

UN BANCO CALIZO DEL CRETACICO EN LA PARTE  
ORIENTAL DEL ESTADO DE QUERETARO, MEXICO. \*

Por B. W. Wilson, (1) J. P. Hernández M. (2) y E. Meave T. (2)

R E S U M E N

El distrito minero de El Doctor, situado en la parte oriental del Estado de Querétaro, descansa sobre una serie de rocas del Jurásico Superior y del Cretácico, en las que se han desarrollado plegamientos muy complejos. Entre esas rocas destaca, por su importancia, el complejo calizo de El Doctor, orientado al noroeste y constituido por cuatro facies paralelas que son, de suroeste a noreste: la caliza Cerro Ladrón, constituida por un banco que se formó en agua somera; el conglomerado El Socavón, que constituía el *lado prearrecifal*; la caliza San Joaquín, dispuesta en estratos gruesos con nódulos de pedernal, y la caliza La Negra, que corresponde a una facies de agua más profunda, caracterizada por capas delgadas con pseudoestratos lenticulares de pedernal intercalados. El banco calizo tiene más de 50 kilómetros de largo, unos 20 kilómetros de anchura máxima y 1,500 metros de espesor, es decir, cinco veces el espesor de la facies La Negra, a la que es de edad equivalente.

La caliza Cerro Ladrón consiste principalmente de un banco formado por lodos calizos litificados de estratificación gruesa, con biostromas de rudistas y conglomerados calizos de grano fino en su áreas marginales. Algunas de sus características son: 1) el haber sido una barrera, 2) haber resistido al oleaje, 3) estar bien estratificado, 4) no presentar una estructura formada por exoesqueletos y 5) tener un lado prearrecifal de conglomerado. Por estas características se aprecia que el banco constituido por la caliza Cerro Ladrón difiere un poco de los bancos calizos o arrecifes orgánicos descritos en la literatura geológica, aunque bien puede ser semejante La Faja de Oro, una inmensa masa caliza subterránea en el norte del Estado de Veracruz.

\* Publicación autorizada por el Director General del Instituto Nacional para la investigación de Recursos Minerales y el Director del Servicio Geológico de los Estados Unidos de América. Manuscrito recibido en noviembre de 1954.

1 Geólogo del Servicio Geológico de los Estados Unidos de América.

2 Geólogos del Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales.

## I N T R O D U C C I O N

Un banco calizo del Cretácico fué encontrado por los autores en el curso de un estudio geológico detallado del distrito minero de El Doctor, en la parte oriental del Estado de Querétaro. Dicho estudio se inició en el invierno de 1952, como un proyecto de cooperación entre el Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales y el Servicio Geológico de los Estados Unidos de América bajo el programa de cooperación técnica entre los dos países, auspiciado por la Administración de Asuntos Extranjeros de los Estados Unidos de América y por el Gobierno de México. En la fecha de elaboración de este trabajo (mayo de 1954) el proyecto no estaba terminado; el informe completo se publicará posteriormente.

El distrito de El Doctor tiene aproximadamente 1000 kilómetros cuadrados de extensión, ocupa la porción oriental del Estado de Querétaro y se extiende hasta los límites con el Estado de Hidalgo (Fig. 1), quedando como 25 kilómetros al poniente del conocido distrito minero de Zimapán, situado en el kilómetro 205 de la carretera México-Laredo y al nornoroeste de la ciudad de México. La región es sumamente escabrosa, tiene como 2,200 metros de relieve máximo y, aunque sus altos acantilados y espectaculares barrancas ofrecen afloramientos magníficos, constituyen a la vez serios obstáculos para el transporte. La mayor parte de la región es apenas accesible por veredas o caminos de herradura; puede transitarse en automóvil por unos cuantos caminos sin revestimiento.

## DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA GENERAL

La interpretación de las relaciones que guardan entre sí las diferentes unidades litológicas resulta difícil no sólo por la discontinuidad o inaccesibilidad de los afloramientos en general, sino también por la complejidad de algunas de las deformaciones estructurales. Las rocas más antiguas que pueden verse en los afloramientos pertenecen probablemente al final del Jurásico Superior. La litología de estos sedimentos del Jurásico Superior va cambiando, de noreste a suroeste, desde una interestratificación de caliza y lutita, a lutita, grauvaca y caliza interestratificadas; más adelante a grauvaca y lutita, y, finalmente, a grauvaca y arkosa macizas. Los cambios litológicos tan marcados, en unas cuantas decenas de kilómetros, sugieren que las rocas jurásicas se depositaron cerca de una ribera o bien, que fueron truncadas por la erosión antes del depósito de las rocas suprayacentes del Cretácico.

No parece haber rocas pre-albianas del Cretácico Inferior en esta región, quedando las rocas del Jurásico Superior cubiertas directamente por la caliza El Doctor \*, del Albiano-Cenomaniano

(Transición entre el Cretácico Inferior y el Superior). La caliza El Doctor se distingue por numerosos y abruptos cambios de facies y espesor, factores que se discuten con mayor amplitud más adelante; presenta su mayor espesor hacia el oeste y suroeste, desapareciendo por completo en algunos lugares. Este adelgazamiento y la presencia ocasional de guijas, guijarros y guijones del Jurásico en un conglomerado basal de caliza, indican la existencia de un litoral del mar albiano-cenomaniano cerca del límite occidental del distrito de El Doctor.

La caliza El Doctor está cubierta por la formación Soyatal, del Turoniano (principios del Cretácico Superior). El contacto parece ser concordante en algunos lugares y discordante en otros. La parte inferior de la formación Soyatal está formada por estratos bien definidos, de 10 a 20 centímetros de espesor, de caliza gris oscura de grano fino, separados por intercalaciones delgadas de lutita roja. La parte superior consiste de caliza con interstratificación de capas más delgadas (5 a 10 centímetros) de caliza arcillosa y lutita calcárea. Mientras que hay algunos lugares del distrito en los que no se presenta esta formación, hay otros donde alcanza un espesor máximo aproximado de 150 metros. La naturaleza del contacto superior no está bien definida.

Los estratos de la lutita Méndez son los más jóvenes del Mesozoico en este distrito, descansan sobre la formación Soyatal y se definen como incluyendo todos los estratos del Cretácico Superior cuyas edades quedan comprendidas del Coniaciano al Maestrichtiano. La litología más típica está representada por estratos gruesos de lutita gris oscura y algo carbonosa que predominan entre otros más delgados de caliza, lutita calcárea y grauvaca, y que alternan con ellos. La cima de la lutita Méndez es en su totalidad una superficie de erosión sobre la que yacen rocas cenozoicas, de diversa composición, en marcada discordancia angular. Se desconoce el espesor total de la lutita Méndez, pero se ha estimado en cerca de 1,000 metros.

#### DESCRIPCION GENERAL DE LA ESTRUCTURA DE LAS ROCAS MESOZOICAS

Durante la revolución Laramide, que ocurrió entre el final del Cretácico y el final del Eoceno, las rocas mesozoicas se deformaron en una serie de pliegues de rumbo norte a noroeste (Fig 2) y recostados al este o noreste. Los pliegues recostados varían desde muy inclinados hasta francamente recumbentes. Los pliegues recumbentes están caracterizados por un limbo inferior corto, en

contraste con los pliegues de tipo alpino, en los cuales el limbo inferior es casi tan largo como el superior. Los pliegues muy inclinados son casi isoclinales.

Los detalles del plegamiento son extremadamente complejos. Los grandes anticlinorios son pliegues compuestos que consisten hasta de cuatro magnitudes diferentes de pliegues superpuestos. En los estratos delgados, los pliegues son más pequeños y más complejos que en los estratos gruesos. La gran cantidad de pliegues superpuestos presenta un obstáculo para el estudio estratigráfico, ya que la secuencia de los estratos no puede determinarse con precisión y el espesor verdadero de las diferentes formaciones no puede medirse con certeza debido a la complicada repetición de los estratos. Más aún, durante el plegamiento, hubo movimientos a lo largo de los planos de estratificación, que oscurecieron las relaciones de contacto.

#### FACIES DE LA CALIZA EL DOCTOR

Los que esto escriben han dividido la caliza El Doctor en cuatro facies diferentes que, aunque consisten principalmente de caliza, pueden ser planificadas separadamente. Estas facies forman fajas orientadas al noroeste (Figs. 3 y 4) y se denominan, de noreste a suroeste: La Negra, San Joaquín, Socavón y Cerro Ladrón.

La facie La Negra se encuentra distribuída en una extensión mayor que cualquiera de las ocupadas por las demás facies. Ocupa dos zonas orientadas al noroeste, que siguen los límites noreste y suroeste del distrito de El Doctor, y se unen alrededor del extremo noroccidental de las otras facies (Fig. 3). Consiste de estratos de caliza, de 10 a 20 centímetros de espesor, con seudoestratos lenticulares de pedernal negro, de 1 a 10 centímetros de espesor. Casi en todas partes, los estratos de caliza están compuestos a su vez de láminas formadas por material clástico de grano fino. Las intercalaciones de lutita roja son comunes. El espesor total de la unidad no parece ser mayor de 300 metros. Esta facie es casi idéntica en apariencia a la caliza Cuesta del Cura (Albiano-Cenomaniano) del noreste de México, descrita por Imlay (1944, pág. 1018). Se cree que fué depositada en la parte profunda de la zona nerítica.

La facies San Joaquín es una caliza gris oscura de estratificación gruesa y con abundantes nódulos de pedernal negro; su composición es, en general, semejante a la de la facies La Negra. Se presenta tan sólo en una faja, de 1 a 2 kilómetros de anchura y está interdigitada con la facies La Negra, al noreste, y la facies El Socavón al suroeste. La facies San Joaquín parece haberse acumulado en forma de lodos calizos inconsolidados y peder-

nal gelatinoso, agitados y redepositados intermitentemente por la acción del oleaje. Representa, probablemente, sedimentos calcáreos semejantes a los de la facies La Negra, pero depositados a menor profundidad, de manera que fueron afectados por el oleaje durante las tormentas. La presencia en ésta de pequeños pliegues primarios entre estratos imperturbados, sugiere que el depósito de los sedimentos tuvo lugar en un fondo con inclinación suficiente para causar hundimiento y resbalamiento submarinos.

La facies El Socavón está restringida a una zona comprendida entre la facies San Joaquín, al noreste, y la facies Cerro Ladrón, al suroeste. A esta zona de clásticos calizos se le considera de 1 a 2 kilómetros de anchura, pero se extiende en forma de lengüetas angostas, por varios kilómetros hacia el noreste. Esta facies consiste principalmente de calcarenita de estratificación gruesa y conglomerado de grano fino, con cantidades considerables de coquina clástica. Sus condiciones de sedimentación quedan mejor indicadas por la presencia de conglomerados calizos de grano grueso, con bloques hasta de 2 metros de diámetro, cuya composición y grado de redondez varían considerablemente de uno a otro. Los bloques están compuestos de calcarenita, coquina, coquina clástica o caliza de grano fino; algunos están bien redondeados mientras que otros son tabulares. Los bloques tabulares, cuya mayor dimensión puede ser de 10 a 20 veces mayor que su dimensión más pequeña, son tan delgados que su formación y conservación sólo pueden explicarse por erosión y acarreo subácueos. El lugar de origen de los sedimentos clásticos estuvo a corta distancia al suroeste.

La unidad litológica más conspicua de la caliza El Doctor es una gran masa lenticular de caliza en forma de banco, que constituye la facies Cerro Ladrón. Desde su extremidad noroccidental, en el Río Extoraz, el banco de la caliza Cerro Ladrón se extiende por unos 50 kilómetros hacia el sureste, donde queda cubierto por rocas volcánicas del Cenozoico. La facies Cerro Ladrón está limitada al noreste por la caliza clástica de la facies El Socavón y, hacia el suroeste, por la facies La Negra, consistente en estratos delgados de caliza alternados con lenticulares de pedernal negro. La anchura máxima de la faja es de 20 kilómetros y el espesor máximo de esta facies se aproxima a los 1,500 metros. La facies Cerro Ladrón es de estratificación gruesa en todas partes; su litología es variada, pero las variaciones litológicas o subfacies no se planificaron separadamente durante el presente estudio. El banco de caliza se describe con mayor detalle un poco más adelante.

## INTERPRETACION SEDIMENTOLOGICA DE LA CALIZA EL DOCTOR

En párrafos anteriores se interpretaron las cuatro facies de la caliza El Doctor como un gran banco calizo asociado con sus depósitos transicionales y de agua profunda. Este banco está localizado a pocos kilómetros al noreste de una línea costera del principio del Cretácico y es más o menos paralelo a ella. Cerca del banco, la tierra firme, que estaba formada por rocas cuarcíferas, fué, probablemente, una isla de bajo relieve que casi no contribuyó con sedimentos durante el depósito de la caliza; solamente los estratos calizos basales contienen ocasionalmente guijas derivadas de la isla.

El banco formado por la caliza Cerro Ladrón es aproximadamente cinco veces más potente que la facies La Negra, de edad equivalente. Este banco sobresalió del fondo marino que lo rodeaba, formando una barrera resistente a las olas. La fuerte erosión de esta barrera por la acción del oleaje proporcionó detritos suficientes para formar la facies El Socavón, un conglomerado de grano grueso que se depositó en el lado noreste o lado prearrecifal del banco. Los clásticos calizos de grano más fino fueron arrastrados más allá del conglomerado del lado prearrecifal; los clásticos que quedaron cerca de la orilla exterior del conglomerado del lado prearrecifal, fueron los depositados en aguas menos profundas y con el mayor ángulo de reposo. La fuerte acción del oleaje causó nuevos movimientos periódicos, así como hundimientos y resbalamientos submarinos que dieron origen a la facies San Joaquín, que es una zona de caliza de estratificación gruesa con nódulos de pedernal. Aun más al noreste, en aguas más profundas y más quietas, casi inafectadas por el banco de sedimentación, el oleaje o el hundimiento submarinos, se depositó la facies La Negra, formada por caliza de estratificación delgada con pseudoestratos lenticulares de pedernal negro.

En el lado suroeste o postarrecifal, las facies transicionales están ausentes y el banco calizo pasa directamente a la facies La Negra. La acción comparativamente débil del oleaje de las aguas restringidas del lado postarrecifal fué aparentemente incapaz de producir cantidades considerables de conglomerado calizo de grano grueso. No hay evidencia de circulación restringida en el mar postarrecifal; probablemente esta parte estaba unida al mar abierto hacia el extremo noroeste del banco de caliza.

## SUBFACIES DEL BANCO DE CALIZA CERRO LADRON

La caliza Cerro Ladrón puede ser dividida en tres tipos o subfacies (Fig. 5): una subfacies con rudistas, una subfacies de lo-

dos calizos litificados y una subfacies de conglomerado de grano fino.

La subfacies con rudistas, semejante a la facies urgoniana. El Abra descrita por Bonet (1952, págs. 161-172), consiste de numerosos biostromas de rudistas intercalados entre estratos de caliza de grano fino que probablemente representan lodos calizos litificados y que predominan cuantitativamente. Esta subfacies con rudistas está confinada a la periferia del banco y su espesor estratigráfico es menor que el de las otras subfacies.

La porción central, que es la principal del banco calizo, se compone totalmente de caliza de estratificación gruesa y grano fino, la cual probablemente representa también lodos calizos litificados. Los fósiles, aunque comunes, carecen de importancia cuantitativa; la fauna es simple, habiéndose reconocido gasterópodos (*Nerinea*), *rudistas de concha delgada* (*Toucasia*) y miliólidos. Esta subfacies es la más potente del banco, alcanzando el máximo, antes mencionado, de 1,500 metros.

En la porción noreste o prearrecifal del banco aparece, entre la subfacies exterior de rudistas y la subfacies central de lodos calizos litificados, una zona de conglomerados calizos de grano fino interestratificados con caliza de grano fino, que casi en ningún lugar tiene más de un kilómetro de anchura. Dicha zona se llama la subfacies de conglomerado de grano fino.

#### FORMACION DEL BANCO CALIZA CERRO LADRON

Hay cinco factores que parecen ser característicos del banco de caliza Cerro Ladrón: 1) el banco fué una barrera, 2) fué resistente al oleaje, 3) está bien estratificado, 4) no contiene una estructura formada por exoesqueletos y 5) tiene un lado prearrecifal de conglomerado. Es muy común encontrar características como éstas en otros bancos calizos o arrecifes orgánicos, pero no todas juntas.

Comparando el banco de caliza Cerro Ladrón con arrecifes orgánicos típicos, se encuentra que las características 1, 2 y 5 son comunes a ambos, pero, en cambio, los arrecifes orgánicos no están bien estratificados (3), y tienen estructuras formadas por exoesqueletos (4).

Un banco de caliza con rudistas que hay en la Sierra de El Abra, en el noreste de México (Bonet, 1952, págs. 192-196), también de principios del Cretácico, es comparable a la estructura de Cerro Ladrón por estar bien estratificado (3), y no tener estructura formada por exoesqueletos (4). Sin embargo, el banco descrito por Bonet es diferente al de Cerro Ladrón, porque no actuó como barrera (1), por haber sido resistente al oleaje sólo localmente (2) y por no tener conglomerado en su frente lado pre-

arrecifal. Los dos bancos también difieren en la distribución de los bostromas de rudistas, que sólo son marginales en el banco de Cerro Ladrón (Fig. 5), encontrándoseles, por otra parte, esparcidos por todo el banco de la Sierra de El Abra.

Dice Bonet (1952, pág. 235) que la enorme masa caliza productora de petróleo, conocida como La Faja de Oro, localizada al sur de Tampico, en el noreste de México, contiene rocas de la facies urgoniana de El Abra (Albiano-Cenomaniano), con más de 2,500 metros de espesor máximo. Guzmán (1952, pág. 1209) reporta que esta masa caliza es, por lo menos, de 120 kilómetros de largo. Puede ser que represente un ejemplo, más grande todavía, del tipo de banco calizo de Cerro Ladrón.

En la siguiente exposición acerca de la formación del banco de caliza de Cerro Ladrón, las conclusiones se sacaron principalmente de la composición y distribución de las facies calizas. El mecanismo de formación del banco debe haber incluido procesos similares a aquellos que actualmente se encuentran activos en la región de las Bahamas (Illing, 1954, págs. 81-87).

La presencia de rudistas (pelecípodos bentónicos que probablemente vivieron en aguas relativamente someras) confirma que los conglomerados pueden tomarse como evidencia para suponer que el banco tuvo su origen en aguas someras. La acumulación de las gruesas series de sedimentos calcáreos bien estratificados en el banco, atestigua el hundimiento gradual de un canal estrecho en el fondo de un mar poco profundo originalmente. La acumulación y asentamiento de calizas estuvo más o menos en equilibrio, dependiendo la velocidad de acumulación de la velocidad de asentamiento.

Probablemente, los bostromas de rudistas sólo pudieron formarse en las zonas marginales del banco, pues tal vez era necesaria una buena provisión de oxígeno y materias alimenticias, así como agua limpia, para mantener la vida de las colonias de rudistas de concha gruesa. La región de las Bahamas ofrece cierta semejanza respecto a la predominancia de restos de exoesqueletos en el material de las áreas marginales de los bancos calizos (Illing, 1954, págs. 17-85). Es probable que, en la parte central del banco de caliza Cerro Ladrón, la mayor parte de las formas de vida bentónica hayan sido ahogados por la rápida precipitación de lodos calizos. Debido a esta acumulación relativamente rápida de calizas, el banco Cerro Ladrón pudo mantenerse a poca profundidad a pesar del asentamiento del fondo. El banco fué comparativamente plano en su cara superior y las aguas que lo cubrían eran sin duda relativamente poco profundas y más calientes que las aguas más profundas que lo rodeaban. Cuando las corrientes trajeron aguas más frías sobre el banco, subió la temperatura de éstas y es muy probable que el gas carbónico que contenían haya



sido desprendido, en parte, a la vez que otra parte fuera aprovechada por algas, aunque en los sedimentos no se han encontrado restos de esqueletos de estos organismos. En esta forma, las aguas se sobresaturaron de carbonato de calcio, precipitándose la caliza tanto por procesos fisicoquímicos como por procesos bioquímicos. El Material precipitado se acumuló en el fondo en forma de lodo. A falta de organismos secretores de caliza y organismos coloniales con exoesqueletos duros y rígidos para impedir la libre circulación de los lodos, éstos pudieron ser depositados por la acción de las olas y las corrientes en forma de mantos relativamente uniformes y gruesos. La presencia en esta zona, de los conglomerados calizos de grano fino antes mencionados, nos indica la acción de olas y corrientes de fuerza regular sobre el banco, en varios kilómetros de extensión, del frente arrecifal hacia la porción interior del arrecife. Necesariamente, se concluye que la acción del oleaje y las corrientes no tuvo fuerza suficiente para arrastrar los lodos calizos del banco a las aguas más profundas que lo rodeaban.

Aunque no se han encontrado huellas de algas en la caliza Cerro Ladrón, éstas pueden haber sido el factor orgánico predominante en el crecimiento del banco. Las características derivadas de las algas se destruyen fácilmente (Illing, 1954, pág. 21) y no es de esperarse que se conserven en calizas recristalizadas. Los depósitos de algas han sido factores importantes y aun predominantes en la mayor parte de los arrecifes orgánicos conocidos, tanto modernos como antiguos (Cloud, 1952, pág. 2128; Pettijohn, 1949, pág. 295; Twenhofel, 1950, pág. 187).

El banco de caliza Cerro Ladrón no se formó como se forman ordinariamente los arrecifes orgánicos, sino que parece haber sido originado en primer término, por la ausencia de organismos con cuyos exoesqueletos pudiera formarse una estructura. La escasez o falta total de arrecifes orgánicos verdaderos en las calizas del Cretácico, cuya distribución es tan amplia (Twenhofel, 1950, pág. 198), sugiere que las condiciones para el crecimiento de organismos con cuyos esqueletos se forman estructuras, fueron desfavorables durante el Cretácico.

#### REFERENCIAS

- Bonet, Federico, 1952, La facies urgoniana del Cretácico Medio de la región de Tampico: Bol. Asoc. Mexicana de Geólogos Petroleros, vol. 4, págs. 153-262.
- Cloud, P. E., Jr., 1952, Facies relationships of organic reefs: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., vol. 36, págs. 2125-2149.
- Guzmán, E. J., 1952, Sedimentary volumes in Gulf coastal plain of the United States and Mexico, Part V, Volumes of Meso-

zoic and Cenozoic sediments in Mexican Gulf coastal plain:  
Geol. Soc. America Bull, vol. 63, págs. 1201-1220.

Illing, L. V., 1954, Bahaman calcareous sands: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., vol. 38 págs. 1-95.

Imlay, R. W., 1944, Correlation of the Cretaceous formations of the Greater Antilles, Central America and Mexico: Geol. Soc. America Bull., vol. 55, págs. 1005-1045.

Pettijohn, F. J., 1949, Sedimentary rocks, Harper & Brothers, New York.

Twenhofel, W. H., 1950, Coral and other organic reefs in geologic column: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., vol. 34 págs. 182-202.

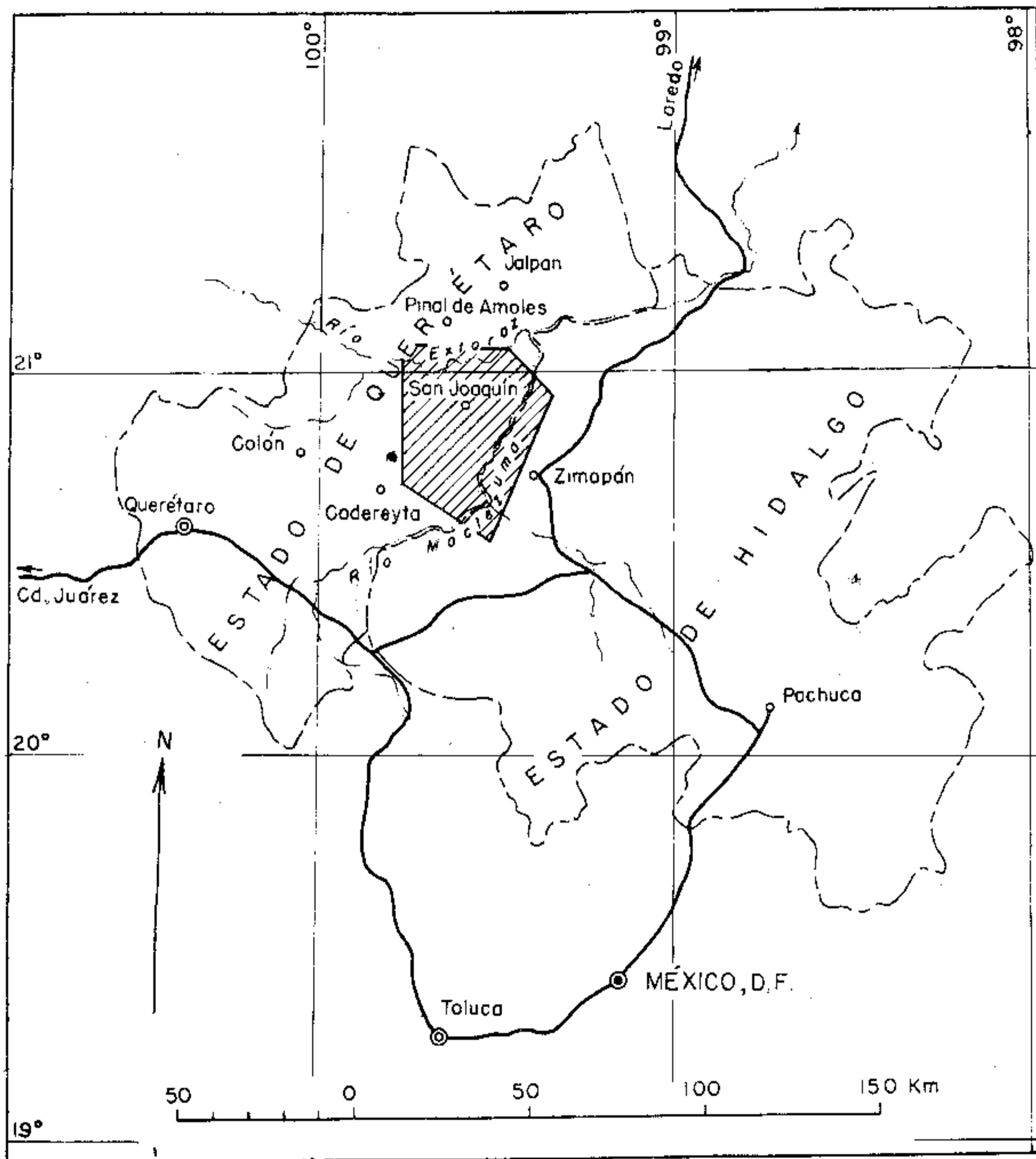


Figura No. 1

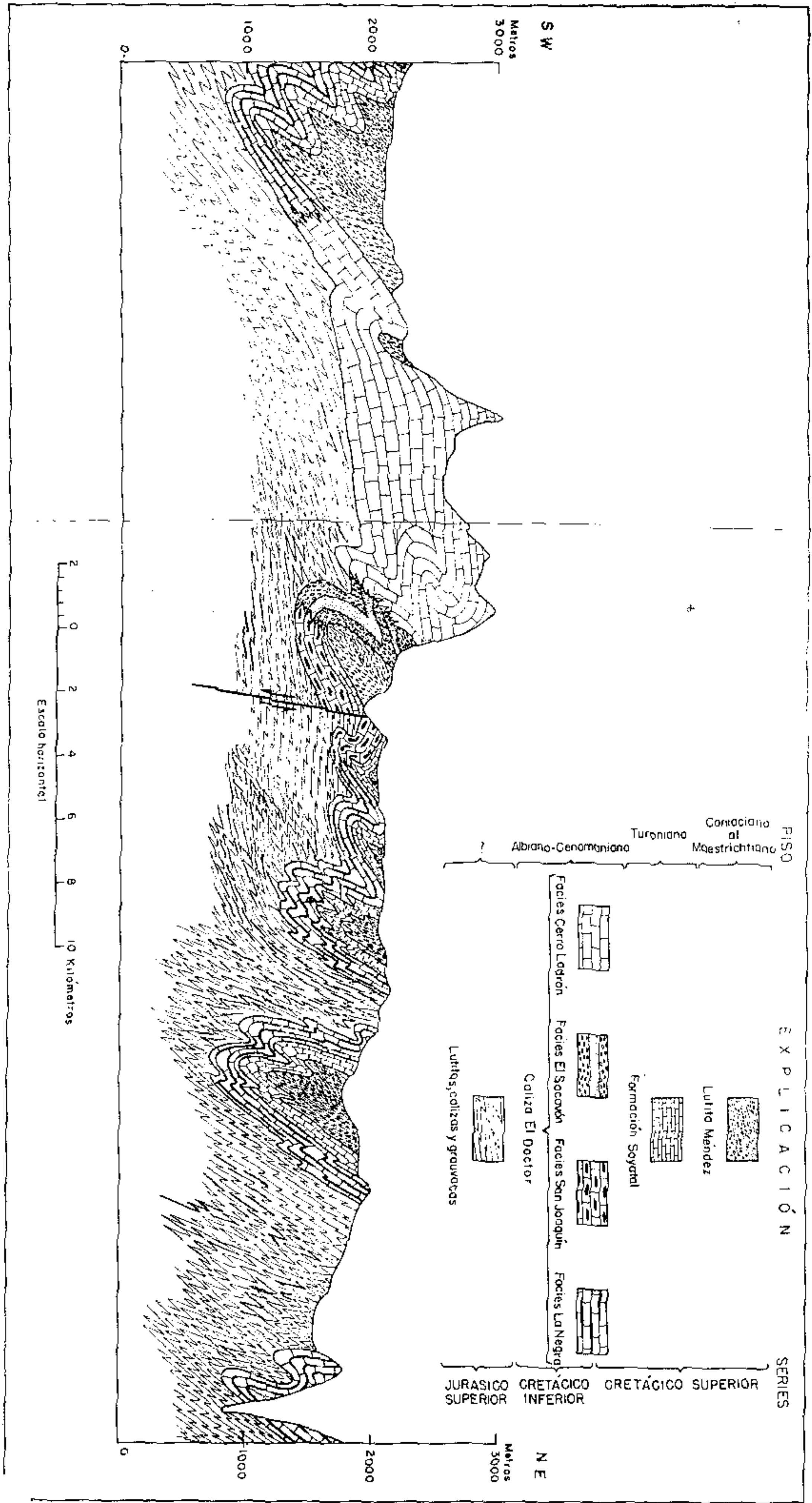


Figura No. 2

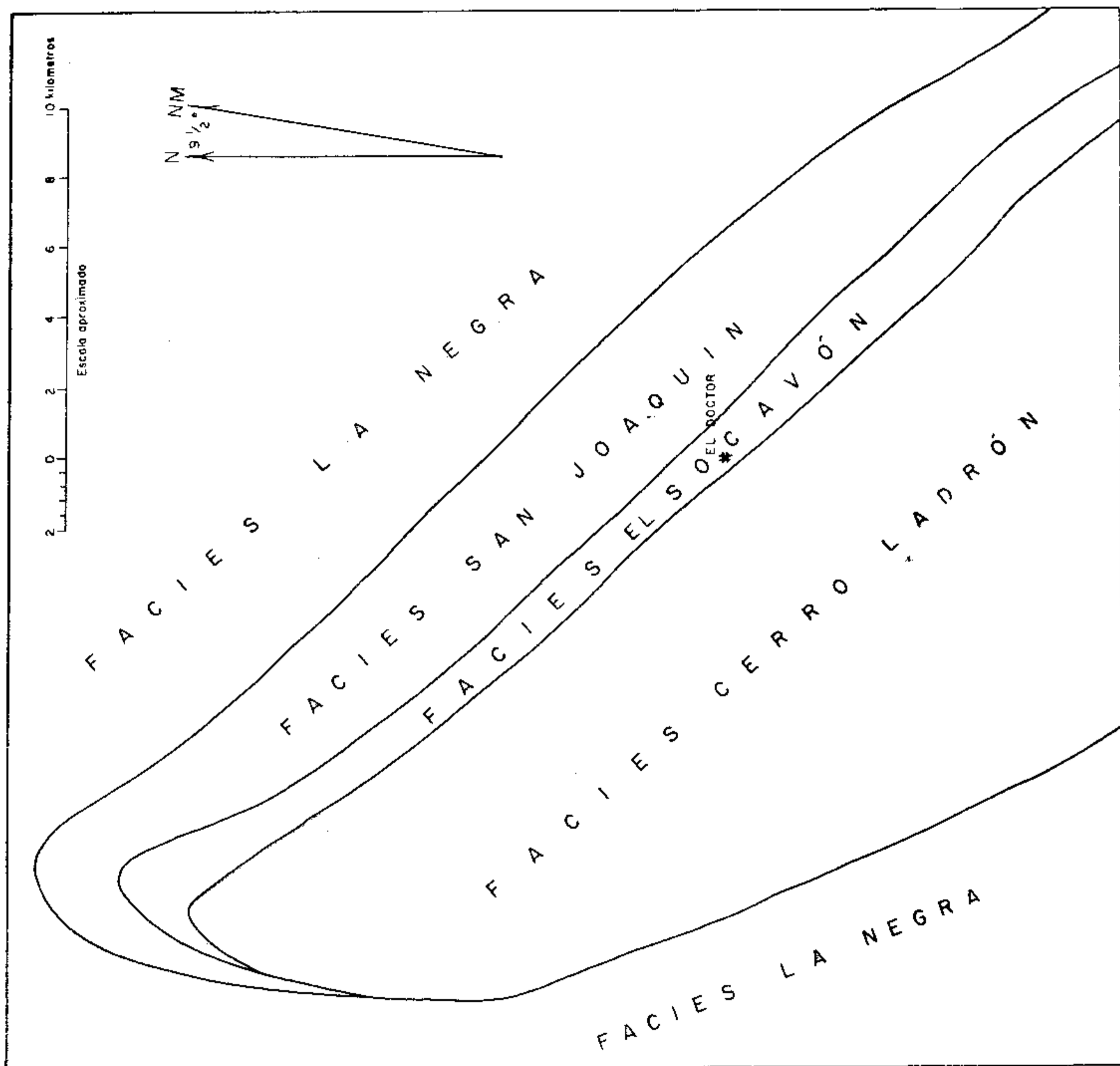
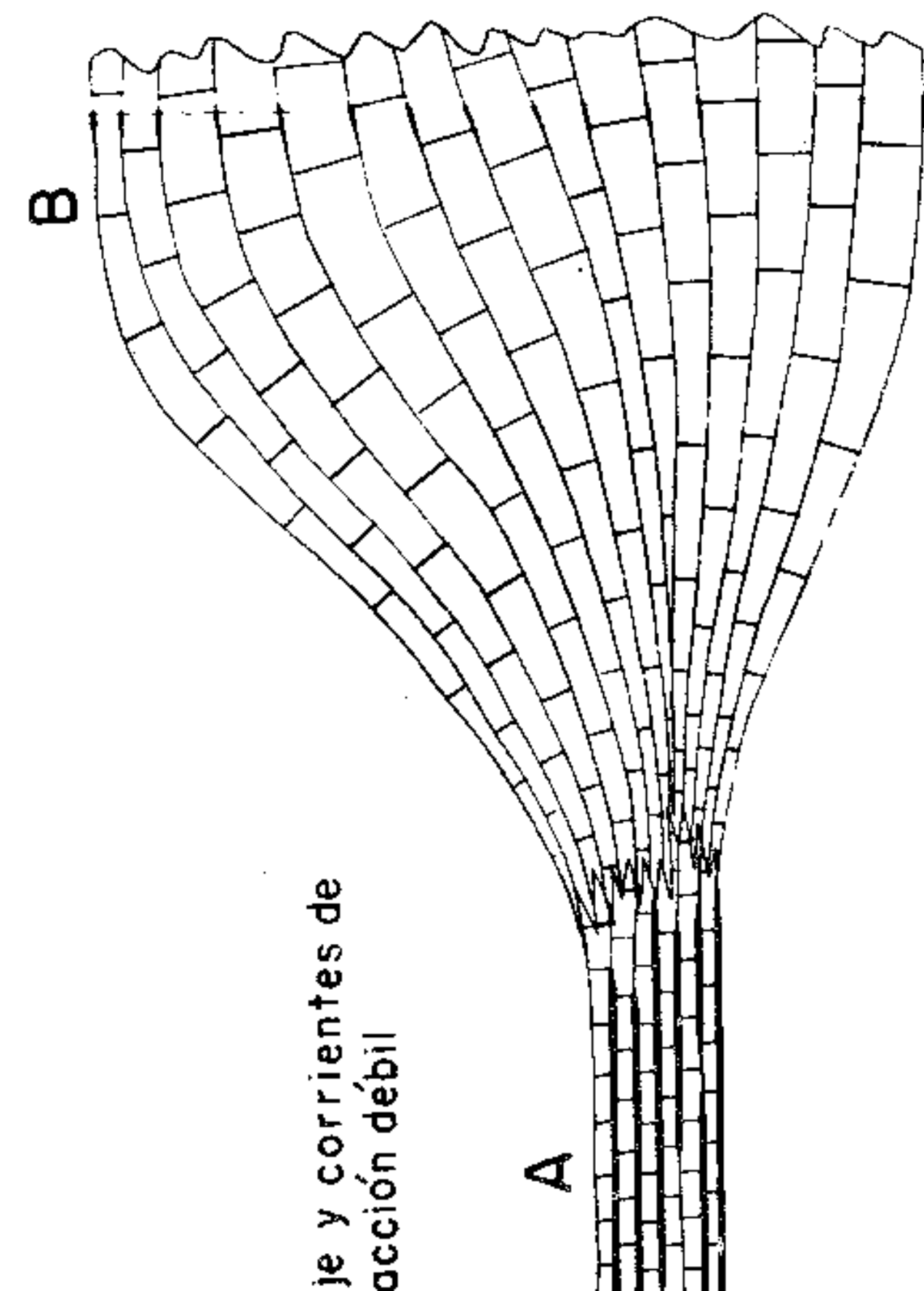


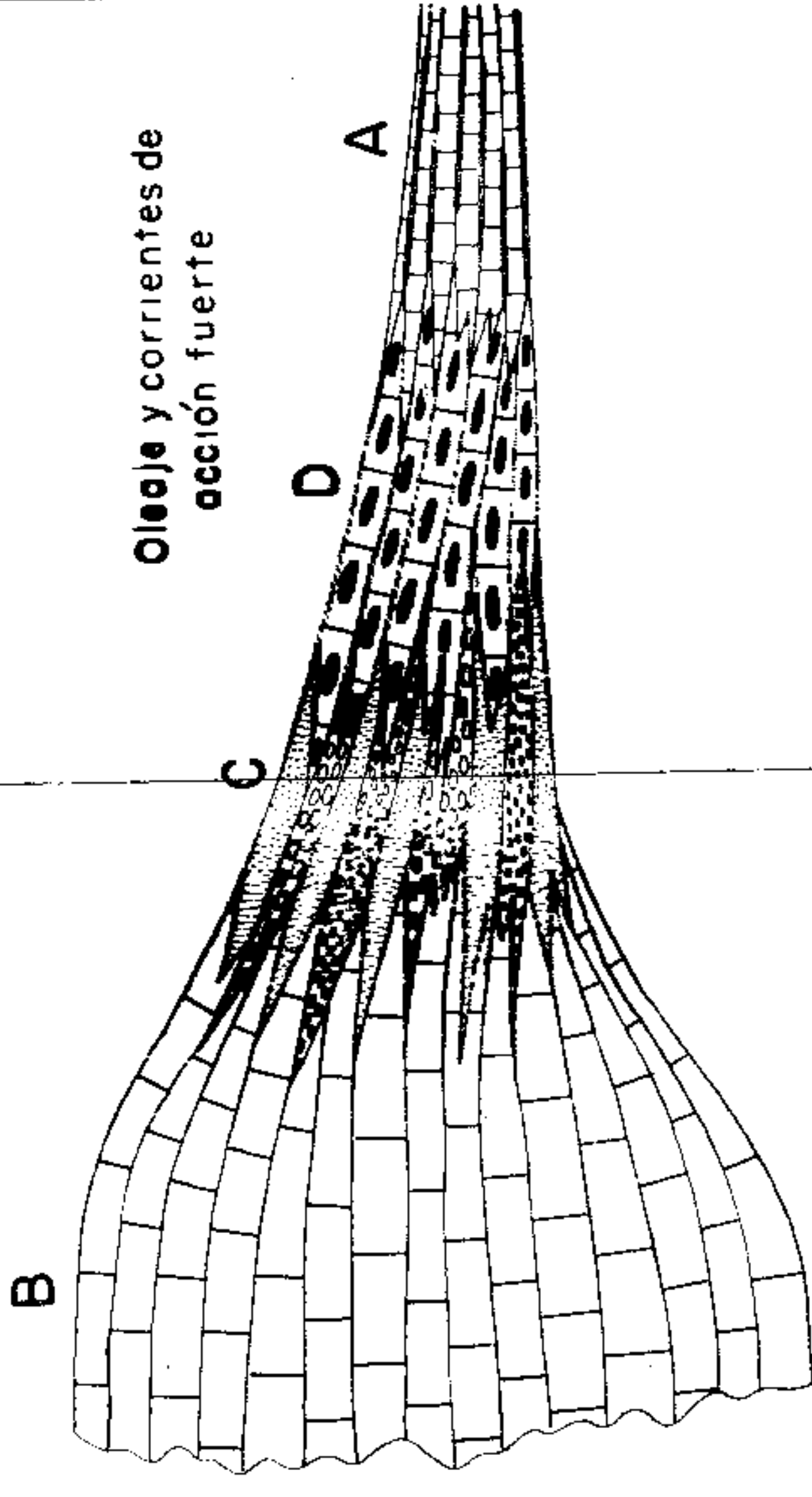
Fig. No. 3 Diagrama idealizado mostrando la distribución de litofacies de la caliza El Doctor

W  
POSTARRRECIFAL

NE  
LADO PREARRRECIFAL



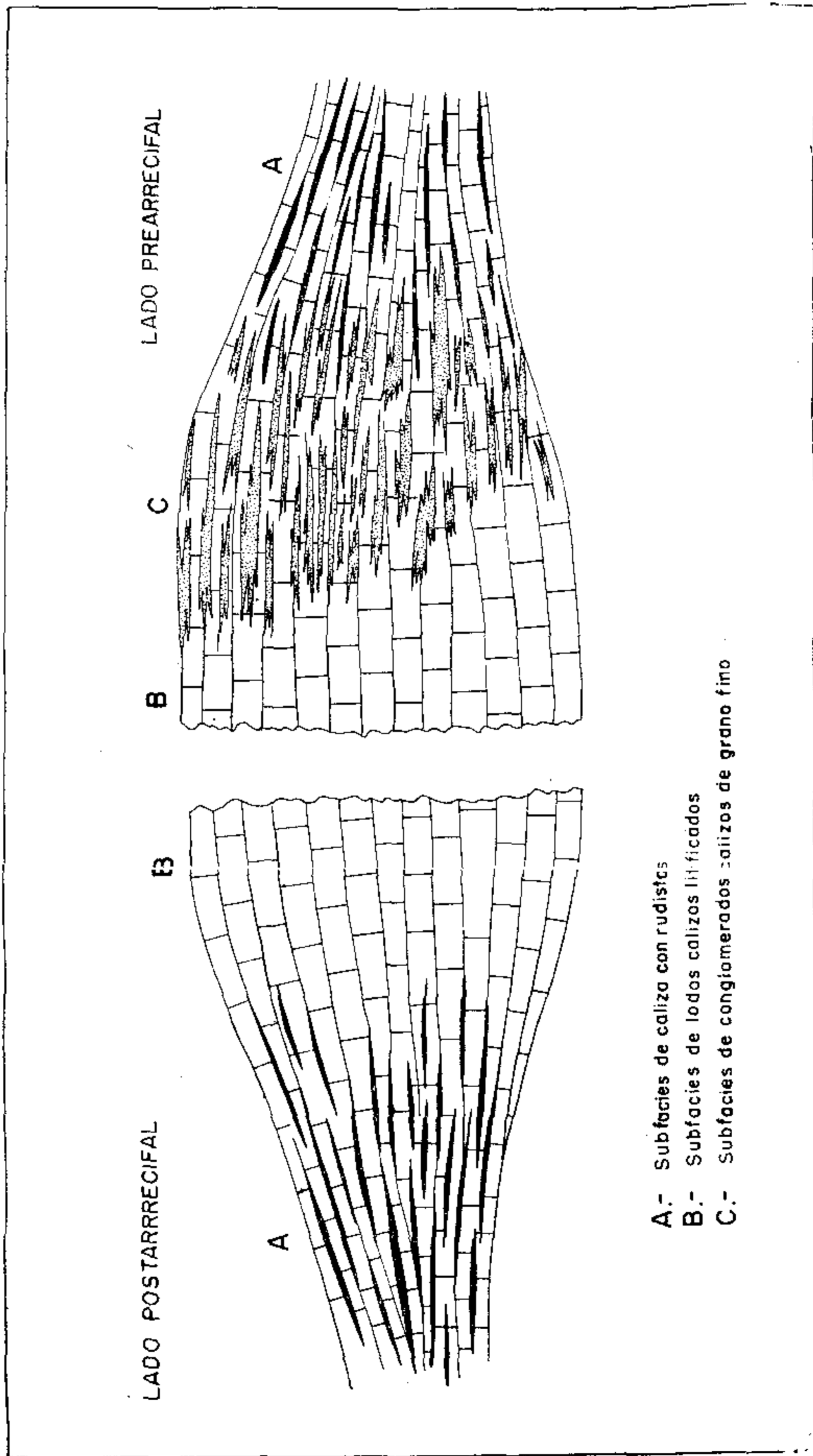
Oleaje y corrientes de acción fuerte



Facies

- A.- LA NEGRA .- Caliza de estratificación delgada, con pseudoestratos lenticulares de pedernal negro intercalados
- B.- CERRO LADRON .- Caliza de estratificación gruesa, sin pedernal
- C.- EL SOCAVON. Caliza clástica de grano y estratificación gruesos
- D.- SAN JOAQUIN .- Caliza de grano fino y estratificación gruesa, con nódulos de pedernal

Fig. No. 4 Diagrama idealizado mostrando facies de la caliza El Doctor.



- A.- Subficies de caliza con rudistas
- B.- Subficies de lodos calizos litificados
- C.- Subficies de conglomerados calizos de grano fino

Fig. No. 5 Diagrama realizado mostrando Sub-facies de Cerro Ladrón