

UNIDADES TECTONICAS DE LA REPUBLICA MEXICANA *

MANUEL ALVAREZ, JR.**

CONTENIDO

	Pág.
Introducción	2
Definición de términos empleados	2
Grandes unidades estructurales de la República Mexicana	5
Plataforma de Coahuila	5
Cuenca de Sabinas	6
Macizo de El Burro-Picachos	6
Cuenca de Burgos	6
Plataforma de Tamaulipas	8
Macizo de Teziutlán-Chiconquiác	9
Cuenca de Veracruz	9
Macizo de San Andrés	9
Cuenca Salina del Istmo	10
Cuenca de Huimanguillo	11
Macizo de Jalpa	11
Cuenca de Macuspana-Campeche	11
Plataforma de Yucatán	11
Macizo de Chiapas	12
Macizo Complejo de Guerrero-Oaxaca	12
Cuenca del Balsas	12
Macizos de Jalisco y de Michoacán-Guerrero	13
Cuenca de Sonora	13
Macizos y Cuencas de Baja California	13
Continente Occidental	13
Pliegues de la Cordillera del Geosinclinal Mexicano	14
Antefosa de Parras	18

* Estudio publicado en inglés en el *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, vol. 33, núm. 8, pp. 1319-1335, 1949. Se presentó en forma modificada ante la Sociedad Geológica Mexicana el 6 de octubre de 1949, en cuya forma se repite en este Boletín.

** Geólogo de la Gerencia de Exploración de Petróleos Mexicanos.

	Pa
Antefosa de Chicontepec	18
Cuenca de Tantoyuca	18
Antefosa de Veracruz	19
Antefosa de Chiapas	19
Bibliografía	19
Estudios publicados	19
Estudios inéditos	21

ILUSTRACIONES

Figura 1. Carta de unidades tectónicas de la República Mexicana.	7
--	---

INTRODUCCION

El autor desea expresar su agradecimiento a la Dirección General de Petróleos Mexicanos por la autorización de publicar el presente estudio, así como al Gerente de Exploración por el uso de los informes inéditos pertenecientes a los archivos de dicha empresa. Los datos expuestos se tomaron en parte de los estudios inéditos y publicados que se citan en el capítulo sobre la bibliografía, y especialmente del informe inédito de D. Trümpy, intitulado "Regional tectonics and oil prospects of eastern Mexico." También se muestra reconocido a sus colegas y compañeros de trabajo por las críticas constructivas que le ofrecieron durante la elaboración del presente estudio.

Antes de exponer la tectónica de la República Mexicana, es conveniente establecer el sentido que se va a asignar a las principales unidades estructurales y a los procesos en que dichas unidades van a intervenir.

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS EMPLEADOS

Con los términos *macizo*, *plataforma* y *continente* se designarán aquellas partes de la corteza terrestre (*sial* de Suess) cuyo espesor sea del orden de 30 kilómetros o más, usándose el primer término para bloques en los que predomina una de las dos dimensiones horizontales, o en los que ambas son semejantes y del mismo orden que la dimensión vertical. El segundo término se refiere a bloques en los que predominan notablemente las dos dimensiones horizontales, y el tercero se usa para bloques de mucho mayor extensión que los macizos y plataformas.

Se denominan *cuencas* a aquellas porciones de la corteza terrestre en las cuales la capa de sial es de un espesor más reducido que la de las plataformas y macizos, y por lo tanto es muy susceptible a ser plegada por los movimientos de los macizos y continentes.

Defínese un *geosinclinal* como una depresión marina alargada que puede ser el resultado de compresión o de tensión; está situado entre dos masas continentales y destinado a ser llenado por sedimentos. En él se desarrollan posteriormente sistemas de *plegamiento* (proceso que da origen a los pliegues), como resultado de una *orogenia* (proceso tectónico que abarca el plegamiento y levantamiento de las montañas, debidos a fuerzas tangenciales) de primer orden. En los geosinclinales la corteza de sial es generalmente muy delgada, o sea de 3 a 6 kilómetros de espesor, y por lo tanto, estas unidades constituyen zonas de extrema movilidad.

Durante el Jurásico superior y el Cretácico, el Geosinclinal Mexicano ocupó las partes más profundas de los mares de esas épocas, en tanto que algunos de los macizos y plataformas, tales como el Continente Occidental, la Plataforma de Coahuila, parte del Macizo de El Burro-Picachos y el Macizo de Chiapas, se manifestaron como áreas terrestres de las cuales se derivaron los sedimentos depositados en dichos mares.

Aunque no se adopta ninguna teoría definida sobre la *orogénesis* (origen de la orogenia), se han tenido en cuenta las ideas de Suess, Argand, Joly, Wegener, Köber, Gutenberg, Daly y principalmente de Rudolph Staub y Van der Gracht, así como la teoría de la isostasia de acuerdo con la concepción de Airy. En síntesis, se suponen los bloques de sial flotando en equilibrio isostático sobre la capa de *sima* (material más pesado que el sial), y se atribuye el plegamiento a los desplazamientos horizontales de dichos bloques, sin señalar el origen de las fuerzas que motivaron tales desplazamientos ni el mecanismo del proceso, excepto en lo que se refiere a la cubierta sedimentaria.

Con respecto a un sistema orogénico (*orógeno* de Köber), pueden distinguirse cuatro elementos principales: 1) el *traspais*, una zona constituida por bloques de sial y de donde proviene, aparentemente, el empuje; 2) el *geosinclinal*, que se encuentra entre el traspais y el antepais (véase el elemento 4), y que se pliega al acercarse estos elementos, uno al otro; 3) la *antefosa*, que se forma en el borde anterior del geosinclinal durante la orogenia, constituyendo una depresión larga, angosta y profunda, situada entre el frente de los pliegues del geosincli-

nal y el antepaís; y 4) el *antepaís*, un bloque aparentemente resistente que obliga a plegarse los sedimentos del geosinclinal al aproximársele el traspais. Referente a la dirección de empuje, se dijo "aparentemente" porque puede suceder que en la profundidad sea el antepaís el que avance hacia el traspais, aunque la dirección de los pliegues en la cubierta sedimentaria sea del traspais hacia el antepaís, ya sea debido a la configuración del frente del traspais o a su mayor altura relativa con respecto al antepaís. En todo caso, sin embargo, dicha dirección de empuje superficial es la base para denominar las dos unidades mencionadas.

Al iniciarse la orogenia, el traspais avanza hacia el antepaís comprimiendo el geosinclinal que se encuentra entre ellos y obligando a plegarse los sedimentos en él depositados, pero permaneciendo sumergidos estos sedimentos bajo el nivel del agua en el geosinclinal. Entonces en el borde frontal del mismo se forma una depresión angosta y profunda (*antefosa*) en donde se depositan los sedimentos que provienen de la erosión marina de los pliegues en formación. Estos sedimentos poseen dos facies: una es arcillosa y se deposita en su mayor parte sobre el antepaís, y la otra es arenosa y se deposita en su mayor parte en la antefosa. A la última facies se le denomina *flysch*.

Después de una o más pulsaciones que pliegan tanto los sedimentos del geosinclinal como los de la antefosa, viene el máximo paroxismo. Con éste queda prácticamente formado el sistema completo de pliegues, y durante e inmediatamente después de esta época se deposita un material marino, o a veces *deltaico*, que contiene enormes acumulaciones de conglomerado y aun trozos de roca de grandes dimensiones, que provienen del fracturamiento de las rocas al plegarse y cuyo corto acarreo no permite su desintegración total. Por lo tanto, este depósito aparece como bloques erráticos rodeados de un material con fauna más reciente. Este tipo de sedimentos se denomina *molasse* y consiste también de dos facies, una arcillosa y otra conglomerática.

Se han establecido los siguientes tres tipos de sedimentación: 1) epirogénica, 2) orogénica y 3) talatogénica.

Los *sedimentos epirogénicos* son los más comúnmente conocidos y son los principales que se encuentran en las cuencas de sedimentación. Los *sedimentos orogénicos* tales como el *flysch* y el *molasse*, en cambio, son poco conocidos, no obstante encontrarse en todo sistema orogénico de primer orden. La importancia de estos sedimentos para fijar los límites de tiempo en que se desarrolla la orogenia es fundamental, pues

determinando la edad de ambos tipos de sedimentos orogénicos, quedan determinados los límites temporales del proceso orogénico. Es cierto que pueden existir movimientos previos y póstumos, pero éstos no tienen la importancia ni la intensidad de los propiamente orogénicos.

Es característica del plegamiento orogénico intenso la formación de *pliegues recostados* (con plano axial entre la vertical y la horizontal) y *acostados* (con plano axial cerca de la horizontal o con echado inverso), en los cuales sus flancos invertidos han desaparecido parcialmente y han quedado substituídos por un plano de falla. A estos pliegues fallados se les denomina "*hojas*" de *cobijadura* o simplemente *cobijaduras*.

Se le denomina *raíces* al núcleo de un anticlinal recostado, o de una cobijadura, en la región donde sus capas se encuentran más o menos verticales y dan la impresión de enraizarse en las profundidades.

En el sistema orogénico del Geosinclinal Mexicano el antepaís está constituido por la Plataforma de Coahuila, el Macizo de El Burro-Picachos, la Plataforma de Tamaulipas, los Macizos de Teziutlán, San Andrés y Jalpa, la Plataforma de Yucatán y las cuencas intermedias, así como por una masa continental que se encuentra sumergida en el Golfo de México. El traspais está formado por el Continente Occidental, el Macizo Complejo de Guerrero-Oaxaca, el Macizo de Chiapas y las cuencas intermedias, así como por el escudo del Pacífico que se sabe es mucho más rígido que los bloques de sial.

GRANDES UNIDADES ESTRUCTURALES DE LA REPUBLICA MEXICANA

PLATAFORMA DE COAHUILA

La Plataforma de Coahuila parece estar constituída por el frente intensamente plegado del sistema Ouachita, cuyos últimos afloramientos en Texas se encuentran en los levantamientos de Marathon y Solitario. En el valle de Las Delicias aflora por última vez este frente y allí pueden observarse las formaciones pérmicas intensamente plegadas, con algunas cobijaduras tal como la de Agujita, sobre la cual cabalga la de Difunta. Ambas cobijaduras cabalgan hacia el ostenoroeste, o sea en dirección perpendicular a los ejes de los principales pliegues y fallas, que se orientan al nornoreste.

Sobre estas estructuras pérmicas se encuentran los pliegues post-cretácicos suaves, que incluyen braquianticlinales y pliegues periclinales. Estos pliegues se orientan de acuerdo con los contornos de la plataforma, predominando desde luego la dirección nornoroeste e indicando que la presión provino principalmente del poniente, excepto en el sureste, donde provino del sur. Esto quiere decir que dicha plataforma representa el antepaís del sistema de la Cordillera del Geosinclinal Mexicano y por lo tanto recibió el empuje del frente del plegamiento de este sistema hacia el noreste.

CUENCA DE SABINAS

Esta cuenca carbonífera representa una depresión entre el frente del sistema Ouachita y su traspáis, de manera análoga a la cuenca de Tyler en Texas. Está caracterizada por pliegues anticlinales alargados y con flancos muy inclinados, orientados al noroeste. Estos pliegues son asimétricos en el borde occidental, con su flanco suroeste más inclinado que el noreste y con su plano axial buzando al noreste. En esta cuenca el plegamiento fué más intenso que el del post-Cretácico de la Plataforma de Coahuila y también que el del Macizo de El Burro-Picachos, de que se trata a continuación.

MACIZO DE EL BURRO-PICACHOS

Este macizo se une en el noroeste con la Plataforma de Coahuila, pero más al sureste queda separado de esta última por la Cuenca de Sabinas por límites aun imprecisos, excepto en el noroeste, donde la Sierra del Carmen forma su límite occidental. Estructuralmente, está caracterizado por amplios levantamientos casi planos, separados por amplios anticlinales, el mayor de los cuales forma la Serranía de El Burro, que ocupa en este macizo una posición análoga a la Sierra de Tamaulipas en la plataforma de ese nombre.

CUENCA DE BURGOS

La Cuenca de Burgos puede considerarse como la porción suroeste, en territorio mexicano, de la Cuenca del Río Bravo (*Río Grande Embayment*) y cuyos sedimentos se derivaron en gran parte de dicho río, así como también del Macizo de El Burro-Picachos y del extremo norte de la Plataforma de Tamaulipas.

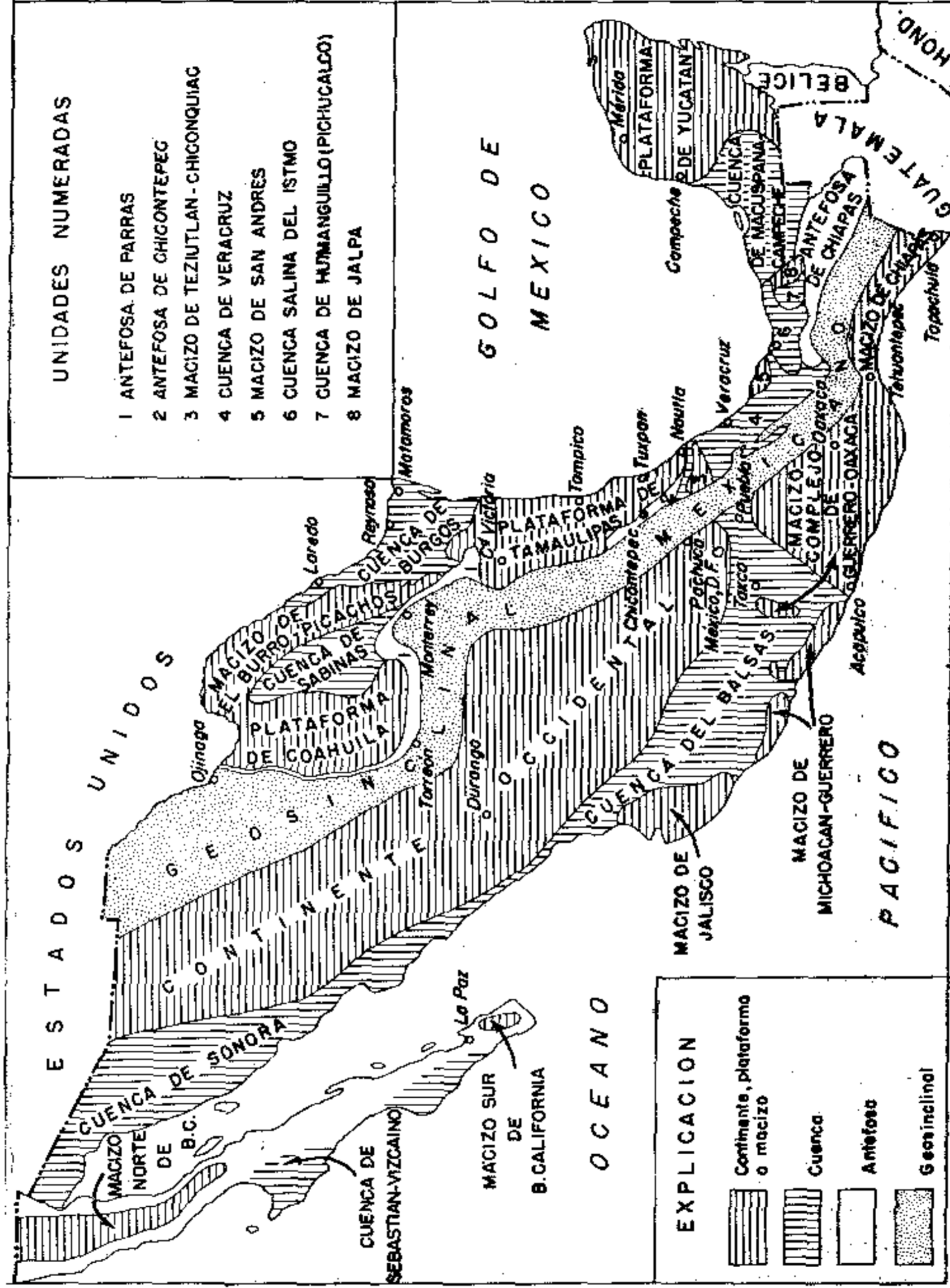


Figura 1. Carta de unidades tectónicas de la República Mexicana.

Al poniente está limitada por el contacto entre el Cretácico y el Eoceno; al sur por la Plataforma de Tamaulipas marcada por las Sierras de San Carlos y Cruillas, y al oriente por el Golfo de México; se continúa al norte en la Cuenca del Río Bravo.

En la faja en que afloran las formaciones del Eoceno, salvo la más reciente, los anticlinales de esta cuenca tienen sus ejes orientados al noroeste y buzando al sureste; solamente en el área de Vaquerías la estructura es más compleja, debido a la influencia de la Sierra de San Carlos. En la faja en que afloran la formación Fayette y las formaciones del Oligoceno, la geología superficial y la sismología muestran una zona plegada e intensamente fallada. En el norte del área en que afloran las formaciones del Mioceno y otras posteriores, la sismología muestra anticlinales normales orientados principalmente en dirección al norte.

PLATAFORMA DE TAMAULIPAS

Esta plataforma se extiende desde las Sierras de San Carlos y Cruillas al norte, hasta muy cerca de Misantla al sur; está limitada al norte por la Cuenca de Burgos, al poniente por los pliegues del Geosinclinal Mexicano y por la Antefosa de Chicontepec, al sur por la prolongación angosta de dicha antefosa que la separa del Macizo de Tezintlán, y al oriente por el Golfo de México. Lo mismo que el Macizo de El Burro-Picachos, esta plataforma se caracteriza por amplias estructuras, aunque sus pliegues se hallan más acentuados por intrusiones ígneas.

Al noroeste la plataforma se extiende hasta abarcar el levantamiento de Miquihuana, que tiene su límite occidental en el valle de La Perdida. Al oriente de este levantamiento se encuentra el de Huizachal, que forma un amplio arco cuyos flancos se hallan muy inclinados en sus extremos. Este último levantamiento se prolonga por el anticlinal de Carabanchel, que al norte de Chamal se transforma en el sinclinal de Antigua Morelos y en dos series de anticlinales en los flancos, como resultado del fenómeno tectónico denominado "*decollement*", o sea despegamiento. Este fenómeno, así como el tipo de plegamiento que caracteriza la Sierra de El Abra, es el mismo que parece haber ocurrido en la formación de las montañas del Jura, que constituyen parte del antepaís de los Alpes. Al oriente de estos pliegues se encuentra la Sierra de Tamaulipas, cuya prolongación sepultada constituye la compleja estructura del área de Pánuco.

Al sur de esta última área el elemento tectónico de más interés es el bloque de la Faja de Oro, en cuyo borde occidental se encuentra la estructura de ese nombre, la que ha tenido una historia geológica independiente durante el Cretácico superior y el Eoceno, como lo prueban las discordancias que se observan en su borde occidental. En el borde occidental de la plataforma se encuentran estructuras amplias escaleriformes (*"en echelón"*) y más o menos paralelas a dicho borde, de las cuales la más notoria es la de Poza Rica. Por último, se encuentran algunas perturbaciones transversales, especialmente a ambos lados de la Sierra de Tantima, que se presume provinieron de un incipiente plegamiento basal.

MACIZO DE TEZIUTLÁN-CHICONQUIAC

Este macizo doble está probablemente unido en la profundidad formando un solo macizo orientado al oestenoeste, cuya culminación se encuentra como a 8 kilómetros al poniente de Teziutlán. Cerca de su eje y culminación asoman grandes cuerpos graníticos. Sirve de separación a la Plataforma de Tamaulipas y la Cuenca de Veracruz, aunque queda separado de la primera por la prolongación reducida de la Antefosa de Chicontepec. Al poniente está limitado por los pliegues del Geosinclinal Mexicano, y al oriente por el Golfo de México. Su influencia se percibe por los intensos pliegues encontrados en su flanco norte, así como por otros menos intensos en su flanco sur.

CUENCA DE VERACRUZ

Esta cuenca, poco conocida aún, se encuentra limitada al norte por el Macizo de Teziutlán, al poniente y suroeste por los pliegues del Geosinclinal Mexicano, al oriente por la Cuenca Salina del Istmo, el Macizo de San Andrés y la Antefosa de Chiapas, y al noreste por el Golfo de México. Los pliegues se orientan al noroeste, excepto en la vecindad de los Macizos de Teziutlán y San Andrés, donde son paralelos a sus bordes, así como al borde de la Cuenca Salina del Istmo.

MACIZO DE SAN ANDRÉS

Este macizo señala una parte del límite oriental de la Cuenca de Veracruz y consiste de un alto estructural de diorita, sobre la que se encuentran superpuestas extrusiones andesíticas y basálticas más mo-

dernas. Algunos de sus volcanes, tal como el de San Martín, han estado en actividad en épocas muy recientes. Contrastando con otros macizos conocidos del antepaís, como el de Teziutlán y la Plataforma de Tamaulipas, no está cubierto por depósitos anteriores al Oligoceno, por lo que se supone que estuvo emergente en el Mesozoico y el Eoceno, quizá formando parte de la barrera que permitió el depósito de sal en la Cuenca Salina del Istmo durante el Jurásico.

CUENCA SALINA DEL ISTMO

Esta cuenca está limitada al poniente por el Macizo de San Andrés y por la Cuenca de Veracruz; al sur por la Antefosa de Chiapas, y al oriente por las Cuencas de Huimanguillo y de Macuspana-Campeche, así como por el pequeño Macizo de Jalpa.

La estructura de esta cuenca parece haberse debido a sucesivos desplazamientos hacia el norte iniciados en el Macizo de Chiapas al principio del Paleoceno, o sea durante la orogenia ocurrida en el Geosinclinal Mexicano. Estos desplazamientos produjeron pliegues y fallas en el margen de la cuenca con el Macizo de San Andrés, así como en el borde austral, por el empuje de los pliegues de la Antefosa de Chiapas al avanzar el frente de la Cordillera del Geosinclinal Mexicano. La sal jurásica subyacente fué inyectada a través de estos pliegues y fallas, pero en el Oligoceno se verificaron otros movimientos y un gradual hundimiento de la cuenca, que dieron lugar a la penetración de nuevo de las masas salinas, las cuales, con dos excepciones conocidas, no han atravesado el contacto entre el Mioceno y el Oligoceno. Los estudios de refracción sísmicos muestran el carácter de producción dinámica de las masas salinas situadas a lo largo de los ríos Coatzacoalcos y Uzanapa, y los estudios de reflexión sísmicos sugieren que existen en el arco de Comalcalco masas salinas dinámicamente producidas y profundamente sepultadas. En el centro de la cuenca se observan domos más típicos de contornos más o menos circulares.

Los movimientos miocénicos y post-miocénicos fueron muy intensos en esta cuenca, a juzgar por su mitad occidental, pero es difícil observar los efectos en la parte oriental por no haber afloramientos y porque en el Mioceno dicha cuenca se inclinó hacia el oriente, ya que horizontes equivalentes de facies semejantes se encuentran cuando menos 1,800 metros más profundos cerca del extremo oriental que en la mitad occidental.

CUENCA DE HUIMANGUILLO

Al sur de la porción tabasqueña de la Cuenca Salina se encuentra otra pequeña denominada Cuenca de Huimanguillo o de Pichucalco, que está limitada al sur por la Antefosa de Chiapas, al oriente por el Macizo de Jalpa, y al poniente por la Cuenca Salina. Los pliegues cerca de este último borde se orientan perpendicularmente a él, en tanto que los cercanos al Macizo de Jalpa se orientan paralelamente al borde de éste. Se desconoce la causa de la orientación extraña de los primeros.

MACIZO DE JALPA

Este pequeño macizo está limitado al norte por la Cuenca Salina, al oriente por la Cuenca de Macuspana-Tabasco, al sur por la Antefosa de Chiapas, y al poniente por la Cuenca de Pichucalco. Consiste de un anticlinorio de unos 48 kilómetros de ancho, de oriente a poniente, que está plegado con varios anticlinales y sinclinales subsidiarios cuyos ejes tienen una orientación general al nornoroeste y buzan suavemente al norte.

CUENCA DE MACUSPANA-CAMPECHE

Esta se encuentra limitada por la Cuenca Salina y el Macizo de Jalpa al poniente, y por la Plataforma de Yucatán al oriente, así como por el Golfo de México al norte y por la Antefosa de Chiapas al sur. Se ha explorado únicamente en su mitad occidental, donde la faja próxima a su borde con el Macizo de Jalpa muestra la influencia de éste en pliegues intensos y aun de empuje.

PLATAFORMA DE YUCATÁN

Los límites suroeste y sur de esta plataforma no están aún bien definidos, pero estudios gravimétricos apuntan hacia el límite suroeste que está indicado en la carta. No se conocen dislocaciones estructurales primarias en Yucatán y Campeche. Las formaciones cretácicas y terciarias del sureste de Tabasco presuponen facies continentales o de aguas someras hacia Yucatán. Se sabe que en la vecindad de Mérida el Terciario no excede de 900 metros de espesor. La Plataforma de Yucatán es muy semejante a la Península de Florida y ambas pueden considerarse como fragmentos poco perturbados del antiguo Continente del Golfo. En la parte austral de Quintana Roo los echados son al

poniente y aumentan en intensidad hacia el oriente, indicando el flanco de un levantamiento cuyo eje pasa probablemente por las Montañas Coxcomb, Belice, y quizá se continúa por las Islas Caymán hacia la Sierra Maestra del sureste de Cuba.

MACIZO DE CHIAPAS

El Macizo de Chiapas, que se encuentra al sur de los pliegues del Geosinclinal Mexicano, constituye el bloque más austral del traspais de este geosinclinal. Consiste de gneises, esquistos, filitas, granito y serpentina pre-paleozoicos en su parte sur y muestra a lo largo de su parte norte una serie paleozoica en la que predominan lutitas, grauvacas y conglomerados, que en parte yacen bajo una caliza de *Productus* y *Fusulinas* del Pérmico. En Oaxaca y el sur de Chiapas este macizo es paralelo a la costa del Océano Pacífico en una dirección general noroeste y continúa al sureste a través de Guatemala. Se une probablemente al Macizo Complejo de Guerrero-Oaxaca en un área imbricada y metamorfizada situada al norte de la población de Tehuantepec.

MACIZO COMPLEJO DE GUERRERO-OAXACA

Este macizo, situado entre los pliegues del Geosinclinal Mexicano al noreste, el Macizo de Chiapas al oriente, el Océano Pacífico al sur, y la Cuenca del Balsas al poniente y noroeste, está constituido por rocas ígneas y metamórficas. En su interior se encuentran las pequeñas cuencas (no delimitadas en la figura 1) de Oaxaca, Tlaxiaco y Taxco-Chilpancingo, que probablemente representan depresiones dentro del mismo macizo. Esta última no parece estar del todo separada de la Cuenca del Balsas.

CUENCA DEL BALSAS

Esta cuenca se encuentra situada al sur del Continente Occidental, al oriente del Macizo de Jalisco, al norte de los Macizos de Guerrero y de Michoacán, y al noroeste del Macizo Complejo de Oaxaca. Sus límites no están bien definidos y su tectónica es poco conocida, debido, entre otras causas, a los extensos derrames extrusivos que la cubren. En ella pueden observarse algunos pliegues suaves que concuerdan con la dirección de los macizos. Lo suave de estos pliegues sugiere la posibilidad de que se trate de una plataforma de bajo relieve en la cual los macizos representen elementos estructurales altos.

MACIZOS DE JALISCO Y DE MICHOACÁN-GUERRERO

Estos macizos están formados por rocas graníticas y aun metamórficas, que probablemente forman parte del complejo basal, pero algunas partes se encuentran cubiertas por rocas extrusivas. Estos macizos sirven de marco a la Cuenca del Balsas, de la que posiblemente forman parte.

CUENCA DE SONORA

Situada entre el Golfo de California y el Continente Occidental se encuentra la única cuenca de la República Mexicana en la cual afloran sedimentos desde el Cámbrico medio hasta el Cretácico superior. En esta cuenca las líneas estructurales están orientadas al noroeste, mostrando la influencia del Continente Occidental. Los pliegues tienen sus flancos occidentales más inclinados en la parte occidental de la cuenca, y sus flancos orientales más inclinados en la parte oriental de la misma. Los pliegues de la última parte son más intensos que los occidentales.

MACIZOS Y CUENCAS DE BAJA CALIFORNIA

En la Península de Baja California existe un macizo de rocas graníticas que ocupa la mayor parte media de la península, desde la frontera hasta el paralelo 28°, con llanura costera al poniente y con un área al noreste formada por el delta del Río Colorado. Al sur de dicho paralelo existe una cuenca mesozoica denominada Sebastián Vizcaíno, que se extiende al poniente entre Punta Eugenia y Punta Abreojos, en la cual pueden apreciarse amplios pliegues orientados al noroeste, al oriente y al nornoreste. Esta cuenca se continúa al sur por una región de mesetas hasta la Boca de Santa Marina. Al sur del paralelo 28°, la mitad oriental es montañosa y está constituida por rocas extrusivas y por algunas intrusiones ígneas. La península termina al sur con un pequeño macizo de rocas graníticas y metamórficas, que se extiende desde La Paz hacia el sur.

CONTINENTE OCCIDENTAL

Este gran bloque de sial constituye el principal elemento del traspais del Geosinclinal Mexicano, y aunque se ha estudiado poco y fragmentariamente, puede suponerse que en él se han desarrollado pliegues basales (*"plis de fond"*) en moderada escala. Un plegamiento de este

tipo es un fenómeno geológico de gran significado y representa enorme gasto de energía, como puede apreciarse por su amplitud y el gran radio de curvatura abarcado. Las fuerzas tangenciales a que se encuentra sujeta la región, no sólo forman un amplio arco alargado sino que producen la ruptura del material rígido, ya que en estos plegamientos es la masa continental misma la que se pliega. Tales plegamientos producen enormes cuñas que se deslizan una sobre la otra, formando cobijaduras en "seco" y dando lugar a una gigantesca estructura imbricada pero poco conspicua, tanto por la magnitud de las cuñas y el carácter rígido del material, como por los numerosos derrames de rocas extrusivas que encuentran salida por las enormes fallas que limitan dichas cuñas. Esta estructura no sólo explica el aspecto general de la Sierra Madre Occidental y la Mesa Central, sino también la distribución de los conos volcánicos en determinadas fajas. Los ajustes isostáticos también enmascaran la estructura.

La región comprendida entre los meridianos 108° a 110° y los paralelos 27° a 29° , que es la única de la cual se conocen estudios de detalle, viene a confirmar lo que se acaba de exponer. Las rocas en esta área han sido muy plegadas, falladas e intrusadas por masas de rocas plutónicas; además, hubo varios períodos diastróficos. La discordancia entre el Cretácico y las rocas volcánicas del Terciario inferior marca una importante época de plegamiento, y la discordancia entre estas últimas rocas y la formación Báucarit del Terciario superior señala otro intervalo de movimientos diastróficos. Además, la formación Báucarit misma se encuentra algo deformada, y en el norte de esta área cabalgan sobre ella rocas más antiguas, debido a fallas inversas, lo que indica movimientos póstumos relativamente recientes.

PLIEGUES DE LA CORDILLERA DEL GEOSINCLINAL MEXICANO

Estos pliegues, estudiados solamente en algunos puntos muy distantes los unos de los otros, poseen, sin embargo, características inconfundibles que permiten que se les considere como resultado de una orogenia de primera categoría, aunque el geosinclinal del cual provienen no haya sido muy profundo ni experimentado la intensidad de plegamiento que ha ocurrido en otros análogos, como los de los Alpes o de los Himalayas.

Ya en la proximidad de Ciudad Juárez puede observarse en la Sierra de San Ignacio una gran hoja de cobijadura, y más al poniente, en las

Sierras de Presidio y Guadalupe, se observan pliegues recostados y en abanico. Esto indica una fuerza predominante dirigida hacia el suroeste y la presencia de una masa resistente, que en este caso es la constituida por la Plataforma de Coahuila.

Más al sureste, el frente de los pliegues penetra en territorio de los Estados Unidos, hasta el levantamiento de Van Horn, y grandes cobijaduras forman las Montañas Malone, Quitman, Devil Ridge e Eagle. Aun más al sureste, en la vecindad de Ojinaga, se observan varios pliegues acostados tales como el de Cuchillo Parado. De allí hasta cerca de Torreón los pliegues continúan al sureste, formando enormes bloques rodeados de material de relleno, como los ya citados, desde Ciudad Juárez hacia el sureste.

Con la Sierra de Mapimí se empieza a observar mejor la continuidad de los pliegues que hacia el noroeste están semisepultados; el extremo noroeste de esta sierra está intensamente plegado y fallado. Al suroeste del campo minero de Ojuela se encuentra un escarpado denominado Bufa de Mapimí, formado por pliegues recostados apilados unos sobre otros. Al oeste de Mapimí está la Sierra del Rosario, que está formada por pliegues apiñados y todos recostados al noreste.

En la Sierra de Jimulco los ejes de plegamiento voltean del noroeste hacia el poniente, iniciando así la zona poniente-oriental de la Cordillera. En esta zona los pliegues son asimétricos, siendo mucho más inclinados los flancos norte, algunos de los cuales son a menudo verticales o recostados. La Sierra de Parras comienza con una cobijadura corrida hacia el noroeste y continúa con una serie de pliegues recostados y en abanico, para terminar con un anticlinal recostado hacia el norte, que tiene un pequeño sinclinal en el centro.

Entre Saltillo y Monterrey los pliegues recostados y en abanico cambian de una dirección poniente-oriental a norte-sur, rodeando el levantamiento de Miquihuana y aproximándose a la Plataforma de Tamaulipas en el valle de Nuevo Morelos. Continúan en una dirección sureste en las Sierras de La Colmena, Aquismón y Xilitla, hasta llegar a Tamazunchale. La Sierra de La Silla, cerca de Monterrey, forma parte de estos pliegues, que hacia el sureste se encuentran erosionados hasta dejar descubiertas sus raíces, aunque en parte están cubiertas por rocas volcánicas del Terciario superior.

Los pliegues reaparecen descubiertos en la Sierra de La Colmena, que empieza como un complejo anticlinal recostado hacia el noreste, que se transforma en cobijadura cuyo plano de falla es cada vez más cer-

cano al horizontal a medida que se observa más hacia el sur. En Micos el recostamiento es muy notable, pues la estratigrafía se encuentra completamente invertida hacia el sur. Entre Jopoy y Agua Vieja se observa también la serie invertida, y en La Pila se ve un gran pliegue recostado. La Sierra de La Colmena continúa hacia el sureste con la de Aquismón, que al poniente de la población de ese nombre presenta el frente de una hoja de cobijadura típica. Más al sur, únicamente el frente es recostado, pero el flanco suroeste presenta señales de pliegues recostados superpuestos, o de cobijaduras superpuestas, los cuales han sido en gran parte erosionados dejando al descubierto las raíces.

La Sierra de Aquismón continúa hacia el sureste con la Sierra de Xilitla, en cuyo frente hay un anticlinal ligeramente recostado. Más al oeste y constituyendo la parte principal de esta sierra se encuentra la Peña de San Antonio, que está constituida por calizas de facies arrecifal (Tamasopo), equivalentes de la formación San Felipe y que descansan concordantemente sobre la base del Cretácico superior (Xilitla). Estas capas calizas descansan a su vez sobre la sucesión normal de la formación San Felipe, separadas por un plano de falla casi horizontal. Abajo de la formación San Felipe se encuentran las capas de Xilitla y del Cretácico medio en sucesión normal. Esto comprueba claramente la existencia de una típica hoja de cobijadura formada por las mencionadas calizas arrecifales. Al oeste de Tamazunchale, en Tacial, pueden observarse dos fallas de empuje, de las cuales es de importancia la más occidental. Dichas fallas forman el piso de una cobijadura constituida por rocas del Jurásico que han cabalgado sobre las del Cretácico.

La sección a lo largo del Río Pantepec presenta cierta semejanza con la de Tamazunchale, que se encuentra más al noroeste. La del Pantepec, sin embargo, muestra rocas más antiguas y es más completa en su porción estudiada. Comienza en la vecindad de San Gregorio con un fuerte pliegue fallado en su flanco occidental, pero entre Petlán y Trapiche los pliegues se vuelven sumamente intensos, constituyendo el frente de una cobijadura. Más al oeste se encontrará el gran pliegue complejo de Huehuetla, donde aflora la formación Huizachal de la base del Oxfordiano, y aun más al oeste se halla otra cobijadura que muestra rocas del Liásico (formación Huayacocotla) fuertemente deformadas y metamorfizadas. Por fin, más al oeste todavía, en la zona de raíces, se observa una estructura imbricada en la que los sedimentos alternan con cuñas de empuje constituidas por gabros, dioritas y granitos, todas

avanzando, como las cobijaduras, hacia el oriente, y formando el borde del traspais, representado en este caso por el Continente Occidental.

Otra sección es la del Río Vinasco, más al sureste, donde una cobijadura de rocas liásicas cabalga sobre rocas del Kimmeridgiano.

Al sur de Almanza aparecen pequeñas cobijaduras que muestran la influencia del Macizo de Teziutlán, que forma el límite sur del Embahiamiento de Tampico-Tuxpan; pero, aunque los pliegues frontales parecen seguir el borde del macizo, los de la Cordillera, de hecho, pasan al oeste del macizo en haces sumamente apretados, para proseguir hacia el sureste limitando al oeste y suroeste la Cuenca de Veracruz. En esta región las cobijaduras avanzaron al oriente sobre la antefosa, cubriéndola en gran parte. Los frentes de estos pliegues han podido observarse entre San Alejo y Atoyac, así como frente a Tierra Blanca, Playa Vicente, Las Cruces, Tatahuicapan y Trinidad. Al noroeste de Tuxtepec sus ejes buzan hacia el sureste, y los que se encuentran al sureste de esa población buzan al noroeste, o sea hacia el valle del Papaloapan a la altura de Tuxtepec, Oax.

Desde la vecindad de Trinidad el frente describe un amplio arco cóncavo hacia el norte, hasta aproximarse al punto en que el Río Jaltepec entra en el Estado de Veracruz; de allí voltea hacia el sur en una vuelta más cerrada, o sea hacia el punto donde el Río Juniapa se cruza con el Ferrocarril del Istmo. Desde este punto sigue al sureste hasta el Río Coatzacoalcos, donde muestra un desplazamiento de 25 kilómetros hacia el noroeste, hasta el Río Chichijapan. De allí se dirige en línea ondulante hasta el Río Uzpanapa en un punto situado a unos 35 kilómetros al norte de la frontera entre los Estados de Veracruz y Oaxaca, donde continúa hacia el este-sureste hasta penetrar en Guatemala.

La última sección transversal estudiada se encuentra en Chiapas y parte del Cerro de Tres Picos hacia el norte, hasta cerca de San Juan Chamula. Comienza en el norte con un pliegue doble (en abanico) fallado en ambos flancos, que toma la apariencia de un pilar (*horst*). Después sigue una pequeña depresión plegada, limitada al sur, cerca de San Andrés Chamula, por un pliegue recostado al norte. Al sur de esta área se halla otro pliegue doble, con una intrusión ígnea en el centro, representada por los Cerros de San Cristóbal. Luego viene una importante depresión, que es seguida, por fin, por el traspais constituido por rocas cristalinas con un borde del Paleozoico superior, que es el límite norte del Macizo de Chiapas.

ANTEFOSA DE PARRAS

Esta cuenca se halla entre el frente de los pliegues de la Cordillera y la Plataforma de Coahuila, y forma el borde suroeste del Macizo de El Burro-Picachos y el borde noroeste de la Plataforma de Tamaulipas; pero ha sido claramente reconocida sólo en la depresión que se extiende desde Torreón a Saltillo. En este tramo está atravesada de oriente a poniente por una serie de pliegues sinuosos orientados al oeste-noroeste, los cuales tienen su flanco norte más inclinado y están generalmente recostados o en algunos lugares, acostados hacia el norte.

Hacia el fin del Cretácico se depositó en la antefosa, junto con lodos calcáreos, una enorme cantidad de arena que provenía de la erosión marina de los pliegues que se empezaban a formar en el Geosinclinal Mexicano, a la vez que la antefosa se hundía rápidamente. Estos materiales constituyeron los depósitos característicos de grano grueso, de facies "flysch", conocidos ahora como la formación Difunta.

ANTEFOSA DE CHICONTEPEC

Entre los pliegues de la Cordillera y la Plataforma de Tamaulipas, o sea en la depresión entre la Sierra de El Abra y el Macizo de Teziutlán, se encuentra la Antefosa de Chicontepec, donde se depositó la formación de facies "flysch" de ese nombre, que alcanza un espesor hasta cerca de 3,000 metros. El flanco oriental de la antefosa está cubierto por capas eocénicas más recientes, que se conocen sólo por pozos. La orilla occidental está erosionada y fuertemente perturbada. La formación Chicontepec está formada, en conjunto, por una serie de capas incompetentes, en las cuales son muy comunes los pliegues pequeños, aunque también los hay de grandes dimensiones. Los anticlinales están generalmente recostados al poniente, y especialmente al occidente y sur de la cuenca se presentan estructuras imbricadas y aun quizá pequeñas cobijaduras.

CUENCA DE TANTOYUCA

Esta cuenca se encuentra en el borde del antepaís (Plataforma de Tamaulipas) y está restringida a una faja angosta que va de Tempoal a Poza Rica. Aparentemente, los conglomerados basales fueron depositados solamente en pequeñas cuencas de sedimentación entre los antiguos anticlinales, ya que están ausentes en los levantamientos de

Metlaltoyuca y Tlacolula. En Tautoyuca estos depósitos, de facies "molasse", se encuentran desarrollados típicamente en enormes abanicos aluviales (fanglomerados). Aun esta formación está fuertemente plegada e imbricada, pero en un frente mucho más corto que el de la formación Chicontepec. Al sur de Miahuapan los pliegues disminuyen rápidamente, y ya en Mecatepec no hay indicios de una perturbación estructural primaria. En el área de Tempoal se encuentra una análoga disminución rápida de la intensidad de plegamiento.

ANTEFOSA DE VERACRUZ

Esta antefosa se encuentra cubierta principalmente por el frente de los pliegues de la Cordillera y por la transgresión del Mioceno.

ANTEFOSA DE CHIAPAS

La Antefosa de Chiapas se observa en una faja angosta al sur de la Cuenca Salina, donde está atravesada por ocho pliegues orientados al noroeste. De allí al oriente se ensancha hasta cuatro veces el ancho del extremo occidental y prosigue al sureste hasta penetrar en la parte sur del Petén, en Guatemala. La facies "flysch" está representada en esta antefosa por las lutitas Candelaria y Chinal, mientras que la facies "molasse" consiste de conglomerados depositados a lo largo de los pliegues frontales. La última facies alcanza su mayor desarrollo entre el Río Mezcalapa y el Ferrocarril del Istmo y persiste en el Oligoceno inferior.

BIBLIOGRAFIA

ESTUDIOS PUBLICADOS

- Aguilera, J. G., et al.—Bosquejo geológico de México: Inst. geol. México, Bol. núms. 4-6, 1897.
- Argand, E.—La tectonique de l'Asie, Bruselas, 1922.
- Bailey, E. B.—Tectonic essays mainly Alpine, 1935.
- Bucher, W. H.—The deformation of the Earth's crust, 1941.
- Burckhardt, Carlos.—Etude synthétique sur le Mésozoïque mexicain: Soc. Paleont. Suisse, Mem., vol. 49-50, 1930.
- Clarke, F. W.—The data of geochemistry: U. S. Geol. Survey Bull. 770, 1924.

- Collet, L. W.—The structure of the Alps, 1935.
- Daly, R. A.—Strength and structure of the Earth, 1940.
- Daly, R. A.—The architecture of the Earth, 1938.
- Gibson, J. B.—Estratigrafía y tectónica de la zona costera del Golfo entre el 19° 34' latitud norte y el Río Coatzacoalcos, Veracruz: Soc. geol. mexicana, Bol., tomo IX, núm. 5, 1936.
- Gignoux, M.—Géologie stratigraphique, 1936.
- Gregory, J. W. (editor).—The structure of Asia, Methuen & Company, Ltd., Londres, 1929.
- Gutenberg, B.—Internal constitution of the Earth, 1939.
- Heim, A.—The Front Ranges of Sierra Madre Oriental, Mexico, from Ciudad Victoria to Tamazunchale: *Eclogae geol. Helvetiae*, vol. 33, núm. 2, 1940.
- Heritsch, Franz.—The nappe theory of the Alps, 1929.
- Imlay, R. W.—Jurassic formations of Gulf region: *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, vol. 27, núm. 11, pp. 1407-1533, 1943.
- Imlay, R. W.—Cretaceous formations of Central America and Mexico: *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, vol. 28, núm. 8, pp. 1077-1195, 1944.
- Jeffreys, H.—The Earth, 1929.
- Joly, J.—The surface history of the Earth, Oxford, 1925.
- Kane, W. G.—Structural geology of border province of northeastern Mexico adjacent to Zapata and Starr Counties, Texas: *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, vol. 20, núm. 4, pp. 403-416, 1936.
- Kellum, L. B., et al.—Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico; Pt. 1, Relation of structure, stratigraphy, and igneous activity to an early continental margin: *Geol. Soc. America Bull.*, vol. 47, núm. 7, pp. 969-1008, 1936.
- King, P. B.—Carta geológica de la parte septentrional de la República Mexicana: *Inst. Geología (México), Cartas geol. min. República mexicana*, núm. 3, pp. 1-24, 1947.
- King, R. E., et al.—Geology and palontology of the Permian area northwest of Las Delicias, southwestern Coahuila, México: *Geol. Soc. America Spec. Paper* 52, pp. 1-172, 1944.
- King, R. E.—Geological reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental of Mexico: *Geol. Soc. America Bull.*, vol. 50, núm. 11, pp. 1625-1722, 1939.
- Muir, J. M.—Geology of the Tampico region, Mexico, *Am. Assoc. Petroleum Geologists*, Tulsa, 1936.

- Schuchert, Charles.—Historical geology of the Antillean-Caribbean region, John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 1935.
- Staub, R.—Der Bewegungsmechanismus der Erde, 1928.
- Suess, E.—La faz de la Tierra, 1923, 1930.
- Waterschoot van der Gracht, W. A. J. M.—Permo-Carboniferous orogeny in south-central United States: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., vol. 15, núm. 9, pp. 991-1056, 1931.
- Waterschoot van der Gracht, W. A. J. M., et al.—Theory of continental drift, Am. Assoc. Petroleum Geologists, Tulsa, 1928.
- Wegener, A.—Génesis de los continentes y océanos, 1924.
- Willis, Bailey.—Index to the stratigraphy of North America: U. S. Geol. Survey Prof. Paper 71, 894 pp., 1912.

ESTUDIOS INÉDITOS

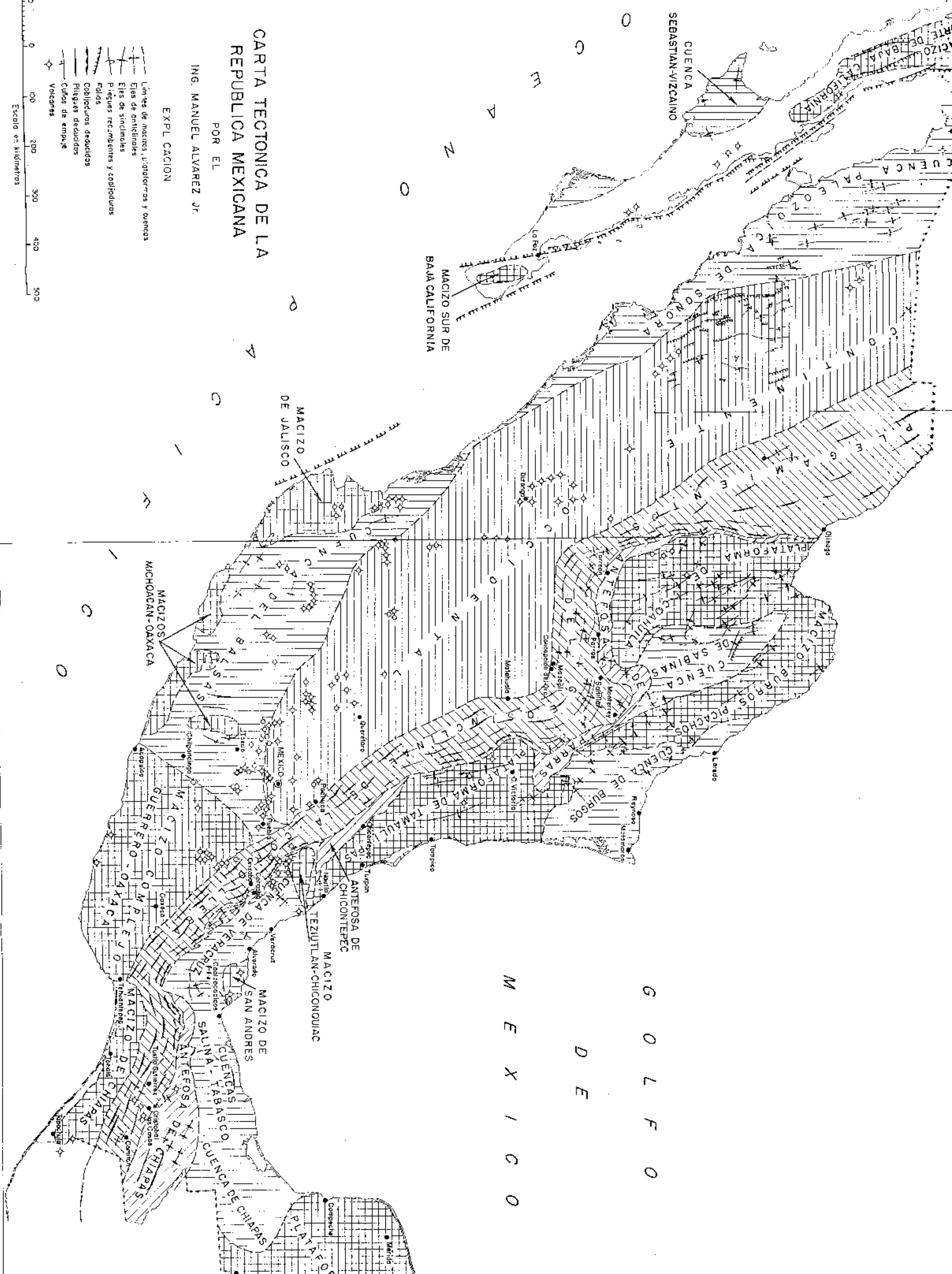
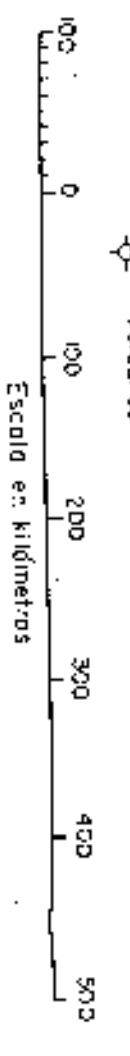
- Burnett, J. B.—General report on geological reconnaissance in southeastern Mexico, octubre de 1922.
- Fehr, W. R., y Bonard, E. E.—Geological cross-section through the Sierra Madre Oriental from Mecapala to Cueva Húmeda, enero de 1930.
- Fehr, W. R.—Reconnaissance report on the area between Piedras Negras, Villa Acuña, and Sierra del Burro, northeastern Coahuila, febrero de 1930.
- Grimsdale, T. F.—Northern Chihuahua, octubre de 1930.
- Hegwein, W. H.—Additional notes on the geology and on drilling activities in northeastern Mexico, noviembre de 1934.
- Hegwein, W. H.—General report on northeastern Mexico and the Tampico district, abril de 1935.
- Hirschi, H. S.—Baja California, octubre de 1926.
- Imlay, R. W.—Petroleum possibilities in the Jurassic and Lower Cretaceous of Mexico, diciembre de 1947.
- Jenny, H.—Geological reconnaissance survey of the northwestern part of the State of Guerrero, marzo de 1932.
- Keller, W. T.—West Mexico (part of Nayarit, Jalisco, Colima, and Michoacán), febrero de 1923.
- Keller, W. T.—Northern Chihuahua, diciembre de 1921.
- Kuiper, W. N.—Limestone production north of Tuxpan, diciembre de 1932.
- Müller, F. T.—Compilation data relating to Isthmus, Tabasco, and northern Chiapas structures, noviembre de 1933.

-
- Nuttall, W. L. F.—Notes on the stratigraphy of southeast Mexico, marzo de 1929.
- Pertwee, J. W.—Quantitative regional gravimetric interpretation of the Tampico region, febrero de 1937.
- Salas, G. S.—Reconocimiento geológico de la cuenca sedimentaria de Oaxaca (*Puebla, Oaxaca y Guerrero*), mayo de 1944.
- Schurman, Howard, Shider, Creek y Trümpy.—Notes on a geological excursion from Mexico to Acapulco, abril de 1932.
- Stahelin, P. K.—General report on the Veracruz basin, octubre de 1935.
- Still, J. T.—Reconnaissance geology of an area in the northern part of the State of Chihuahua, abril de 1947.
- Tait, C.—Regional gravitational effects in Mexico (Tampico and Isthmus regions), agosto de 1937.
- Tercier, J.—Peninsula of Yucatán, marzo de 1932.
- Trümpy, D.—Regional tectonics and oil prospects of eastern Mexico, agosto de 1932.
- Tschopp, H. J.—The Isthmian saline basin, noviembre de 1931.
- Tschopp, H. J.—Some notes on the Macuspana district and Chiapas mountains, mayo de 1932.
- Tschopp, H. E.—Jurassic prospects in the Tampico district, julio de 1931.
- van Melle, F. A.—Reflection seismological survey in south Tuxpan district, febrero de 1932.

CARTA TECTONICA DE LA REPUBLICA MEXICANA

POR EL
ING. MANUEL ALVAREZ JR.
EXPL. CACION

- Límites de macizas, p'atorras y cuencas
- Ejes de anticlinales
- Ejes de sinclinales
- Pliegues recumbentes y cobijaduras
- Folds
- Cobijaduras deductivas
- Pliegues deductivos
- Cuños de empuje
- ◆ Volcanes



G O L F O
D E
M E X I C O