

**FORMACION NARICUAL:
UN YACIMIENTO CARBONIFERO DE ORIGEN
TURBIDITICO PROXIMAL DEL MIOCENO DE
VENEZUELA ORIENTAL**

Por OLIVER MACSOTAY*

RESUMEN

La Formación Naricual, unidad sedimentaria expuesta a lo largo del borde sudoccidental de la Serranía del Interior de Venezuela oriental, consiste principalmente en lodoletas, subgrauvacas, ritmicas, areniscas y arcilitas, con asperones, conglomerados y carbones como componentes litológicos menores; se observan estructuras sedimentarias como gradación, laminación paralela y convoluta, calcos de carga, intraclastos de arcilla, microdiques, acanalamiento, estructuras de desplome, además de laminación y estratificación cruzadas. En taladros se han recuperado escasos moluscos fósiles que indican unánimemente una edad Mioceno inferior (tope). La escasa bioturbación se restringe a ciertos niveles. En las areniscas se identifican icnofósiles de ambiente marino somero: *Ophiomorpha*, *Rhizocorallium*, *Skolithos* y *Thalassinoides*; la interfase subgrauvacá/pelita contiene icnofósiles de ambiente marino turbidítico: *Saporta*, *Rouaultia* y *Teichichnus*. La formación muestra ciclotemas de arenisca-subgrauvacá (psammita)-ritmita-lodoleta (pelita), dentro de los cuales se presentan las capas de carbón sin relación con ningún ciclo litológico en particular. El carbón de la Formación Naricual se relaciona con superficies de despegue de desplomes submarinos y fallas de estratificación. El carbón no exhibe estructuras celulares ni se observaron raíces en el piso de las capas. Fenómenos frecuentes son las superficies pulidas, las fallas de crecimiento, y las arcilitas escamosas que sugieren tectonismo sín-sedimentario; evidencias de tectonismo postsedimentario son las fallas de estratificación y las transcurrientes de ángulo alto. Todas las estructuras tectónicas descritas afectan el carbón de una u otra manera y a ellas se atribuyen las anomalías geoquímicas del mismo. Las características citadas de la Formación Naricual indican su sedimentación en una cuenca marina de hundimiento rápido y elevada inestabilidad.

ABSTRACT

The Naricual Formation, a sedimentary unit exposed along the southwestern border of Serranía del Interior in eastern Venezuela, is made up mainly of mudstones, subgreywackes, rhythmites, sandstones and clays; minor components are grits, conglomerates and coals. Sedimentary structures such as gradation, parallel and convolute lamination, load casts, clay pebbles, microdykes, channeling, slumping, cross bedding and cross lamination within these sediments are discussed. Scarce fossil mollusks recovered from drill cores are of late Lower Miocene age. Bioturbation is scarce and restricted to certain levels. Several ichnofossils were identified in the sandstones: *Ophiomorpha*, *Rhizocorallium*, *Skolithos* and *Thalassinoides*, indicating a shallow-water marine environment. In the subgraywacke/pelite interphase the ichnofossils are of

* Ministerio de Energía y Minas, Dirección de Geología, Caracas.

marine turbiditic environment: *Saportia*, *Rouaultia* and *Teichichnus*. Common phenomena in the Naricual Formation are polished surfaces, growth faults and scaly claystones, suggesting synsedimentary tectonism. Evidences of post-sedimentary tectonism are bedding faults and high-angle strike-slip faults. All of these tectonic structures have affected the coal to some degree, and previously reported geochemical anomalies of the coal are attributed to them. The Naricual Formation is considered to have accumulated in a highly unstable, rapidly subsiding marine basin. The coal is not restricted to any particular level of the psammite-pelite cycloths; it shows no cell-structures, and no fossil root systems have been observed in the underclay.

INTRODUCCION

La exploración carbonífera en el Estado Anzoátegui nororiental hasta la fecha se ha restringido a la Formación Naricual, cuya mejor descripción geológica-minera se halla en el trabajo de BELLIZZIA y MARTIN (1961). El reinicio de labores mineras en la presente década mostró la necesidad de someter la unidad a estudios bioestratigráficos y paleoambientales, entre otras disciplinas. A los segundos corresponde el presente trabajo, basado en observaciones realizadas entre la "Laguna Bolívar" al oeste y la Quebrada Araguítita al este, área que incluye la localidad tipo de la Formación Naricual (*Léxico Estratigráfico de Venezuela*, 1970, p. 437). Cortes recientes de carreteras de penetración, además de una docena de taladros estratigráficos profundos con elevada tasa de recuperación, ofrecieron oportunidades inexistentes en estudios anteriores.

Los frentes de extracción y parte de las galerías y socavones en el interior de la mina "Santa María", en explotación actualmente, suministraron afloramientos inmejorables para el estudio de la roca-caja del carbón. Toda referencia ulterior a la "mina" se refiere a la citada. El carbón por sí solo se estudió en su aspecto de roca sedimentaria. Se realizaron análisis de estructuras sedimentarias, moluscos y trazas fósiles, y de restos de plantas. La interpretación paleoambiental contribuyó a separar las estructuras sinsedimentarias de las originadas por tectónica posterior. Asimismo se incluye una breve reseña de las formaciones infra- y suprayacentes, para dar una idea más completa de la paleogeografía. Se ha tratado en todos los casos de no repetir información ya publicada.

ESTRATIGRAFIA

En esta sección se analiza principalmente la Formación Naricual, con sólo breves reseñas sobre las unidades infrayacentes, formaciones Los Jabillos y Areo, y suprayacente, Formación Capiricual.

Formación Los Jabillos

Es una secuencia de 250-300 m de espesor de arenas cuarcíticas, blancas y blanco rojizas, de grano medio a grueso. La arena se halla en capas de 1 a 10 m de espesor, agrupadas en 4 intervalos espesos, dos de los cuales se aprecian claramente en fotografías aéreas y mapas de fotointerpretación. Estos horizontes espesos, en el área La Peña-Paso de La Angostura, están separados por intervalos de lutitas arenosas y arenas en capas delgadas que meteorizan con gran facilidad.

En el tramo superior de las arenas más prominentes se han localizado madrigueras fósiles atribuibles a los icnogéneros *Ophiomorpha* y *Cylindrites*, que indican un ambiente marino de aguas someras, de plataforma interna, pero de energía alta a media. En especial *Ophiomorpha* se ha relacionado a barras de arena submarinas formadas por corrientes de fondo (WEIMER & HOYT, 1964). El diámetro de las galerías de esta última es de 10 mm, correspondiente a la categoría hallada en abundancia en las formaciones Misoa (VAN VEEM, 1972), Socorro, Cumaná y Chiguaje (MACSOTAY, 1967). Estas unidades litoestratigráficas de Venezuela se sedimentaron total o parcialmente en ambientes deltaicos marinos y de plataforma somera, hábitat normal del crustáceo *Callianassa major*, que construye estas madrigueras. La poca densidad de estas madrigueras sugiere una elevada tasa de sedimentación. Parte de las arenas de la Formación Los Jabillos pudieron originarse como barras submarinas en aguas costeras, lo cual concuerda con la granulometría y el buen escogimiento de los granos.

Atribuida el Eoceno superior por su relación lateral y vertical con las calizas del Miembro Tinajitas de la Formación Caratas por HEDBERG & PYRE (1944). Las arenas cuarcíticas son explotadas en La Peña como material de construcción y de relleno.

Formación Areo

Al sureste del paso de La Peña aflora una lutita gris-verde oliva, con concreciones ferruginosas en alternancia con pocas capas de 10-30 cm de espesor de arenas cuarcíticas duras grises. Afloramientos semejantes aparecen esporádicamente a lo largo del flanco sur de la Serranía de Catuaro, y corresponden a la Formación Areo. No se han hallado fósiles en las muestras examinadas, que exhiben meteorización avanzada. LAMB (1964a, b) le atribuye una edad Oligoceno medio a superior, en base a foraminíferos planctónicos.

El grado de tectonización observado en la zona hace suponer que parte de la unidad está ausente por fallamiento, tomando en cuenta que a solo 3 km al norte, en el Sinclinal de Tinajitas, aflora un espesor fallado de más de 150 m. (ROSALES, 1967, Fig. 6). No se observó en el área de este estudio su contacto con ninguna de las unidades de Los Jabillos o Naricual.

Formación Capiricual

Unidad terrígena esencialmente péltica de gran espesor, que suprayace a la Formación Naricual; el contacto entre ambas se marca por la aparición de arenas conglomeráticas con cantos de fangas en niveles espesos y recurrentes. Las pelitas en el tramo basal de Capiricual son lodolitas, y también se mencionan varias capas de carbón de este nivel. El contacto Naricual/Capiricual es transicional y diacrónico. Los icnofósiles observados en los tramos arenosos (que ya no contienen subgrauvacas) indican sedimentación de velocidad moderada a lenta en aguas marinas someras: *Thalassinoides* ramoso, *Arenicolites* y *Ophiomorpha*. No hay información faunal publicada, pero por su posición estratigráfica se atribuye al Mioceno medio.

FORMACION NARICUAL

Esta unidad sedimentaria de origen terrígeno, de 1.800 m de espesor, es la secuencia dominante del Grupo Merécure, redefinida por SALVADOR (1964a).

En el área tipo la unidad fue subdividida por GONZÁLEZ DE JUANA y AGUERREVERE (1938) en 3 paquetes (en orden ascendente): Santa María, Mallorquín y Aragüita, propuestos y utilizados sólo en la porción más rica en carbón. En la sección estratigráfica de BELLIZZIA & MARTIN (1961, p. 1582-1583) la base y el tope de la Formación Naricual se excluyen de los "paquetes". Desde el punto de vista estratigráfico, convendría extender el paquete Santa María hasta el contacto inferior. Si éste es con la Formación Areo, debe colocarse en la primera arenisca conglomerática gruesa, que junto con la lodoleta constituiría la base de la Formación Naricual. Las arenas en los límites de los paquetes, deben asignarse al paquete superior, con el que muestran relación gradacional (Figuras 1 a 3). Los componentes litológicos de la Formación Naricual, en orden de frecuencia son:

Lodolitas: Este tipo litológico es el dominante en la Formación Naricual (60-65% del total), aunque la meteorización da la impresión de dominio de las areniscas. La cifra de 75-85% de ROSALES (1967) incluye los intervalos de ritmitas (flaser) y limolitas. En la geología submarina moderna se emplea este término para designar rocas pelíticas en las cuales hay mezcla heterogénea de arcillas y limos, con cantidades subordinadas y variables de arena de cuarzo y mica. La arena tiene distribución irregular y se halla dispersa sin disposición especial en la matriz pelítica; lo mismo sucede con la mica y otros minerales detriticos que puedan estar presentes.

La lodosita es de colores negro y gris oscuro, con aspecto macizo a laminado en estado fresco, meteorizando fácilmente a laminillas del mismo color (Fig. 14) para formar un barro heterogéneo gris oscuro. Este fenómeno se observa bien en los taladros, donde las cajas de testigos han permanecido expuestas a la intemperie; cada paso tomó alrededor de un mes, en época de lluvias moderadas. Los afloramientos superficiales muestran una pelita de color gris azulado claro moteado en rojo, al estilo "tigrillo". Este nivel de meteorización se ha observado en taladros y socavones frescos, hasta 16 m por debajo de la superficie actual. La profundidad promedio es de 10 ± 2 m. Estas lodositas meteorizadas no conservan ninguna estructura de la roca original. La lodosita se reconoce bien en testigos de taladro, en la mina misma, en los socavones y plataformas de taladro. En los cortes de carretera se encuentra mayormente alterada. Por su color negro, se ha calificado a las lodositas como "carbonáceas". Las características de este sedimento corresponden a lo que HESSE (1975) considera como turbidita depositada sobre el nivel de compensación de los carbonatos: color oscuro, poca bioturbación, carente de CaCO_3 , escogimiento moderado a bueno, gradación vertical y abundantes fragmentos de plantas, formada cerca del delta de ríos grandes. Las secciones delgadas de lodosita y otros tipos litológicos de la Formación Naricual revelan la existencia de dos tipos de material orgánico: uno opaco, castaño oscuro, que por su forma y posición tiene aspecto de intraclasto; estos fragmentos se consideran como restos detriticos alterados de origen vegetal, y su tamaño o grosor es de escala milimétrica. El otro tipo es una substancia de color ámbar, sin estructura alguna, que parece llenar poros intergranulares, y se considera como petróleo.

LEYENDA

| | |
|--|----------------------------------|
| | Corriente estrechada |
| | Corriente de gresón |
| | Ferrocarril |
| | Río |
| | Gesbrodo |
| | Poblado |
| | Bacamina o cantero |
| | Escarpado |
| | Taladro |
| | Contacto formacional |
| | Contacto de paquetes |
| | Laccolídida fosilífera |
| | Datos de taladro |
| | Estratificación cruzada |
| | Estratificación graduada |
| | Laminación paralela |
| | Laminación cruzada |
| | Laminación convoluta |
| | Calco de carga |
| | Microdiáque |
| | Desplazamiento |
| | Rizodura de corriente |
| | Copas estiradas |
| | Estructura de almohadillo y bolo |
| | Flujo de granos |
| | Ritmita con estructura flaser |
| | Intracrasto de feldolita |
| | Plantas fósiles |
| | Plantas fósiles fragmentadas |
| | Gasterópodo |
| | Pelecípodo |
| | Coprolito |
| | Bioturbación |
| | Icnofósil (Domicinia) |
| | Icnofósil (Replicina) |

Aluvión
Terroza
Fm. Caprichuelo
Fm. Noricual
Tf-Ar
Te-Ja

Externo
Pleistoceno
Mioceno Medio
Mioceno Inferior
Oligoceno
Eoceno

MAPA 1

PALEONTOLOGIA Y ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS
DE LA FORMACION NARICUAL (AREA TIPO).

OLIVER MACSOTAY

AÑO 1976

ESCALA GRÁFICA

0 100 200 300 400

CERRO GRANDE

pesado o asfalto. Ambos contribuyen a impartir el color oscuro a las rocas en estado fresco. En areniscas y flaser las dos se distinguen fácilmente; en lodolita la mezcla es muy íntima.

Psammitas: son cuarzosas o subarcónicas, de grano fino a grueso, y aún conglomeráticas, con escogimiento variable. Su color en estado fresco es blanco, blanco grisáceo y blanco amarillento, y meteorizan en amarillento, amarillo oscuro, pardo claro o pardo rojizo. Designadas en su conjunto areniscas, constituyen 15 a 25% del espesor total de la Formación Naricual (ROSALES, 1967).

Las areniscas "sensu stricto" son de grano medio a grueso, aspecto sacaróideo a cuarcítico y suelen presentar varios ciclos de gradación normal o inversa dentro de una misma capa (Fig. 24). Son duras, con menos de 10% de cemento arcilloso, y micáceas, aunque nunca tanto como las ritmitas. Se presentan macizas, de 0,2 a 1,1 m. de espesor. Los bloques rodados en las quebradas sugieren espesores individuales de hasta 2,5 m. Las capas exhiben bandeamiento, laminación paralela horizontal y cruzada, o sin estructura aparente. La base y el tope usualmente están bien definidos, abruptos, sin presentar transición con las pelitas (Fig. 1). Su escogimiento es moderado a malo, en especial hacia la base de la formación. En las areniscas macizas se observan feldespato y minerales pesados máficos. Las areniscas, en capas de espesor mayor de 0,6 m., suelen contener niveles de intraclastos de arcilla de forma ovoidea y aplanaada, en la parte media o el tope de la capa, pero no en la base como es normal en las areniscas "tipo I", de la Formación Misoa, de ambiente deltaico (VAN VEEN, 1972). Las estructuras y la granulometría corresponden a un sedimento de acumulación rápida. Los canales colmados y truncados ("truncated scour and fill") (Fig. 9) sugieren sedimentación y erosión submarinas, alternas. En el tope de numerosas areniscas del paquete de Aragüita se observan rizaduras asimétricas con crestas paralelas, que sugieren corrientes de fondo monodireccionales (Fig. 25). Las areniscas son más comunes hacia la base y el tope de la Formación Naricual, formando parte de los ciclos psammíticos prominentes.

Las *subgrauvacas* son areniscas de grano fino a medio, finamente laminadas, con buen escogimiento, compactas, con base y tope bien definidos (Figs. 2 y 3). En la base presentan calcos de carga y de flujo, coprolitos e icnofósiles; en el tope son aplanas, con ocasionales rizaduras linguoides. Sus espesores varían de 0,01 a 1,0 m. con estratificación cruzada de escala decimétrica a centimétrica, laminación paralela muy fina (Fig. 10) y laminación convoluta, identificándose las subunidades de BOUMA (1962). Los granos son subangulares a subredondeados; poseen cemento arcilloso que forma el 25 ± 10% del total de la roca.

Las psammitas forman conjuntos de 40-50 m de espesor, la única característica geomorfológica resistente a la erosión. Tres de éstos constituyen la base de los paquetes, tal y como se redefine aquí; el cuarto se halla en la parte media del paquete de Aragüita. Estos cuatro conjuntos son continuos por más de 15 km hacia el este (BELLIZZIA & MARTIN, 1961). Se observan conjuntos lateralmente más limitados en todos los paquetes; en la carretera del sondeo S-9 al S-8 aflora un cuerpo psammítico en la mitad inferior del paquete Mallorquín.

Ritmitas: Este término fue utilizado por BRAMLETT (1964, p 30) para designar parejas alternadas de rocas sedimentarias o la secuencia gradada de sedimentos que forma una unidad en depósitos acumulados rítmicamente. El nombre

se emplea aquí para designar secuencias con alternancia gradada de arenas lutíticas o lutitas arenosas, con estratificación ondulada, constituidas por tramos milimétricos a centimétricos fuertemente discontinuos. Este tipo de estratificación se define con el nombre de *flaser* (Figs. 11 al 13, 17 y 18), y por constituir tramos continuos sobre más de 10 m se considera aquí como un tipo litológico bien definido. Se observa bien en taladros y en el interior de la mina; en los cortes de carretera se preservan por más tiempo que las lodoletas, y menos que los complejos psammíticos. En el paquete de Araguíta las secuencias ritmita/subgrauvacas componen espesores mayores de 40 m. (Fig. 4).

La estratificación de tipo flaser se ha interpretado usualmente como desarrollada en espolones aluviales y barras litorales (VAN VEEN, 1972, p. 1083, f. 10h) en ambientes de baja energía. CONYBEARE & CROOK (1968, p. 288) afirman que puede sedimentarse en aguas profundas. En la Formación Naricual los tramos de ritmitas son transicionales con las lodoletas y muestran contacto abrupto con las subgrauvacas. Se postula un origen submarino moderadamente profundo para estos intervalos; la ausencia de bioturbación en ellos, sugiere sedimentación lenta (de baja energía) pero constante, que impidió la colonización del fondo por animales bioturbadores.

Litolitas y arcillas: Las limolitas constituyen capas de 1.5 - 3 cm de espesor dentro de las secuencias de lodoleta. Son de color castaño y gris-pardo oscuro debido a su contenido de óxidos de hierro. En superficies pulidas se presentan homogéneas y finamente bandeadas. Son duras, con fractura subconoidea, y meteorizan más lentamente que la lodoleta. En afloramientos superficiales no es posible distinguir estos tipos litológicos.

Las lutitas son impuras, negras a grises, y usualmente se restringen a niveles de 1-10 cm de espesor, entre las subgrauvacas de las secuencias cíclicas. Pueden ser localmente arenosas, especialmente cuando están bioturbadas.

Las arcillas observadas en los intervalos psammíticos son los colores gris claro a oscuro a blanco sucio, untuosas, con fractura conoidea, no arenosas. Las arcillas escamosas se describen bajo el subtítulo del carbón.

Asperones o conglomerados finos: Son ruditas cuarzosas, oligomicticas, con tamaños de grano variable entre arena gruesa y grava, y escogimiento moderado a pobre. No constituyen capas individuales, sino que forman niveles de 1-8 cm de espesor y bolsones de reducida extensión lateral dentro de las capas de arenisca. La fracción dominante, el cuarzo, se presenta en granos subangulares a subredondeados. Su color es blanco a gris claro o crema y su cemento es arcilla arenosa blanca, fácilmente meteorizable. Los niveles conglomeráticos normalmente constituyen el extremo grueso de las secuencias gradacionales de las areniscas gruesas.

En la base de la formación se observa una secuencia de arenisca conglomerática, probablemente lenticular, ya que su espesor varía entre 1 y 15 m. y puede estar ausente. Este conglomerado es arcónico y abunda en guijarros elipsoidales de feldspato parda, gris o negra.

Carbón: Forma menos del 1% del espesor total de la Formación Naricual (ROSALES, 1967) y muestra relaciones estratigráficas poco usuales. Las numerosas secciones delgadas realizadas con el carbón mismo no revelan las estructuras celulares de origen vegetal propias de los carbones autóctonos. En muestra de

mano tampoco se observan troncos, tallos u hojas dentro del carbón. Si el carbón fuese de origen predominantemente vegetal se observarían estructuras celulares parciales, como sucede con la hulla paleozoica europea y norteamericana.

El carbón "*in situ*" no exhibe bandeamiento ni estratificación perceptibles, y sus contactos superior e inferior usualmente presentan arcilita escamosa. La *arcilita escamosa* es una roca dura, friable, de color negro violáceo, con facetas irregulares abrillantadas, en "escamas" individuales de 4-6 cm. de longitud máxima. Es una mezcla homogénea de arcilla y material carbonoso, y las facetas abrillantadas se interpretan como superficies de deslizamiento. El eje mayor de las laminillas es paralelo a la capa de carbón adyacente, y en conjunto, se orientan con respecto a la roca-caja. La arcilla escamosa es transicional con el carbón, y muestra contacto abrupto con la roca-caja; este último contacto está afectado por numerosas estructuras tales como fracturas tensionales, fallas de crecimiento, calcos de carga y desplomes (Fig. 31). La arcilita escamosa es llamada "pelo de guama" por los mineros por el aspecto sedoso de las superficies abrillantadas. En los taladros su recuperación es pobre; en la superficie, adquiere color gris violáceo a gris pardo claro y tono mate, en el cual se distinguen claramente los hilillos delgados de carbón negro. Por su alta friabilidad es objeto de continuos derrumbes, y obliga a reforzar el techo con mayor número de puntales de lo normal; el piso de arcilla escamosa requirió dotar los puntales con bases anchas.

La arcilla escamosa presentó fenómenos de ablandamiento e hinchamiento en presencia del agua. Se interpreta como una brecha formada a lo largo de una superficie de deslizamiento. Las estructuras observadas en las rocas del techo sufrieron deslizamiento sinsedimentario (Figs. 31 A-F), aunque también hay evidencias de deslizamiento tectónico post-sedimentario (Figs. 31 G, H). La meteorización superficial acuña las capas de carbón, por lo cual las calicatas de exploración se realizan donde se observa la arcilita escamosa.

Areniscas calcáreas: En el taladro S-2 se localizó una arenisca cuarzosocalcárea de unos 10 cm de espesor máximo, litología que no se ha vuelto a observar ni en taladros ni en superficie. Por su tope y base abruptos, su mal escogimiento y la posición multidireccional de los fósiles que contiene, el nivel se considera como una turbidita calcárea, producto de desplome submarino.

Pirita y minerales secundarios: La pirita se observa en la roca fresca de la mina y en los taladros, en grupos pequeños de macetas de 2-4 mm de diámetro, diseminados en planos de estratificación y de diaclasas, sin señales de oxidación. Se ha observado en las lodoletas y las areniscas; es más escasa en las ritmitas, y está ausente de las subgrauvacas. Su presencia se relaciona a la materia orgánica presente en la roca. Análisis químicos han determinado un promedio de 1,089% de azufre en los carbones de la Formación Naricual (BELLIZZIA & MARTIN, 1961, tabla 6). En los frentes de trabajo, a las pocas semanas de abierta una sección de galería, cristalizan dos minerales característicos: *epsomita* (sulfato de magnesio, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$) y *copiapita* (sulfato complejo de magnesio, aluminio e hierro, hidratado) en la superficie expuesta del carbón y de la arcilita escamosa. En los afloramientos superficiales sólo se observa copiapita amarilla, ya que la epsomita es lavada por las aguas meteóricas. Su origen se atribuye a la oxidación de la pirita en presencia del aire y la humedad.

Estructuras sedimentarias rheotrópicas

Almohadilla y bola. Se utiliza este término (traducido del inglés: "ball and pillow") para designar masas de subgrauvacas aisladas en una matriz de pelita, por lo que han sido llamadas también pseudo-nódulos. Son esferoidales, fusiformes, o arriñonadas, producto del emplazamiento catastrófico de un manto arenoso sobre un substrato inestable (POTTER & PETTIGRAN, 1963, p. 148-152) como es la lodoleta en este caso. En la Formación Naricual se observan estructuras de almohadilla y bola de 0,1 a 0,5 m de diámetro máximo, con la clásica estructura intraplegada (Fig. 8). La lodoleta laminada rodea las almohadillas de areniscas, dando lugar a estructuras convolutas. Esta estructura sedimentaria es más abundante en los paquetes de Santa María y Mallorquín y menos en el de Aragüita.

Capas estiradas. Este fenómeno se asocia a las estructuras de almohadilla y bola, y forma parte del mismo tipo de sedimentación. Las capas de subgrauvacas pueden adquirir formas estiradas o caprichosas, siempre rodeadas por la lodoleta laminada (Fig. 7).

Capas enrolladas. Constituyen una de las etapas iniciales del deslizamiento de arenas sobre lodos y sólo se observan en el paquete de Santa María, formando niveles característicos (Fig. 6). El eje mayor de estas capas enrolladas generalmente es perpendicular a la paleopendiente.

Microdiques. Los diques son cuerpos tabulares de arenisca (subgrauvacas) que atraviesan capas de otras litologías. Según POTTER & PETTIGRAN (1963, p. 162-165) su espesor varía entre 2 cm y 11 m; los tamaños observados en la Formación Naricual son de 0,1 a 0,5 mm, clasificables como microdiques. El carácter corrugado que se aprecia en ellos (Figs. 17, 18) indica su formación como diques lineares en sedimentos no consolidados y corrugación por compactación posterior. DZULYNSKI & RADOMSKI (1965, p. 258) demuestran la relación existente entre los desplomes submarinos y los diques, atribuidos a la tensión local producida por los primeros. CONYBEARE & CROOK (1968, p. 38) citan el relleno de fracturas tensionales causadas por terremotos en pelitas en proceso de compactación.

Esta última parece ser la explicación de los microdiques de la Formación Naricual, ya que en su mayoría los diques afectan niveles infrayacentes (Fig. 27), aunque localmente (corte del ferrocarril) se observan tanto en el tope como en la base de las capas de subgrauvacas. Los microdiques se observaron en los tres paquetes de la Formación Naricual y en la base de la Formación Capiricual.

Intra-clastos. En afloramientos frescos se observan inclusiones de lodoleta en subgrauvacas (Fig. 31 c) y de subgrauvacas en lodoleta o en carbón (Figs. 31 D y H). Este fenómeno puede presentarse en llanuras de marea y deltas y en ambientes turbidíticos (CONYBEARE & CROOK, 1968, p. 19-20). Los intraclastos de pelitas en areniscas y subgrauvacas se han interpretado como originados por desplazamiento masivo en pendientes submarinas (MARCHANT & BLACK, 1960).

Calcos de carga. En la base de numerosas subgrauvacas (Fig. 291) de la Formación Naricual se observan calcos de carga (en inglés: "load casts") en escala decimétrica y de contornos irregulares. Junto con las *estructuras flameadas* a las que se asocian, son frecuentes y bien visibles en el interior de la mina. El requisito para su formación es la sedimentación de arena sobre una capa de pelita

hidroplástica saturada de agua (POTTER & PETTIGRAN, 1963, p. 147). Más escasos son los *calcos de flujo*, restringidos a la base de algunas subgrauvacas del paquete de Santa María.

Estructuras biogénicas

Bioturbación. En general se observa muy poca bioturbación en las rocas de la Formación Naricual. En los tramos basales de los complejos de psammitas hay *domicinias* o madrigueras habitacionales. Algunas areniscas sin estratificación ni estructura aparente revelaron estructuras de bioturbación intensa con el método del teñido con tinta china y azul de metileno (FARROW, 1975, p. 538-539). Este tipo de areniscas es escasa en la formación, observándose localmente en el paquete de Santa María. En algunos niveles de ritmita se observaron moteaduras típicas (Fig. 15), bioturbación realizada por animales limófagos que indica una breve pausa en la sedimentación, y es propia de ambientes profundos.

Icnofósiles. En los niveles icnofosíferos de la Formación Naricual dominan las *fodinicnia*, con *domicnia* restringida a ciertos niveles; las *cubicinia* y *repicina* son raras. La icnocoenosis indica ambiente submarino de profundidad variable pero con elevada tasa de sedimentación. Debió haber mucha materia orgánica atrapada en el sedimento, pero en ningún momento se presentaron condiciones euxínicas. Los icnogéneros observados son:

Ophiomorpha sp.

Fig. 29H

Domicnia producida por crustáceos marinos, observado en una sola capa de arenisca en la base del paquete de Mallorquín, en la carretera al taladro S-10. Este icnofósil de ambiente de plataforma requiere lapsos de ausencia de sedimentación, que permitan la proliferación de las madrigueras (MACSOTAY, 1967).

Pelecypodichnus sp.

Fig. 21

En el techo de laminita con estructura flaser bioturbada de la chimenea SM 9 W, se observan numerosos ejemplares de icnofósiles atribuibles a huellas de descanso de pelecípodos infaunales. Es una cubicinia y siempre se presenta en la base de una capa psammítica (HÄNTZSCHEL, 1962).

Planolites sp.

Fig. 29D

Madrigueras de \pm 1 cm de grosor que penetran el sedimento con cursos y direcciones irregulares, llenadas por arena mal escogida. Se observa en las capas basales de los complejos psammíticos de la Formación Naricual, pudiendo presentarse en la base o el tope de la capa y es independiente de icnofacies (CRIMES, 1970).

Rhizocorallium sp.

Fig. 29G

Se observaron pocos ejemplares en niveles de arenisca del paquete de Aragüita en la Quebrada Mallorquín Oeste. Indica aguas someras de energía alta a media en sedimentos a distancia media de la costa (CRIMES, 1970).

Rouaultia sp.

Fig. 29B

Repicina, pistas bilobadas de hasta 1 cm de diámetro, largos y no ramificados, en la base de capas de subgrauvacas del paquete de Santa María.

Saportia sp.

Fodinicnia característica de la facies flysch, que consiste en galerías ramificadas en brazos múltiples curvados (HÄNTZSCHEL, 1962), común en el Cenozoico de Europa. Observada en abundancia en la arenisca basal del paquete de Aragüita, 20 m al sur del taladro S-4, asociada con ondulitas de interferencia y calcos de carga. Es más escasa 350 m al oeste del corte del ferrocarril, en capas volcadas del mismo paquete, donde está asociada a coprolitos.

Fig. 28J

Skolithos sp.

Domicnia que representa una etapa de sedimentación rápida seguida por erosión breve (MACSOTAY, 1975), observada localmente en arenas basales de los paquetes de Aragüita y Santa María, en forma de escasos tubos muy dispersos.

Fig. 29F

Thalassinoides sp. A.

Fig. 29C

Domicnia consistente en sistemas de galerías ramificadas de arena que atraviesan lutitas. Observada con frecuencia en la base de las arenas inferiores de los complejos psammíticos en los paquetes de Mallorquín y Santa María.

Thalassinoides sp. B.

Fig. 29A

Domicnia ramificada, pero de curso permanentemente sinusoidal, consistente en cilindros de arena en lutita o lodolita, con diversos grados de aplastamiento. Se observan dos diámetros: 1 y 4 cm, nunca juntos en la misma capa. Este icnofósil es típico del paquete de Mallorquín y se observa con frecuencia tanto en la mina como en afloramientos de superficie.

Teichichnus sp.

Fig. 22

Fodinicnia observada en el paquete de Santa María, donde forma madrigueras sencillas llenadas por etapas. Se observaron pocos ejemplares en la carretera del polvorín, en el paquete de Santa María.

Los conjuntos de icnofósiles parecen indicar que los ciclos psammíticos comenzaron a sedimentarse en aguas someras (10-25 m) para luego profundizar rápidamente (etapa de subgrauvacas), pasando a un relleno de cuenca inestable (ritmitas y lodolitas) a una tasa de sedimentación elevada. El paquete de Aragüita es tal vez la unidad que comenzó a sedimentarse en aguas más profundas (icnofósil *Saportia* y subgrauvacas con ciclos de turbidita: Fig. 10), más alejadas de la línea de costa.

PLANTAS FOSILES. La presencia de plantas dicotiledóneas en Naricual fue citada por primera vez por KARSTEN (1850, p. 354). Las plantas fosiles se presentan usualmente en forma de fragmentos de hojas de plantas de hábitat subáereo, aliñeadas según la paleocorriente (Fig. 23). Son comunes en las lodolitas laminadas, en las ritmitas pelíticas, y en la base o tope de algunas capas de subgrauvacas de los paquetes de Santa María y Mallorquín. Ocasionalmente en el detritus de plantas, se observan hojas de angiospermas dicotiledóneas enteras (Fig. 20) pero separadas de sus tallos. Las mejores se aprecian en la galería M7W, a la cota +90, donde están asociadas a una subgrauvacas en el techo del carbón. Se reconocieron los siguientes taxones:

Rheedia sp.

(Fig. 30A)

Theobroma cf. *tertiaria* BERRY

(Fig. 30B)

Inga sp.

(Figs. 30D, 30E)

Rhizophora premangle BERRY

(Fig. 30F)

Clusia sp.

(Fig. 30H)

Leguminosites cf. *entadaformis* BERRY

En el patio de la madera dominan las hojas lanceoladas tales como *Inga* sp. (Fig. 20) y *Sophora* sp. (Fig. 23) en secuencias de ritmitas. Todas estas plantas corresponden a géneros que habitan el área del Caribe del Mioceno al Reciente, formando parte de los biotopos de pantano costanero a selva húmeda subtropical existentes en Venezuela.

Se han buscado con insistencia raíces de plantas en la Formación Naricual. Salvo ciertas estructuras tubulares multidireccionales en una capa de arena bioturbada (Fig. 29E) no se observó evidencia de posibles raíces.

PALEONTOLOGIA

Según investigaciones anteriores la Formación Naricual sólo ha rendido plantas fosiles y foraminíferos bentónicos; la mayoría de estos últimos se consideró como redepositado, por las edades contradictorias que representan. En los taladros (mapa 1) se han localizado varios niveles con moluscos fosiles.

S-2 Nivel 167,44 m a 170,32 m. En este nivel, correspondiente a la parte inferior del paquete de Aragüita, se recuperó parte de un lente o capa calcárea fosilífera de 8 cm de espesor, constituida por arenas cuarzosa y calcárea gris parduzca con cemento arcilloso. Los granos de cuarzo tienen 0,2 a 0,5 mm de diámetro y morfología variable de redondeada a ovoidal; exhiben buen escogimiento, aunque sus ejes mayores no muestran orientación preferencial.

Numerosos granos están cubiertos por una pátina metálica negra y brillante. Se observan intraclastos de caliza afanítica (pelagita) gris oscura, no arenosa, de hasta 4 mm de diámetro, con bordes angulosos. En toda la capa hay conchas de moluscos enteras y fragmentadas en posición multidireccional, ninguna mayor de 10 mm de diámetro, y con textura sólido débilmente alterada. Los fósiles hallados son:

Sacella saibana (MARKS)*Calorbadia* sp. indet.*Angulus* sp. indet.*Dentalium* (*Laevidentalium*) sp.*Olivella* sp. cf. *O. (Callianax) tapira* OLSSON.

Estos géneros corresponden a la infauna, es decir habitantes en el substrato donde efectuaban labor de bioturbación. Las especies actuales de dichos géneros viven en la plataforma continental venezolana en fondos arenoso-limosos de 25 a 75 m de profundidad.

De las especies reconocidas: *Sacella saibana* (MARKS) y *Olivella tapira* (OLSSON), la primera se conoce de la Formación Subibaja del Ecuador y la se-

gunda en la Formación Zorritos inferior del Perú; ambas unidades son equivalentes en edad y presentan continuidad física. Estudios micropaleontológicos recientes señalan una edad Mioceno inferior (parte superior) para la Formación Zorritos inferior, suprayacente a la Formación Heath, que ocupa el resto del intervalo (CRUZADO & SANZ, 1973). Asimismo, las faunas de *Turritella* y otros moluscos bentónicos de estas formaciones se observan en la Formación Agua Clara del Estado Falcón, Venezuela (MACSOTAY, 1971) atribuida también al Mioceno inferior-medio (*Léxico Estratigráfico de Venezuela*, 2^a ed., 1970, p. 46-48, 672).

Por otra parte, *Sacella saibana* (MARKS) se relaciona a numerosas especies de facies profundas en el Mioceno y Plioceno del área del Caribe. La especie más parecida actualmente es *S. larranagai* (KLAPPENBACH & SCARABINE) viviente en aguas costeras del Uruguay. La presencia de *Calorhadia* y *Dentalium* (*Levidentalium*) que también habitan aguas de climas templados indica temperaturas más bajas que la actual del Caribe meridional.

S-2 Nivel 247,50 a 250,3 m. Este testigo probablemente proviene de la parte superior del paquete de Mallorquín; consiste en lodolita negra, maciza, con fractura irregular, mate, en cuyo plano de estratificación (?) se hallaron 3 ejemplares de pelecípodos aplastados; la fauna consta de las siguientes especies:

Periploma cf. caribana ANDERSON

Thyasira sp. indet.

Ambas especies están representadas por ejemplares completos de ambas valvas, pero lateralmente aplastados, lo cual no es el caso de la muestra anterior. *Periploma caribana* ANDERSON fue descrito de lutitas de agua profunda de la Formación Tuberá del Mioceno superior (Colombia). Especies de orbiculares de *Periploma* se citan en todo el post-Oligoceno del Caribe, aunque en su mayoría no han sido descritas. Representantes vivientes de este grupo son: *P. compressa* (d'ORBIGNY) (Uruguay a Patagonia) y *P. orbicularis* (GUPPY) (Boca de Dragos, 80-110 m de profundidad). El género *Thyasira*, al igual que *Periploma*, es de hábitat infaunal en substrato limo-arcilloso, pero de intervalo batimétrico aún más profundo: 100 a 1700 m de profundidad.

Esta última fauna no contribuye a determinar edad, salvo la evidencia post-Oligocena. La primera fauna indica una edad Mioceno inferior (parte superior), o sea, equivalente al piso Burdigaliense europeo.

S-7, Nivel 180,0 ± 0,25 m. En lodolita negra correspondiente a la parte superior del paquete de Mallorquín se hallaron pequeños moluscos piritizados, pero por demás en excelente estado de preservación, paralelos al plano de estratificación y presentando fracturas frescas, aunque no desgaste. La fauna contiene los siguientes gasterópodos:

Nassarius (Uzita) cercadensis (MAURY) - escaso

Epitonium (Asperiscala) cf. gabbi (DE BOURY) - raro

Alabina (Caloosalba) turbatrix HOERLE - frecuente

Los géneros citados corresponden a la infauna, vivientes en fondos limosos con materia orgánica los dos primeros, y en arena cuarzosa pura el último. Las

especies actuales de los géneros *Nassarius* y *Alabina* habitan aguas marinas someras y costeras con preferencia en áreas de manglares. *Epitonium (Asperiscala)* vive actualmente en la plataforma continental entre 20 y 150 m de profundidad. El subgénero *Caloosalba* se restringe al Mioceno, y el conjunto sugiere una edad Mioceno inferior (tope) correlativa con la Formación Chipola en Estados Unidos de Norteamérica.

S-11, Nivel 495-496,5 m. En lodolita negra de la parte superior del paquete de Mallorquín se localizaron 4 valvas sueltas de pelecípodo que parecen representar un solo taxón, con grado de aplastamiento variable; tres de ellos se hallan paralelos al plano de estratificación, y el cuarto en un plano oblicuo. Dos valvas abiertas, pero unidas aún por su charnela, sugieren transporte por corriente de fondo y no por desplazamiento de sedimentos. El taxón es *Angulus cf. pressa* (DALL), que sólo difiere de la especie descrita en la Formación Chipola en su mayor convexidad. El género *Angulus* vive actualmente en la plataforma continental entre 12 y 200 m de profundidad. Al reverso de la capa de 2 cm de espesor donde se hallaron las valvas de pelecípodo, se observa una hoja de angiosperma bien preservada, no afectada por bioturbación. Si los pelecípodos hubieran vivido "in situ" su actividad bioturbadora no hubiera permitido preservar la hoja citada.

S-1, Nivel 259-261 m. Lodolita gris oscura de la parte superior del paquete de Santa María, con una valva izquierda de un pelecípodo en posición paralela al plano de estratificación. Es un ejemplar pequeño, similar a *Sacella extricata* (PILSBRY & JOHNSON) —Mioceno medio a superior de República Dominicana y Haití— y podría tratarse de una especie ancestral.

EDAD DE LA FORMACION NARICUAL

Las plantas fósiles no establecen una edad concluyente, pero los pocos moluscos hallados en los taladros sugieren una edad Mioceno inferior (parte superior). De algunas lodolitas se han recuperado foraminíferos del Eoceno y Oligoceno, redepositados de unidades más antiguas. No ha sido posible subdividir la Formación Naricual en zonas por fósiles: toda la unidad parece haberse depositado en un lapso relativamente corto.

Paleoambiente. La primera muestra evidencia un desplome ("slump") submarino. La arena cuarzosa bien redondeada debe proceder de áreas someras de plataforma, al igual que el intraclasto de caliza afanítica. Los moluscos a su vez provienen de niveles más profundos de la plataforma; en cambio, el lodo que los cementa parece provenir de un ambiente estuarino. La orientación multidireccional de las conchas, y la presencia de valvas separadas y fragmentadas con bordes angulosos, confirma el origen mixto de los materiales que componen la muestra.

La segunda, tercera y quinta muestras contienen pelecípodos de concha delgada, aplastados y orientados paralelamente al plano de estratificación. Esto es anómalo, ya que los pelecípodos infaunales viven en el substrato orientados perpendicularmente a la superficie del fondo. La ausencia de fragmentación de las valvas se atribuye a deslizamiento submarino masivo de lodos de plataforma

("slide") en el cual los animales se desplazaron junto con el sedimento. El aplastamiento de los pelecípodos se atribuye a compactación tixotrópica (pérdida repentina del agua intersticial), restringida a sedimentos pelíticos dominanteamente arcillosos.

Las evidencias expuestas sugieren que los fósiles estudiados fueron desplazados contemporáneamente pendiente abajo en la cuenca. Por esta razón (además de la presencia de *Thyasira*), se considera que la profundidad de la cuenca en el cual se deslizaron los sedimentos debió ser mayor de 100 m. Todos los géneros reconocidos son eurytermales, y su asociación sugiere un ambiente de temperaturas oscilantes entre 10° y 16° C; estas isotermas se presentan en el Caribe actualmente a profundidades entre 200 y 600 m (OKUDA, 1974).

TECTONICA

Estructuras sinsedimentarias.

Fallas de crecimiento. Las fallas de este tipo son parte de las deformaciones penecontemporáneas que afectan sedimentos hidroplásticos en fondos marinos tectonizados. En la Formación Naricual usualmente afectan intervalos de menos de 5 m de espesor, con desplazamientos máximos observables de 2 m (Fig. 31 A-C, E); su ángulo de inclinación es usualmente bajo (10-25°) en lodoletas, laminita o carbón, y más alto (40-70°) en areniscas. Estas fallas siempre se asocian a microdiques; en el techo de varias chimeneas de la mina se observa un marcado paralelismo entre los ejes mayores de los microdiques y los planos de las fallas de crecimiento, lo cual parece sugerir su origen común y la relativa simultaneidad de ambos fenómenos. Las fallas de crecimiento son responsables del acuñamiento de la mayoría de las capas de carbón en la mina de Naricual.

Superficies pulidas: Este es uno de los fenómenos más comunes tanto en la lodoleta como en la laminita. Son superficies negras muy brillantes, que usualmente guardan ángulos bajos con respecto a la estratificación o son paralelos a la misma. Aparte de la arcilita escamosa, en la que todas las superficies muestran estrías, las superficies se observan en todo tipo de litologías en los taladros y en la mina. En los afloramientos superficiales sólo se preservan en litologías duras tales como areniscas o subgrauvacas.

Estructuras post-sedimentarias

Toda la zona de afloramientos estudiada de la Formación Naricual se halla en un sector plegado afectado por fallas inversas y transcurrentes (BELLIZZIA & MARTIN, 1961), formando parte del flanco sur de un anticlinal con buzamiento regional de 45° S, que puede aumentar al aproximarse al plano de la falla de corrimiento (ROSALES, 1967, Fig. 8). El taladro S-12 fue abandonado al verticalizarse la capa de arenisca que se atravesaba (V. NOVILLO y L. CAPOTE, *com. pers.*, 1976) del paquete de Santa María.

El plegamiento regional se considera simultáneo con las fallas de corrimiento. Pudo haber causado *fallas de estratificación* al producirse un movimiento relativo entre los tramos de rocas competentes (complejos psammíticos) e incompetentes (ritmitas y carbón). Este tipo de falla produciría arcilita escamosa o un nivel



FIG. 1

Afloramiento del complejo psammítico basal del paquete de Aragüita, en la carretera al taladro S-2. Nótese la tendencia al acanalamiento de las arenas inferiores. La capa con el martillo presenta frecuentes madrigueras de *Ophiomorpha*.

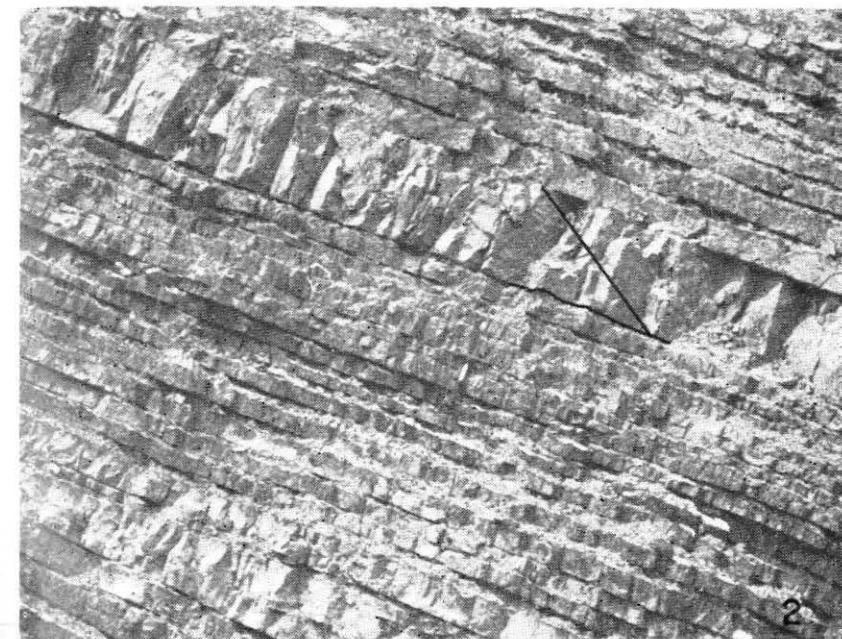


FIG. 2

Afloramiento de subgrauvacas del complejo psammítico basal del paquete de Mallorquín, en la carretera al taladro S-9. La capa gruesa del medio presenta laminación cruzada monodireccional.



FIG. 3

Afloramiento de la parte superior del complejo psammítico basal del paquete de Aragüita, gradando hacia arriba a una ritmita de estructura flaser.



FIG. 4

Afloramiento de ritmita con subgrauvacas intercaladas, de la parte media del paquete de Aragüita, en la Quebrada Aragüita.



FIG. 5

Afloramiento mostrando tectonización de una zona de deslizamiento submarino. El mismo plano de falla sirvió para desplazamiento inverso y normal. Carretera a la bocamina de la cota +90. Paquete de Santa María.

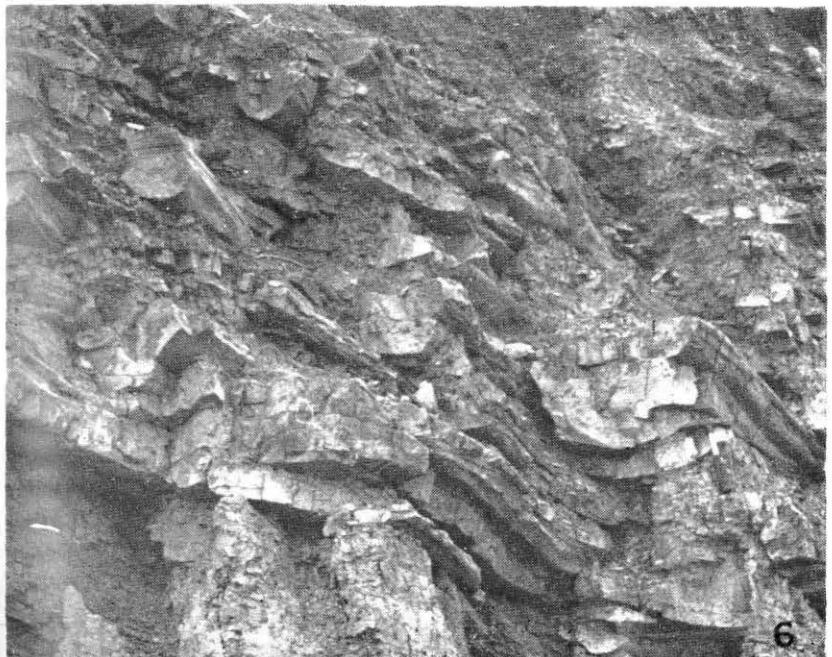


FIG. 6

Capas enrolladas observadas en tres dimensiones. Subgrauvacas del paquete de Santa María, en carretera a la bocamina de la cota +90.

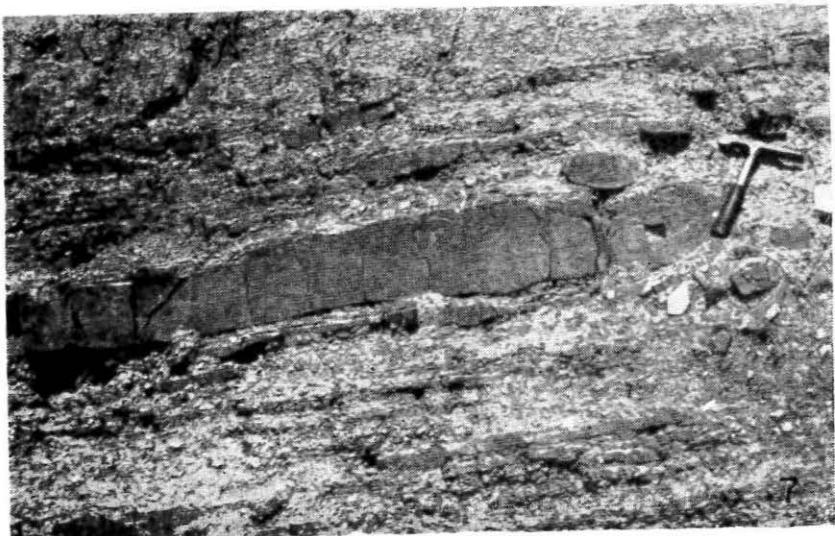


FIG. 7

Capas estiradas de subgrauvaca en corte de la carretera al polvorín de la mina. Paquete de Santa María.

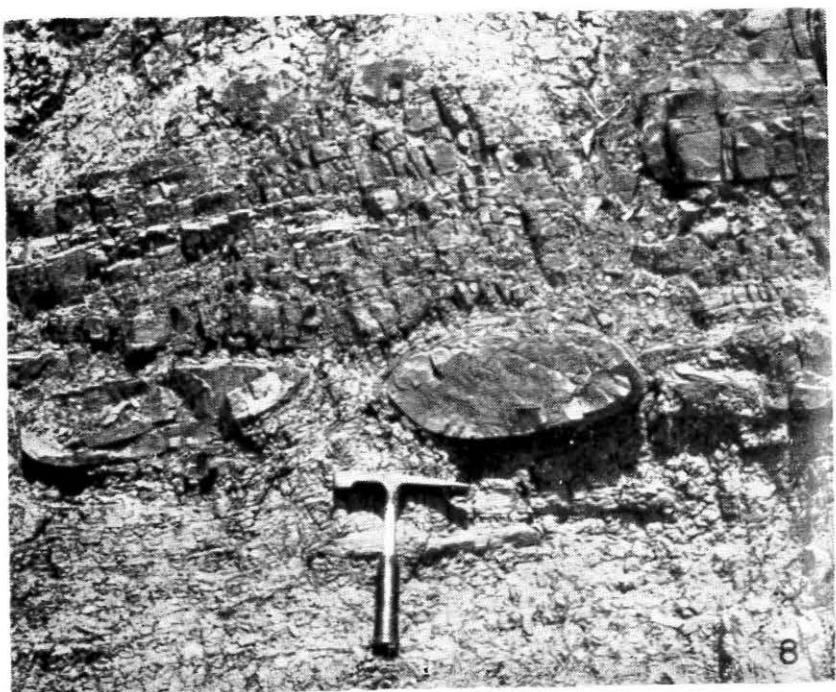


FIG. 8

Subgrauvaca con estructura de almohadilla y bola. El mismo sitio de la Fig. 7.



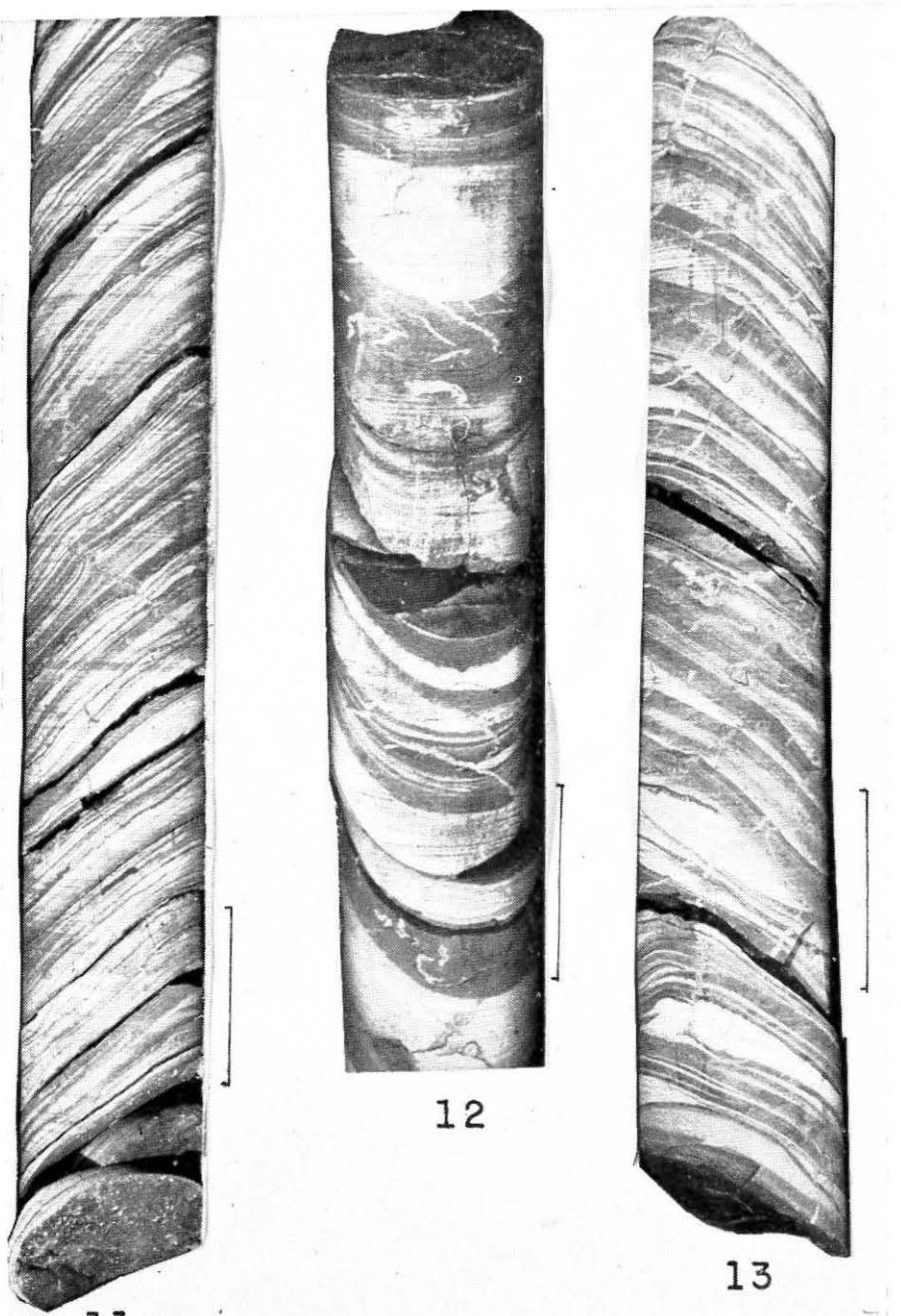
FIG. 9

Estructura de cauce relleno truncado. Paquete de Santa María, 100 m al norte del edificio de la misma. La arenisca fue depositada por una corriente de izquierda a derecha.



FIG. 10

Subgrauvaca con secuencia turbidítica Tabc (BOUMA, 1962); la laminación convoluta del ciclo "c" se considera característica de turbiditas. Paquete de Aragüita, en afloramiento sobre la carretera Naricual-El Tigre.



11

FIG. 11

Ritmita con estructura flaser, sin microdiques de arena, y con abundante detritus de plantas. Taladro S-5, entre 39 y 44 m, paquete de Santa María.

FIG. 12

Ritmita de estratificación más gruesa, con frecuentes microdiques de arenisca. Taladro S-4, del paquete de Mallorquín.

FIG. 13

Ritmita típica con frecuentes capas truncadas y abundantes microdiques. Taladro S-8, del paquete de Mallorquín.

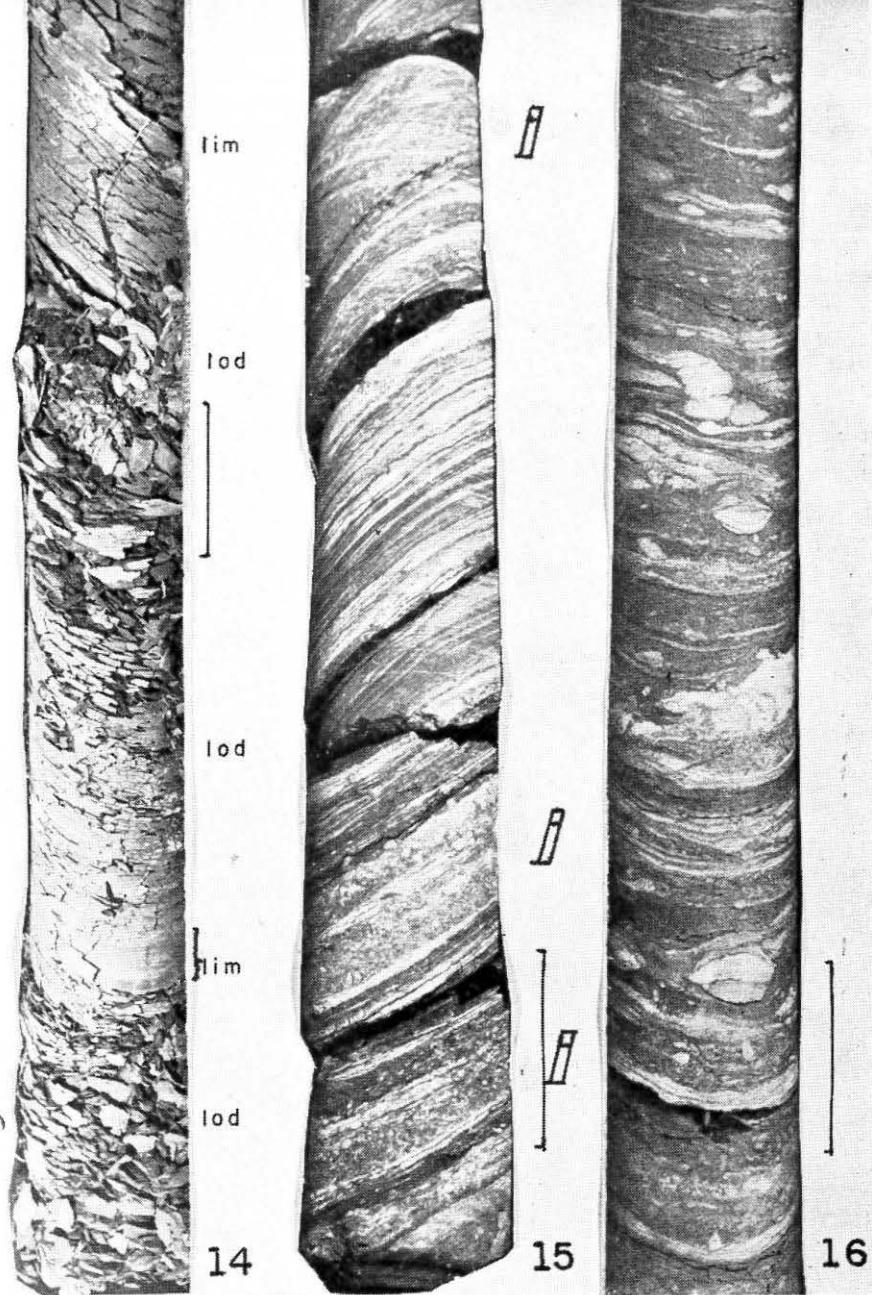


FIG. 14

Testigo con lodolita (lod) con tramos limolíticos (lim) expuestos a un mes de meteорización subaerea. Estos intervalos rítmicos se repiten dentro de la Formación Naricual, y pueden considerarse un flysch distal. Taladro S-5, paquete de Santa María superior.

FIG. 15

Ritmita arenosa con laminación paralela, que presenta bioturbación intensa (b) restringida a niveles delgados. Taladro S-4, del paquete de Mallorquín.

FIG. 16

Testigo con ritmita lodoso, con frecuentes intraclastos de arenisca originada por desplome y bioturbación débil. Taladro S-4, del paquete de Mallorquín.



FIG. 17

Detalle del testigo de la fig. 12, mostrando numerosos microdiques corrugados partiendo de la base del tramo de arenisca con estratificación cruzada.

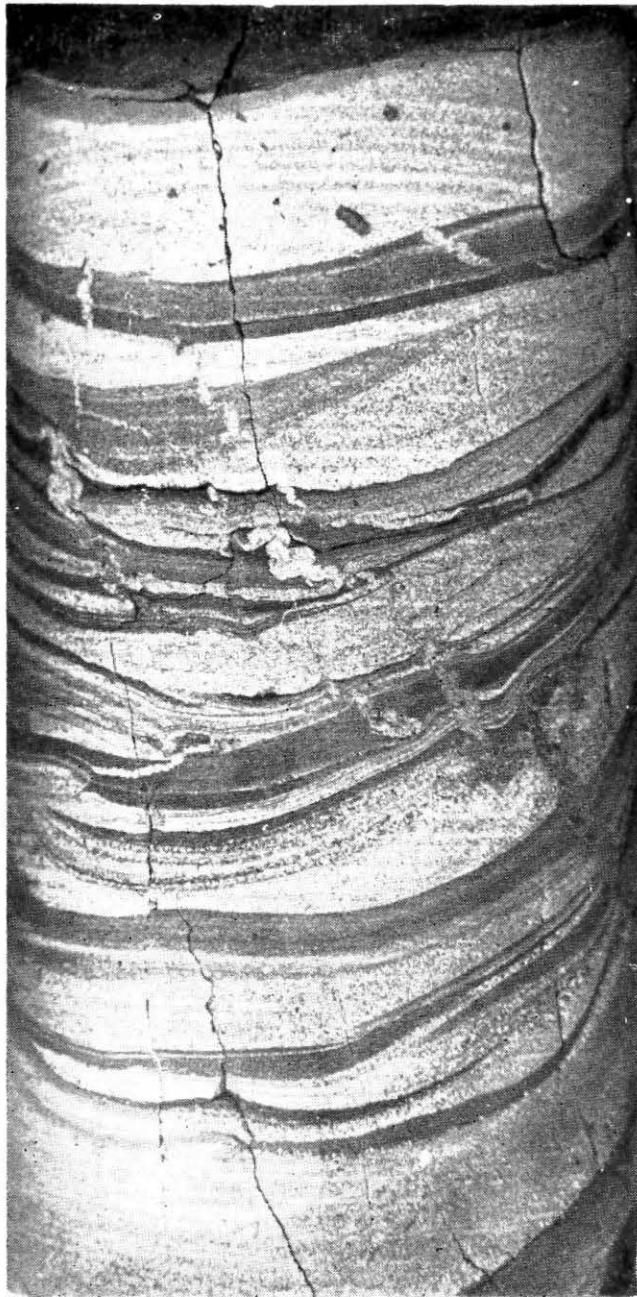


FIG. 18

Testigo con ritmita arenácea con estratificación cruzada deformada, con microdiques de arenisca fuertemente torsionados. La arenisca presenta gradación inversa. Nótese la frecuencia de granos oscuros de minerales pesados. Taladro S-4, del paquete de Mallorquín.

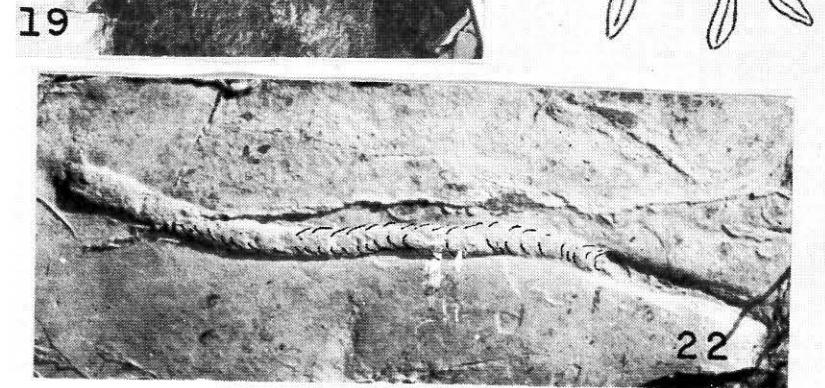
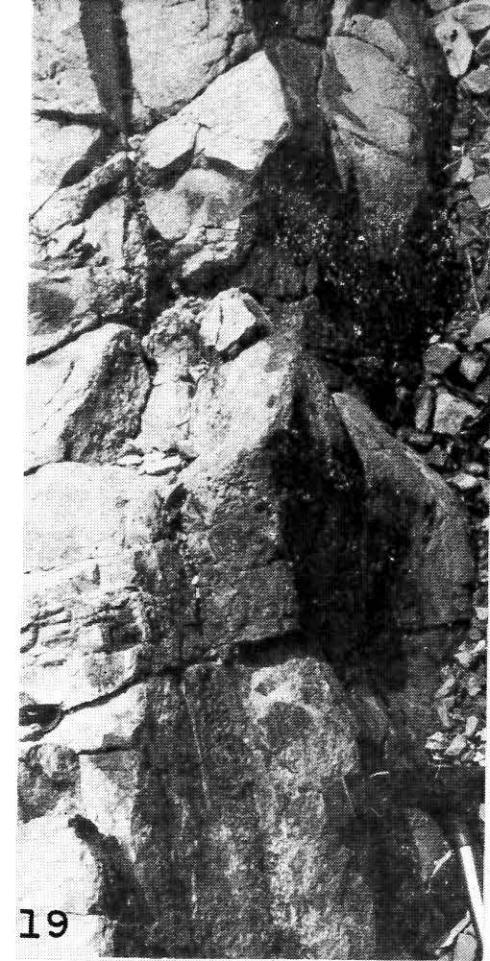


FIG. 19
Rizaduras linguoides, observadas en el tope de muchas subgrauvacas y areniscas. Afloamiento del paquete de Aragüita en la carretera Naricual-El Tigre.

FIG. 20
Hoja lanceolada de *Angiosperma* bien preservada. Patio de la madera, paquete de Santa María.

FIG. 21
Icnofósil *Pelecypodichnus*, observado en el techo de la capa SM-8, en el interior de la misma.

FIG. 22
Icnofósil *Teichichnus* en la base de una capa de subgrauvaca que presenta los ciclos Tabc de BOUMA (1962). Se halló en el paquete Santa María, en la carretera al polvorín.

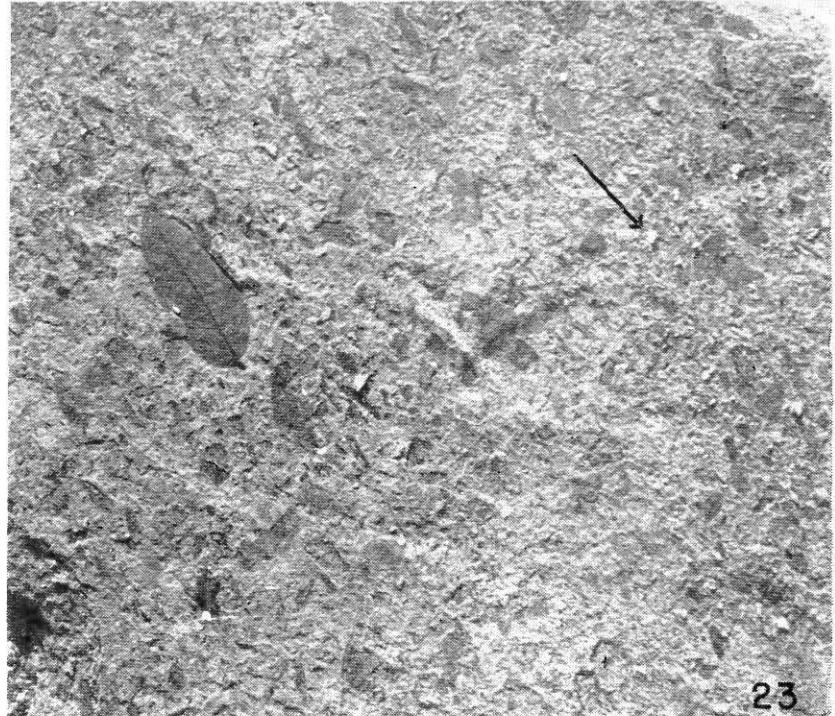
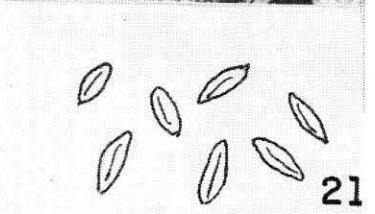


FIG. 23
Detritus de plantas, mayormente fragmentadas, orientadas según la corriente dominante (flecha) en lodoleta arenosa. Patio de la madera, paquete de Santa María.

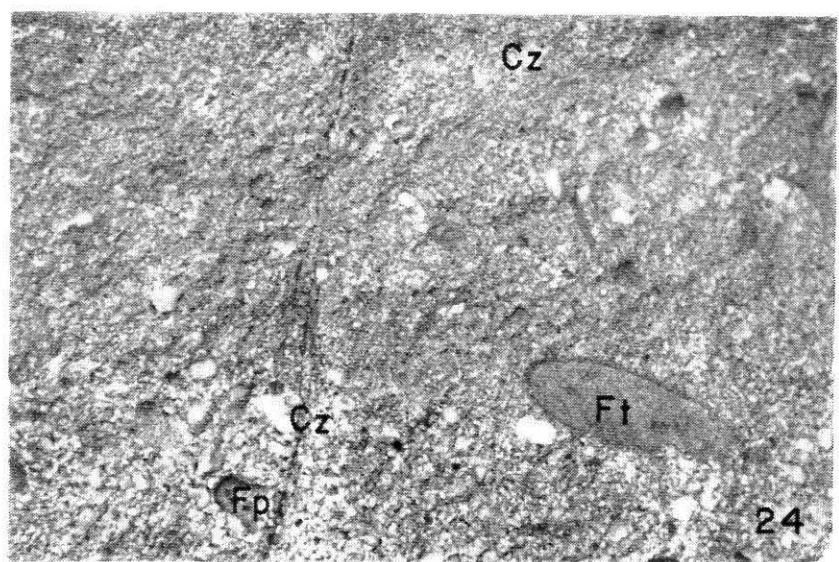


FIG. 24
Arenisca conglomerática con granos de cuarzo (Cz) y ffanita (Ft), aparte de oquedades de solución atribuidas a feldespato (Fp). Nótense la imbricación de los cantos, indicando flujo de la corriente de derecha a izquierda. Patio del ferrocarril, paquete de Santa María.

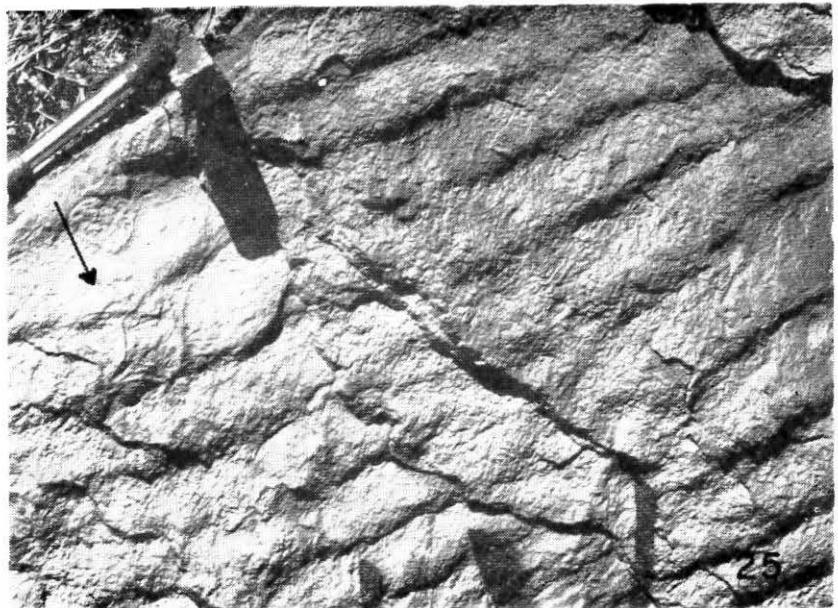


FIG. 25

Rizaduras asimétricas en el tope de una capa de arenisca del paquete de Aragüita, en la carretera Naricual-El Tigre. La flecha indica la dirección de la corriente.



FIG. 26

Contramolde de rizadura de oscilación en la base de arenisca bioturbada por galerías de *Planolites*, en la misma localidad de la fig. 1.



FIG. 27

Microdiques visibles en la base de una subgrauvaca, al tamaño natural. Corte del ferrocarril, parte inferior del paquete de Mallorquín.

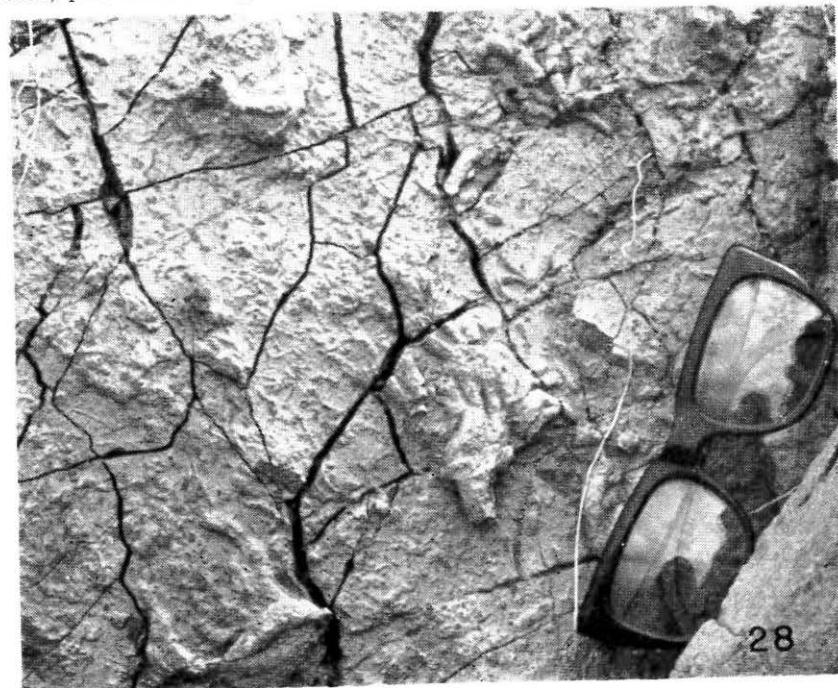


FIG. 28

Epirrelieves positivos que comprenden coprolitos y madrigueras alimenticias del tipo *Saportia*, en una subgrauvaca del complejo psammítico basal, paquete de Aragüita, cerca del taladro S-4.

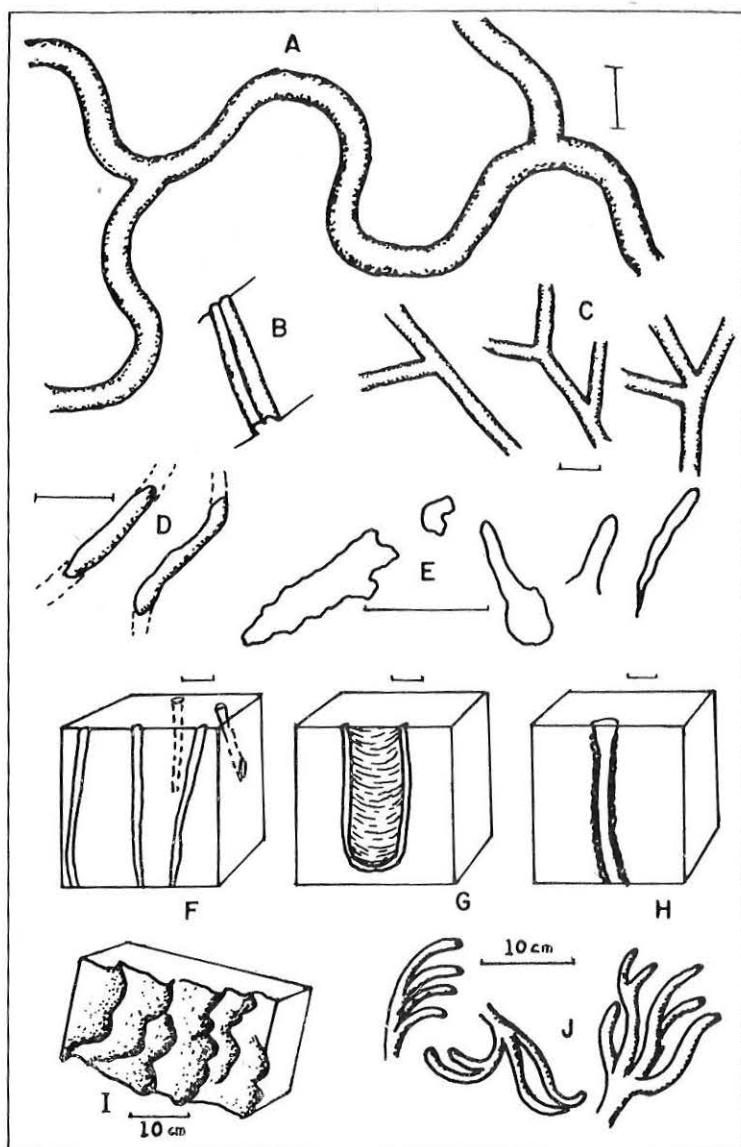


FIG. 29

Icnofósiles (A - H, J) y calcos de carga (I) observados en la Formación Naricual. *Thalassinoides* (A, C), *Rouaultia* (B), *Planolítos* (D), *Skolithos* (F), *Rhizocorallium* (G), *Ophiomorpha* (H), *Saportia* (J), y madrigueras no identificadas (E). La escala equivale a 5 cm.

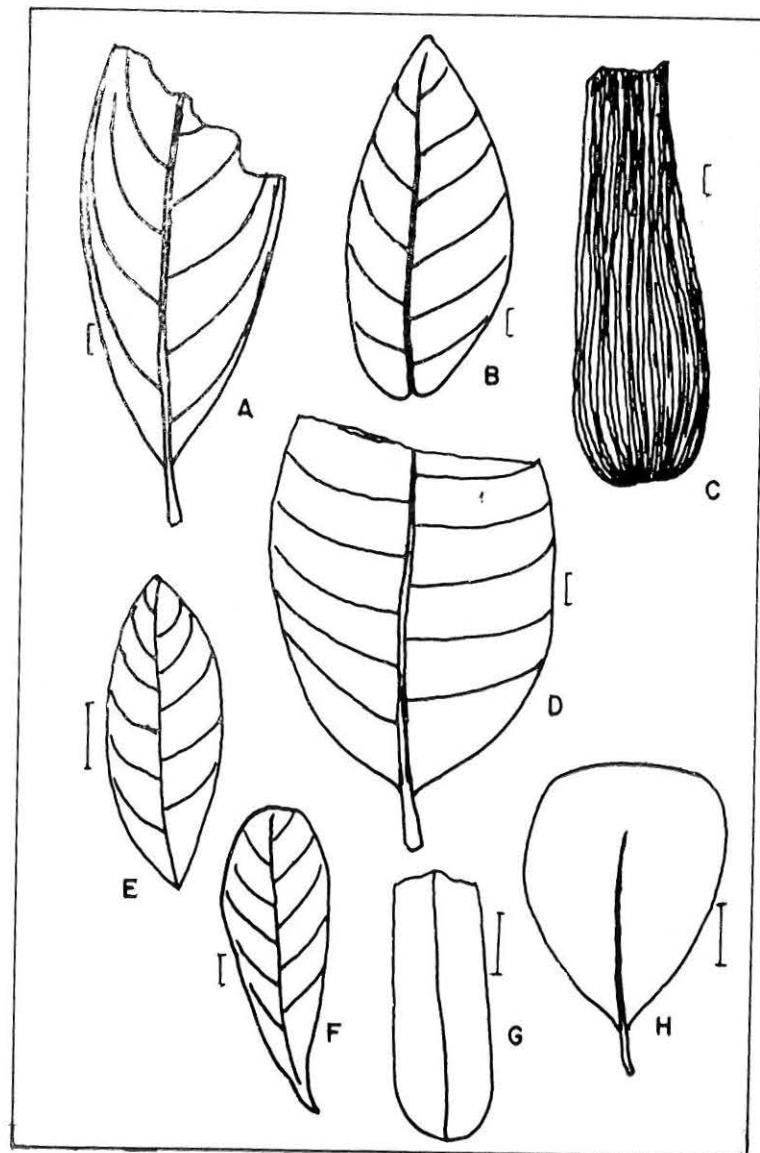


FIG. 30

Hojas fósiles de Angiosperma del paquete de Mallorquín, observados en la base de la subgrauvaca en el techo del carbón en la galería M7W +90.

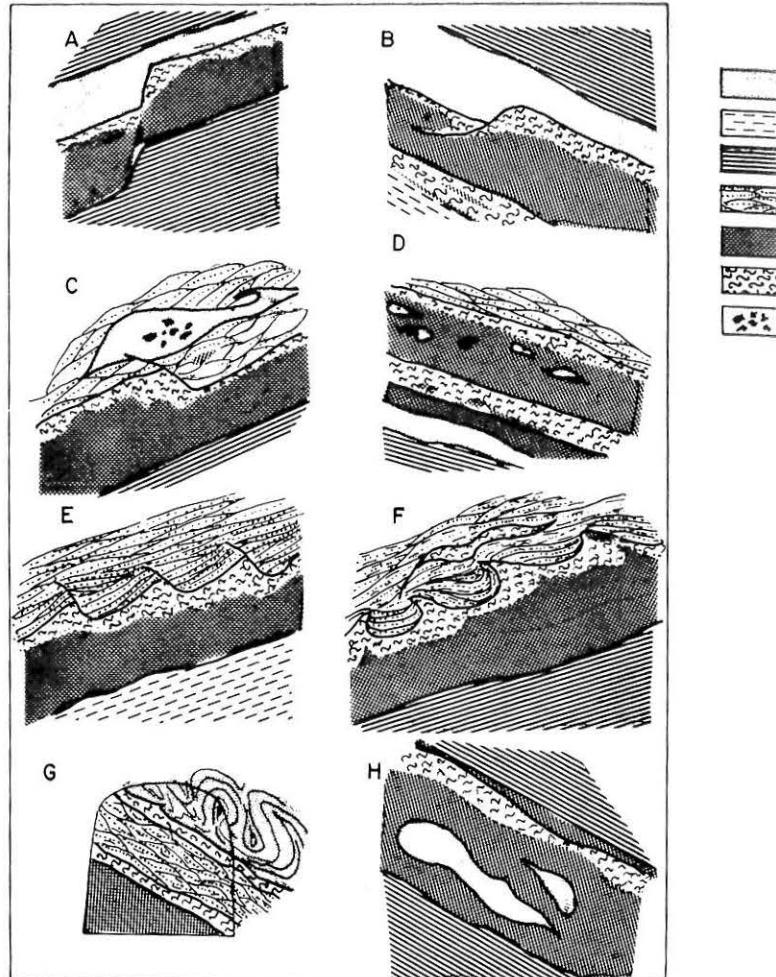


FIG. 31

Relaciones techo-piso del carbón en chimeneas y galerías de la mina de Naricual. Escala 1:100, aproximadamente; la inclinación (buzamiento) corresponde a la actualmente observada. Nótese la relación de la arcilita escamosa y el carbón.

FIG. 31A

Chimenea M8W de +90 a +40. Falla de crecimiento que afecta al carbón pero que no atraviesa las capas restantes. Estas fallas producen los estrangulamientos que se observan en numerosas chimeneas.

FIG. 31B

Final de socavón M8W en el nivel +40. Estrangulamiento del carbón debido a falla de crecimiento con penetración de la arcilla escamosa en el carbón.

FIG. 31C

Chimenea SM9W de +90 a +40. Ritmita de estructura flaser en el techo del carbón, el cual por derrumbe permite ver un lente de subgrauvaca.

FIG. 31D

Chimenea M8W de +90 a +40. Intraclastos y masas botrioidales de subgrauvaca desprendida, dispersos en el carbón.

FIG. 31E

Chimenea SM9W de ±0 a -60. Fallas de crecimiento que afectan base de secuencia de ritmitas a costa de la arcilita escamosa.

FIG. 31F

Chimenea SM9W ±0 a -60. Estructuras flameadas formadas por arcilla escamosa penetrando en la base de las ritmitas. Nótese el lente estirado y desprendido de arcilita escamosa dentro de la ritmita.

FIG. 31G

Final de socavón SM8E expuesto por derrumbe en el mes de Junio, 1976. Pliegue intraformacional, interpretado como efecto de una falla de estratificación.

FIG. 31H

Chimenea M7E de +90 a +40. Estructuras enrolladas de subgrauvaca incluidas en carbón; estos cuerpos aislados son de poca extensión lateral o vertical.

Fig. 32

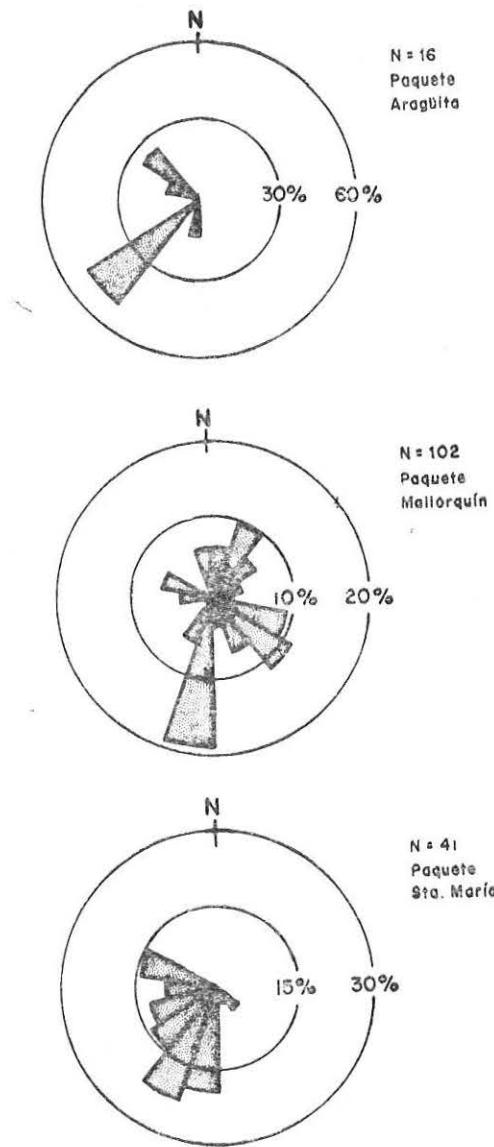


FIG. 32

Gráficos de paleocorrentes en los tres miembros de la Formación Naricual. Las estructuras medidas son: microdiques (114), fallas de crecimiento (27), estratificación cruzada (11) y calcos de flujo (7).

de brecha apenas perceptible (Fig. 31G), pero podría desarrollar plegamiento intraformacional. Los desplazamientos causados conservarían el carbón en el mismo nivel estratigráfico. Se requiere realizar estudios en el interior de la mina para determinar el alcance de los desplazamientos ocurridos, que en todo caso son inferiores a las fallas transcurrentes.

Las *fallas transcurrentes* tienen poco desplazamiento, (decenas de metros), pero son importantes desde el punto de vista minero por interrumpir la continuidad de la capa de carbón. Estas fallas de desplazamiento horizontal elevan y hunden la capa en el labio desplazado debido al buzamiento regional. Fueron señaladas por BELLIZZIA & MARTIN (*op. cit.*) y sus planos de ángulo alto se localizan en la vecindad de las quebradas mayores de la región. En el socavón de Nuevo Mundo, abierto en Junio de 1976, se observa uno de éstos.

En la zona se observan también fallas de ángulo alto, con rumbo este-oeste, como la que bordea las colinas al este de La Peña. El taladro S-6B penetró, después de ± 80 m de aluvión sin consolidar hasta los 225 m de profundidad, un tramo de lodoletas y areniscas macizas intercaladas; las areniscas son cuarzosas, con niveles conglomeráticos con cuarzo azul, intraclastos de lodoleta silícea, y pirita microcristalina. La litología, atribuida al paquete de Santa María, presentaba un buzamiento regional de $45 \pm 10^\circ$ en posición aparentemente normal. El sitio del S-6B (ver mapa 1) está inmediatamente al norte de donde las capas del paquete Mallorquín se hallan ya volcadas, al este del corte del ferrocarril. Esta discontinuidad sugiere la presencia de la falla señalada, con movimiento aparentemente sinistral, posiblemente relacionada a los buzamientos bajos observados en el patio de la madera, el patio del ferrocarril, etc. que sólo afectan al paquete de Santa María.

La neotectónica afectó la región levantando terrazas fluvio-aluviales a 80 m de altura sobre el nivel del mar en La Peña y al oeste de la desembocadura de la quebrada Angostura en el río Naricual. La aproximación del río Neverí al margen meridional del valle también sugiere inclinación regional hacia el sur, que probablemente aún continúa. La neotectónica no afecta las labores mineras.

ORIGEN DEL CARBON

El ambiente sedimentario de la Formación Naricual fue considerado por autores anteriores como parálico marginal a no marino. BELLIZZIA & MARTIN (1961, p. 1585) postulan un "ambiente lagunal y paludal con influencia marina en la parte inferior", aunque más adelante afirman acertadamente: "cuya sedimentación se efectuó bajo condiciones de plataforma inestable". La litología descriptiva actualizada, las estructuras sedimentarias y los conjuntos fosilíferos e icnofosilíferos sugieren ambiente de sedimentación submarina. La paleobatimetría de los fósiles indica la existencia de un graben o fosa tectónica cuya actividad epeirogénica renovada repite varias veces las asociaciones litológicas características. La elevada tasa de sedimentación causada por los escarpes submarinos y costeros y el colapso de deltas y pantanos costeros tendió a llenar la fosa. Los hundimientos repetidos acumularon más de 1.700 m de espesor de sedimentos en una fosa que probable-

mente nunca alcanzó profundidades mayores de 500 m, ni llegó aemerger sobre el nivel del mar.

La Formación Areo infrayacente —donde aflora— contiene fauna marina del Oligoceno medio a superior, y la Formación Naricual es del Mioceno inferior tardío. En el área del estudio, hay ausencia de sedimentos de parte del Oligoceno y de la mayor parte del Mioceno inferior. Además de un diastema, puede existir una discordancia erosional entre las dos unidades. En la Formación Naricual abundan las evidencias (estructuras rheotrópicas, tipo de sedimentación e icnofósiles) de sedimentación rápida, inclinación progresiva del fondo, paroxismos sísmicos. Foraminíferos redepositados del Oligoceno sugieren la posible erosión submarina o costera de la Formación Areo. La presencia de clastos de feldspato en las arenas basales de la Formación Naricual y en toda la Formación Capiricual suprayacente sugiere el levantamiento continuado de la actual Serranía del Interior durante el Mioceno inferior-Mioceno medio. La redondez de estos clastos sugiere su procedencia de terrazas aluviales y no de los escarpados erosionales de las rocas madres del Cretácico. En la cuenca sedimentaria de la Formación Naricual la tasa de hundimiento fue mayor que la de sedimentación, relación que aumentó durante la sedimentación de Naricual, con tendencia inversa durante la Formación Capiricual, que se refleja en el sedimento pelítico de esta unidad: lutitas y limolitas de escogimiento moderado a bueno, pudiendo decirse lo mismo de las arenas.

KAPO & LÓPEZ (1972) señalan la existencia simultánea de carbón y petróleo en las cuencas sedimentarias de Venezuela. Entre varias evidencias se considera importante la relación vanadio/níquel, semejante en ambos tipos de minerales. Una anomalía notable es que las propiedades coquizantes de los carbones de Naricual corresponden a las normales de los carbones del Mesozoico.

Agregan estos autores (*op. cit.*, p. 152): "si se supone que todas las capas (de carbón) de Naricual tuvieron la misma materia prima, sufrieron la misma acción bacteriológica y tuvieron la misma historia de temperatura-presión- tiempo, el desarrollo intenso de las propiedades coquizantes probablemente se debió a un *metamorfismo de poca duración* en comparación con la edad de las capas". En el mismo artículo (Fig. 6) consideran el factor tiempo como causante de la variación en el poder de coquización de los carbones de Naricual, asumiendo un lapso desde el Oligoceno inferior hasta el Mioceno inferior para la sedimentación de la misma. Los fósiles estudiados aquí, en contraste, indican un intervalo cronológico más bien breve para esta sedimentación.

La temperatura nunca fue muy elevada desde la sedimentación de la Formación Naricual; no hay evidencias de mineralización, ni contactos térmicos de ninguna clase. Por estas razones, la causa más obvia es el metamorfismo de poca duración, que pudo tener lugar en etapas múltiples:

a) durante el deslizamiento submarino contemporáneo a la sedimentación;

b) por carga estática de los sedimentos post-Naricual. La Formación Capiricual (3.660 m de espesor) y la Formación Quiamare (más de 4.500 m de espesor al sur de Barcelona) suman más de 8.000 m de sedimentos depositados *antes* del plegamiento y elevación del área. La corrugación de los microdiques de

arenisca sugiere fuerte compactación vertical de las pelitas de la Formación Naricual (Figs. 12 y 17);

c) por la presión desarrollada entre las capas durante el plegamiento, dando lugar a las fallas de estratificación.

Los efectos de la presión estática, unidos a la aloctonía del carbón, y su sedimentación en ambiente subacuático marino, pudieron dar lugar al carbón tal y como se presenta en la Formación Naricual, cuya estructura celular pudo haber sido destruida por el estiramiento repetido: durante el deslizamiento submarino, cuando el carbón sirvió de lubricante, y por efectos tectónicos posteriores. Las estructuras observadas en el techo y base (Fig. 31), así como los intraclastos dentro del carbón, sugieren que éste actuó como fluido por efectos de la presión. Estos procesos explicarían el contenido anormalmente bajo de humedad de los carbonos.

PREDICCIÓN DEL CARBÓN

La presencia repetida de complejos psammíticos en la Formación Naricual sugiere la existencia de ciclotemas. Al comparar la columna de la localidad tipo de la Formación Naricual (BELLIZZIA & MARTIN, 1961, Sección Estratigráfica) con los ciclotemas de la cuenca carbonífera Pennsylvaniana, se observan similitudes superficiales. SCHROCK (1948, p. 34-40) describe el *ciclotema* normal comenzando con arenisca en la base, seguida en orden estratigráfico por lutita, arcilla, carbón, seguida por intercalaciones de lutitas piríticas, nodulosas, fósiles y calizas fosilíferas marinas. La arcilla por debajo del carbón es maciza sin estratificación, con abundantes raíces; aún cuando el piso del carbón sea lutita o arenisca, siempre están presentes. El techo, en cambio, es una lutita negra dura con abundantes concreciones piríticas, bien laminada, con hojas fósiles bien preservadas. Son comunes las lutitas grises con bandas de ferrolita delgada.

La única litología asociada permanentemente al carbón en la Formación Naricual es la arcillita escamosa, y no se han observado raíces en ninguno de los pisos del carbón. Las plantas son detríticas, no hay calizas fosilíferas, ni se aprecian evidencias de paleosuelo de ninguna clase en la secuencia estratigráfica.

La postulada aloctonía del carbón en la Formación Naricual se considera apoyada por la mayoría de las evidencias. La unidad se sedimentó en una cuenca marina inestable, por lo cual conviene darle un trato diferente al carbón en la metodología de predicción. Se requiere conocer la forma de la cuenca original donde esta unidad se sedimentó, su morfología, los eventos sin-sedimentarios y tectónica sin- y post-sedimentaria. Los aparentes ciclotemas de la Formación Naricual se consideran como producto de tectónica sin-sedimentaria.

Análisis de cuenca: Se han realizado una serie de mediciones que en opinión del suscrito permiten reconstruir la morfología submarina de la cuenca. Los microdiques y las fallas de crecimiento indican *paleopendiente*; la estratificación cruzada y los calcos de flujo son evidencia de *paleocorrientes*. Estas mediciones sugieren una morfología distinta del fondo en cada paquete de la Formación Naricual. Así, en el *paquete de Santa María* dominan las indicaciones de paleopendiente hacia el noreste y el suroeste (Fig. 32) mientras que en el *paquete de Mallorquín*, hay

un balance entre las direcciones sur, sureste y noreste. El *paquete de Araguáta* presenta dominio de paleocorrientes hacia el sureste.

La evaluación de la *estratificación cruzada* se realizó según POTTER & PETTIGRAN (1963, p. 75-80) con correcciones de datos para eliminar los efectos tectónicos posteriores (*op. cit.*, p. 259-262). El tipo de estratificación cruzada más frecuente en la Formación Naricual es el llamado "Alpha" por ALLEN (1963), en el cual los contactos inferior y superior son planares, y el sentido de la estratificación es monodireccional en la misma capa, con un ángulo de inclinación variable entre 30° y 40° (ver Fig. 2). Un tipo más complejo de estratificación cruzada es el de la Fig. 9, que representa el tipo "Nu" de ALLEN (*op. cit.*), restringido a raros niveles del paquete de Santa María. Estos niveles de estratificación o laminación cruzada aislados en secuencias no cruzadas, son buenos indicadores de la dirección del movimiento de las arenas. En el presente estudio se conjectura su origen como relacionado más a pendientes submarinas que a sistemas de corrientes de fondo.

POTTER & PETTIGRAN (1963, p. 162-165) admiten el origen de los diques arenosos como relacionado a la deformación hidroplástica de sedimentos pérmicos, aunque sostienen que no se les ha comprobado significado direccional. La asociación íntima entre los microdiques y las fallas de crecimiento se observa con frecuencia en la Formación Naricual. Numerosas observaciones, especialmente en el interior de la mina, donde es fácil observar capas en dos y tres dimensiones, sugieren un marcado paralelismo entre los ejes mayores de los microdiques y el plano de las fallas de crecimiento, lo cual se ha interpretado como indicio de una paleopendiente submarina afectada por choques sísmicos, y probablemente con aumento del declive de la misma.

Estos ejes mayores serían paralelos o subparalelos a las isobatas contemporáneas del fondo del mar. El declive del fondo sería perpendicular a las mismas, como se observa en los sedimentos Holoceno-Recientes del margen continental al noreste de la isla de Margarita (BALL *et al.*, 1971, Fig. 18). Así pues, para calcular la paleopendiente se utilizaron las perpendiculares a los ejes mayores de microdiques y fallas de crecimiento. Los resultados coincidieron con los obtenidos midiendo la estratificación cruzada y los calcos de flujo dentro de cada paquete. Las características sin-sedimentarias citadas se atribuyen a efectos de paleopendiente.

Los *calcos de flujo* son la única estructura de la Formación Naricual que puede atribuirse a corrientes submarinas de fondo (POTTER & PETTIGRAN, 1963, p. 117-121); su escasez tiende a confirmar la idea de que las corrientes marinas de fondo tuvieron poca ingerencia en la sedimentación de esta unidad. El poco desarrollo de calcos de flujo se atribuye a que fueron formados por la columna de agua desplazada delante de los desplomes y deslizamientos submarinos, de poca duración temporal.

Si se considera estos datos como representativos de la paleobatimetría del fondo durante la sedimentación de la unidad, puede esperarse la aparición de niveles con carbón, o aumentos en el espesor de las capas conocidas, en el sentido de la profundización de la cuenca. En el caso del paquete de Mallorquín, el eje de la cuenca debió estar muy cerca de la actual zona de la mina, lo cual parece estar en relación con la alta incidencia de capas en este nivel. Las capas de carbón de este paquete deben aumentar en espesor promedio en el sentido actual del

buzamiento en la mina. En los paquetes de Santa María y Aragüita el eje de la cuenca estaría demasiado distante del sitio actual de los trabajos. En todo caso, para la Formación Naricual en conjunto, el aumento en espesor individual de las capas, así como de su número es hacia el sur, suroeste y oeste, conclusión que se apoya en apenas 159 medidas tomadas en la zona de estudio, considerándose necesario aumentar esta cifra para resultados más seguros.

Cabe señalar que las fallas de estratificación y transcurrentes no tienen relación alguna con la paleopendiente por ser post-sedimentarias, y han de estudiarse como casos aparte.

CONCLUSIONES

La Formación Naricual es un sedimento marino, interpretado como relleno terrígeno en el miogeosinclinal de Oriente, del Mioceno Inferior tardío. La unidad se sedimentó en una fosa tectónica submarina asimétrica de menos de 500 m en profundidad, durante varios ciclos sucesivos de hundimiento marcados por complejos psammíticos. La litología, las estructuras sedimentarias y los icnofósiles permiten deducir el origen turbidítico proximal de la formación.

Los carbonos de la Formación Naricual se acumularon sobre el fondo marino contemporáneo, sirviendo posteriormente como superficies de deslizamiento de los sedimentos suprayacentes. Las capas de carbón han sido afectadas por a) la topografía submarina; b) el tipo y volumen del sedimento suprayacente; c) el tectonismo sin-sedimentario, y d) el plegamiento y fallamiento tectónico posterior. Las anomalías de textura y en la composición de sus cenizas, se interpretan como producto de la historia sedimentaria-tectónica de la formación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece en primer lugar al Director de Geología del Ministerio de Energía y Minas, Dr. Alirio Bellizzia G., por la oportunidad brindada al suscrito de realizar los estudios detallados, y su autorización de publicar los resultados. Se agradece asimismo la entusiasta colaboración de los Geólogos Oswaldo Ruiz y Luis Panfield, del ingeniero Vicente Novillo, los técnicos Luis Capote y Oscar Zorrilla, en las labores exploratorias tanto en la superficie como en el subsuelo. Las discusiones en el campo con los geólogos Dres. Maurice Lock, de la National Coal Board (Londres) y Ciro Hudson, fueron de gran utilidad en el desarrollo de los conceptos del presente trabajo. La lectura crítica fue gentilmente realizada por el Sedimentólogo Dr. Santosh Ghosh, y el paleontólogo Dr. Oscar Odremán Rivas.

RECOMENDACIONES

A) Continuar el estudio geológico detallado de los afloramientos superficiales de la Formación Naricual, para investigar:

FORMACION NARICUAL

1. el comportamiento de la roca en general, y en relación al carbón en especial;
2. la naturaleza de las fallas de crecimiento, de estratificación y transcurrentes, en especial la cuantía de su desplazamiento;
3. en afloramientos y taladros, la estratigrafía de todos los paquetes de la Formación Naricual, con énfasis en la correlación de las capas de carbón y su extensión lateral.

B) Continuar el estudio geológico detallado del interior de la mina, para que junto con los datos de la superficie pueda elaborarse un método confiable de predicción cuantitativa del carbón.

C) Establecer un laboratorio que incluya equipos de investigación sedimentológica (máquinas cortadora y pulidora de rocas), de minerales pesados (microscopio petrográfico, desecador, hornilla).

D) Continuar la extracción de testigos de los taladros, para precisar la correlación de los niveles de carbón fuera de la mina actual.

E) Construir un edificio para alojar los testigos de los taladros, para estudios futuros.

F) Instalar una biblioteca técnica, con textos básicos de minería, geología, y suscripción a las revistas técnicas más importantes para Geólogos e Ingenieros.

REFERENCIAS CITADAS

- ALLEN, J. R. L. (1963). *The classification of cross-stratified units, with notes on their origin*. Sedimentology, 2, 93-114.
- BALL, M. M., HARRISON, C. G. A., SUPKO, P. R., BOCK, W. & MALONEY, N. J. (1971). *Marine geophysical measurements on the southern boundary of the Caribbean Sea*. Geol. Soc. Amer., Mem. 130, 1-33.
- BELLIZZIA, A., y MARTIN, C. (1961). *Geología y reservas de la Cuenca Carbonífera de Naricual, Estado Anzoátegui*. III Cong. Geol. Ven., Caracas, 1959, Mem., III, 1569-1606.
- BOUMA, A. H. (1962). *Sedimentology of some Flysch Deposits. A Graphic Approach to Facies Interpretation*. Elsevier, Amsterdam, 168 p.
- BRAMLETTE, M. N. (1946). *The Monterey Formation of California and the origin of its siliceous rocks*. U. S. Geol. Survey, Prof. Paper 212, 57 p.
- CONYBEARE, G. E. B. & CROOK, K. A. W. (1968). *Manual of Sedimentary Structures*. Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, Bull. 102, X + 327 p.
- CRIMES, T. P. (1973). *From limestones to distal turbidites: a facies and trace fossil analysis in the Zumaya Flysch (Paleocene-Eocene) of North Spain*. Sedimentology, 20, 105-131.
- CRUZADO, C., & SANZ P., V. (1976). *Correlación de la Formación Heath con las zonas de BOLLI y BLOW en Venezuela y Trinidad*, B. W. I. II Cong. Latinoam. Geol., Caracas, 1973, Mem., III, 997-1006.
- DZULYNSKI, S. & RADOMSKI, A. (1956). *Clastic dykes in the Carpathian flysch*. Ann. Soc. Geol. Polone, 26(3), 225-264.
- & SMITH, A. J. (1963). *Convolute lamination: its origin, preservation and directional significance*. J. Sediment. Petrol., 33, 616-627.

- & WALTON, E. K. (1965). *Sedimentary Features of Flysch and Greywackes*. En: *Developments in Sedimentology*, 7, Elsevier, Amsterdam, viii + 274 p.
- FARROW, G. A. (1975). *Techniques for the study of fossil and recent traces*. En: *The Study of Trace Fossils*. Ed. ROBERT W. FREY, Springer-Verlag, N. Y.
- GONZALEZ DE JUANA, C. & AGUERREVERE, S. E. (1938). *Informe geológico de parte de los depósitos de carbón del río Naricual*. Bol. Geol. y Min., Caracas, 2(1), 5-32.
- HÄNTZSCHEL, W. (1962). *Trace Fossils and Problematica*. En: MOORE R. C., (ed.); *Treatise on Invertebrate Paleontology*, pt. W., *Miscellanea*. Geol. Soc. Am. and Univ. of Kansas Press, p. 177-245.
- HEDBERG, H. D. (1950). *Geology of the Eastern Venezuela basin (Anzoátegui-Monagas-Sucre-eastern Guárico portion)*. Geol. Soc. Amer., Bull. 61, 1173-1226.
- & PYRE, A. (1944). *Stratigraphy of northeastern Anzoátegui, Venezuela*. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull. 28(1), 1-28.
- HESSE, R. (1975). *Turbiditic and non-turbiditic mudstone of Cretaceous flysch sections of the East Alps and other basins*. *Sedimentology*, 22, 387-416.
- KAPO, G. & LOPEZ, V. M. (1972). *Anomalías en las cuencas carboníferas de Venezuela*. VI Conf. Geol. Caribe, Porlamar, Venezuela, 1971, Mem., 149-153.
- KARSTEN, H. (1850). *Beitrag zur Kenntnis der Gesteine des nördlichen Venezuela*. Deutsche Geol. Gesell., Zeitschr. 2, 345-361.
- LAMB, J. L. (1964). *The geology and paleontology of the Río Aragua surface section, Serranía del Interior, State of Monagas, Venezuela*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petrol., Bol. Inform., 7(4), 111-122.
- MACSOTAY, O. (1967). *Huellas problemáticas y su valor paleoecológico en Venezuela*. Geos, U.C.V., 16, 7-79.
- (1971). *Zonación del post-Eoceno de la Paleoprovincia Caribe-Antillana*. Asoc. Venez. Geol. Min. y Petrol., Bol. Inform., 14(2), 18-56.
- (1975). *Ambiente deposicional de la porción basal de la Formación Taguarumo definido por el icnofósil Skolithos*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petrol., Bol. Inform., 18(3), 233-244.
- MARCHANT, S. & BLACK, C. D. G. (1960). *The nature of the claypebble beds and associated rocks of south-west Ecuador*. Quart. J. Geol. Soc. London, 95, 317-318.
- OKUDA, T. (1974). *Bosquejo general de las condiciones hidrográficas en el Mar Caribe*. En: *Revisión de los datos oceanográficos en el Mar Caribe Suroriental, especialmente el margen continental de Venezuela*. III Conf. N. N. U. U., sobre el Derecho del Mar, Cuadernos Azules 15, 43-57, 8 figs.
- POTTER, P. E. & PETTIGRUE, F. J. (1963). *Paleocurrents and Basin Analysis*. Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 296 p.
- ROSALES, H. (1967). *Geología del área de Barcelona-Río Querecual, Edo. Anzoátegui*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petrol., Guía de Excursión, ii+18 p.
- SHROCK, R. R. (1948). *Sequence in Layered Rocks*. McGraw-Hill Book Co., N. Y. 507 p.
- VAN VEEN, F. V. (1972). *Ambientes sedimentarios de las Formaciones Mirador y Misoa del Eoceno Inferior y Medio de la Cuenca del Lago de Maracaibo*. IV Cong. Geol. Ven., Caracas, 1969, Mem., II, 1073-1114, 15 figs.
- VENEZUELA, DIRECCION DE GEOLOGIA (1970). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*, 2^a Edi. Bol. Geol., Caracas, Publ. Esp. 4, 756 p.
- WEIMER, R. J. & HOYT, J. H. (1964). *Burrows of Callianassa major SAY, geologic indicators of littoral and shallow neritic environments*. J. Paleont., 38(4), 761-767.
- WHITE, W. A. (1961). *Colloid phenomena in sedimentation of argillaceous rocks*. Jour. Sed. Petrol., 31, 560-570.