOGEOGRAFICA DE LA ETAPA B1

PALEOGEOGRAFIA

Para toda reconstrucción paleogeográfica es necesario contar con horizontes de referencia que puedan considerarse líneas de tiempo. La variabilidad de las facies sedimentarias en la plataforma no permiten realizar correlaciones. Por otra parte los horizontes bentoníticos son muy comunes en la Formación El Abra y, analizando la frecuencia con la cual se presentan, se han seleccionado ocho horizontes (B1 a B8), cada uno de los cuales aparece por lo menos en cuatro pozos. Por medio de ellos se ha intentado dividir la columna en unidades isócronas.

Con el objeto de mostrar el desarrollo de la plataforma calcárea en el tiempo, se presenta a continuación la interpretación paleogeográfica de tres etapas correspondientes a B1, B3 y B6. (Figs. 4, 5 y 6 respectivamente).

En la primera, la parte septentrional de la plataforma está en parte emergida y aflora la Formación Tamaulipas Inferior. La parte lagunar está restringida al centro, donde se están formando dolomías; su límite hacia el S está constituido por bancos oolíticos someros, hacia el E y W; sobre una margen elevada se encuentran bancos de rudistas y zonas de intermarea.

En la etapa B3, los sedimentos lagunares se han extendido a toda la plataforma, la zona dolomitizada se ha desplazado hacia el N; los bancos oolíticos se han fragmentado y reducido, y esporádicos biostromas se forman en los márgenes.

En la etapa B6 predomina el ambiente lagunar y un período de clima árido da lugar a extensa dolomitización y a la formación de evaporitas; los bancos oolíticos están invadidos; la presencia de márgenes elevadas es indicada por la existencia de

FIG. 5 INTERPRETACION PALEOGEOGRAFICA DE LA ETAPA B 3

pequeñas zonas de intermarea.

En la fase final del depósito de la Formación El Abra, solamente se observan sedimentos lagunares no dolomitizados, lo que implica una libre circulación de las aguas, y bancos de rudistas en las márgenes occidental y meridional de la plataforma.

DISCUSION

El inicio del depósito de la Formación El Abra coincide con un cambio notable en el carácter de la sedimentación, o sea con un cambio drástico en las condiciones paleoecológicas.

Algunos factores importantes, se mantuvieron constantes indicando que no fueron la causa del rápido desarrollo de los carbonatos: uno es el paleo-relieve, por el cual desde el Jurásico, incluyendo la base del Neocomiano, la sedimentación tiene carácter somero; el otro es la ausencia de sedimentos terrígenos desde el inicio del Cretácico.

Fig. 6 INTERPRETACION PALEOGEOGRAFICA DE LA ETAPA B 6

Sin embargo, un factor que se cree decisivo en el cambio del carácter de la sedimentación en este tiempo, es el aumento de temperatura del agua del mar. Según estudios de Newell (in D. Argenio, 1975) en la región sur de los Alpes, ésta fué de 12°C en promedio durante el Cretácico Inferior, en el Cretácico Superior, de 22°C y en el Paleoceno, de 10°C; la similitud de las faunas indica que estos valores pueden probablemente aplicarse a la región del actual Golfo de México. El aumento de la temperatura influye en primer lugar sobre la vida marina que se desarrolla rápidamente; ésta a su vez favorece la precipitación del carbonato de calcio; se forman las primeras biocenosis arrecifales que delimitan áreas aisladas de la libre circulación oceánica, donde aumenta todavía más la temperatura y se concentran las sales en solución. Alrededor de los biotomas se acumulan los fragmentos derivados de los mismos, proliferan las algas calcáreas, emergen bancos y se forman pequeñas zonas de intermarea. Los organismos arrecifales, que necesitan agua oceánica para sobrevivir se desplazan hacia el exterior de la plataforma.

Durante el crecimiento de la plataforma se nota una migración cíclica de los biostromas del interior y exterior y viceversa que corresponde a fluctuaciones del nivel del mar. Este fenómeno está bien documentado en la margen occidental donde, entre los horizontes B1 y B8 se observan tres transgresiones y subsucesos regresiones marinas acompañadas por retroceso y avance de los bancos (Fig. 7).

La plataforma se elevó hasta una altura promedio de 1200 m en el interior y de 1600 m en sus márgenes; el crecimiento y la litificación de sus depósitos no han requerido la existencia de barreras arrecifales sino una continua subsidencia que los mantuvo cerca de la superficie del agua. La velocidad de subsidencia calculada aproximadamente en 36 m/ma para el Cretácico Inferior hasta el final del Aptiano, alcanzó 126 m/ma durante el Albiano-Cenomaniano.

Detrás de los márgenes elevados de la plataforma se forma una laguna donde abundan la fauna bentónica y las algas; en períodos de aridez se alcanzan máximas concentraciones de sales, se depositan evaporitas y en las depresiones más profundas se forma una estratificación por densidad; las soluciones hipersalinas del fondo, enriquecidas en Mg, dan origen por metasomatismo a las dolomías, el proceso es favorecido por la formación de evaporitas.

Fig. 7 FLUCTUACIONES DEL NIVEL DEL MAR ILUSTRADAS POR LAS MIGRACIONES DE LOS ARRECIFES DESDE EL BORDE OCCIDENTAL HACIA EL INTERIOR DE LA PLATAFORMA.

La fase final del crecimiento de la plataforma es una época de desarrollo de arrecifes en gran parte de sus márgenes. Esta regresión deja al descubierto toda la plataforma e inicia un período en que predominan los procesos de erosión cástica y los fenómenos hidrológicos asociados.

Dos factores principales causan la terminación de la sedimentación de banco al final del Cenomaniano: La disminución importante en la velocidad de subsidencia que se reduce a 6m/ma a partir del Turoniano, permitiendo sólo la inundación de depresiones aisladas de la plataforma, las aportaciones arcillosas derivadas de los primeros levantamientos precursores de la Sierra Madre Oriental y la consecuente turbidez de las aguas que impide el desarrollo de los organismos.

El modelo deposicional de la plataforma, ilustrado en la figura 8 comprende: 1) una parte predominante de calizas micríticas que forman el bulto de los sedimentos de la parte interna de la laguna, 2) unos márgenes elevados iniciados probablemente por conjuntos orgánicos, pero caracterizados por la continua alternancia de los ambientes: arrecifal, periarrecifal, de intermarea, de banco oolítico y también lagunar al variar la amplitud de la laguna durante su desarrollo; 3) un banco interno formado originalmente por biostromas y cubierto posteriormente por barras oolíticas discontinuas.

FIG. 8 DIAGRAMA ISOMETRICO DE LA FORMACION DEL ACRA EN LA PLATAFORMA DE TURPAN TECOLULA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUAYO, J.D. Sedimentary environments and diagenesis of a Cretaceous reef complex, Eastern Mexico. Univ. Nat. Autón. México, An. Centro Ciencias del Mar y Limn., v. 5, n. 1 (en prensa).
- BONET, F., 1952. La Facies Urganiana del Cretácico Medio de la región de Tampico. *Bol. Asoc. Mexicana Geol. Petr.*, v. 4, no. 5-6, p. 153-262.
- BONET, F., 1956. Zonificación microfaunística de las calizas cretácicas del este de México. Cong. Geol. Internacional, XX Sesión, México, 102 p.
- BONET, F., 1963. Biostratigraphic notes on the Cretaceous of Eastern Mexico. in Corpus Christi Geol. Soc. Ann. Field Trip Guidebook, p. 36-48.
- CABRERA C., R. y S. MENES, L., 1974. Aplicación e importancia económica de las microfácies en la Formación El Abra, *Bol. Asoc. Mexicana Geol. Petr.*, v. 25, no. 7-9, p. 237-307.
- CATALANO, R., B. D'ARGENIO Y P. DE CASTRO, 1974. Rapporti tra le facies di piattaforma carbonatica del Giurassico e del Cretacico delle Madonie orientali (Sicilia). *Inst. Geol. y Geof. Univ. Napoli*, Publ. 52, 37 p.
- COOGAN, A.M., D. G. BEBOUT y C. MAGGIO, 1973. Depositional environment and geologic history of Golden Lane and Poza Rica Trend, Mexico, an alternative view. *American Assoc. Petr. Geol. Bull.*, v. 56, p. 1419-1447.
- D'ARGENIO, B., 1975. L'analisi delle facies sedimentarie nella ricerca delle risorse naturali non rinnovabili, in Simposio Internacional Sobre Recursos no Renovables de America Latina, Caracas, v. 6, p. 111-145.
- GOVELA, A., et al., 1974. Estudio del Campo Atún. Parte 1. Petróleos Mexicanos, Suptcia. Gral. Exploración Zona Poza Rica. (Informe inédito).
- GOVELA, A., 1975. Sedimentología de la Formación El Abra en una porción de la Faja de Oro Marina. Petróleos Mexicanos, II Simposio Geol. Subsuelo, Poza Rica, p. 98-127.
- GUZMAN, E.J., 1967. Reef type stratigraphic traps in Mexico. in Proc. VII World Petroleum Cong., Mexico, vol. 2, p. 461-470. Elsevier Publ. Co., New York.
- HEIM, A., 1940. The Front Ranges of the Sierra Madre Oriental, Mexico, from Ciudad Victoria to Tamazunchale. *Ecl. Geol. Helveticas*, v. 33, no. 2, p. 313-360.
- MUIR, J.M., 1936. Geology of the Tampico region, Mexico. *American Assoc. Petr. Geol.*, Tulsa, 280 p.
- VINIEGRA O., F. y C. CASTILLO TEJERO, 1970. Golden Lane Fields, Veracruz, Mexico, in *American Assoc. Petr. Geol. Memoir* 14, p. 309-325.