

ESTRATIGRAFIA DEL ALBIANO-CENOMANIANO EN LA REGION DE NAICA, CHIHUAHUA

Miguel Franco-Rubio*

RESUMEN

En la región de Naica, en la parte centro-meridional del Estado de Chihuahua, afloran rocas sedimentarias cretácicas constituidas principalmente por calizas, las cuales alojan sulfuros metálicos (plomo, zinc y plata) de importancia económica.

El estudio micropaleontológico y de microfacies de estas rocas permitió establecer, de manera provisional, la secuencia estratigráfica y esbozar la paleogeografía de esta región hasta ahora poco conocida.

Dentro del Sistema Cretácico de la región se reconocieron ocho unidades litológicas cuyos micro y macrofósiles las sitúan desde el Albiano medio hasta el Cenomaniano. Las rocas que integran este conjunto fueron depositadas en un ambiente de plataforma dentro de un mar epicontinental, pudiendo diferenciarse tres tipos de facies, que son: arrecifal, de plataforma somera y de plataforma profunda. Se observó que los yacimientos minerales explotados a la fecha (minas de Naica y de Savonarola), se localizan dentro de la facies arrecifal.

ABSTRACT

In Naica region, in the south-central part of Chihuahua State, Cretaceous sedimentary rocks crop out, mainly limestones that contain metallic sulphides (lead, zinc and silver) of economic importance.

Micropaleontological and microfacies studies of these rocks, permitted to establish provisionally the stratigraphic sequence and paleogeography of this geologically little known region.

Within the Cretaceous System of the region, eight lithologic units were recognized, whose micro- and macrofauna allow to place them from middle Albian to Cenomanian. These rocks were deposited in a platform environment of an epicontinental sea, and it was possible to recognize three facies, which are: reef, shallow platform and deep platform facies. It was observed that the ore deposits exploited to date (Naica and Savonarola mines), are localized in the reef facies.

INTRODUCCION

Las relaciones estratigráficas de las rocas sedimentarias cretácicas en la parte centro-meridional del Estado de Chihuahua son poco conocidas, a pesar de que en ellas se presentan tanto desarrollos arrecifales como importantes yacimientos minerales metálicos. El autor emprendió el estudio de la estratigrafía cretácica de esta región como un proyecto de investigación de tesis de Maestría en Ciencias (Geología), en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Con objeto de proporcionar un marco paleogeográfico para esta región, se escogió la circundante al distrito minero de Naica (Figura 1), que abarca al sur la Sierra del Pajarito, la Sierra de Camargo al sureste y la Sierra de Savonarola al noroeste (Franco-Rubio, 1978). La ubicación de estas sierras está dentro de una región de unos 4,200 km², cuyos límites son los meridianos 105° 10' y 105° 55' W y los paralelos 27° 30' y 28° 05' N.

La región de Naica se encuentra en la provincia fisiográfica de Cuencas y Sierras (Raisz, 1959), que se caracteriza por la presencia de sierras anticlinales, formadas por calizas cretácicas, generalmente alineadas en dirección NNW-SSE, separadas por amplios valles y cuencas rellenas de material aluvial. Las elevaciones topográficas más importantes alcanzan una altitud de 1,960 m sobre el nivel del mar y el relieve promedio de la región es de unos 500 m.

DESARROLLO DEL ESTUDIO

La Sierra de Naica y sus alrededores fueron visitados a principios de enero de 1977, con objeto de familiarizarse con los aspectos generales de la secuencia litológica. El trabajo de campo fue desarrollado entre el 10. de febrero y 15 de abril de 1977, y consistió en la selección de las secciones estratigráficas más adecuadas para su medición y descripción, en las Sierras de Camargo, Pajarito, Naica y de Savonarola. Los términos empleados en la descripción petrográfica de las muestras y en la interpretación de las calizas, están referidos a las clasificaciones publicadas por Folk (1962) y Plumley y colaboradores (1962), respectivamente, mientras que la clasificación de los microfósiles se basó en los estudios publicados por Bonet (1956) y por Longoria y Gamper (1977).

ESTUDIOS PREVIOS

Existen muy pocos datos publicados sobre la geología de la región centro-meridional del Estado de Chihuahua. El estudio más trascendental se refiere al distrito minero de Naica (Wilson, 1956). El elaborado por Ramírez y Acevedo (1957) es del tipo de reconocimiento sobre una gran parte del Estado de Chihuahua, y el realizado por Stone (1959) sobre la génesis de los yacimientos en este distrito minero.

* Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México 20, D. F.

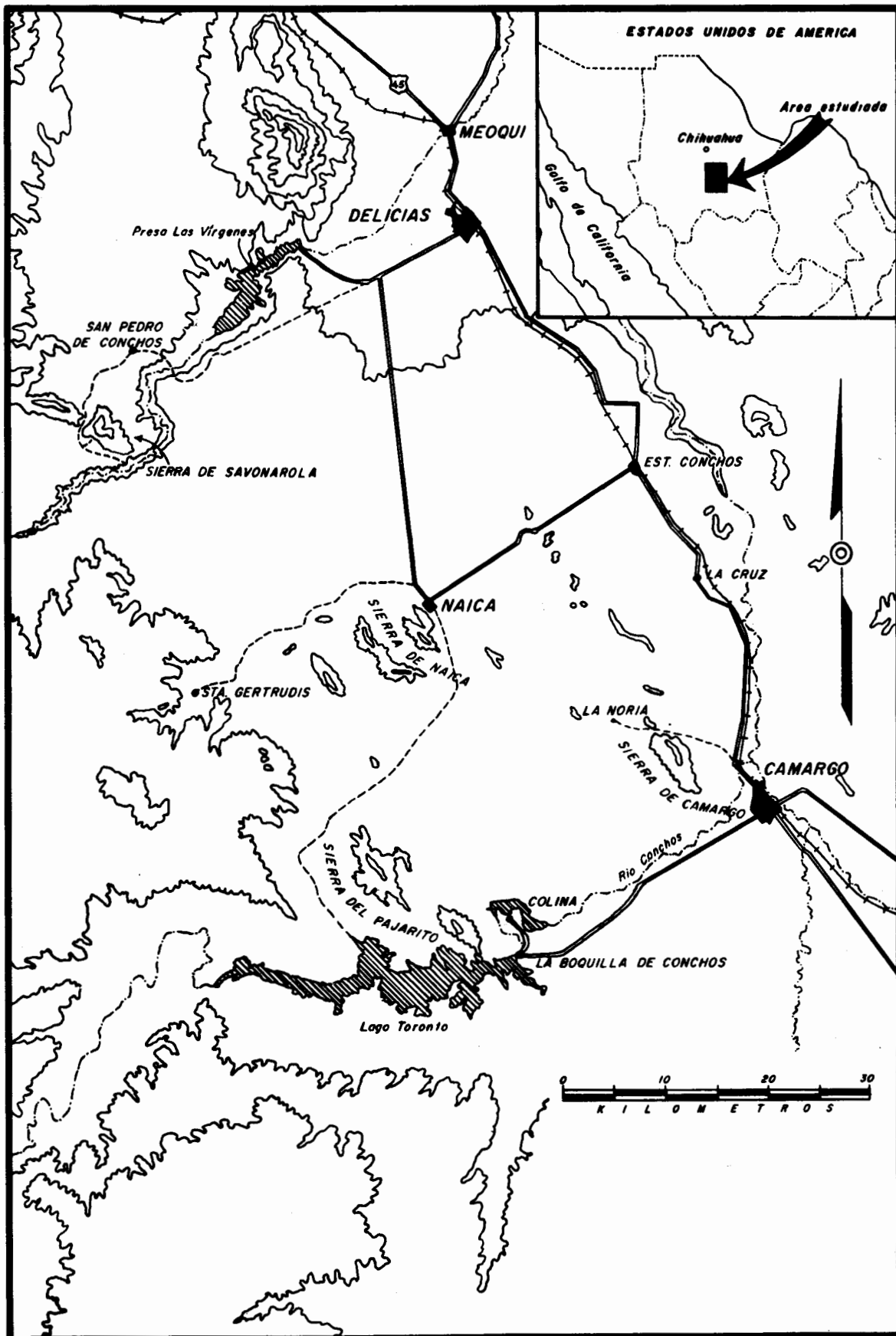


Figura 1.—Mapa de localización de la región de Naica, Chihuahua.

FACIES DEL ALBIANO-CENOMANIANO

En la región estudiada se reconocieron nueve unidades litológicas de las cuales, las ocho primeras, quedan comprendidas dentro del Albiano-Cenomaniano. Se desconoce la edad de la unidad restante, aunque se infiere que su origen es posterior al de las unidades anteriores.

Las unidades de la región de Naica representan tres facies. De acuerdo con Bonet (1952) y Wilson (1969), es posible inferir que fueron depositadas en un ambiente de plataforma dentro de un mar epicontinental. En este ambiente se tenían zonas de aguas profundas (facies de plataforma profunda), de fondo marino expuesto o casi expuesto en la superficie (facies arrecifal) y predominantemente, de aguas someras o de poca profundidad (facies de plataforma somera).

Facies de plataforma profunda.—Se caracteriza por presentar homogeneidad textural y localmente microlaminación, en capas de estratificación media con colores crema claro a gris oscuro, teniendo entre los planos de estratificación pedernal en nódulos y lentes. La asociación faunística es especialmente característica, encontrándose microplancton tanto calcáreo (calcisferúlidos), como silíceo calcificado (radiolarios) y restos de foraminíferos pelágicos (globigerináceos). Este tipo de facies constituye la parte superior de la Unidad III, expuesta en las secciones de las Sierras de Camargo, Pajarito, Naica y Savonarola.

Facies de plataforma somera.—Predomina en la mayor parte de las unidades calcáreas que afloran en la región. Se presenta en estratos medios a gruesos con frecuentes suturas estilolíticas y concentraciones de pedernal en nódulos, lentes y fajas delgadas. Su coloración varía desde crema claro hasta gris oscuro, siendo más común la gris crema. Generalmente presenta diferentes proporciones de clastos, pero siempre en cantidad menor que el lodo calcáreo microcristalino que constituye la matriz. Los elementos clásticos casi siempre se derivan de la fragmentación de restos orgánicos. La asociación faunística está constituida por organismos bentónicos poco abundantes, destacándose entre los foraminíferos los miliólidos, diciclinidos y orbitolinidos; los moluscos y equinodermos se presentan en menor cantidad.

Facies arrecifal.—Aunque no se detectaron núcleos arrecifales en la región estudiada como los define Bonet (1952), en las secciones estratigráficas examinadas se encontraron otros elementos que componen al aparato arrecifal. Entre ellos están calcarenitas oolíticas y conglomerados calcáreos dispuestos en estratos gruesos a masivos, con escaso pedernal en forma de nódulos y lentes. Predominantemente presentan una coloración gris crema y en contraste con la facies de plataforma somera, poseen una mayor cantidad de rudistas que, por lo general, se encuentran fragmentados. Es notoria la presencia de miliólidos en las calcarenitas por su gran cantidad, destacándose *Nummuloculina heimi*.

Tanto la facies arrecifal como la de plataforma somera fueron reconocidas en todas las unidades calcáreas que afloran en la región. La facies de plataforma profunda quedó restringida a una sola unidad calcárea (Unidad III). Respecto a las uni-

dades lutíticas, la información que de ellas se recabó fue incompleta, en virtud de que están casi totalmente cubiertas por material detrítico en los sitios estudiados.

DESCRIPCION DE LAS SECCIONES ESTUDIADAS

En el área estudiada fueron reconocidas nueve unidades litológicas, cuyos rasgos físicos observables las delimitan plenamente. Cuatro de ellas están constituidas por calizas (Unidades I, III, V y VII) dispuestas alternadamente con otras cuatro de lutitas (Unidades II, IV, VI y VIII), mientras que la unidad restante (Unidad IX) está compuesta por un conglomerado calcáreo consolidado, habiendo sido encontrado únicamente en la sección de la Sierra de Camargo. La unidad más antigua (Unidad I) está compuesta por calizas que se observan solamente en las secciones de las Sierras del Pajarito y Savonarola.

No se dieron nombres formales a las unidades mencionadas, debido a que no se reunieron todos los requisitos especificados en el Código de Nomenclatura Estratigráfica (1970) para poder elevarlos a la categoría de formación. Por lo tanto, los nombres de Unidad I, II, etc. propuestos se consideran informales.

La Figura 2 muestra la simbología empleada en las columnas estratigráficas y secciones geológicas elaboradas para este artículo.

| | |
|---|---------------------------------------|
|  | ALUVION (Reciente) |
|  | CONGLOMERADO CALCAREO |
|  | BRECHA DE FALLA |
|  | LUTITAS |
|  | CONGLOMERADO PENECONTEMPORANEO |
|  | MICRITA |
|  | MICRITA FOSILIFERA O CON BIOCLASTOS |
|  | MICRITA BIOCLASTICA DISPERSA |
|  | MICRITA BIOCLASTICA COLMADA |
|  | CALCARENITA DE GRANO MUY FINO A MEDIO |
|  | CALCARENITA DE GRANO MEDIO A GRUESO |
|  | CALCIRUDITA DE GRANO FINO A MEDIO |
|  | DOLOMITA |
|  | ROCA EROSIONADA |
|  | ROCA CUBIERTA O NO EXPUESTA |

Figura 2.—Simbología empleada en las columnas y secciones estratigráficas.

Sección de la Sierra de Camargo.—Esta sierra se localiza aproximadamente a 7.5 km al noroeste de la Ciudad de Camargo (Figura 1) y está orientada ligeramente hacia el noroeste (N 12° W), ele-

vándose 1,960 m sobre el nivel del mar y 740 m sobre el nivel medio del valle del Río Conchos. La constituyen una serie de pliegues recostados hacia el noreste.

La sección geológica levantada está compuesta por tres tramos complementarios (Figura 3). El tramo más extenso principia en la cima de la sierra con dirección N 60° E, hasta el estrato de caliza en contacto con el talud. Sobre este mismo estrato de caliza, pero en un punto situado 200 m más al norte, comienza el segundo tramo con la misma dirección, terminando en el contacto entre las Unidades III y II. El tercer tramo se inicia en este contacto, en un punto situado sobre la cabecera septentrional de la sierra con dirección N 40° W, con un desarrollo de 460 m (Figuras 4 y 5). A continuación se describen las unidades litológicas que forman esta sección.

Unidad II

Esta unidad ocupa la parte inferior de la secuencia estratigráfica estudiada y en este sitio forma un pliegue anticlinal recostado hacia el noreste, cuya charnela ha sido totalmente erosionada. Casi toda la unidad está cubierta por material detrítico no consolidado, infiriéndose su presencia por pequeños afloramientos donde queda expuesta parcialmente su cima, por lo que se desconoce su espesor real. La porción conocida está constituida por capas lutíticas alternando con estratos de arcilla calcáreo-limosa laminar con lentes de yeso y capas delgadas de caliza arcillosa de colores café amarillento y amarillo ocre. En esta unidad se colectó *Mortoniceras* sp., indicadora del Albiano superior.

Unidad III

La Unidad III sobreyace a la Unidad II y alcanza un espesor de 180 m. Puede dividirse en dos miembros, siendo transicional el contacto entre ambos. El miembro inferior, de 135 m de espesor, consiste en calcilita (micrita con bioclastos, micrita bioclástica dispersa), de color gris claro con numerosas concentraciones de pedernal en nódulos, lentes y fajas delgadas. El elemento biógeno principal lo constituyen los abundantes fragmentos de moluscos (rudistas), espinas y otros restos de equinodermos, numerosos miliólidos entre los que se identifica a *Nummoloculina heimi*, escasos ejemplares de *Saccocoma* sp., *Dicyclina* sp., *Rhaxella* sp., *Globochaete alpina* y algas dasicladáceas. Las capas tienen estratificación media, intemperizando la roca a un color gris.

El miembro superior, de 45 m de espesor, consiste en calcilita (micrita con bioclastos, micrita bioclástica dispersa, micrita bioclástica colmada), de color crema grisáceo, con escasos nódulos y lentes de pedernal. Hacia la base, el elemento biógeno está constituido principalmente por foraminíferos pelágicos (globigerináceos), entre los que se identifica a *Favusella confusa*, *Favusella hedbergellaeformis*, *Ticinella caronae*, *Ticinella albiana*, *Favusella washitensis* y *Favusella papagayoensis*, abundantes espinas y otros restos de equinodermos, escasos ejemplares de *Saccocoma* sp., numerosos calcisferúlidos entre los que predomina *Calcisphaerula innominata*,

observándose también escasos ejemplares de *Stomiosphaera sphaerica* y *Pithonella ovalis*, escasos fragmentos de moluscos (rudistas) y braquiópodos, y muy escasos foraminíferos uni- y biseriales. Hacia la cima, los calcisferúlidos se incrementan, llegando a constituir aproximadamente el 70% de la roca. Se identifica muy abundante *Stomiosphaera sphaerica*, abundante *Calcisphaerula innominata*, numerosos globigerináceos (*Favusella confusa*, *Favusella hedbergellaeformis*, *Ticinella albiana* y *Ticinella petalloidea*), escasos *Saccocoma* sp., otros restos de equinodermos y fragmentos de moluscos. Este miembro posee estratificación media, y las rocas se intemperizan a un color gris.

Respecto a la edad asignada a esta unidad, en base a los microfósiles diagnósticos que contiene, corresponde a la parte temprana del Albiano tardío.

Unidad IV

Esta unidad tiene un espesor aproximado de 85 m y virtualmente se encuentra cubierta por material detrítico no consolidado, derivado de la secuencia sedimentaria suprayacente. Por los escasos puntos donde no está cubierta, se desprende que está constituida por lutitas con intercalaciones de calizas arcillosas nodulares. No se colectaron muestras de esta unidad.

Unidad V

La Unidad V, de aproximadamente 305 m de espesor, presenta repeticiones a lo largo de la sección, debidas a plegamiento y cabalgadura. En la Sierra de Camargo es divisible en seis miembros (Figura 4).

Miembro A.—Conforma una secuencia de 10 m de espesor formada por capas con estratificación media. Constituye el miembro basal de la Unidad V. Consiste en calcilita (micrita con bioclastos) de color café crema, pasando hacia la cima a dolomita de color blanco grisáceo. Los constituyentes biógenos son escasos, predominando espinas y fragmentos de equinodermos.

Miembro B.—Tiene un espesor de 55 m y se presenta con estratificación media a gruesa, aunque en su base hay estratos masivos. Está constituido por calcarenitas bioclásticas con intraclastos y pellas, de grano muy fino a grueso y de color blanco grisáceo a crema grisáceo. En su parte inferior predominan los fragmentos de moluscos (rudistas) y hacia la parte superior predominan los miliólidos, entre los que se identifica a *Nummoloculina heimi*, *Quinqueloculina* sp. y *Triloculina* sp. Contiene además, restos de equinodermos abundantes, escasos *Dicyclina* sp., ostrácodos y gasterópodos. Se presentan también numerosos cristales de dolomita, agrupados en pequeños manchones asociados a compuestos orgánicos. Intercaladas con las calcarenitas, hay capas de calcilitas (micrita con bioclastos, micrita dolomitizada), de color gris a gris crema, cuyo contenido biógeno consiste en fragmentos de moluscos (rudistas), ostrácodos, miliólidos (*Nummoloculina heimi*) y escasos restos de equinodermos. La roca intemperiza a un color gris, presentando numerosos nódulos de pedernal disemi-

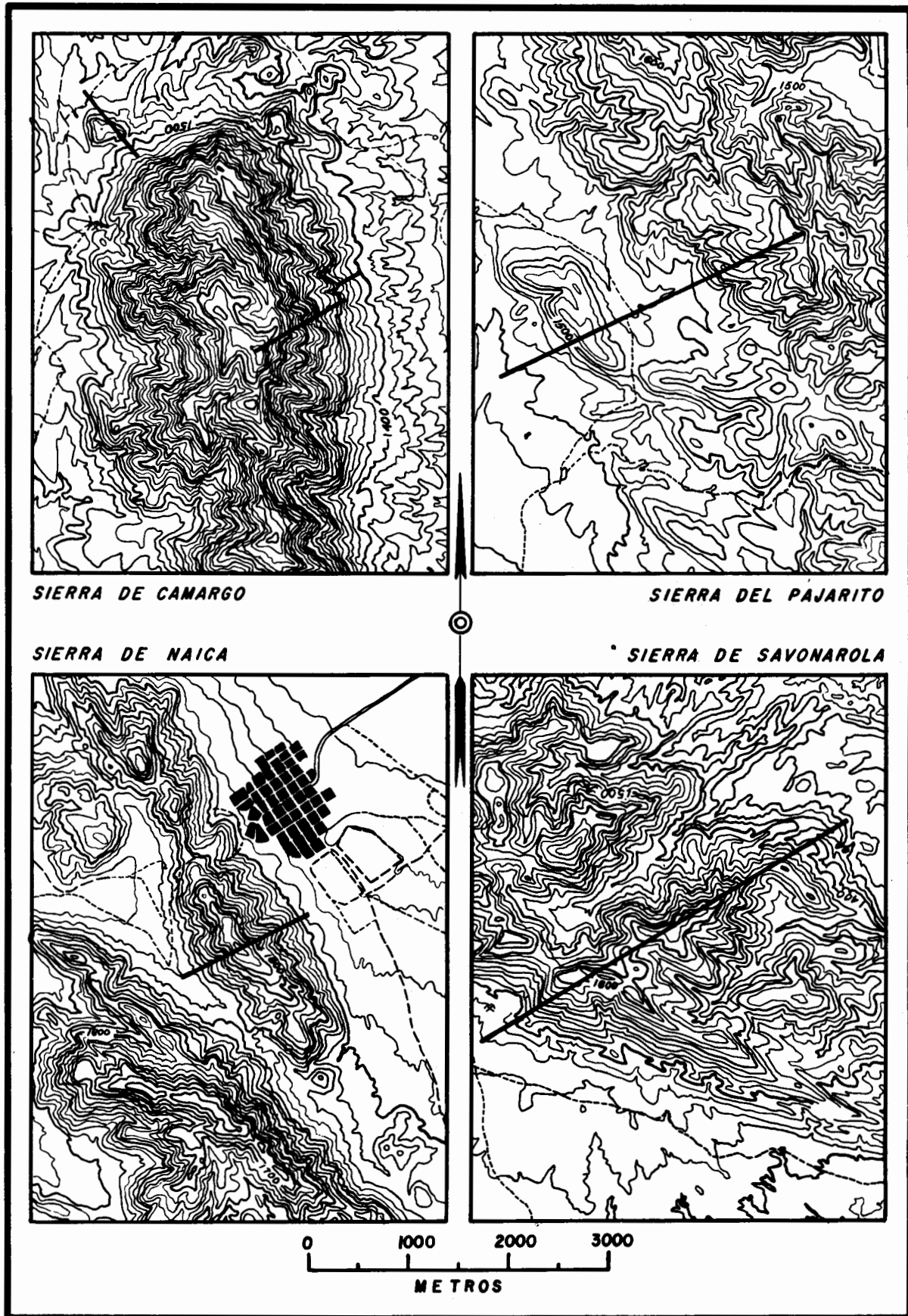


Figura 3.—Mapas que muestran la localización de las secciones estratigráficas estudiadas.

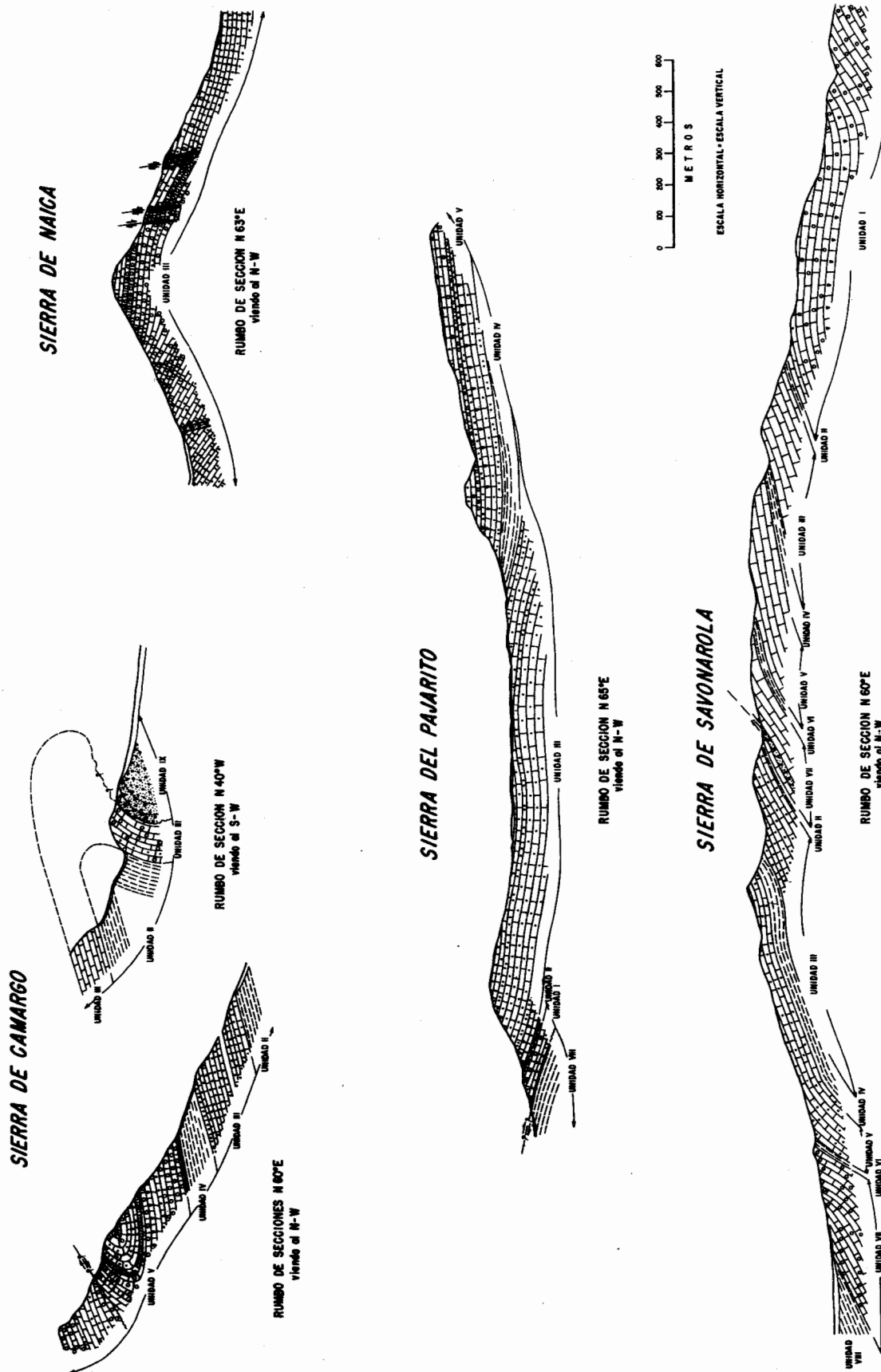


Figura 4.—Secciones estratigráficas de la región de Naica.

nados. Su contacto con el miembro suprayacente es transicional.

Miembro C.—Secuencia de estratificación media de 60 m de espesor, formada por calcilitita (micrita con bioclastos, espatita), de color crema en la parte inferior y dolomita calcárea (micrita con bioclastos dolomitizada), de color crema grisáceo, en la parte superior. Entre los constituyentes biógenos predominan los miliólidos (*Nummoloculina heimi* y *Quinqueloculina* sp.), *Dicyclina* sp., escasos fragmentos de moluscos (rudistas), ostrácodos y restos de equinodermos. La roca intemperiza a un color gris café, conteniendo escasas concentraciones de pederenal en nódulos y lentes. El límite superior de este miembro está en el contacto con los estratos masivos de la base del miembro D, que en algunos sitios for-

man escarpes casi verticales.

Miembro D.—Consiste en capas de estratificación gruesa a masiva con un espesor de 80 m. Está compuesto por calcarenitas bioclásticas con intraclastos, de grano fino a grueso y de color crema grisáceo. El elemento biógeno principal lo constituyen los fragmentos de moluscos (rudistas), equinodermos abundantes y escasos miliólidos (*Nummoloculina heimi*). Contiene además, numerosos cristales de dolomita agrupados en manchones asociados a compuestos orgánicos. Intercalado con las calcarenitas se presenta un conglomerado calcáreo de color gris crema y algunas capas de calcirrudita intraclástica de grano fino y de color crema claro. La roca intemperiza a un color gris café y contiene escaso pe-

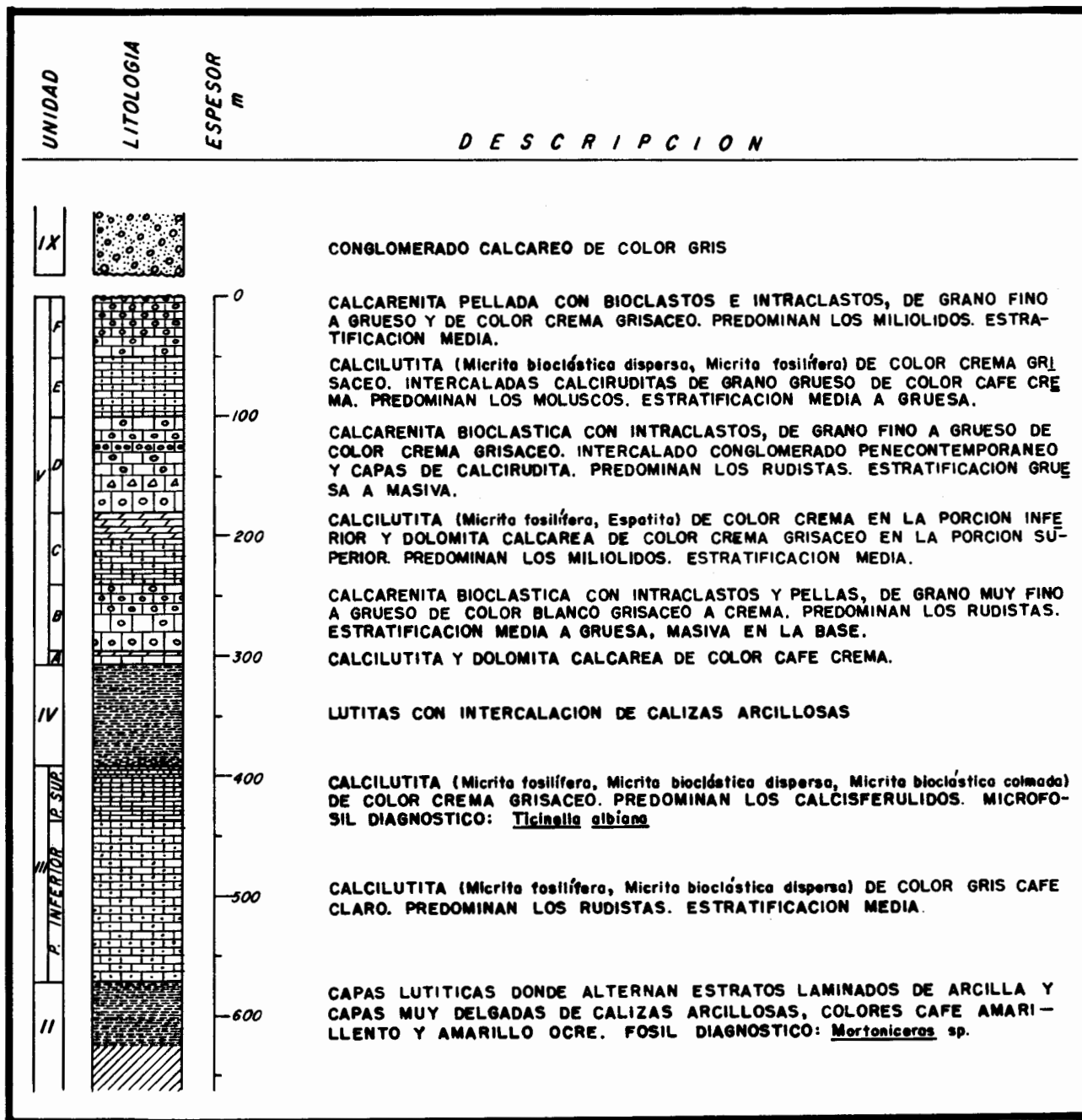


Figura 5.—Sección columnar de la secuencia estratigráfica en la Sierra de Camargo.

dernal en nódulos y láminas.

Miembro E.—Secuencia de capas con estratificación media a gruesa de aproximadamente 50 m de espesor. Parte de su porción superior se encuentra cubierta. Consiste en calcilitas arcillosas (micrita bioclástica dispersa, micrita con bioclastos), de color crema grisáceo. Entre los constituyentes biógenos predominan los fragmentos de moluscos (radiolíticos y otros rudistas), numerosos miliólidos (*Nummoloculina heimi*, *Quinqueloculina* sp. y *Triloculina* sp.), escasos *Dicyclina* sp. y restos de equinodermos. Intercaladas con las calcilitas se tienen capas de calcirrudita bioclástica de grano grueso y de color café crema grisáceo. Los nódulos de pedernal son sumamente escasos. La roca intemperiza a un color gris claro.

Miembro F.—La mayor parte se encuentra cubierta por material detrítico no consolidado. Consiste en capas de estratificación media que forman un pliegue recostado hacia el suroeste. Debido a esta estructura, a partir de la cima de este miembro (Figura 4), las capas están invertidas, repitiéndose los miembros F y E. Sobre la parte del miembro F que está en posición normal, se midió un espesor de 50 m; consiste en calcarenitas pelladas con bioclastos e intraclastos de color crema grisáceo. La mayor parte de los constituyentes biógenos corresponde a miliólidos (*Nummoloculina heimi* y *Quinqueloculina* sp.); además, contiene numerosos fragmentos de moluscos (rudistas y gasterópodos), restos de equinodermos y escasos ejemplares de *Dicyclina* sp. La roca intemperiza a un color gris claro.

Sobre el pliegue recostado mencionado anteriormente, se presenta una secuencia calcárea en cuya base se observó diastratificación, indicando que aquélla se encuentra en posición normal. Sumando la información suministrada por esta estructura primaria a la descripción petrográfica de la secuencia, se infiere que esta parte de la sección corresponde a una repetición que incluye la cima del miembro B, el miembro C y la parte inferior del miembro D, las cuales se encuentran cabalgando sobre los sedimentos subyacentes.

La edad asignada a la Unidad V corresponde al final del Albiano tardío.

Unidad IX

Los sedimentos correspondientes a esta unidad han sido reconocidos en la cabecera septentrional de la Sierra de Camargo, donde se encuentran cubriendo a las calizas de la Unidad III. Su espesor real se desconoce. Esencialmente, están compuestos por gravas calcáreas consolidadas de color gris, cuyos fragmentos tienen una composición similar a la de la mayor parte de las calizas anteriormente estudiadas. La ausencia de fósiles en esta unidad hace difícil la determinación de su edad; sin embargo, por su composición, se estima que su origen es posterior al de las rocas sedimentarias marinas que afloran en la región de Naica.

Sección de la Sierra del Pajarito.—Esta sección comprende seis unidades litológicas, de las cuales tres están constituidas por calizas y las otras tres por lutitas, dispuestas alternadamente por espacio de 500 m en sentido vertical, que es el espesor de la secuencia (Figuras 2, 3, 4 y 6).

Unidad I

Comprende la roca sedimentaria más antigua expuesta en la sección y está formada por una secuencia de 45 m de espesor, de calizas de color gris a gris oscuro, con estratificación delgada a media, que contienen a intervalos regulares estratos compuestos, en su mayor parte, por esqueletos de rudistas. Su parte inferior consiste principalmente en calcilita (micrita con bioclastos, micrita bioclástica colmada) de color gris con numerosas pellas fecales. El elemento biógeno principal corresponde a fragmentos de rudistas, numerosos gasterópodos, testas pequeñas de miliólidos (*Nummoloculina heimi*) y escasa *Dicyclina* sp. La parte superior está constituida por calcarenita bioclástica con intraclastos y pellas, de grano medio a grueso y de color gris a gris oscuro. La asociación faunística está formada principalmente por esqueletos de rudistas (fragmentados), gasterópodos, braquiópodos y miliólidos (*Triloculina* sp. y *Quinqueloculina* sp.); también se encontraron numerosos ejemplares de *Dicyclina* sp. La edad asignada a esta unidad corresponde a la parte media del Albiano.

Unidad II

Consiste en lutitas de color café oscuro, con intercalaciones de calizas arcillosas en capas muy delgadas de colores verde oscuro y café amarillento. En su mayor parte se encuentra cubierta por material detrítico no consolidado. Suprayace a la Unidad I en contacto concordante, alcanzando un espesor de 20 m.

Unidad III

Está compuesta por calizas de color café grisáceo a gris oscuro en capas de estratificación media a gruesa, alcanzando un espesor aproximado de 210 m. Las partes inferior y media se caracterizan por una mayor abundancia de capas de estratificación gruesa y numerosos nódulos y lentes de pedernal. Consisten esencialmente en calcilitas (micrita bioclástica dispersa, micrita bioclástica colmada, micrita con bioclastos), de color gris crema, con numerosos cristales de dolomita agrupados en manchones asociados a compuestos orgánicos. Intercaladas, se tienen calcarenitas bioclásticas de grano muy fino y de color café grisáceo, así como conglomerados contemporáneos dolomíticos. El elemento biógeno principal lo constituyen los rudistas, restos de equinodermos, escasas algas y foraminíferos biseriales. La parte superior está formada por capas de estratificación media, que consisten en calcilita pellada con bioclastos, de color gris café y calcarenita pellada con bioclastos de grano fino y de color café grisáceo. Los constituyentes biógenos corresponden, en su mayor parte, a miliólidos cuya cantidad se incrementa hacia la base, identificándose abundante *Nummoloculina heimi* y escasa *Quinqueloculina* sp.; además, se presentan ostrácodos, gasterópodos, rudistas y braquiópodos fragmentados y escasa *Dicyclina* sp. Intercalados con los estratos que contienen la asociación faunística anterior, se tienen otros con calciferúlidos, favusélidos y equinodermos pelágicos, entre los que es posible identificar escasas *Sto-*

miosphaera sphaerica, *Calcisphaerula innominata*, *Saccocoma* sp. y *Globochaete alpina*. Hacia la cima, la secuencia contiene algunos estratos de lutitas. Esta unidad es correlacionable con la Unidad III expuesta en la Sierra de Camargo.

Unidad IV

Salvo en pequeños puntos donde aflora, la unidad se encuentra totalmente cubierta por material detrítico no consolidado. Se infiere que se trata de una secuencia de lutitas, cuyo espesor aproximado es de 60 m.

Unidad V

Morfológica y petrográficamente está constituida por cinco miembros de calizas (A, B, C, D y E), que conforman un espesor de 130 m. Los miembros A, C y E, de 20, 24 y 12 m de espesor, respectivamente, integran una secuencia calcárea de capas con estratificación media a gruesa, que consisten en calcilutita (micrita bioclástica colmada, mi-

crita con bioclastos) de color gris café, calcarenita pellada con bioclastos, de grano muy fino y de color gris oscuro, y calcirrudita bioclástica de grano fino y de color gris crema. Se presentan nódulos y lentes de pedernal. La asociación faunística consiste en abundantes miliólidos (*Nummuloculina heimi*, *Triloculina* sp. y *Quinqueloculina* sp.), escasos fragmentos de equinodermos y moluscos (rudistas y gasterópodos), y muy escasos foraminíferos uni- y biseriales.

Los miembros B y D, de 44 y 30 m de espesor, respectivamente, consisten en capas de calizas de estratificación gruesa a masiva. Los estratos masivos coronan la cima de cada miembro, formando escarpes casi verticales. En general, están constituidos por calcarenitas bioclásticas con pellas, de grano muy fino a medio y de color gris, calcilutitas dolomitizadas (micrita con bioclastos dolomitizada), conglomerados penecontemporáneos y nódulos, lentes y láminas de pedernal. La asociación faunística está compuesta por rudistas y equinodermos, la mayoría fragmentada. La edad asignada a esta unidad corresponde a la parte alta del Albiano tardío.

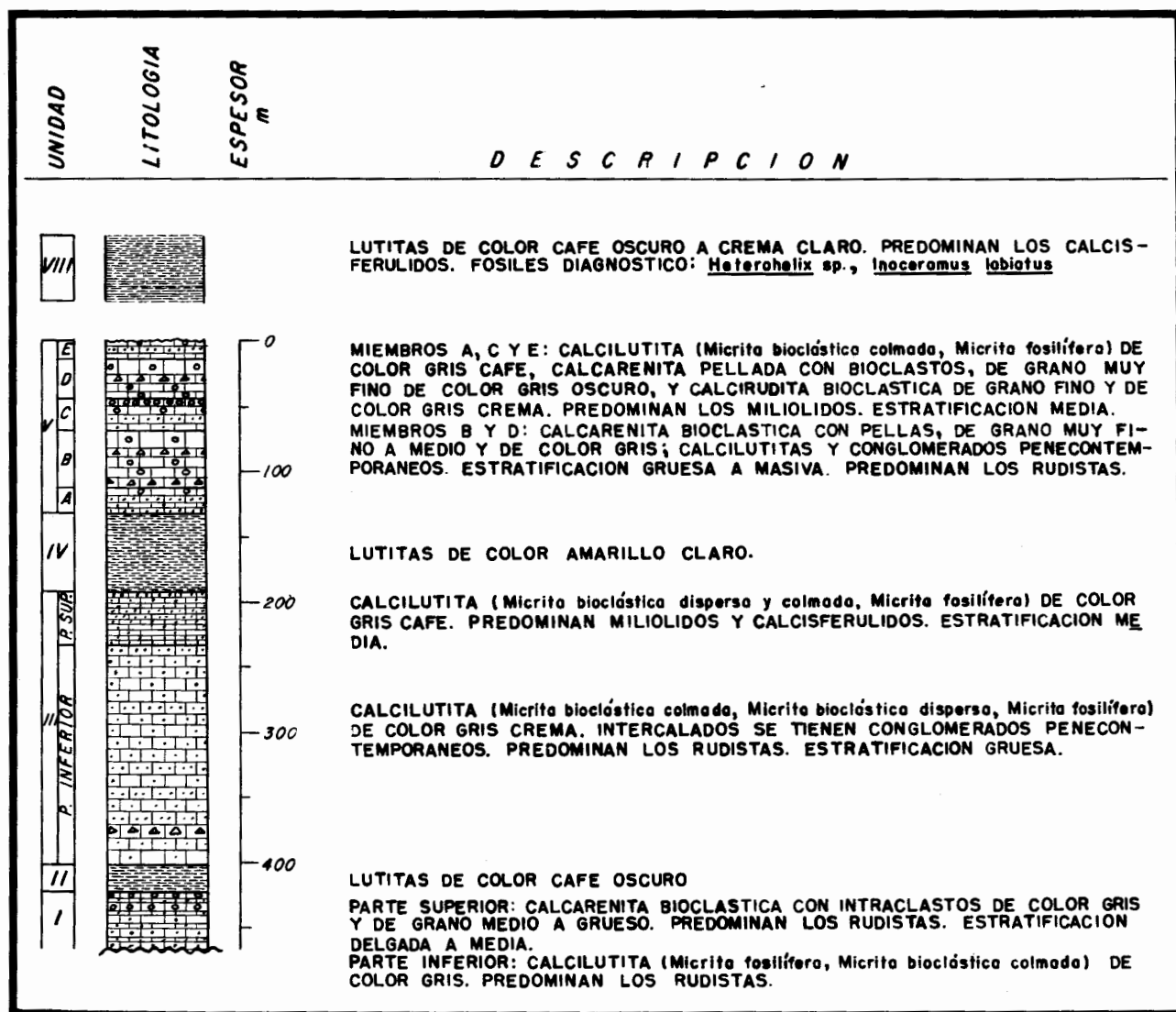


Figura 6.—Sección columnar de la secuencia estratigráfica en la Sierra del Pajarito.

Unidad VIII

Esta unidad aflora en la parte inferior de la sección. Está constituida por lutitas de color café oscuro a crema claro, en capas de estratificación muy delgada (5 a 20 cm), en las que alternan estratos laminados de arcilla con capas de caliza arcillosa. Los clásticos de cuarzo, del tamaño de arena fina, son escasos. La asociación faunística está compuesta principalmente por calcisferúlidos y globigerináceos (*Pithonella ovalis*, *Calcisphaerula innominata* y *Stomiosphaera sphaerica*), escasos fragmentos de moluscos y equinodermos. En esta unidad se colectó *Inoceramus labiatus*, de edad cenomaniano-turoniana, y *Heterohelix* sp. de edad cenomaniana.

El contacto entre la unidad suprayacente (Unidad I) y esta Unidad VIII es una cabalgadura. Esto se explica en virtud de que la secuencia de rocas sedimentarias suprayacentes es más antigua (Albiano) que las rocas de la Unidad VIII (Cenomaniano-Turoniano).

Sección de la Sierra de Savonarola.—La Sierra de Savonarola se encuentra aproximadamente a 40 km al S 60° W de Ciudad Delicias y a 7 km al S 11° W de San Pedro de Conchos (Figuras 3, 4 y 7). Longitudinalmente, se prolonga por espacio de 10 km en dirección N 60° W y constituye el flanco suroccidental de un anticlinal cuya charnela ha sido erosionada. Las capas estratigráficamente más altas de este flanco albergan yacimientos argentomanganíferos, alojados en vetas y mantos.

A lo largo de la sección geológica levantada en esta sierra, se reconocieron siete unidades de calizas, dispuestas alternadamente con otro tanto de lutitas, estando cuatro de estas últimas plenamente confirmadas por su exposición en afloramientos aislados y las otras tres solamente inferidas por sus características morfológicas sobre el terreno y por las relaciones petrográficas de las unidades adyacentes. Del estudio en láminas delgadas de las muestras colectadas sobre esta sección y basándose en estructuras primarias, se concluye que la secuencia sedimentaria se encuentra en posición normal. Posiblemente exista una repetición de las unidades litológicas debida a cabalgadura o fallamiento, ya que varias de las unidades presentan características similares en cuanto a su petrografía y asociación faunística. Para confirmar o rechazar lo anterior, son necesarios mayores datos de campo. No obstante, la descripción de las unidades se presenta, infiriéndose que existe una repetición en la secuencia.

Unidad I

Consiste en una secuencia calcárea de capas con estratificación media a gruesa, de color gris a gris oscuro con numerosos nódulos y lentes de pedernal. Se encuentra en la base de la secuencia sedimentaria abarcada en esta sección. Su espesor real se desconoce, alcanzando la parte estudiada 260 m. Consiste en calcarenita pellada con bioclastos, de grano muy fino a medio y de color gris a gris café oscuro, y calcilutita (micrita con bioclastos, micrita con bioclastos dolomitizada) de color gris oscuro. Gran parte de los elementos biógenos ha sufrido recristalización. Entre los diagnosticables predominan los miliólidos (*Quinqueloculina* sp., *Nummoloculina heimi*), nu-

merosos ejemplares de *Dicyclina* sp., escasos fragmentos de moluscos, espinas y otros restos de equinodermos.

Unidad II

Se encuentra cubierta en su mayor parte por material detrítico no consolidado. Los escasos afloramientos que se apreciaron revelan que se trata de sedimentos lutíticos con un espesor aproximado de 14 m.

Unidad III

Secuencia calcárea de 160 m de espesor en capas de estratificación media. La parte superior contiene estratos delgados de lutitas. Consiste en calcilutita intraclástica poco arcillosa (micrita bioclástica dispersa, micrita con bioclastos) de color gris oscuro a café grisáceo, con algunos clásticos de cuarzo subangulosos a subredondeados, de tamaño limoso grueso, y escasos nódulos de pedernal. La asociación faunística está constituida por abundantes espinas y otros restos de equinodermos, numerosos calcisferúlidos (*Stomiosphaera sphaerica*, *Stomiosphaera conoidea*, *Calcisphaerula innominata* y *Pithonella ovalis*), algunos globigerináceos (*Favusella confusa*) y escasos ejemplares de *Saccocoma* sp., foraminíferos uni- y biserials y fragmentos de moluscos. Esta unidad es correlacionable con la Unidad III de la Sierra de Camargo.

Unidad IV

Unidad lutítica que alcanza un espesor de 28 m. Está constituida por arcillas laminadas de color amarillo ocre y margas de estratificación muy delgada. Hacia la cima se colectó un bivalvo del género *Trigonia* sp., que muestra una gran semejanza con la especie *Trigonia guadalupae* de edad albiana tardía-cenomaniana temprana (Böse, 1910).

Unidad V

Esta unidad está compuesta por calizas de estratificación media a gruesa, con un espesor de 150 m. Puede ser dividida en dos miembros. El miembro inferior de 40 m de espesor, consiste en calcilutita arcillosa (micrita con bioclastos) de color gris a gris oscuro, con clásticos de cuarzo subangulosos de tamaño limoso grueso. Entre los constituyentes biógenos predominan los calcisferúlidos (*Calcisphaerula innominata*, *Stomiosphaera sphaerica* y *Pithonella ovalis*), escasos ejemplares de *Saccocoma* sp., espinas y otros fragmentos de equinodermos y ticinélidos. El miembro superior, de 110 m de espesor, está constituido por calcilutita (micrita bioclástica dispersa, micrita con bioclastos) de color gris a gris oscuro, en capas de estratificación gruesa y con escasos nódulos y lentes de pedernal. Contiene además numerosas pellas micríticas de tamaño calcarenítico muy fino y algunos intraclastos micríticos. Entre los constituyentes biógenos predominan los rudistas (la mayoría fragmentada), numerosos miliólidos (*Nummoloculina heimi*), escasos ejemplares de *Dicyclina* sp. y restos de equinodermos. Hacia la base se presentan numerosos esqueletos y birrostros de caprí-

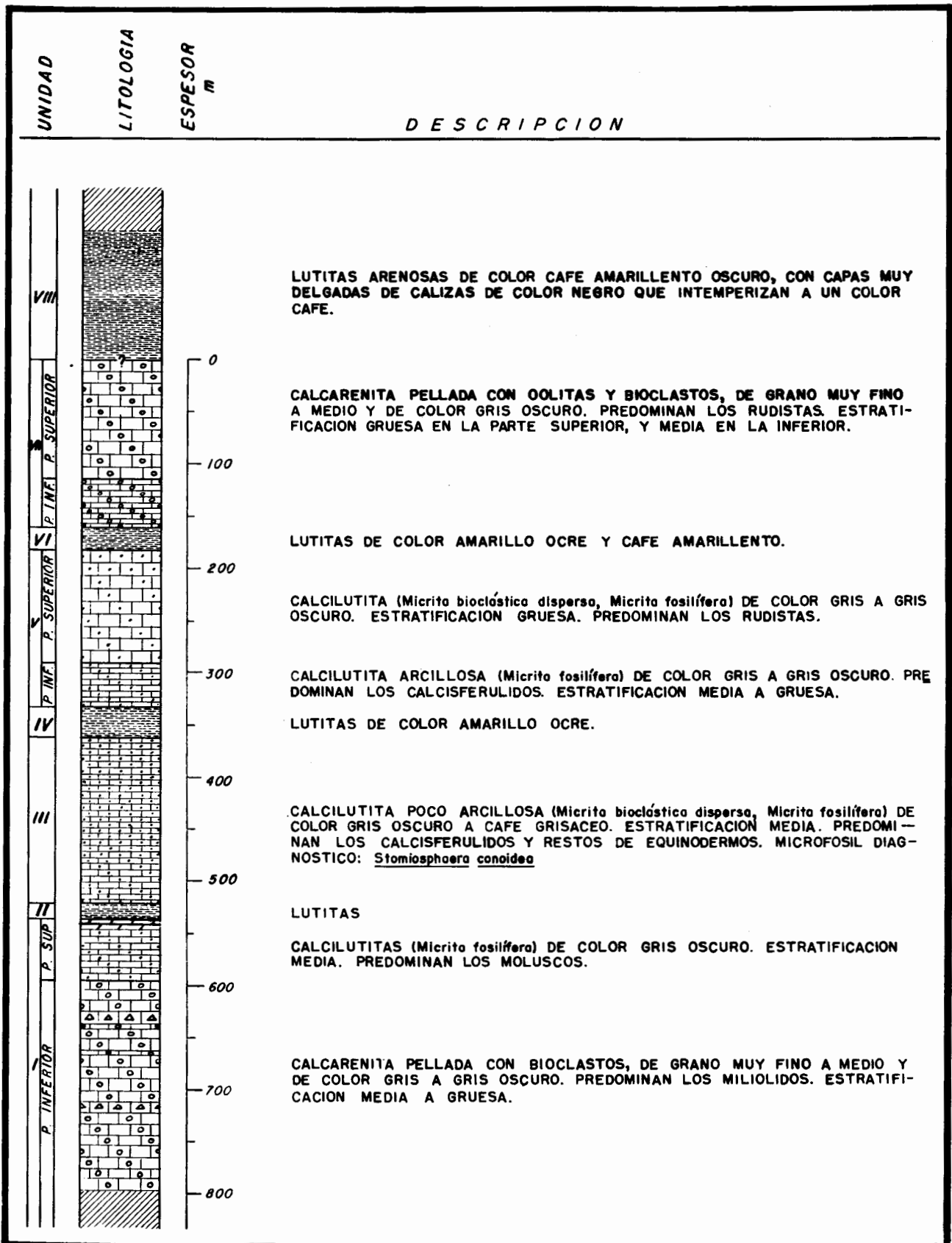


Figura 7.—Sección columnar de la secuencia estratigráfica en la Sierra de Savonarola.

nidos, conservados en posición paralela a los planos de estratificación, escasos gasterópodos, foraminíferos uni- y biseriales y restos de algas.

La edad asignada a esta unidad corresponde a la parte alta del Albiano tardío.

Unidad VI

Secuencia lutítica que subyace a la Unidad VII. Tiene un espesor de 18 m y se encuentra casi totalmente cubierta por material detrítico no consolidado. Su cima aflora sobre las paredes del arroyo que baja al noroeste del sitio donde se describe, en las que se distingue el contacto concordante con la unidad suprayacente. Está constituida por capas arcillosas laminadas de color amarillo ocre, en alternancia con margas café amarillentas de estratificación delgada.

Unidad VII

Su cima está cubierta por material detrítico no consolidado de edad reciente, por lo que se desconoce su espesor real. En el sitio donde se describe, alcanza un espesor aproximado de 160 m y está compuesta por calizas con estratificación media hacia la parte inferior y gruesa hacia la superior. Consiste en calcarenita pellada ligeramente arcillosa, con oolitas y bioclastos, de grano muy fino a medio y de color gris oscuro. Además, contiene clásticos de cuarzo angulosos a subangulosos de tamaño arenáceo muy fino. Las pellas son de material micrítico y las oolitas muestran varias etapas de crecimiento. Entre los constituyentes biógenos predominan los rudistas (la mayoría fragmentada), restos de equinodermos, briozoarios y foraminíferos uni- y biseriales en menor cantidad. La edad asignada a esta unidad corresponde al Cenomaniano temprano.

Unidad VIII

Aparentemente, se encuentra suprayaciendo a la Unidad VII y sus afloramientos se pueden encontrar esparcidos sobre el valle situado al surponiente de la sierra, ya que la mayor parte de la unidad está cubierta por sedimentos detríticos poco o nada consolidados. Es por ello que no es posible observar el contacto entre esta unidad y la Unidad VII. Consiste en lutitas arenosas de color café amarillento oscuro, con capas delgadas de caliza de color negro que intemperizan a un color café. La edad asignada a esta unidad corresponde al Cenomaniano-Turoniano.

Sección de la Sierra de Naica.—Esta serranía se encuentra en la parte oriental de un grupo de tres sierras, formado por las Sierras de Naica, de Enmedio y El Monarca (Figura 3). Se extiende por espacio de 5 km con una dirección aproximada de N 35° W. Su punto más alto alcanza 1,690 m sobre el nivel del mar y 370 m sobre el nivel medio del terreno circundante.

La secuencia sedimentaria abarcada en esta sección quedó incluida en una sola unidad litológica, la cual albergó a los depósitos minerales, situados sobre el nivel freático, que fueron económicamente explotables.

Unidad III

Está formada por 370 m de calizas con estratificación media a gruesa, predominando esta última (Figuras 4 y 8). La cima de la unidad está erosionada y el contacto con la unidad subyacente se encuentra cubierto por sedimentos detríticos recientes. Esencialmente, consiste en calcarenita oolítica con bioclastos e intraclastos, de grano muy fino a grueso y de color gris crema a gris oscuro, conteniendo escasos nódulos y lentes de pedernal. La asociación faunística está constituida por abundantes miliólidos (*Nummoloculina heimi*, *Quinqueloculina* sp. y *Triloculina* sp.), *Dicyclina* sp., *Dictyoconus* sp., fragmentos de rudistas y escasos restos de equinodermos y foraminíferos biseriales.

Intercalados con los estratos de calcarenita, hay otros de calcilita (micrita con bioclastos, micrita bioclástica colmada), de color gris claro a oscuro con numerosos nódulos y lentes de pedernal que se incrementan hacia la cima. En la parte inferior de la unidad, la mayoría de los constituyentes biógenos de las calcilitas ha sufrido recristalización, pudiendo diagnosticarse numerosos restos de equinodermos y miliólidos (*Nummoloculina heimi*), escasos ejemplares de *Saccocoma* sp. y *Dicyclina* sp. En la parte superior de la unidad predominan entre los constituyentes biógenos de las calcilitas, fragmentos de equinodermos, calciferúlidos, globigerináceos y miliólidos. Esta unidad es correlacionable con la Unidad III de la Sierra de Camargo.

AMBIENTE DE DEPOSITO

Sierra de Camargo.—Los sedimentos de la Unidad II en esta sierra, corresponden a facies neríticas, depositadas en aguas tranquilas de plataforma, según lo indica la presencia de margas, con una disminución progresiva en la profundidad del agua hacia el final del depósito. La presencia de pequeños lentes de yeso en la cima indica aguas marinas con circulación restringida.

El aporte de terrígenos fue cesando gradualmente, depositándose los sedimentos netamente calcáreos de la Unidad III (miembro inferior), en un medio de plataforma con aguas intermitentemente agitadas. La profundidad del agua fue incrementándose paulatinamente, hasta permitir la acumulación de depósitos de baja energía (miembro superior), como lo indica la gran cantidad de organismos pelágicos (calciferúlidos, globigerináceos, etc.).

El depósito de la Unidad III llegó a su fin debido, probablemente, a un súbito levantamiento al poniente de la Sierra de Camargo, dando paso a la acumulación de la Unidad IV, propiciada por suministros terrígenos arcillosos, los cuales corresponden a facies nerítica. De nuevo, fue cesando el aporte de terrígenos, dando lugar a los sedimentos calcáreos de la Unidad V, que inicialmente se depositaron en aguas tranquilas de baja energía (miembro A). Posteriormente, el depósito de los miembros B, D y F se efectuó en un medio de plataforma con aguas protegidas, cálidas, bien oxigenadas, ligera o moderadamente agitadas y de fondo somero. Los miembros C y E se depositaron en un ambiente poco más profundo que el anterior, de plataforma con aguas in-

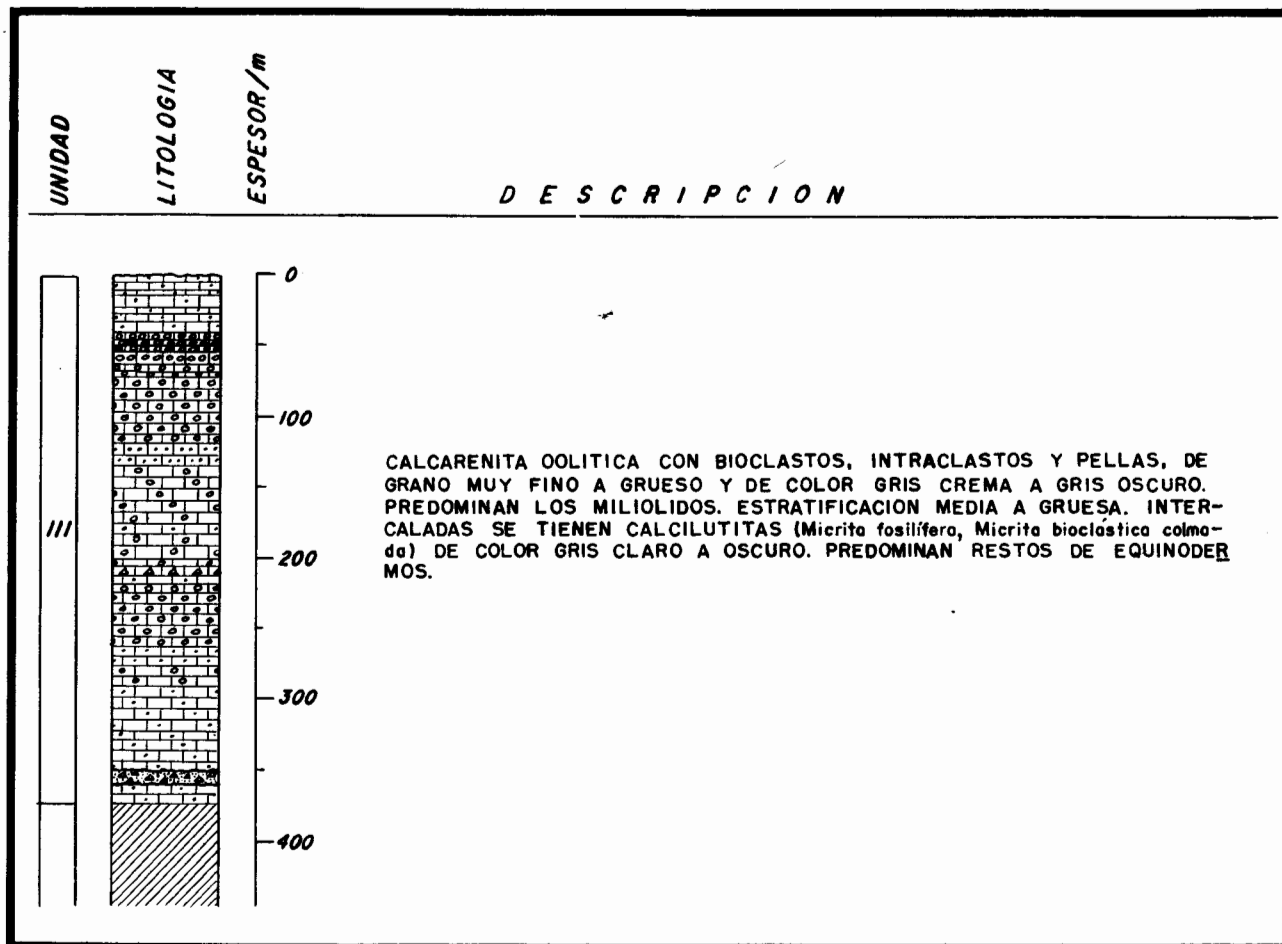


Figura 8.—Sección columnar de la secuencia estratigráfica en la Sierra de Naica.

termitentemente agitadas. Esta alternancia en los ambientes de depósito se originó, posiblemente, por fluctuaciones periódicas del nivel del mar.

Sierra del Pajarito.—Las calizas de la Unidad I en esta sierra fueron depositadas en un ambiente de plataforma, con aguas intermitentemente agitadas y de escasa profundidad, como lo indican la presencia de miliólidos (*Nummoloculina heimi*) y la alternancia de calcilutitas (micrita con bioclastos) con calcarenitas bioclásticas. La afluencia de sedimentos arcillosos terminó con el depósito de la unidad anterior, dando lugar a la Unidad II, constituyendo una facies nerítica. Posteriormente se efectuó el depósito de la Unidad III, cuyas partes inferior y media corresponden a sedimentos de plataforma somera, en los que alternan ambientes propiamente arrecifales (conglomerados periarrecifales, calcarenitas oolíticas) de aguas fuerte a moderadamente agitadas, con ambientes de plataforma de aguas con escasa profundidad e intermitentemente agitadas (micrita con bioclastos, micrita bioclástica colmada). La parte superior de la unidad se depositó en un ambiente de hundimiento progresivo, como lo indica la presencia de foraminíferos bentónicos en cantidad decreciente hacia la cima y la aparición cada vez mayor, de microfósiles pelágicos. La Unidad IV fue depositada bajo condiciones neríticas en un medio de plataforma. Los sedimentos de la Unidad V se acumularon en ambientes periarrecifales (miembros B

y D) de fondo somero y aguas cálidas fuerte a moderadamente agitadas, y subarrecifales (miembros A, C y E) de aguas intermitentemente agitadas. El depósito de la Unidad VIII se efectuó bajo condiciones neríticas de aguas tranquilas.

Sierra de Savonarola.—De los escasos afloramientos correspondientes a las Unidades II, IV, VI y VIII, puede inferirse que se depositaron en ambientes neríticos de baja energía. La parte inferior de la Unidad I se depositó en un ambiente de plataforma con aguas ligeramente agitadas y de escasa profundidad (fangos periarrecifales). Un incremento en la profundidad del agua propició el depósito de la parte superior de la unidad en un ambiente poco más profundo que el anterior, de plataforma con aguas intermitentemente agitadas (fangos interarrecifales). La Unidad III se depositó en el borde de un banco calcáreo, dentro de un mar epicontinental, según lo indica la presencia de microfósiles pelágicos asociados con fauna bentónica de plataforma somera (miliólidos y fragmentos de rudistas).

El ambiente de depósito que caracterizó a la Unidad V presenta dos tipos diferentes. El miembro inferior se depositó en un ambiente de baja energía (plataforma profunda), mientras que el miembro superior corresponde a un ambiente de plataforma con aguas someras, cálidas, bien oxigenadas y ligera a intermitentemente agitadas. El depósito de la Unidad VII se efectuó en un ambiente de alta energía

con aguas fuerte a moderadamente agitadas. Por sus características, se infiere que corresponde a una parte del conglomerado periarrecifal muy próximo al núcleo arrecifal.

Sierra de Naica.—Las partes inferior y media de la Unidad III se depositaron en un ambiente de alta energía, con aguas moderada a ligeramente agitadas, de fondo somero, según lo indica la gran cantidad de miliólidos (*Nummuloculina heimii*) y rudistas que contienen. Respecto a la parte superior de la unidad, se infiere que se depositó en el borde de un banco calcáreo, según lo indica la presencia de equinodermos pelágicos, calcisferúlidos y miliólidos.

CORRELACION

De los datos que se obtuvieron a partir de las observaciones en el campo y de las secciones estudiadas, se desprende que en la región circundante de Naica aflora un total de ocho unidades litológicas correspondiente al Albiano-Cenomaniano. En la Figura 9 se muestra el alcance bioestratigráfico de los microfósiles reconocidos en las unidades litológicas que afloran en la región. De éstas, la Unidad III contiene la mayor cantidad de microfósiles diagnósticos. De la Unidad II se sabe que, por lo menos su cima, queda comprendida dentro del Albiano superior, en virtud de que los estratos superiores de esta unidad contienen amonitas del género *Mortoniceras* sp., que es indicativo de ese nivel estratigráfico. La presencia de *Heterohelix* sp. en la Unidad VIII, hace posible situarla dentro de la biozona de *Heterohelix* (Bonet, 1956), del Cenomiano. Además, en esta misma unidad se colectó *Inoceramus labiatus* de edad cenomaniano-turoniana. El resto de las unidades carece de micro o macrofósiles útiles para la determinación exacta de sus edades. Los límites que se muestran en la Figura 10 quedan sujetos a las modificaciones que investigaciones futuras puedan proporcionar.

En el Estado de Chihuahua es posible reconocer 13 formaciones o unidades litoestratigráficas para el Sistema Cretácico, de las cuales ocho quedan comprendidas dentro del Albiano-Cenomaniano. Dichas formaciones son correlacionables con las siguientes unidades litoestratigráficas de Texas (Ramírez y Acevedo, 1957): *Eagle Ford* (lutitas), *Buda* (calizas), *Del Rio* (lutitas), *Georgetown* (calizas), *Kiamichi* (lutitas), *Edwards* (calizas), *Walnut* (lutitas y/o calizas) y *Glen Rose* (calizas).

Este conjunto de formaciones se asemeja mucho a las unidades reconocidas en la región de Naica, tanto en litología como en el lapso de tiempo comprendido entre la más antigua y la más joven de las unidades. De acuerdo con lo anterior, es posible establecer que las ocho unidades descritas en la región de Naica son correlacionables con las ocho formaciones que comprenden el Albiano-Cenomaniano de Texas, con base en la semejanza litológica y posición estratigráfica, en la forma siguiente:

| Unidades del área de Naica | | Formaciones de Texas |
|----------------------------|---|----------------------|
| Unidad VIII | — | <i>Eagle Ford</i> |
| Unidad VII | — | <i>Buda</i> |
| Unidad VI | — | <i>Del Rio</i> |
| Unidad V | — | <i>Georgetown</i> |
| Unidad IV | — | <i>Kiamichi</i> |
| Unidad III | — | <i>Edwards</i> |
| Unidad II | — | <i>Walnut</i> |
| Unidad I | — | <i>Glen Rose</i> |

MARCO PALEOGEOGRAFICO DEL ALBIANO-CENOMANIANO

Los datos suministrados por las secciones estratigráficas permiten esbozar de manera aproximada, una reconstrucción paleogeográfica de la región. Sin embargo, esta reconstrucción no es del todo completa en vista de que algunas de las unidades sobre las que está basada, no están expuestas en todas las localidades estudiadas.

Las relaciones que guardan entre sí las unidades litológicas se presentan en forma esquemática en el diagrama isométrico de la Figura 11. En ese diagrama se aprecia que el grupo compuesto por las Unidades II, IV y V, está representado en tres de las cuatro localidades donde se efectuó el estudio (secciones de las Sierras de Camargo, del Pajarito y de Savonarola). La Unidad III en cambio, es la única expuesta en las cuatro localidades.

Para la reconstrucción paleogeográfica se tomaron en cuenta las diferentes facies que representan las unidades antes mencionadas, las cuales se incluyeron en dos cuadros. El primero con las Unidades II y III (Figura 12), y el segundo con las Unidades IV y V (Figura 13).

Por lo que respecta a la Unidad I, no se cuenta con los datos paleogeográficos suficientes para hacer una reconstrucción similar a la que se puede intentar con las Unidades II, III, IV y V, en vista de que sólo se encuentra expuesta en forma incompleta en las secciones de las Sierras del Pajarito y de Savonarola. Un caso parecido ocurre con las Unidades VI, VII y VIII.

De la Figura 12 se desprende que después de la acumulación de la Unidad II (lutitas), se depositó la Unidad III (calizas), la cual constituye una parte de un complejo arrecifal (complejo arrecifal en el sentido en el que lo define Bonet, 1952), infiriéndose que su cuerpo principal (núcleos arrecifales), se encuentra orientado en dirección NW-SE. Por sus características, la facies que representa la Unidad III de la sección de la Sierra de Naica se encuentra más próxima al núcleo arrecifal que cualesquiera de las contenidas en las otras secciones. En el caso de la sección de la Sierra de Savonarola, los núcleos arrecifales se localizan en el valle al poniente de la sierra, y en las secciones de las Sierras de Camargo y del Pajarito, los núcleos se encuentran entre ellas.

Por lo que respecta al cuadro de la Figura 13, también existe otro complejo arrecifal, inferido de los datos recabados de la Unidad V, y aunque ésta no se encuentra representada en la sección de la Sierra de Naica, los datos obtenidos en las localidades circunvecinas (Sierras de Camargo, del Pajarito

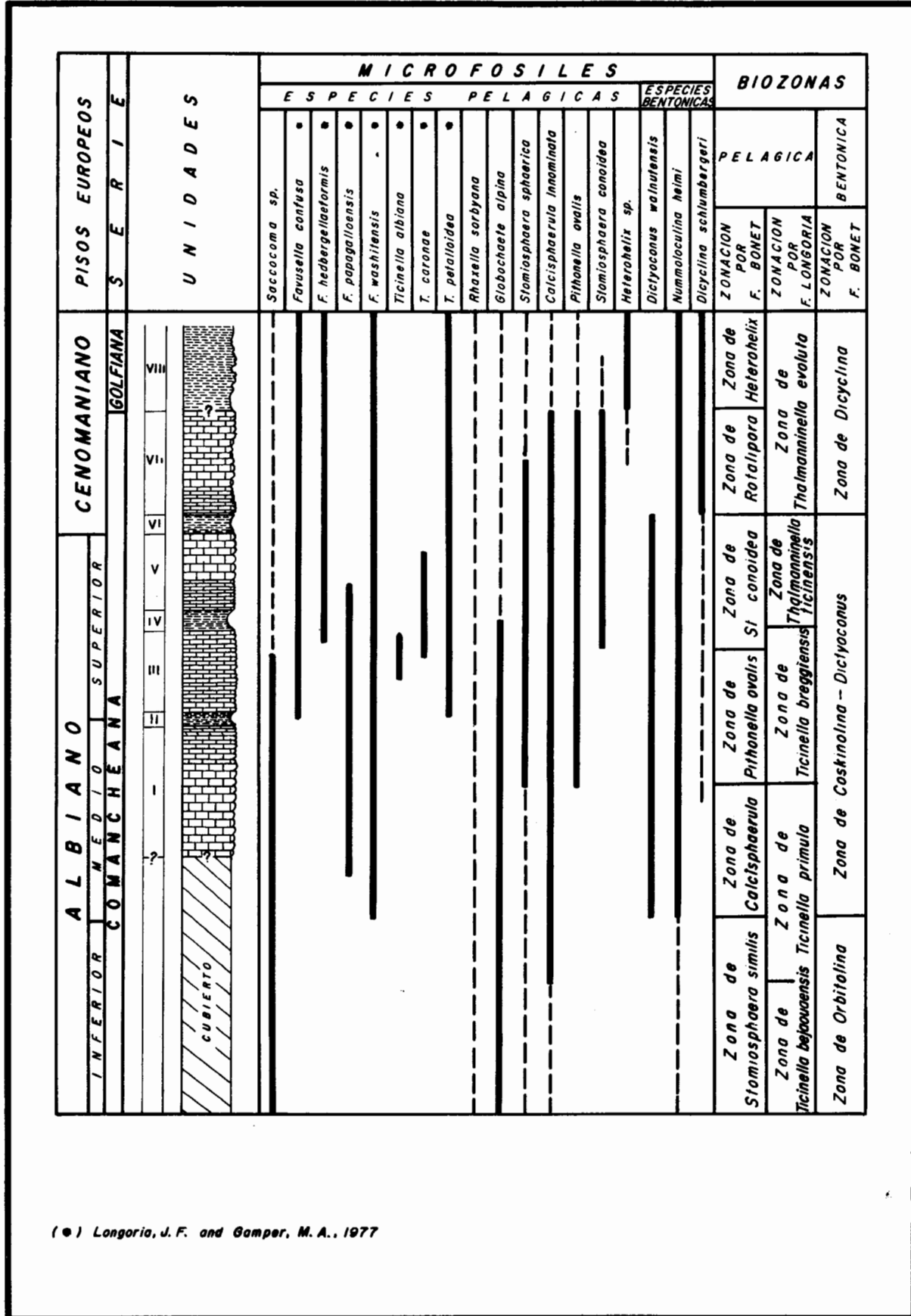


Figura 9.—Alcance bioestratigráfico de los microfósiles identificados en la secuencia estratigráfica cretácica de la región de Naica.

(●) Longoria, J. F. and Gamper, M. A., 1977

y de Savonarola) permiten inferir la presencia de biostromas dentro de este horizonte, dispuestos en la forma en que se ilustra. Este horizonte constituye un banco calcáreo muy extenso (facies de plataforma somera), cuya anchura y longitud no es posible determinar con los datos disponibles.

| SISTEMA | SERIES | PISOS EUROPEOS | | m. g. | SECCION DE LA SIERRA DE SAVONAROLA | SECCION DE LA SIERRA DEL PAJARITO | SECCION DE LA SIERRA DE CAMARGO | SECCION DE LA SIERRA DE NAICA |
|-----------|-------------|----------------|-------------|-------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | | TURONIANO | CENOMANIANO | | | | | |
| CRETACICO | GOLF. | TURONIANO | | 100 | UNIDAD VIII | UNIDAD VIII | | |
| | | CENOMANIANO | | | UNIDAD VII | | | |
| | COMANCHEANA | ALBIANO | Superior | | UNIDAD VI | | | |
| | | | | | UNIDAD V | UNIDAD V | UNIDAD V | |
| | | | | | UNIDAD IV | UNIDAD IV | UNIDAD IV | |
| | | | | | UNIDAD III | UNIDAD III | UNIDAD III | UNIDAD III |
| | | Medio | UNIDAD II | | UNIDAD II | UNIDAD II | | |
| | | | UNIDAD I | | UNIDAD I | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Figura 10.—Tabla de correlación estratigráfica.

RECONOCIMIENTOS

El proyecto de estudio fue sugerido por el Dr. Zoltan de Cserna del Instituto de Geología, bajo cuya supervisión se desarrolló el mismo. El Dr. de

Cserna acompañó al autor en dos ocasiones en el campo, ofreció orientación y revisó críticamente el manuscrito.

Los trabajos petrográficos y micropaleontológicos fueron realizados bajo la guía del Biól. Agustín Becerra y con la supervisión del Dr. Federico Bonet, ambos del Instituto Mexicano del Petróleo. La Dra. Gloria Alencáster de Félix del Instituto de Geología, orientó al autor en la identificación de los macrofósiles recolectados. En la integración de los datos micropaleontológicos y confirmación de algunos microfósiles, el Dr. Francisco Longoria, entonces del Instituto de Geología, ofreció sugerencias y ayuda muy acertadas. El Dr. Ismael Ferrusquía, también del Instituto de Geología, hizo valiosas recomendaciones a la parte estratigráfica del texto, así como a la redacción del mismo.

La subsistencia del autor durante 1977 fue facilitada por una beca-crédito otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. El costo de los trabajos de campo, el de las láminas delgadas y superficies pulidas, fue sufragado por la Cía. Fresnillo, S. A. La elaboración del presente estudio se desarrolló bajo un contrato que el Ing. Diego A. Córdoba, en su calidad de Director del Instituto de Geología, otorgó al autor.

Se considera pertinente expresar los agradecimientos más cumplidos al Dr. George K. Lowther y a los Ings. Neftalí Bravo y José Mares, de la Cía. Fresnillo, S. A.; al Dr. Federico Bonet y Biól. Agus-

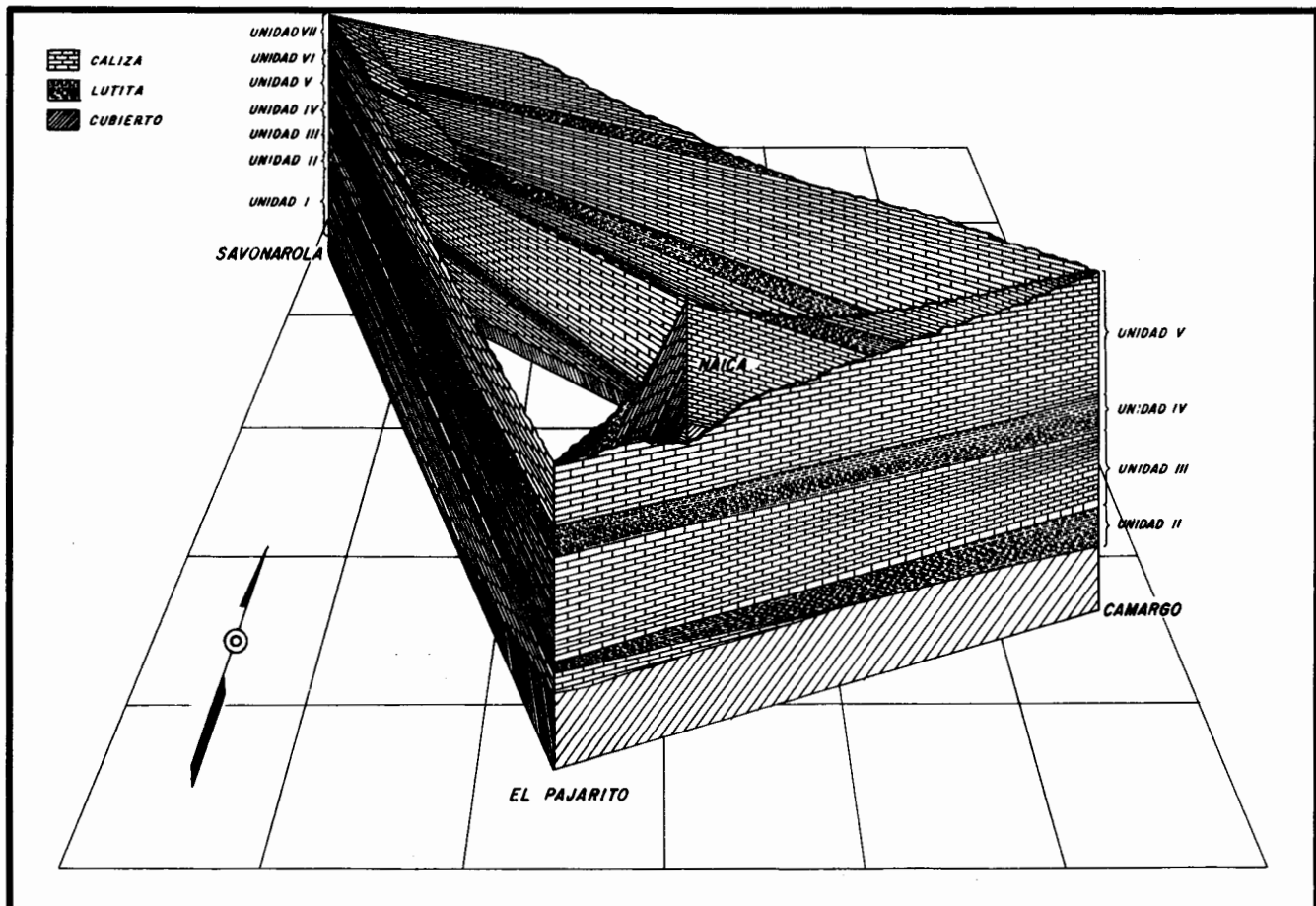


Figura 11.—Diagrama isométrico con las secciones columnares, tomando como referencia a la Unidad III.

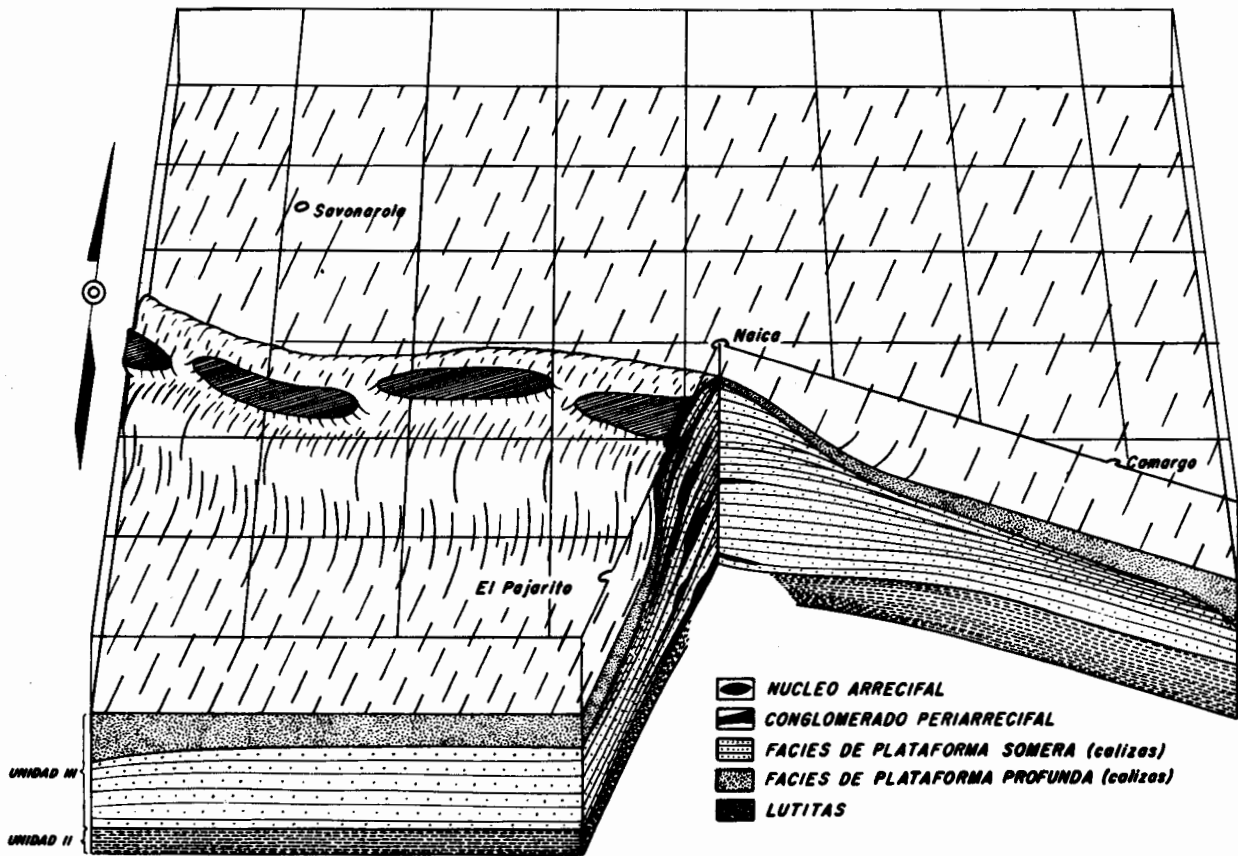


Figura 12.—Diagrama isométrico que muestra las relaciones paleogeográficas de las Unidades II y III.

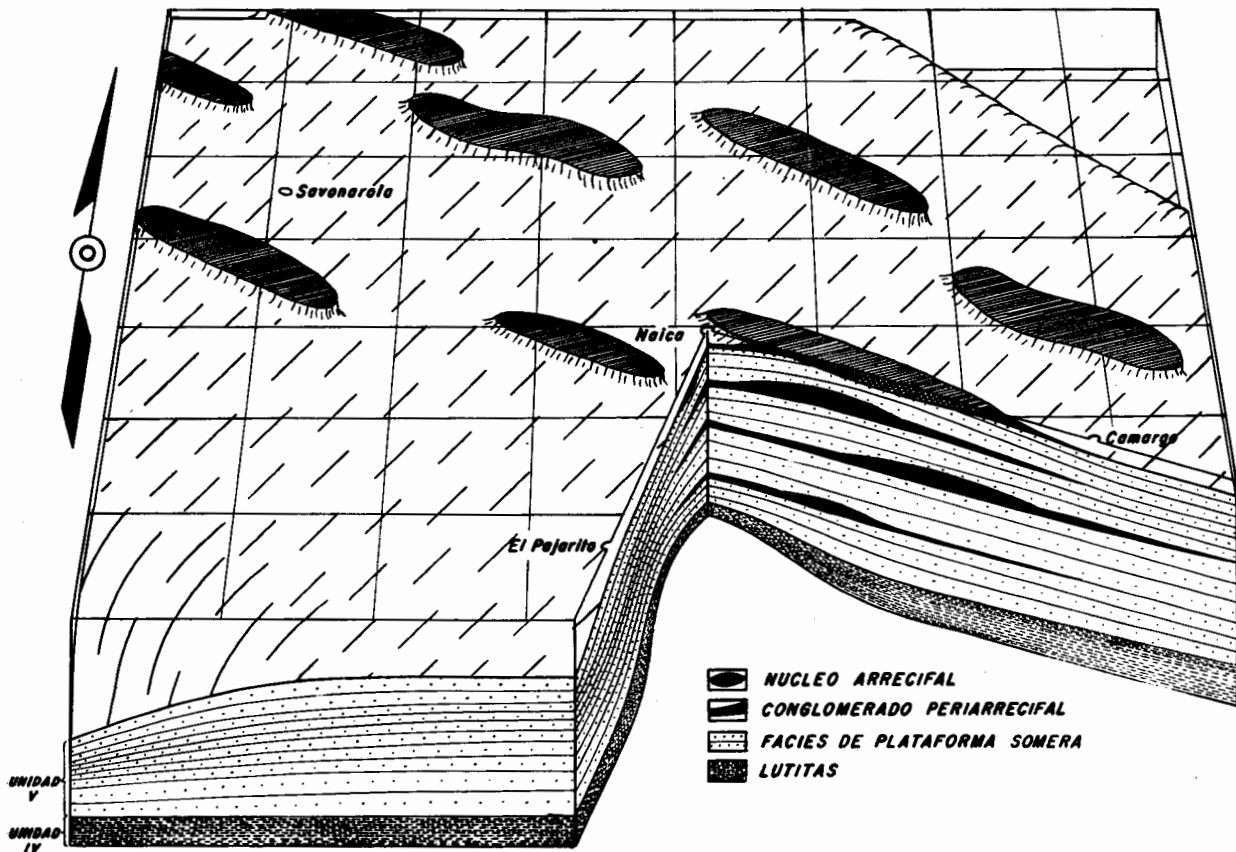


Figura 13.—Diagrama isométrico que muestra las relaciones paleogeográficas de las Unidades IV y V.

tín Becerra, del Instituto Mexicano del Petróleo; al Ing. Diego A. Córdoba, Biól. Celestina González y los Dres. Gloria Alencáster de Félix, José Francisco Longoria, Ismael Ferrusquía y Zoltan de Cserna, del Instituto de Geología. Sin la ayuda desinteresada de estas personas, no hubiera sido posible realizar el presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bonet, Federico, 1952, La facies urgoniana del Cretácico medio de la región de Tampico: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 4, p. 153-262.
- 1956, Zonificación microfaunística de las calizas cretácicas del este de México: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 8, p. 389-488.
- Böse, Emil, 1910, Monografía geológica y paleontológica del Cerro de Muleros, cerca de Ciudad Juárez, Chih.: Inst. Geol. México, Bol. 25, 196 p.
- Comisión Americana de Nomenclatura Estratigráfica, 1970, Código de Nomenclatura Estratigráfica: México, D. F., Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, 28 p.
- Franco-Rubio, Miguel, 1978, Estratigrafía del Albiano-Cenomaniano en la región de Naica, Chihuahua, y su relación con los yacimientos de plomo y zinc: Univ. Nal. Autón. México, Fac. Ciencias, tesis de maestría, 129 p. (inédita).
- Folk, R. L., 1962, Spectral subdivision of limestone types: in W. E. Ham, ed., Classification of carbonate rocks. Am. Assoc. Petroleum Geologists, Mem. 1, p. 62-84.
- Longoria, J. F., y Gamper, M. A., 1977, Albian planktonic foraminifera from the Sabinas basin of northern Mexico: Jour. Foram. Research, v. 7, p. 196-215.
- Plumley, W. J., Risley, G. A., Graves, R. W. Jr., y Kaley, M. E., 1962, Energy index for limestone interpretation and classification: in W. E. Ham, ed., Classification of carbonate rocks. Am. Assoc. Petroleum Geologists, Mem. 1, p. 85-107.
- Raisz, Erwin, 1959, Landforms of Mexico: Cambridge, Mass., mapa con texto, escala 1: 3,000,000 aprox.
- Ramírez, J. C., y Acevedo, F. C., 1957, Notas sobre la geología de Chihuahua: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 9, p. 583-766.
- Stone, J. G., 1959, Ore genesis in the Naica district, Chihuahua, Mexico: Econ. Geology, v. 54, p. 1002-1034.
- Wilson, I. F., 1956, El distrito minero de Naica, Chihuahua, México: México, D. F. Cong. Geol. Internal., 20, Libro-Guía de la Excursión A-2 y A-5, p. 63-75.
- Wilson, J. L., 1969, Microfacies and sedimentary structures in "deeper water" lime mudstones: in G. M. Friedman, ed., Depositional environments in carbonate rocks. Soc. Econ. Paleon. and Mineralogists, Publ. 14, p. 4-16.