

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
INSTITUTO DE GEOLOGIA  
DIRECTOR: ING. GUILLERMO P. SALAS

ANALES  
DEL  
INSTITUTO DE GEOLOGIA  
Tomo XIII

ESTUDIOS DE GEOLOGIA ECONOMICA

POR  
EL ING. JOSÉ RODRÍGUEZ CABO



BIBLIOTECA

MEXICO, D. F.

1957



## CONTENIDO

	Pág.
I. ESTUDIO DE LOS DEPOSITOS DE SALES POTASICAS EN LOS ALREDEDORES DE RIOVERDE, S. L. P. ....	9
Situación y límites de la zona en estudio.....	9
Vías de comunicación .....	11
Condiciones geológicas generales de la zona .....	11
Fisiografía .....	13
Geología .....	15
Arcillas .....	15
Calizas .....	15
Margas .....	16
Caliza reciente .....	16
Travertino .....	16
Sedimentos .....	17
Riolitas .....	17
Basalto .....	17
Interpretación de los resultados de los análisis efectua- dos a las muestras de rocas y de aguas de la región en estudio .....	18
Conclusiones de carácter práctico .....	23

## CUADROS

Resultado de los análisis de muestras de roca proceden- tes de los alrededores de Rioverde, S. L. P. ....	21
Resultados de los análisis efectuados a muestras de aguas procedentes de los alrededores de Rioverde, S. L. P. ....	22
Clasificación mineralógica de una muestra de sales de Rioverde, S. L. P. ....	23

## LAMINAS

Lám. Núm. 1. Zona estudiada en los alrededores de Rio- verde, S. L. P. ....	10
--------------------------------------------------------------------------------	----

	Pág.
Lám. Núm. 2. Localización de los sitios en que se coleccionaron ejemplares de rocas y de aguas, en los alrededores de Rioverde, S. L. P. ....	19
II. EXPLORACION GEOLOGICA DE VARIOS DEPOSITOS SALINOS DE LOS ALREDEDORES DE TEHUACAN, PUE. ....	25
Zona estudiada .....	25
Vías de comunicación .....	25
Fisiografía .....	27
Hidrografía .....	28
Geología .....	28
Neo-Cretácico .....	29
Edad de la formación San Felipe .....	29
Edad de la formación Papagallos .....	30
Terciario .....	30
Eoceno .....	30
Edad del Chicontepepec .....	31
Formación Alazán .....	31
Oligoceno .....	31
Mioceno .....	31
Cuaternario .....	32
Depósitos salinos .....	32
FOTOGRAFIAS	
Foto Núm. 1. Tanque en el que se depositan las salmueras en las salinas Las Grandes, Pue. ....	32
Foto Núm. 2. Tanque para evaporación de salmueras en las salinas de Miahuatepec, Pue. ...	32
Foto Núm. 3. Sal cristalizada en Tochiga, Pue. ....	33
Foto Núm. 4. Formación típica de la región estudiada. ....	33
Foto Núm. 5. Sal de las salinas Las Chiquitas, Pue. ...	34
Foto Núm. 6. Tanque en las salinas de Zapotitlán, Pue. ....	34
Foto Núm. 7. Vegetación raquíutica de la región estudiada .....	35
LAMINAS	
Situación y límites del área estudiada en los Estados de Puebla, Veracruz y Oaxaca .....	26
III. ALGUNOS DEPOSITOS DE GUANO EN LA REGION NORESTE DEL PAIS .....	43
Introducción .....	43

	Pág.
Características de los guanos .....	43
Clasificación de los guanos .....	44
Formas del nitrógeno en los guanos .....	45
Formas del ácido fosfórico en los guanos .....	45
Formas de la potasa en los guanos .....	45
Efecto de los guanos en los diferentes suelos .....	46
Principales depósitos de guano en los Estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí....	47
Cueva de la mina de La Mutua .....	47
Cueva de El Chorro .....	48
Cueva de La Noria, en el rancho del Jagüey....	49
Cueva de los Pinos, en Ojo Caliente .....	50
Cueva del socavón del Volcán, de Ojo Caliente ...	51
Cueva del guano del rancho de San Francisco....	52
Cueva de las Animas .....	53
Cueva de San Vicente .....	55
Cueva de Porvenir .....	56
Cueva del León .....	58
Mina de Santo Tomás .....	59
Mina de la Trinidad .....	60
Cueva de El Abra .....	61
Cueva del Murciélago .....	62
Cueva del Jabalí .....	63
Conclusiones .....	68

## CUADROS

Análisis de las muestras de guano de murciélago procedentes de varios depósitos de los Estados de Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León y San Luis Potosí.	66
Tonelaje calculado para cada uno de los depósitos de guano .....	67

## LAMINAS

Lám. Núm. 1. Cueva del Jabalí, Hda. Las Palmas.....	64
Plano Núm. 2. Principales depósitos de guano en el noreste de México .....	Anexo

IV. EL MANTO CARBONIFERO DE XILITLA, S. L. P. ....	71
Localización del área estudiada .....	71
Clima .....	74
Fisiografía .....	74
Hidrografía .....	76
Geología .....	77

	Pág.
Geología Histórica .....	78
Estructura tectónica .....	80
El manto carbonífero de Xilitla .....	82
Tonelaje .....	87
Explotación del manto carbonífero .....	88
Aprovechamiento de los carbones bituminosos .....	89
Conclusiones .....	92

## LAMINAS

Fig. Núm. 1. Plano general de la región estudiada ....	72
Fig. Núm. 2. Plano tectónico .....	75
Fig. Núm. 3. Localización y magnitud del manto carbonífero de Xilitla .....	83
Fig. Núm. 4. Sección transversal a lo largo del manto carbonífero .....	85

## ESTUDIO DE LOS DEPOSITOS DE SALES POTASICAS EN LOS ALREDEDORES DE RIOVERDE, S. L. P.

### SITUACIÓN Y LÍMITES DE LA ZONA EN ESTUDIO

La zona estudiada se halla situada, aproximadamente, en la parte central del Estado de San Luis Potosí, estando comprendida entre los meridianos  $99^{\circ}25'$  y los  $100^{\circ}24'$  de longitud occidental del meridiano de Greenwich y los paralelos  $21^{\circ}43'$  y los  $22^{\circ}26'$  de latitud norte. Adopta una forma irregular de un polígono octagonal, cuyos vértices corresponden (ver Lám. Núm. 1) a pequeños poblados y rancherías.

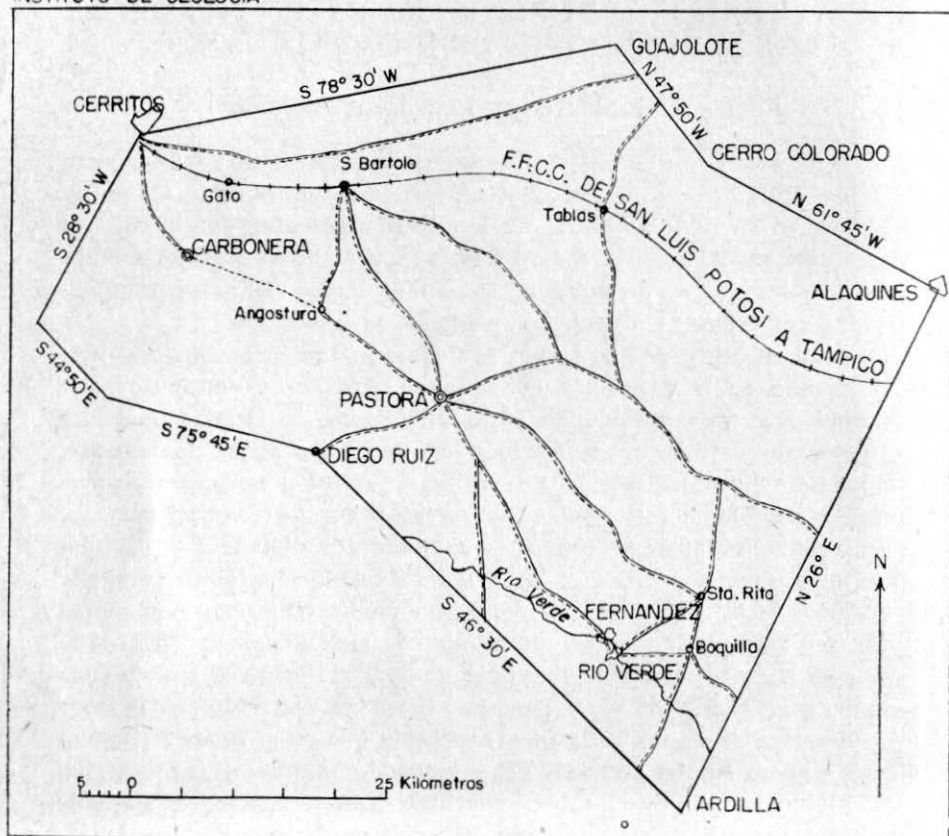
El caminamiento que se siguió fue como se indica a continuación:

Partiendo de la rancharía denominada Ardilla, y con un rumbo de  $N26^{\circ}00'E$ , y un recorrido de 56.75 kilómetros, se llegó al poblado Alaquines; de este lugar y después de recorrer, aproximadamente, 25 kilómetros, en una dirección  $N61^{\circ}45'W$ , se arribó a una pequeña prominencia conocida con el nombre de Cerro Colorado; a continuación, con un rumbo  $N47^{\circ}50'W$  y después de caminar una distancia de 15 kilómetros, más o menos, se llegó a un rancho llamado Guajolote; a partir del mismo se continuó hasta la población de Cerritos, con un rumbo  $S78^{\circ}30'W$  y después de recorrer una distancia aproximada de 47.25 kilómetros; en seguida, con una distancia de 21.25 kilómetros y siguiendo un rumbo general  $S28^{\circ}30'W$ , se pasó por el rancho conocido como Labor Vieja; después, se siguió hasta otra rancharía que en el lugar le llaman Potrero, con un rumbo de  $S44^{\circ}50'E$  y habiendo caminado una longitud de 10.5 kilómetros; de este punto se continuó hasta el pequeño poblado de Diego Ruiz, después de recorrer una distancia de 21 kilómetros, siguiendo una dirección general  $S75^{\circ}45'E$ ; y por último, con rumbo  $S46^{\circ}30'E$  y habiendo recorrido una distancia de 52.5 kilómetros, se arribó nuevamente al punto de partida, o sea, la rancharía llamada Ardilla.

La zona que se estudió adopta una forma un tanto caprichosa, en virtud de que se trató de delimitar aquella parte de esa región, que presenta características geológicas y climáticas semejantes, que hacen

INSTITUTO DE GEOLOGIA

Lam. n.º 1



Zona estudiada en los alrededores de Rioverde, S. L. P.



suponer que en tiempos geológicos pretéritos correspondió al fondo de una cuenca marina o lacustre.

El recorrido total correspondiente al perímetro del polígono octagonal fue de 249.25 kilómetros y su superficie de 3,311 kilómetros cuadrados.

#### VÍAS DE COMUNICACIÓN

Las vías de comunicación con que cuenta la zona, materia de este trabajo, son bastante deficientes, ya que el único medio seguro, aunque generalmente un poco lento, de que se dispone, es el ferrocarril que une a la capital del Estado de San Luis Potosí con Tampico y que atraviesa en su mayor longitud, de noroeste a sureste, a la zona estudiada, pasando por la población de Cerritos, en seguida, la estación denominada Gato, después, por la estación de San Bartolo, de donde parte un pequeño ramal que va a Rioverde y a donde hay servicio dos veces al día; a continuación llega a Cárdenas, que ya se halla en el límite oriental de la región recorrida, y en donde principia a subir, abruptamente, la Sierra Madre Oriental. De San Luis Potosí se puede ir a Rioverde siguiendo la carretera que se ha trazado, uniendo a estas dos poblaciones; pero se encuentra actualmente en muy mal estado de conservación, y dado que solamente se ha revestido en su mayor extensión, mas no se ha petrolizado, no obstante que la distancia no es mayor de 120 kilómetros; el recorrido en automóvil o camión se hace en más de 5 horas. No es de recomendarse este medio de comunicación. De un punto que se encuentra a 18 kilómetros al oeste de Ciudad del Maíz, en la magnífica carretera que une a San Luis Potosí con la carretera internacional de México a Laredo, en Antiguo Morelos, parte un camino en muy malas condiciones de tránsito y que conduce hasta Rioverde, pasando por el rancho de Palomas, pero al igual que el mencionado anteriormente, no es aconsejable hacer uso de él.

Se tiene conocimiento de que se está construyendo en la actualidad una carretera que comunicará a Ciudad Valles con Rioverde, la que acortará considerablemente el trayecto entre la Huasteca potosina y veracruzana y esa importante región agrícola de los alrededores de Rioverde.

#### CONDICIONES GEOLÓGICAS GENERALES DE LA ZONA

En una gran parte de la región oriental del Estado de San Luis Potosí, no se define de una manera clara el límite de la Mesa Central, porque de los 1,800 metros sobre el nivel del mar en que se puede esti-

mar, por término medio, la altura de la vasta planicie en que se asienta la capital del Estado, se descende por los bajos portezuelos e interrupciones de las serranías que lo limitan, a nuevos valles, que muy angostos primero, casi verdaderos y simples *thalwegs*, se ensanchan extraordinariamente a un nivel más bajo, definiendo claramente las vertientes del Golfo de México. Cerritos está situado en una ancha y larga llanura a 1,150 metros de altura sobre el nivel del mar, se encuentra en uno de esos valles que forman un primer escalón de descenso de la Mesa Central y que está separado de los llanos de Peotillos por elevaciones no muy considerables, estribaciones de la sierra de Guadalcázar, que el ferrocarril cruza sin gran dificultad, para entrar por una cañada angosta que ocupan los pueblos o rancherías de Arrastraderos, Villar, La Joya, San Lázaro, etc., donde puede decirse que se anuncia el inmenso valle de Cerritos, limitado por las grandes serranías en que se destacan las altas montañas del Mineral de Guadalcázar. Diversos elementos componen estas sierras que, unidas entre sí, marchan en dirección general del N.W. al S.E., abriéndose primero las dos ramas, para tender a juntarse después la rama oriental, perdiendo en altura e importancia desde un espolón rocalloso que se llama cerro de San Pedro. La otra continúa alta y algo desmembrada, se prolonga hasta bifurcar las corrientes de agua que reúnen los pueblos del Municipio de Rioverde. De esta manera, el gran valle de Cerritos, desde el pie de las montañas de Guadalcázar, hasta perder su individualidad en Rioverde, abarca una extensión de 100 kilómetros, más o menos, y una anchura máxima de 25 kilómetros, formando un dilatado plano, débilmente inclinado.

Las dos sierras que limitan al gran valle de Cerritos están constituidas, casi en su totalidad, de calizas compactas que aparecen en gruesos bancos desprovistos de fósiles, montañas que no presentan, en su forma, particularidad digna de mención, ya que aparte de accidentes tectónicos mal definidos, no queda en su forma más que las huellas de una erosión largo tiempo ejercida, cimas redondas, pendientes regulares y *thalwegs* poco acentuados. Una superficie de terreno áspera desigual, que no deja ver claramente la magnitud ni la dirección de los bancos de calizas grises, duras, en las que apenas crece raquífica vegetación. En el límite N.E. del valle suelen hallarse, además de las calizas, cimas muy denudadas de rocas eruptivas.

Parte de la llanura la cubre una gruesa capa negra de tierra vegetal, seca y en terrones en verano, pesada y lodosa en la estación de lluvias, en cuya época, algunas extensiones se ven convertidas en lagunas.

Abajo de la capa de tierra vegetal, muy arcillosa, se encuentra, con bastante uniformidad, al pie de las montañas, una costra dura de 1 a 2 metros de espesor, de caliche, es decir, una toba caliza muy arcillosa, que se ha formado a expensas del carbonato de cal disuelto en las aguas salvajes que escurrían con cierta uniformidad por las laderas de los lomeríos de calizas, al pie de las altas montañas. Esta costra se adelgaza, poco a poco, hasta desaparecer en el fondo del valle.

Por medio de los pozos que hasta cierta profundidad se han abierto en la región, se ha podido observar que debajo de la costra de caliche se encuentra, constantemente, un grueso manto de aluvión; formado de cantos rodados de caliza, cementados por una tierra blanca, amarilla o rojiza, arcillosa y fuertemente comprimida. En algunos pozos, sin embargo, aparece debajo de la costra de caliche, una capa de espesor variable, de una toba volcánica amarillenta, que ha provenido de los deslaves de acumulaciones de detritos volcánicos, que cubrían a las tobas andesíticas que hoy se encuentran cerca de las rancherías de San Diego y de San Pedro.

El cemento del aluvión, en lugar de ser muy arcilloso, es aquí, en gran parte, de dicho material volcánico. Hacia el centro del valle, el aluvión con arena se transforma en un conglomerado compacto y fino, que constituye una capa impermeable que retiene las aguas y a la que llegan los pozos comunes que tienen una profundidad variable entre 6 y 15 metros, hacia el medio o en las orillas de la planicie. Por último, debajo de los aluviones calizos y conglomerado, se encuentra una gruesa capa de arcilla blanca, muy fina, verdadero caolín.

#### FISIOGRAFÍA

El valle de Rioverde forma una llanura amplia y plana, que se extiende de norte a sur como 60 kilómetros y de este a oeste alcanza de 25 a 30 kilómetros, a una altura media de 1,020 metros sobre el nivel del mar; comprendida entre los paralelos  $21^{\circ}45'$  y  $22^{\circ}15'$  latitud norte y los meridianos  $0^{\circ}45'$  y  $1^{\circ}15'$  al oeste del de México.

Este valle está limitado por dos sistemas de montañas que corren de N.W. a S.E., juntándose hacia el sur y hacia el norte, más allá del valle de Cerritos.

Por el oriente se hallan las sierritas pequeñas de la Boquilla. Por el poniente el sistema de sierras de Diego Ruiz, Cieneguilla, San Diego y Jabalí, que se extiende mucho al N.W. y W.

Por el norte está el cerro Vetado y los pequeños cerros de Angostura, y al sur el cerro de La Campana, y la sierrita de Las Lágrimas. Al S.W., entre la sierra de San Diego y la del Jabalí, se encuentran las mayores alturas de la región: como en los cerros de El Alisos, Catedral, Pedregoso y Bernalejo, que se levantan entre 1,900 y 2,200 metros sobre el nivel del mar.

Al norte está el valle de Cerritos, a unos 1,100 metros de altitud, hallándose separado del de Rioverde por los pequeños cerros de Angostura. Al poniente está el valle de Gallinas y una serie de valles estrechos situados entre las sierras que se escalonan hasta el nacimiento del río Verde, a unos 1,600 metros. Al oriente se encuentra el valle estrecho y largo de Santa Rita y Sanguijuela a unos 1,050 metros de elevación, separado del de Rioverde por los cerros de la Boquilla y, al sur y a una altura de 870 metros, están los valles escarpados de San Sebastián y San José del Tapanco, formados por el río Verde y el río Calabazas, respectivamente. Estos dos valles están separados, uno del otro, por la sierrita de Las Lágrimas, que va de norte a sur y que a su vez separan el valle de Rioverde del de San Ciro y Arroyo Seco, que está a una altura de 920 metros.

El río Verde nace en los valles de Tolentino y Armadillo y otros de menor importancia, a una altura de 1,600 metros. Sigue un curso general de N.W. a S.E. hasta Ojo de Agua de Solano, habiendo drenado una extensión de cerca de 300 kilómetros cuadrados; aquí, en Ojo de Agua de Solano, entra al valle del río Verde y sólo desde allí lleva agua todo el año; sigue su curso de N.W. a S.E. drenando el valle en el que aumenta mucho sus aguas, tanto que, al terminar la llanura, en Paso Real, se le tiene que buscar el vado. Desde Paso Real vuelve a ser escarpado y torrencial, sólo a trechos forma vegas, todas cálidas, como las de San Sebastián, Vaqueros, Pinihuán y Guayabos; se reúne con el río de Santa María, un poco mayor que él, y forman el río Tampaon o río Tamuín, que a su vez se une con el Moctezuma y forman el río Pánuco, que desemboca en el Golfo de México.

Al valle de Rioverde concurren las aguas del norte, del oriente y del poniente; las del norte mueren en el valle y las que durante la temporada de lluvias surcan la superficie, son captadas en Angostura y Pastora. Las del este, se extienden al desembocar en el llano y dejan de surcarlo, a lo más, forman pantanos de poca duración. Las del oeste se abren paso por dos cortes, casi paralelos: por el río Verde que separa la sierra de Diego Ruiz, de los cerros del Volcán y todos los de Tecomates y Ojo de Agua, el único que, como ya se dijo, entra al valle y lo surca en toda su extensión y el arroyo del Caño, que separa al

Bernalejo y los cerros de Cieneguilla, de las sierras de San Diego y Jabalí, y que sirve de drenaje a una gran parte de esas sierras. En este arroyo hay construido un caño desde época lejana y que alcanza un desarrollo como de 10 kilómetros.

El desagüe de la parte sur de la sierra del Jabalí, se hace por el río Calabazas, que limita al valle por el sur.

#### GEOLÓGIA

Las rocas que constituyen el suelo y el subsuelo de esta región, son sedimentarias y eruptivas.

Las sedimentarias consisten en arcillas, calizas compactas del Cretácico medio; margas del Cretácico superior, caliza compacta reciente; travertino y sedimentos actuales.

Las eruptivas son: riolitas y basaltos.

*Arcillas.* Las arcillas afloran sólo en una pequeña fracción del lecho del cañón de la Piedra de Amolar, en Cieneguilla; están muy plegadas, no se les ve fósiles y tienen una dirección general de  $50^{\circ}$  N.W. y  $20^{\circ}$  de echado al N.E., a una altura de 1,300 metros sobre el nivel del mar; sobre estas arcillas y, al noreste, se ve una arenisca que el señor doctor P. Waitz clasificó de "psammita de granos de cuarzo, en cantidad predominante, feldespatos y pequeños fragmentos de rocas diferentes". Esta roca tiene la dirección y el echado de las arcillas; en el centro está la psammita de grano grueso y, arriba y abajo, una capa como de 2 metros de psammita de grano fino, roca que se utiliza como piedra de amolar y de allí el nombre del cañón.

*Calizas.* Sobre las arcillas vienen las calizas compactas, fosilíferas, que afloran en una gran extensión, formando los cerros de San Bartolo y Angostura, los cerros de La Boquilla y todos los que se elevan al sur de éstos. En las sierras del oeste, la caliza forma la sierra de Diego Ruiz y, la de Gallinas y de Ojo de Agua al sur; forma la masa de las montañas dejada al descubierto por las riolitas en algunas de las cúspides, en varios cortes ejecutados por la erosión y en muchos lunares pequeños rodeados de rocas eruptivas.

En el cerro del Volcán las capas calizas tienen una dirección de  $80^{\circ}$  N.W. y su echado de  $10^{\circ}$  S.W.; en este cerro existe, casi en la cima, una caverna de dirección  $60^{\circ}$  N.E., casi vertical, por la que sale una corriente de aire muy activa y que, según dicen, algunas veces, en el invierno, toma el aspecto de una columna de humo; de allí el nombre de Volcán. El Bernalejo es una de las eminencias de caliza de las que

alcanzan 2,000 metros de altitud; la parte superior de la montaña tiene forma cónica y las capas tienen dirección general de  $50^{\circ}$  N.W. y  $40^{\circ}$  de echado al S.E. En el arroyo del Caño hay un corte natural como de 60 metros de altura, casi a pico, donde la caliza se presenta en gruesos bancos de 1.50 metros, con dirección general de  $55^{\circ}$  N.W. y echado variable entre  $15^{\circ}$  S.W. a  $20^{\circ}$  N.E. En la sierrita de Las Lágrimas la caliza tiene una dirección general de  $30^{\circ}$  N.W. y echado de  $16^{\circ}$  a  $50^{\circ}$  al S.W. En La Boquilla, las capas calizas tienen dirección general de  $30^{\circ}$  N.W. y echado de  $15^{\circ}$  a  $40^{\circ}$  al N.E.

El arroyo de La Presa es un corte transversal a la dirección de las calizas y donde puede verse el carácter ondulado de las capas.

En estos lugares, donde se presenta la caliza desnuda y fácil de observar, los lunares múltiples están como el conjunto de estas sierras, cubiertas de tierra vegetal y de exuberante vegetación, pero como se habrá visto por las anotaciones anteriores, puestas de relieve en el plano, forman anticlinales y sinclinales alternados, con dirección general, en la sierra del W. de  $60^{\circ}$  N.W. y en La Boquilla de  $20^{\circ}$  N.W. Este carácter se manifiesta también en las serranías de Los Melones, en Cieneguilla y los cerros de La Capilla, La Calera y Palomas, en Jabalí.

*Margas.* Las margas inferiores del Cretácico superior o "división Cárdenas" del Dr. Böse, cubren en una pequeña extensión a las calizas, en la parte N.E. de la sierrita de La Boquilla, es decir, en la dirección de Cárdenas.

*Caliza reciente.* La caliza reciente, compacta, forma una costra como de 10 metros de espesor, como se ve en los flancos de la meseta de San Juan, en El Abrajadero; en la parte que forma, por decirlo así, el escalón entre los valles de Rioverde y los de San Sebastián y San José del Tapanco.

*Travertino.* El travertino forma una costra que alcanza un espesor de 6 metros, como se ve en las riberas o paredones del río y que se extiende desde San Bartolo hasta la extremidad sur del valle, hasta la meseta de San Juan, observándose un espesor mayor en los manantiales de Plazuela. En gran parte, esta costra está cubierta de tierra vegetal, pero se le descubre bajo la capa delgada de dicha tierra, como en los tajos o canales hechos en Pastora, en algunos de Rioverde y en otros de La Boquilla. De Rioverde a Plazuela, está al descubierto y, en todo el camino, forma una roca dura, áspera, con cavidades que en el llano del Jabalí están llenas de agua y forman una extensa ciénaga en la que creció y se desarrolló una vegetación recia, especial, hasta constituir bosques casi impenetrables, como se ve aún en la parte oriental de este llano.

*Sedimentos.* Los sedimentos actuales se encuentran en una pequeña extensión, concretándose a los conos de deyección de los arroyos, en su desembocadura en el valle; como en los vallecitos de Cieneguilla, San Diego y el de la presa del Jabalí, cuencas reducidas, limitadas al oeste por los macizos de la sierra y al este por los cerros pequeños, que son como las últimas ondulaciones de las calizas o los estribos últimos de la sierra.

De estos conos de deyección, el único que se extiende algo y que tiene importancia en la hidrología de la comarca, es el de San Diego, que avanza hasta Callejones, formando algunos lechos permeables.

*Riolitas.* Las riolitas forman una capa extensa, con dirección general de N.W. a S.E. que cubrió la formación cretácica, dejando al descubierto algunas de las eminencias y llenando todas las barrancas y hondonadas preexistentes; algunas veces es de gran potencia, levantándose, en partes, hasta formar alturas de consideración, como el cerro de Los Alisos, en Jabalí, a más de 1,900 metros sobre el nivel del mar; hacia el oeste forma alturas mayores. Sigue a través del valle llenando una parte, sobre la que reposan las capas de travertino, como se ve claramente en el cauce del río de Paso Real.

Del lado sureste del valle, vuelve a levantarse con los mismos caracteres que en el oeste, cubriendo las calizas, pero dejándolas aflorar en los puntos en los que su espesor no llegó a cubrirlas, o en los lugares en donde la erosión y denudación posteriores, han vuelto a descubrir.

La roca está surcada, en algunos lugares, de venas de cuarzo y pedernal, como en el lugar conocido con el nombre de Cuchillita. También tiene muchos núcleos, de muy variadas dimensiones, de una roca que el señor Dr. Paul Waitz clasificó como "obsidiana riolítica, con esferulitas y cristales de sanidino, plagioclasa y cuarzo, en base vidriosa fluida".

*Basalto.* Adelante de Estancia Nueva, en el arroyo del Caño, la erosión ha dejado al descubierto un dique de una roca maciza y compacta, que entre la riolita atraviesa la barranca y que el Dr. Waitz clasificó como "basalto de plagioclasa, con plagioclasa, augita y olivino, en vidrio muy oscuro".

Esta roca no derramó al exterior, sino que quedó entre la riolita, en forma de dique de roca intrusiva, con dirección N.S. y la formación de la barranca ha venido a poner al descubierto en la parte que lo atraviesa.

De la caliza, en muchas partes marmorizada, no se obtiene ningún producto comercial, fuera de la cal, que también la obtienen del travertino en Rioverde y Plazuela.

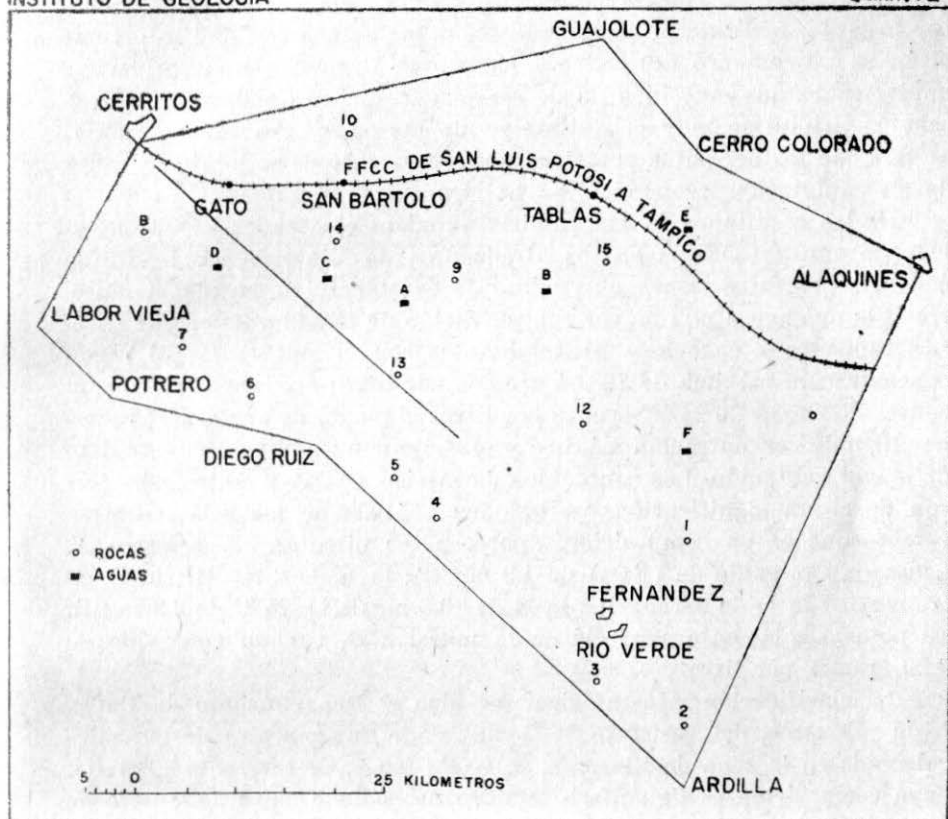
INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS EFECTUADOS  
A LAS MUESTRAS DE ROCAS Y DE AGUAS, DE LA REGIÓN EN ESTUDIO

De la observación de los resultados tabulados, correspondientes a los análisis químicos (ver cuadro adjunto), efectuados a las muestras de rocas que se colectaron en la zona de que se está tratando en este estudio, es posible darse cuenta de que su composición consiste principalmente de sílice, anhídrido sulfúrico, cloro, anhídrido fosfórico, óxido férrico, óxido de aluminio, óxido de calcio, óxido de magnesio, óxido de sodio y óxido de potasio, con un contenido de agua que varía de 4.15% a 20.09%. Los porcentajes mayores son los correspondientes a anhídrido sulfúrico ( $\text{SO}_3$ ) y a óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), variando desde 1.92% a 42.35%, los primeros y de 13.15% a 33.24% los segundos; ello quiere decir que el sulfato de calcio, o sea el yeso, es el constituyente predominante de estos sedimentos. Los cloruros se hallan presentes en muy pequeña proporción, ya que el contenido máximo de cloro es de 3.31% y el mínimo de 0.08%. Los contenidos de carbonatos tampoco son de consideración, siendo el mayor de 30.95% como anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y el menor de 1.17%, con un promedio de 5.84% de las 15 muestras que se tomaron. Los fosfatos están representados en mínimas proporciones, algunas muestras solamente acusan huellas y otras tienen un contenido máximo de 0.19% en forma de anhídrido fosfórico ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), con un promedio de las 15 muestras de 0.06%. El óxido férrico aparece en proporciones relativamente pequeñas, variando de un mínimo de 0.13% a un máximo de 5.42%, lo que da un promedio correspondiente a las 15 muestras de 1.06%. La alúmina en forma de óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), aparece con contenidos desde 0.39% hasta 17.48%, con un promedio de 3.68%. El magnesio está representado en proporciones muy variables, en forma de óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ); en una muestra, la número 14, de acuerdo con el análisis, no tiene ni huellas, en cambio, la muestra número 4, reveló tener un contenido de 10.25%, el promedio de las 15 muestras es de 4.06%. Por ser una región en la que abundan las sales, se supondría que el cloruro de sodio, que es una de las sales más comunes, se hallaría en considerables proporciones, sin embargo, como ya se vio anteriormente, los cloruros están presentes en pequeña escala, y el sodio, de acuerdo con los análisis químicos, también se encuentra en pequeña proporción, oscilando sus contenidos desde huellas que existen en algunas muestras, hasta 9.80% que posee la muestra número 14. El óxido



INSTITUTO DE GEOLOGIA

Lam. N° 2



Localización de los sitios en que se colectaron ejemplares de rocas y de aguas en los alrededores de Rioverde, S. L. P.

de potasio aparece en algunas muestras y en otras no, su contenido máximo es el de 1.87% correspondiente a la muestra número 14.

Se tiene la opinión que, en virtud de que las sales potásicas son muy solubles en agua, estas soluciones tenderán a infiltrarse a través de las rocas que, como ya se dijo anteriormente, están constituidas, en casi todo el valle, de arcillas, margas, calizas y travertino, rocas que son, en general, altamente permeables, con excepción de las arcillas; por lo tanto, facilitan el escurrimiento de las soluciones, que interrumpirán su movimiento descendente hasta que lleguen a una formación impermeable, que muy bien puede ser una lutita, en donde se llevará a cabo la precipitación y cristalización de las sales. Por estas razones, se cree que los depósitos potásicos importantes desde el punto de vista de su explotación económica, se hallarán a profundidad.

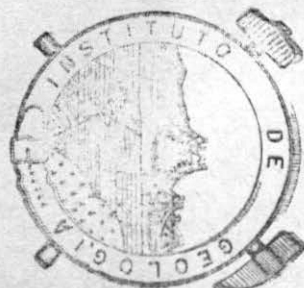
De los resultados de los análisis químicos efectuados a seis muestras de aguas tomadas en los alrededores de Rioverde, S. L. P., se concluye que éstas tienen un residuo de consideración, siendo la muestra B la que acusa una mayor concentración de 322.48 gramos por litro. Los radicales y elementos predominantes son el sulfúrico ( $\text{SO}_4$ ) con concentración máxima de 188.94 gramos por litro; el cloro (Cl) con un contenido mayor de 34.46 gramos por litro; el magnesio con 41.89 gramos por litro de concentración máxima y el sodio con 27.48 gramos por litro de mayor contenido. Los contenidos de nítrico ( $\text{NO}_3$ ) y de potasio (K) son de cierta significación, ya que los análisis de las seis muestras revelan que en su composición, aparecen los nitratos. La muestra A, acusa un contenido de ( $\text{NO}_3$ ) de 4.3 mg/lit.; la B de 8 mg/lit.; la C de 0.4 mg/lit.; la D de 0.6 mg/lit.; la E de 10.6 mg/lit.; y la F de 3.3 mg/lit. El potasio solamente apareció en la muestra B, con un contenido de 1.26 gramos por litro.

La clasificación mineralógica que hizo el Departamento de Petrología y Museos, del Instituto de Geología, de una muestra de las sales colectada en la zona de Rioverde, S. L. P., fue la de tenardita y silvita, cuya composición es de sulfato anhidro de sodio y cloruro de potasio, respectivamente. Por esta clasificación es posible comprobar que el potasio se halla presente en algunos lugares de esa región, aunque en proporciones pequeñas.

**RESULTADO DE LOS ANALISIS DE MUESTRAS DE ROCAS PROCEDENTES DE LOS  
ALREDEDORES DE RIOVERDE, S. L. P.**

	Muestra Núm. 1 %	Muestra Núm. 2 %	Muestra Núm. 3 %	Muestra Núm. 4 %	Muestra Núm. 5 %	Muestra Núm. 6 %	Muestra Núm. 7 %	Muestra Núm. 8 %	Muestra Núm. 9 %	Muestra Núm. 10 %	Muestra Núm. 11 %	Muestra Núm. 12 %	Muestra Núm. 13 %	Muestra Núm. 14 %	Muestra Núm. 15 %
Sílice (SiO <sub>2</sub> ).....	5.02	2.57	3.53	4.03	4.42	4.15	13.4	8.59	0.79	0.74	0.83	2.72	2.31	46.00	8.59
Anhidrido sulfúrico (SO <sub>2</sub> ).....	35.10	35.63	34.67	36.89	34.85	35.83	1.92	32.70	37.35	42.21	42.35	36.91	38.28	11.98	20.77
Cloro (Cl).....	0.97	3.31	3.43	1.65	1.93	1.41	0.08	2.34	3.31	0.88	0.70	0.16	0.36	1.09	0.04
Anhidrido carbónico (CO <sub>2</sub> ).....	4.83	2.15	2.78	2.44	2.60	2.99	30.95	4.49	1.33	1.17	1.42	6.40	4.79	1.60	17.12
Anhidrido fosfórico (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ).....	0.07	0.08	0.04	0.07	0.03	0.14	0.12	0.19	huellas	0.09	0.03	huellas	0.06	0.10	0.05
Oxido férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).....	0.42	0.39	0.48	0.57	0.48	0.58	2.37	0.77	0.13	0.84	0.55	0.63	0.79	5.42	1.34
Oxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).....	1.74	3.07	2.56	3.13	3.66	3.42	9.17	1.63	0.39	0.69	1.02	1.19	2.01	17.48	4.19
Oxido de calcio (CaO).....	21.80	17.84	17.43	15.51	15.42	13.15	30.11	22.96	14.71	28.13	28.20	32.60	31.27	1.43	33.24
Oxido de magnesio (MgO).....	5.45	5.60	5.87	10.25	7.14	8.33	1.91	3.87	7.88	1.45	1.43	0.40	0.32	0.00	1.00
Oxido de sodio (Na <sub>2</sub> O).....	2.27	3.94	3.75	1.74	2.74	0.88	huellas	0.71	2.84	0.94	1.74	0.62	1.62	9.80	0.74
Oxido de potasio (K <sub>2</sub> O).....	0.00	0.35	0.09	huellas	huellas	0.00	0.00	0.00	1.15	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87	0.00
Agua a 110°C.....	16.38	17.05	16.78	17.24	17.16	16.31	4.15	16.31	17.94	19.63	20.09	16.87	17.20	1.68	10.91
Pérdida por calci- nación.....	6.11	8.12	8.60	6.55	9.61	13.05	5.48	5.46	12.32	2.88	1.62	1.25	1.46	1.57	1.86

BIBLIOTECA



**RESULTADO DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A MUESTRAS DE AGUAS PROCEDENTES  
DE LOS ALREDEDORES DE RIOVERDE, S. L. P.**

	Muestra A Agua clara, incolora, in- odora — mg/lt	Muestra B Agua turbia, amarillo-naranja, inodora — g/lt	Muestra C Agua ligeramente turbia, olor a H <sub>2</sub> S incolora — mg/lt	Muestra D Agua ligeramente turbia, olor a H <sub>2</sub> S incolora — mg/lt	Muestra E Agua ligeramente turbia, olor a H <sub>2</sub> S incolora — mg/lt	Muestra F Agua turbia, color amarillo- verdoso, inodora — mg/lt
Residuo total .....	4 566.0	322.48		2 834.	2 142.0	2 016.0
Silice (SiO <sub>2</sub> ) .....	60.0	0.32	15.0	39.0	23.0	65.0
Bicarbonico (HCO <sub>3</sub> ) .....	179.4	4.08	214.3	203.2	227.2	300.4
Sulfúrico (SO <sub>4</sub> ) .....	2 770.1	188.94	1 669.9	1 753.7	1 027.9	1 083.8
Tetrabórico (B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ) .....	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
Cloro (Cl) .....	278.4	34.46	119.3	119.3	159.1	39.8
Nítrico (NO <sub>3</sub> ) .....	4.3	0.008	0.4	0.6	10.6	3.3
Fosfórico (HPO <sub>4</sub> ) .....	1.0	huellas	huellas	huellas	0.0	0.0
Hierro (Fe) .....	0.4	0.0002	0.2	0.2	0.2	0.2
Calcio (Ca) .....	500.4	0.006	537.9	535.9	384.2	400.0
Magnesio (Mg) .....	435.6	41.89	148.4	146.8	95.2	70.5
Sodio (Na) .....	219.1	27.48	59.9	97.9	63.4	65.0
Potasio (K) .....		1.26				

**CLASIFICACION MINERALOGICA DE UNA MUESTRA  
DE SALES DE RIOVERDE, S. L. P.**

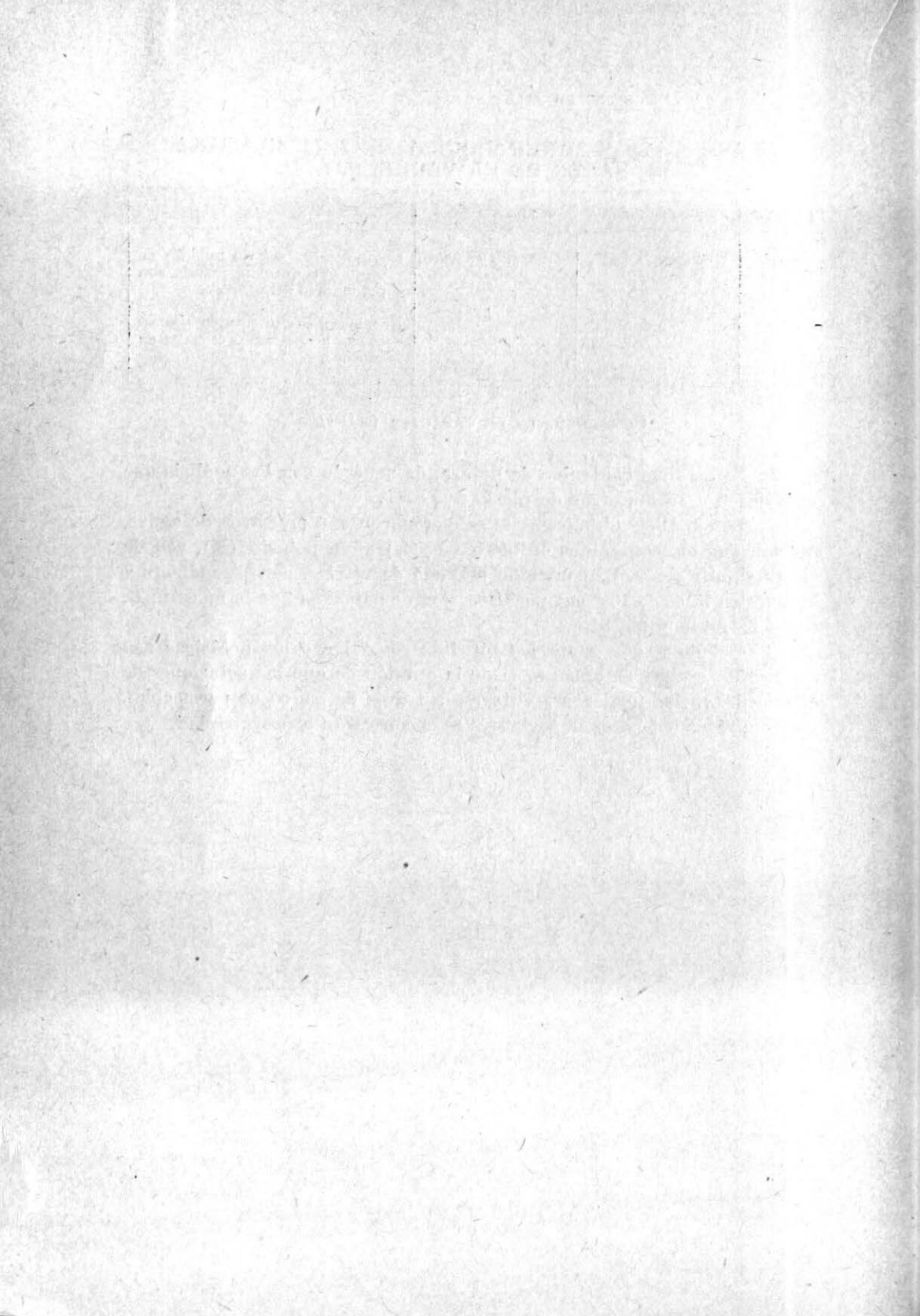
MUESTRA	PROCEDENCIA	CLASIFICACION	OBSERVACIONES
S/N	Rioverde, S. L. P.	<i>Tenardita y silvita..</i>	Composición: sulfato anhidro de sodio y cloruro de potasio con predominio del primero.  El mineral se presenta en eflorescencia de pequeños cristales en caliche.

**CONCLUSIONES DE CARÁCTER PRÁCTICO**

1. El máximo contenido de potasa, de acuerdo con los análisis que se hicieron a 15 muestras de rocas, es 1.87%.

2. Los análisis químicos que se efectuaron a 6 muestras de aguas, revelan que los contenidos de nítrico ( $\text{NO}_3$ ) y de potasio (K), son de cierta significación. El contenido máximo de nítrico, correspondiente a la muestra E, es de 10.6 mg. por litro, y el de potasio, el de la muestra B, con 1.26 gramos por litro.

3. Debido a que tanto los nitratos como las sales potásicas son altamente solubles en agua, se tiene la opinión de que las soluciones de estas sustancias tenderán a filtrarse a través de las rocas permeables, por lo que los depósitos importantes se encontrarán a profundidad.



# EXPLORACION GEOLOGICA DE VARIOS DEPOSITOS SALINOS, EN LOS ALREDEDORES DE TEHUACAN, PUEBLA

## ZONA ESTUDIADA

La región a que se refiere este informe, está situada, en su mayor parte, en el sureste del Estado de Puebla, incluyendo una pequeña porción del occidente del Estado de Veracruz y al sur una pequeña área del Estado de Oaxaca (ver plano). Algunas poblaciones y rancherías de cierta importancia quedan incluidas en esta zona, como Tecamachalco y Atzitzintla, en el norte; Palmar, Xochitlán, Lacotepec, Chapulco, Miahuatlán, Tehuacán, Nopala, Ixcaquixtla y Cañada, en el centro; y San Antonio Texcala, Teloxto, Zapotitlán, Chilac y San Juan Raya, en el sur, todos estos puntos están en el Estado de Puebla. En el Estado de Veracruz se encuentran las siguientes poblaciones, en la región explorada: El Aguila, Atlahuilco, Tlaquilpa, Astacinga y Tehuipango. La Compuerta y El Guayabo, son rancherías que se hallan en el Estado de Oaxaca y que están incluidas en la región a que se refiere este informe.

En esta zona la industria principal es la agricultura, aunque en aquellos lugares en donde la salinidad de las tierras es muy elevada, el rendimiento de las cosechas deja mucho que desear. En algunas partes también se dedican a la ganadería. En muy pequeña escala se explotan las salinas de Zapotitlán, Cuapa, San Antonio Texcala, Miahuatepec, San Pedro, San Gabriel, Tochiga y Las Chiquitas. Se cultiva principalmente maíz, tabaco y vainilla en la planicie costera y café y maíz en la zona de las pendientes hacia la Mesa Central.

## VÍAS DE COMUNICACIÓN

Las principales vías de comunicación de la zona, son las siguientes: El Ferrocarril Mexicano del Sur que liga la capital de la República

con Oaxaca, Oax., pasando por Las Animas, Tlacotepec, Tehuacán, Tinacatepec y Nopala, en la región de que se está tratando.

De Tehuacán parte un ramal del Ferrocarril Mexicano que llega a Teziutlán, Pue., y, en la estación de Esperanza, otro ramal va hasta el puerto de Veracruz. Estas vías ferroviarias cruzan las poblaciones que se indican a continuación, en la zona motivo del presente informe: Miahuatlán, Morelos, Maltrata, San Antonio de Abajo y Atzitzintla.

También hay una carretera de primer orden que, partiendo de la ciudad de México, pasa por las siguientes poblaciones de importancia: Los Reyes, Ayotla, Río Frío, San Martín, Cholula, Puebla, que se halla a 135 kilómetros de la capital de México, Amozoc, Tepeaca, Tecamachalco, Garci Crespo y Tehuacán, distante 255 kilómetros de la ciudad de México. Esta carretera continúa hasta el puerto de Veracruz, pasando por Acultzingo, Ciudad Mendoza, Nogales, Córdoba, Puerto Nuevo, Peñuelo y Veracruz. De Tehuacán sale un camino carretero, en mal estado, transitable solamente en tiempo de secas, que ni siquiera está revestido y que llega hasta Huajuapán de León, en el Estado de Oaxaca, en donde entronca con la carretera asfaltada México-Oaxaca. Los puntos que cruza a partir de Tehuacán son: Ixcaquixtla, Acatlán, Huajuapán de León, Tamazulapán, Nochistlán y Oaxaca, que está a 544 kilómetros de distancia de la ciudad de México.

#### FISIOGRAFÍA

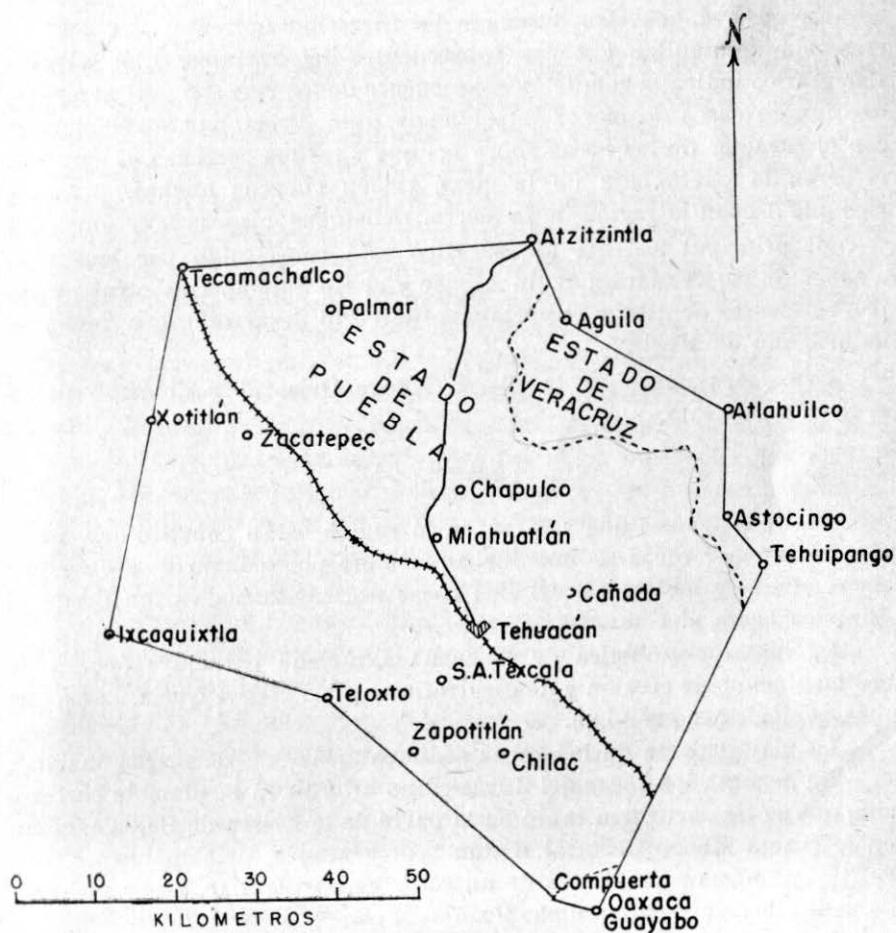
La región que se está describiendo puede dividirse en tres zonas fisiográficas, de acuerdo con su carácter topográfico, ya que entre ellas existe una diferencia notable en cuanto se refiere a relieve, clima y aspecto geológico.

*Planicie costera.* Esta zona tiene una anchura media de 55 kilómetros, principiando en las estribaciones orientales de la Sierra Madre Oriental y con un promedio de elevación de unos 150 metros sobre el nivel del mar, con una pendiente suave hacia la costa. En esta zona la Sierra Madre Oriental tiene un rumbo general de N. 40°E.

Entre la Sierra Madre Oriental, al N.E. y la Sierra de Oaxaca al S.W. hay una zona relativamente plana, cubierta, en general, por material reciente, constituido principalmente por gravas, arenas, areniscas y lutitas. En la parte S.E. de esta zona es en donde se hallan la mayor parte de las salinas, unas en explotación y otras abandonadas. El promedio de altura sobre el nivel del mar es de 1,300 metros, en esta región.



SITUACION Y LIMITES DEL AREA ESTUDIADA EN LOS ESTADOS DE PUEBLA VERACRUZ Y OAXACA.



Una pequeña porción de la Sierra de Oaxaca queda incluida en la parte S.W. de la zona que se está tratando, la que presenta una topografía muy accidentada y alcanza en algunos lugares alturas de más de 2,500 metros sobre el nivel del mar.

#### HIDROGRAFÍA

En general, los ríos desaguan en dirección normal al de las sierras, sin desarrollar cuencas subsecuentes importantes. Este aspecto fisiográfico indica la condición consecuyente de los ríos que, con excepción de algunos casos de menor importancia, está directamente relacionada con el carácter de las rocas sobre las que aquéllos corren. Los ríos que recorren la parte baja de la zona, tienen cuencas anchas, pero los ríos que drenan la región de la sierra, tienen sus cuencas muy angostas.

El principal sistema hidrográfico está constituido por tres ríos, a saber: el río Tehuacán, el río Atoyac y el río Salado. Hay otras pequeñas corrientes de menor importancia, de corto desarrollo, que desaguan en el Golfo de México.

Estos ríos nacen en la Sierra Madre Oriental y desembocan en el mar.

#### GEOLOGÍA

Las formaciones que afloran en la región están constituidas, principalmente, por rocas sedimentarias, en muy pocos lugares se observan rocas ígneas y metamórficas. Las rocas sedimentarias varían desde el Jurásico hasta el Cuaternario.

La historia geológica de la zona es variada e incluye épocas de sedimentación, de erosión y de diastrofismo y, en consecuencia, la estructura geológica es compleja.

La mayor parte de las rocas sedimentarias son de origen marino.

En general, las rocas del Jurásico no afloran en la planicie costera, sino que se les encuentra tanto en la parte de la Sierra de Oaxaca, como en la Sierra Madre Oriental. Están representadas, principalmente, por calizas y calizas apizarradas de un color negro peculiar, y por pizarras delgadas de color negro y amarillo.

Las rocas del Cretácico de la zona estudiada son, principalmente, calizas y calizas apizarradas que cubren concordantemente capas del Jurásico superior.

De acuerdo con el *Livret-guide* número 2, presentado al 10º Con-



greso Internacional de Geología, las capas inferiores del Cretácico están clasificadas como sigue:

FORMACION	CORRELACION
Caliza Escamela . . . . .	Parte superior del Meso-Cretácico
Caliza de Maltrata . . . . .	Parte inferior del Meso-Cretácico
Pizarra de Necoxtla . . . . .	Cretácico inferior

*Neo-Cretácico.* Las rocas del Cretácico superior o Neo-Cretácico, en la costa del Golfo de México, están representadas por dos divisiones: la de San Felipe y la de Papagallos o sus equivalentes.

La formación más antigua del Cretácico superior es llamada San Felipe. Se le llama así por un pueblito de este nombre que se halla sobre la línea del ferrocarril de San Luis Potosí a Tampico, en donde aflora típicamente esta formación. De varios estudios de los afloramientos en otros lugares, se ha podido apreciar que la parte inferior de la formación, contiene un mayor porcentaje de caliza que la superior, y que las capas individuales son más potentes, alcanzando en algunos lugares un espesor de más de cinco metros. La parte superior consiste en lutita con pocas y delgadas capas de caliza. En la base de la formación hay una lutita verde característica, que forma un horizonte guía en los cortes de los pozos, su color es debido probablemente a material glauconítico, atestiguando su origen en aguas poco profundas y estableciendo el hecho de que se ha inaugurado una nueva serie. Esta zona de lutita verde, generalmente, tiene de 3 a 5 metros de espesor.

En la zona estudiada, esta formación consiste de una serie de capas de caliza y de caliza apizarrada, en estratos delgados, con capas intercaladas de arcillas amarillas.

*Edad de la formación San Felipe.* No son muy comunes los fósiles en esta formación; sin embargo, se han encontrado en algunos lugares, siendo estos fósiles bastante característicos para permitir hacer una correlación con la sección del Cretácico de Texas. Cummins colectó algunas amonitas en un cañón del sureste de Burgos, las que fueron identificadas por Stanton como pertenecientes al género *Mortoniceras*. En el pueblo de Santa Isabel, 22 kilómetros al oriente de la estación de Forlon, sobre la línea del ferrocarril de Tampico a Monterrey, se encontraron fragmentos de *Inoceramus*, los que se identificaron como *Inoceramus deformis* Meck, por lo tanto, la formación San Felipe se ha correlacionado con la de Austin Chalk, de Texas.

La parte superior de la serie del Neo-Cretácico, generalmente es conocida como formación Papagallos. Esta formación recibió de Cummins ese nombre, de las lomas de Papagallos en el Estado de Tamaulipas, localizadas al norte del río Pesquería, como a 72 kilómetros al este de Monterrey. Dumble las describe como sigue: una serie de lutitas calizo-arcillosas, azules o negras, de grano fino, que intemperizan en café, amarillo o blanco y en las que no se han encontrado fósiles; cuando están fracturadas, completamente intemperizadas, forman una arcilla negra, que cuando está húmeda da lugar a un lodo muy espeso, como las tierras parafinosas negras, del centro de Texas.

Esta formación no está tan bien desarrollada, dentro de la zona, como más al norte del país. En algunos lugares de la región explorada se observaron capas de color rojo, que están intercaladas con capas de pizarra arenosa de color azul. Ningún afloramiento con la sección completa fue encontrado dentro de la zona. Estas capas están cubiertas discordantemente por las del Eoceno inferior, conocidas con el nombre de formación Chicontepec.

*Edad del Papagallos.* Por los pocos macrofósiles encontrados en esta formación, la mayor parte de los paleontólogos la correlacionan con la formación Taylor, de la sección de Texas.

*Terciario.* Las rocas del Terciario, en las costas del Golfo de México, están más bien estudiadas que las del Cretácico, por lo que se refiere a su correlación estratigráfica y a su extensión superficial.

Las rocas del Terciario, en la planicie costera de la zona, así como en el resto de ésta, consisten principalmente de calizas, margas, lutitas, conglomerados y areniscas poco consolidadas.

*Eoceno.* Chicontepec. La formación Terciaria más antigua, conocida hasta ahora en la zona estudiada, está representada por las capas Chicontepec, llamadas así porque afloran en el pueblo de este nombre, el que está cerca de la orilla oriental de la Sierra Madre y a 130 kilómetros al sur de Tampico. El afloramiento está situado cerca del eje de un anticlinal, en rocas que consisten en lutitas y areniscas calcáreas, de gran espesor. Estas rocas se ven a medio camino entre El Carril y Chicontepec. De allí se pasa sobre lutitas arenosas, que están bien estratificadas y también, sobre masas relativamente potentes de lutitas arcillosas, suaves, azules y negras, muy semejantes al Alazán, hacia el este y, en algunos lugares, sobre areniscas calcáreas, generalmente, delgadas.

Los sedimentos depositados en el mar de Chicontepec parecen haber consistido en un 60%, aproximadamente, de partículas de arcilla y 40% de partículas de limo de cuarzo. Tan abundantemente se precipitó el

carbonato de calcio durante el depósito de los sedimentos, que se duda en llamar arenisca o caliza a las capas granulares. Esta textura granular parece ser debida tanto al cemento calcáreo que rodea a las oolitas de arcilla, como a los pequeños granos de cuarzo. Generalmente sólo puede separarse el cuarzo después de haber molido y disuelto la roca. Otra característica que puede apreciarse en los afloramientos, es la presencia de pequeñas cantidades de grahamita, en forma de nódulos y venillas.

La extensión superficial de las capas Chicontepec, parece ser bastante grande. Se extiende al norte y al sur por el margen montañoso de la planicie costera, a lo largo del contacto de las capas cretácicas.

*Edad del Chicontepec.* Esta formación parece estar desprovista de fósiles; sin embargo, Dumble menciona *Nummulites* y *Orbitoides*, con algunos moluscos indeterminados, pero no cita localidad. Las relaciones de campo indican que es de edad Midway y Wilcox, y puede aceptarse esta correlación hasta que la evidencia fosilífera permita hacer una más precisa.

*Formación Alazán.* Las capas de la parte más alta del Eoceno se conocen, generalmente, como la formación Alazán, la que está constituida por arcillas apizarradas y margas arenosas. Su relación estratigráfica con la de Chicontepec, que cubre, no ha sido bien determinada hasta ahora.

La localidad tipo del afloramiento, de donde ha derivado su nombre, está situada en la hacienda Alazán, como a 36 kilómetros al noroeste del puerto de Tuxpan.

Entre Chicontepec y la zona petrolífera de Alamo, ex Cantón de Tuxpan, el primer afloramiento de las capas Alazán se encuentra en el lugar que se llama La Laja, como a 4 kilómetros al oeste de la población llamada Francia, donde las capas consisten en lutitas de color azul gris, estratificadas en capas de 5 a 6 centímetros. Hacia el este de dicho lugar, cerca de la finca Aragón, corre un pequeño tributario del río Tuxpan, en cuyo fondo pueden encontrarse las capas Alazán.

El afloramiento de Alazán, como aparece en el fondo del río Tuxpan, cerca de la población Chapopote, es de lutitas de color gris azul y muy distinta de cualquiera de las capas terciarias antes mencionadas.

*Oligoceno.* Las rocas del Oligoceno que afloran dentro de la zona, son las capas de San Rafael, estando constituidas por arcillas arenosas y por conglomerados. No es posible determinar la relación estratigráfica con las capas subyacentes, o sean las capas Mesón. Hacia arriba, la serie cambia gradualmente a calizas.

*Mioceno.* Las rocas del Mioceno están representadas en la región

estudiada, por la formación Tuxpan, y consisten de calizas y calizas arenosas, con conglomerado basal.

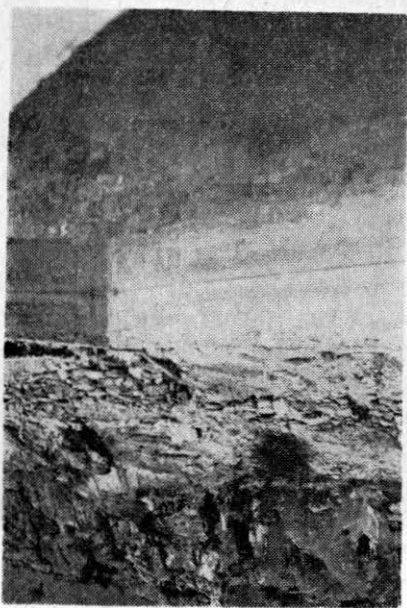
*Cuaternario.* Las rocas marinas del Post-Mioceno pueden encontrarse, generalmente, en la planicie costera, dentro de una capa de 30 a 50 metros sobre el nivel del mar. Consisten en arenas y margas sin consolidar, con abundantes fragmentos de fósiles recientes.

En varios lugares de los ríos hay unas terrazas bien formadas, constituidas por conglomerados intercalados con arenas, de edad que se considera como de principios del Pleistoceno.

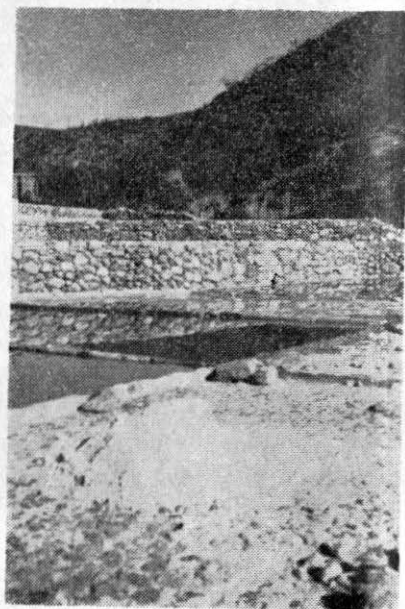
El relleno de los valles y las llanuras de inundación están compuestos de arena, grava y cascajos de distintas rocas.

#### DEPÓSITOS SALINOS

Al sureste de Tehuacán, Pue., existe un buen número de depósitos salinos superficiales, parte de los cuales se está explotando en la actua-



Fot. 1.—Tanque en el que se depositan las salmueras para que se lleve a cabo la cristalización de las sales, por simple evaporación solar, en las salinas. Las Grandes, Puebla.

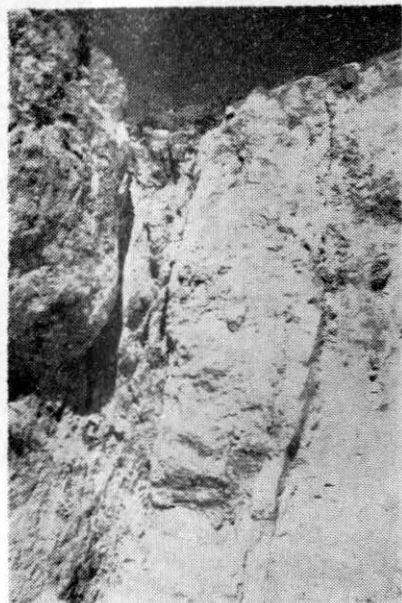


Fot. 2.—Tanque dedicado al mismo fin que el de la fotografía Núm. 1, en las salinas de Miahutepec, Puebla. Se puede observar la sal cristalizada.

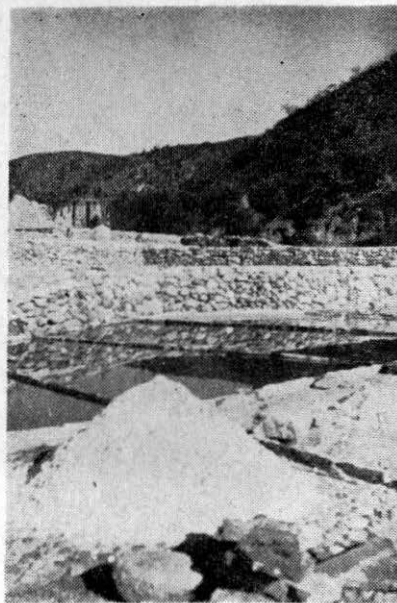
lidad; algunos por concesionarios y otros sin contar con los permisos de explotación correspondientes.

La zona en la que se hallan la mayor parte de los depósitos salinos, corresponden a un fondo oceánico de edad cretácica, como lo atestiguan los fósiles estudiados y colectados en esos sedimentos; la superficie aproximada que delimita esta cuenca marina es de 125 kilómetros cuadrados y tiene una forma muy irregular, con su máxima longitud orientada al N 15°.00 E. En ella se están explotando, en el presente, varias salinas, como las de Cuapa, San Antonio Texcala, Miahutepec, Zapotitlán, Tochiga, Las Grandes, La Barranca, San Pedro, San Gabriel, Las Chiquitas, Santa Anita y las de Petlanco, en donde, por simple evaporación solar de las salmueras se obtienen, semanariamente, varios centenares de kilos de sales, los que se utilizan principalmente para el ganado y en menor escala como sal de cocina; estas sales se venden, en su mayor parte, en Tehuacán, Tlacotepec y Chapulco.

Toda la región en donde se encuentran los depósitos salinos, es muy árida, siendo las cactáceas los únicos vegetales que pueden crecer en esta clase de tierra, de un grado de salinidad tan elevado. El relleno



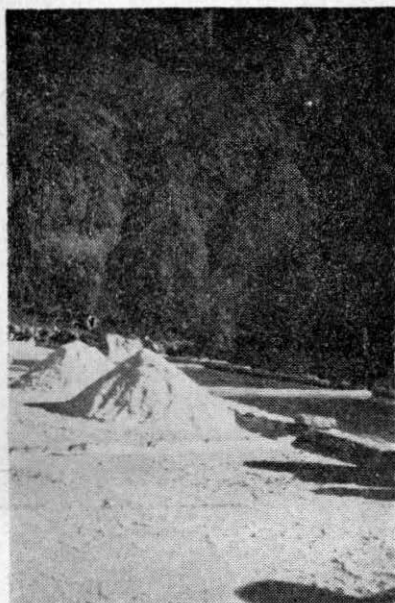
Fot. 3.—Sal cristalizada de Tochiga, en el Estado de Puebla, con su tanque lavador.



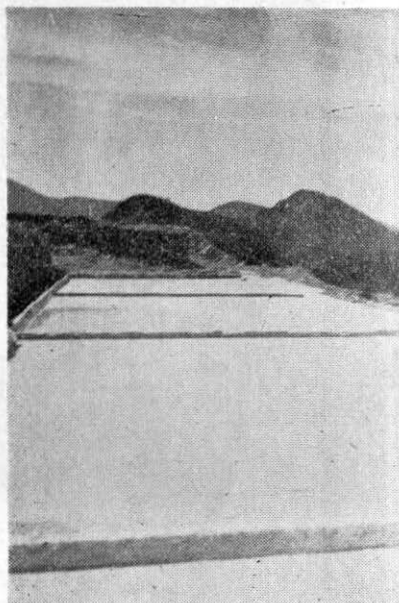
Fot. 4.—Formación típica de la región estudiada, constituida por margas, calizas y conglomerados.

de la cuenca marina consiste esencialmente de rocas sedimentarias, representadas por areniscas de grano grueso, mal cementadas; margas arenosas en algunos lugares, conglomerados y brechas, cuyos materiales cementantes están constituidos por carbonato de calcio, óxido de hierro y arcilla; por lutitas no bien consolidadas y por calizas, derivadas todas estas rocas de la desintegración, a través de los agentes geológicos, de las rocas ígneas y sedimentarias que existen en los alrededores.

El sistema de explotación que se emplea en todos los depósitos salinos de esta zona, para el aprovechamiento de las sales, es muy sencillo, consiste en cavar pozos de 3 a 5 metros de diámetro y de 10 a 14 metros de profundidad, y ademar con madera las paredes naturales de los mismos, para evitar los derrumbes, en el fondo de los cuales se colecta la salmuera, la que se recoge por medio de cubetas y se deposita en tanques (ver fotografías) de diversas dimensiones o de plantillas de unos cuantos centímetros de profundidad, en donde, por simple calentamiento solar, se lleva a cabo la concentración de las sales y, posteriormente, su cristalización; llegado este momento se colecta la sal, formán-



Fot. 5.—Sal procedente de las salinas Las Chiquitas en el Estado de Puebla, al fondo se puede ver el tanque lavador.



Fot. 6.—Tanque en donde se secan y cristalizan las sales en Zapotitlán, en el Estado de Puebla.



dose con ella pequeños depósitos de forma cónica, aproximadamente de 1.5 a 3 metros de diámetro y de 1 a 2 metros de altura, con el objeto de secarla perfectamente bien. En estas condiciones la sal es encostalada y conducida en camiones a los diversos lugares de consumo.

De los análisis efectuados a 8 muestras de sales y a 6 muestras de salmueras, tomadas de 12 diferentes localidades, se desprende que las primeras consisten principalmente de cloruro de sodio, con porcentajes que varían desde 35 hasta 88.87, conteniendo también proporciones



Fot. 7. — La aridez del suelo, debido a la alta concentración de sales en esta región, da lugar a una vegetación raquítica, como puede apreciarse en esta fotografía.

variables de carbonatos, bicarbonatos y sulfatos de sodio, y cantidades menores aún de tetraborato de sodio, cloruro de magnesio y sulfato de calcio. Los contenidos de cloruro de potasio, no son en manera alguna despreciables, pues varían estos de 0.31% a 3.21%, con un promedio de 1.37%, lo que equivale a un promedio de 0.72% en forma de potasio, como elemento. Si se comparan estos contenidos de cloruro de potasio con los correspondientes al resto de los depósitos salinos que se conocen

hasta ahora en la República Mexicana, se puede apreciar que son superiores, puesto que en la mayor parte de las salinas estudiadas en el país, solamente se han encontrado huellas de potasio y las investigadas recientemente en Cuatro Ciénegas, Coah., por el señor Raúl Lozano García, tienen también contenidos inferiores de potasio; los análisis efectuados a las eflorescencias salinas de esta región, reportan un promedio de 0.17% de contenido de potasio, o lo que es lo mismo, un promedio de 0.26%, como cloruro de potasio. La mineralización de las seis muestras de salmueras que corresponden a diversos manantiales de la región de Tehuacán, Pue., varía desde 6.17 gramos, por kilo de solución, a 310.83, con contenidos intermedios entre estos límites, que dan un promedio de 74.43 gramos por kilo de solución. Los residuos de las soluciones son cuantitativa y cualitativamente, semejantes a las sales.

Como ya se dijo anteriormente, el contenido de potasio de estas sales no es despreciable, puede éste compararse con el contenido de potasio de los guanos de murciélago y de ave marina; sin embargo, dado que los costos de separación del cloruro de potasio del resto de constituyentes es bastante elevado, se cree que no se justifica, en este caso, la inversión de fuertes cantidades de capital para la industrialización de las sales de que se está tratando, con la mira de aprovechar la potasa como fertilizante, por ejemplo.

A continuación se acompañan los resultados obtenidos de los análisis que se hicieron a las 14 muestras que se tomaron.

Núm. de la Muestra	Clase de Muestra	LOCALIDAD	Por ciento de K	Por ciento de KCl
5	Sal.....	Cuapa.....	0.23	0.44
6	Sal.....	San Antonio Texcala.....	1.68	3.21
7	Solución.....	San Antonio Texcala.....	0.59	1.13
8	Solución.....	Miahutepec.....	0.64	1.14
12	Solución.....	Tochiga.....	0.90	1.66
16	Sal.....	Las Grandes.....	1.33	2.54
17	Sal.....	La Barranca.....	0.28	0.53
18	Sal.....	San Pedro.....	0.16	0.31
19	Solución.....	Zapotitlán.....	1.11	2.13
20	Sal.....	Zapotitlán.....	0.92	1.75
21	Solución.....	San Gabriel.....	0.57	1.02
22	Sal.....	Las Chiquitas.....	0.77	1.47
23	Sal.....	Santa Anita.....	0.64	1.22
25	Solución.....	Petlanco.....	0.32	0.61
		PROMEDIOS.....	0.72	1.37

DEPÓSITOS SALINOS DE TEHUACÁN, PUE.

ANÁLISIS NUM. 9 507

Muestra Núm. 7. (En San Antonio Texcala.)

Residuo total: 11.86 g. por kilo de solución.

Densidad de la solución: 1.0077 g. por cm<sup>3</sup>.

Sílice, SiO <sub>2</sub> .....	0.002 g./kilo.
Carbónico, CO <sub>2</sub> .....	0.360
Bicarbono, HCO <sub>3</sub> .....	1.49
Sulfúrico, SO <sub>4</sub> .....	1.18
Cloro, Cl .....	4.78
Nítrico, NO <sub>3</sub> .....	0.01
Tetrabórico, B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .....	0.02
Hierro, Fe .....	huellas
Calcio, Ca .....	0.03
Magnesio, Mg .....	0.02
Sodio, Na .....	4.39
Potasio, K .....	0.07



Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores

Sílice, SiO <sub>2</sub> .....	0.002 g./kilo.
Cloruro de sodio, NaCl .....	7.66
Sulfato de sodio, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	1.64
Bicarbonato de sodio, NaHCO <sub>3</sub> .....	2.05
Carbonato de sodio, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	0.64
Nitrato de sodio, NaNO <sub>3</sub> .....	0.014
Tetraborato de sodio, Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .....	0.026
Cloruro de potasio, KCl .....	0.14
Cloruro de magnesio, MgCl <sub>2</sub> .....	0.08
Sulfato de calcio, CaSO <sub>4</sub> .....	0.10

ANÁLISIS NUM. 9 508

Muestra Núm. 8. (En San Antonio Texcala.)

Residuo total: 12.6 g. por kilo de solución.

Densidad de la solución: 1.008 g. por cm<sup>3</sup>.

Sílice, SiO <sub>2</sub> .....	0.002 g./kilo.
Carbónico, CO <sub>2</sub> .....	0.48
Bicarbono, HCO <sub>3</sub> .....	1.35
Sulfúrico, SO <sub>4</sub> .....	1.27
Cloro, Cl .....	5.19
Nítrico, NO <sub>3</sub> .....	0.01
Tetrabórico, B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .....	0.008
Hierro, Fe .....	huellas
Calcio, Ca .....	0.02
Magnesio, Mg .....	0.03
Sodio, Na .....	4.72
Potasio, K .....	0.08

**Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores**

Sílice, $\text{SiO}_2$ .....	0.002 g./kilo.
Cloruro de sodio, $\text{NaCl}$ .....	8.29
Sulfato de sodio, $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .....	1.80
Bicarbonato de sodio, $\text{NaHCO}_3$ .....	1.86
Carbonato de sodio, $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .....	0.85
Nitrato de sodio, $\text{NaNO}_3$ .....	0.014
Tetraborato de sodio, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ .....	0.01
Cloruro de potasio, $\text{KCl}$ .....	0.15
Cloruro de magnesio, $\text{MgCl}_2$ .....	0.12
Sulfato de calcio, $\text{CaSO}_4$ .....	0.07

**ANALISIS NUM. 9 509****Muestra Núm. 12. (En San Antonio Texcala.)**

Residuo total: 53 g. por kilo de solución.

Densidad de la solución: 1.0402 g. por  $\text{cm}^3$ .

Sílice, $\text{SiO}_2$ .....	0.10 g./kilo.
Carbónico, $\text{CO}_2$ .....	2.44
Bicarbonico, $\text{HCO}_3$ .....	5.25
Sulfúrico, $\text{SO}_4$ .....	5.30
Cloro, $\text{Cl}$ .....	21.72
Nítrico, $\text{NO}_3$ .....	huellas
Tetrabórico, $\text{B}_4\text{O}_7$ .....	0.009
Fierro, $\text{Fe}$ .....	huellas
Calcio, $\text{Ca}$ .....	0.01
Magnesio, $\text{Mg}$ .....	0.007
Sodio, $\text{Na}$ .....	20.16
Potasio, $\text{K}$ .....	0.48

**Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores**

Sílice, $\text{SiO}_2$ .....	0.10 g./kilo.
Cloruro de sodio, $\text{NaCl}$ .....	35.04
Sulfato de sodio, $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .....	7.81
Bicarbonato de sodio, $\text{NaHCO}_3$ .....	7.23
Carbonato de sodio, $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .....	4.31
Tetraborato de sodio, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ .....	0.012
Cloruro de potasio, $\text{KCl}$ .....	0.92
Cloruro de magnesio, $\text{MgCl}_2$ .....	0.027
Sulfato de calcio, $\text{CaSO}_4$ .....	0.03

## ANALISIS NUM. 9 510

## Muestra Núm. 19. (En Zapotitlán.)

Residuo total: 310.83 g. por kilo de solución.

Densidad de la solución: 1.2569 g. por cm<sup>3</sup>.

Sílice, SiO <sub>2</sub> .....	0.07	g./kilo.
Carbónico, CO <sub>2</sub> .....	29.91	
Bicarbonato, HCO <sub>3</sub> .....	0.00	
Sulfúrico, SO <sub>4</sub> .....	40.38	
Cloro, Cl .....	118.50	
Nítrico, NO <sub>3</sub> .....	0.15	
Tetrabórico, B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .....	0.009	
Hierro, Fe .....	huellas	
Calcio, Ca .....	0.01	
Magnesio, Mg .....	0.007	
Sodio, Na .....	116.99	
Potasio, K .....	3.46	

## Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores

Sílice, SiO <sub>2</sub> .....	0.07	g./kilo.
Cloruro de sodio, NaCl .....	190.04	
Sulfato de sodio, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	59.67	
Carbonato de sodio, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	52.84	
Nitrato de sodio, NaNO <sub>3</sub> .....	0.20	
Tetraborato de sodio, Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .....	0.012	
Cloruro de potasio, KCl .....	6.60	
Cloruro de magnesio, MgCl <sub>2</sub> .....	0.027	
Sulfato de calcio, CaSO <sub>4</sub> .....	0.03	

## ANALISIS NUM. 9 511

## Muestra Núm. 21. (En Zapotitlán.)

Residuo total: 52.14 g. por kilo de solución.

Densidad de la solución: 1.0402 g. por cm<sup>3</sup>.

Sílice, SiO <sub>2</sub> .....	0.04	g./kilo.
Carbónico, CO <sub>2</sub> .....	1.41	
Bicarbonato, HCO <sub>3</sub> .....	7.72	
Sulfúrico, SO <sub>4</sub> .....	5.76	
Cloro, Cl .....	20.66	
Nítrico, NO <sub>3</sub> .....	0.17	
Tetrabórico, B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .....	0.013	
Hierro, Fe .....	huellas	
Calcio, Ca .....	0.008	
Magnesio, Mg .....	0.18	

Sodio, Na .....	19.67
Potasio, K .....	0.30

**Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores**

Sílice, SiO <sub>2</sub> .....	0.04 g./kilo.
Cloruro de sodio, NaCl .....	32.73
Sulfato de sodio, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	8.49
Bicarbonato de sodio, NaHCO <sub>3</sub> .....	10.63
Carbonato de sodio, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	2.49
Nitrato de sodio, NaNO <sub>3</sub> .....	0.23
Tetraborato de sodio, Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .....	0.017
Cloruro de potasio, KCl .....	0.57
Cloruro de magnesio, MgCl <sub>2</sub> .....	0.71
Sulfato de calcio, CaSO <sub>4</sub> .....	0.025

**ANALISIS NUM. 9 512**

**Muestra Núm. 25. (En Petlanco.)**

Residuo total: 6.17 g. por kilo de solución.

Densidad de la solución: 1.0059 g. por cm<sup>3</sup>.

Sílice, SiO <sub>2</sub> .....	0.047 g./kilo.
Carbónico, CO <sub>2</sub> .....	0.11
Bicarbonato, HCO <sub>3</sub> .....	0.84
Sulfúrico, SO <sub>4</sub> .....	0.91
Cloro, Cl .....	2.29
Nítrico, NO <sub>3</sub> .....	huellas
Tetrabórico, B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .....	0.008
Hierro, Fe .....	huellas
Calcio, Ca .....	0.05
Magnesio, Mg .....	0.06
Sodio, Na .....	2.15
Potasio, K .....	0.02

**Agrupación hipotética de los constituyentes anteriores**

Sílice, SiO <sub>2</sub> .....	0.047 g./kilo.
Cloruro de sodio, NaCl .....	3.46
Sulfato de sodio, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	1.17
Bicarbonato de sodio, NaHCO <sub>3</sub> .....	1.16
Carbonato de sodio, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	0.20
Tetraborato de sodio, Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .....	0.01
Cloruro de potasio, KCl .....	0.04
Cloruro de magnesio, MgCl <sub>2</sub> .....	0.23
Sulfato de calcio, CaSO <sub>4</sub> .....	0.17

## ANÁLISIS NUMEROS 9 499 AL 9 502

	S. A. TEXCALA			
	Muestra Núm. 5	Muestra Núm. 6	Muestra Núm. 16	Muestra Núm. 17
Sílice, SiO <sub>2</sub> .....	0.04	huellas	huellas	0.04
Carbónico, CO <sub>2</sub> .....	3.25	10.43	8.01	3.58
Bicarbonato, HCO <sub>3</sub> .....	1.46	2.15	2.74	2.40
Cloro, Cl.....	52.15	29.96	37.47	50.27
Sulfúrico, SO <sub>4</sub> .....	2.04	15.05	9.86	3.16
Fosfórico, HPO <sub>4</sub> .....	no hay	huellas	huellas	no hay
Nítrico, NO <sub>3</sub> .....	huellas	huellas	huellas	huellas
Tetrabórico, B <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .....	0.10	0.005	0.08	0.02
Hierro, Fe.....	huellas	no hay	huellas	huellas
Calcio, Ca.....	0.05	huellas	huellas	0.03
Magnesio, Mg.....	0.08	0.01	0.01	0.05
Sodio, Na.....	35.57	34.40	35.40	37.49
Potasio, K.....	0.23	1.68	1.33	0.28
Agua y materia orgánica.....	3.00	6.28	5.08	2.67
	99.97	99.96	99.98	99.99
AGRUPACION HIPOTETICA DE LOS CONSTITUYENTES ANTERIORES				
Sílice, SiO <sub>2</sub> .....	0.04	huellas	huellas	0.04
Cloruro de sodio, NaCl.....	85.11	46.79	59.70	82.21
Carbonato de sodio, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	5.74	18.42	14.16	6.33
Bicarbonato de sodio, NaHCO <sub>3</sub> .....	2.01	2.96	3.77	3.31
Sulfato de sodio, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	3.04	22.26	14.59	4.57
Tetraborato de sodio, Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .....	0.13	0.06	0.10	0.03
Cloruro de potasio, KCl.....	0.44	3.21	2.54	0.53
Cloruro de magnesio, MgCl <sub>2</sub> .....	0.31	0.04	0.04	0.20
Sulfato de calcio, CaSO <sub>4</sub> .....	0.15	0.00	0.00	0.10
Agua y materia orgánica.....	3.00	6.28	5.08	2.67
	99.97	99.96	99.98	99.99

## ANÁLISIS NUMEROS 9 503 AL 9 506

	S. A. TEXCALA	ZAPOTITLÁN		SANTA ANITA
	Muestra Núm. 18	Muestra Núm. 20	Muestra Núm. 22	Muestra Núm. 23
Sílice, SiO <sub>2</sub> .....	huellas	0.47	0.04	huellas
Carbónico, CO <sub>2</sub> .....	2.25	7.45	9.04	12.52
Bicarbonato, HCO <sub>3</sub> .....	1.69	2.61	5.78	2.15
Cloro, Cl.....	54.13	31.55	30.30	21.91
Sulfúrico, SO <sub>4</sub> .....	1.46	13.96	13.33	22.09
Fosfórico, HPO <sub>4</sub> .....	0.00	0.00	0.00	0.00
Nítrico, NO <sub>3</sub> .....	huellas	huellas	huellas	huellas
Tetrabórico, B <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .....	0.10	0.15	0.004	huellas
Fierro, Fe.....	huellas	huellas	huellas	0.00
Calcio, Ca.....	huellas	0.71	0.08	huellas
Magnesio, Mg.....	0.02	0.16	0.12	0.03
Sodio, Na.....	38.04	36.84	34.36	34.74
Potasio, K.....	0.16	0.92	0.77	0.64
Agua y materia orgánica.....	2.14	5.17	6.13	5.90
	99.99	99.99	99.95	99.98
AGRUPACION HIPOTETICA DE LOS CONS- TITUYENTES ANTERIORES:				
Sílice, SiO <sub>2</sub> .....	huellas	0.47	0.04	huellas
Cloruro de sodio, NaCl.....	88.87	49.96	48.20	35.00
Carbonato de sodio, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	3.97	17.98	15.96	22.11
Bicarbonato de sodio, NaHCO <sub>3</sub> .....	2.33	3.30	7.96	2.96
Sulfato de sodio, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	2.16	18.14	19.44	32.67
Tetraborato de sodio, Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .....	0.13	0.19	0.005	huellas
Cloruro de potasio, KCl.....	0.31	1.75	1.47	1.22
Cloruro de magnesio, MgCl <sub>2</sub> .....	0.08	0.62	0.47	0.12
Sulfato de calcio, CaSO <sub>4</sub> .....	huellas	2.41	0.28	huellas
Agua y materia orgánica.....	2.14	5.17	6.13	5.90
	99.99	99.99	99.95	99.98



# ALGUNOS DEPOSITOS DE GUANO EN LA REGION NORESTE DEL PAIS

## INTRODUCCION

### CARACTERÍSTICAS DE LOS GUANOS

El guano es una substancia de naturaleza muy compleja; su principal valor agrícola reside en su alto contenido de fosfato de calcio, si se trata de guanos viejos, o de materias nitrogenadas, cuando son guanos nuevos o recientes.

El color de este material varía del gris al café oscuro, tiene un olor muy marcado, que proviene del amoníaco y de otros compuestos orgánicos volátiles. Sus características físicas cambian con la naturaleza de los depósitos y con las proporciones de materia extraña presente. En consecuencia, el guano varía considerablemente en su composición química, dependiendo, en gran parte, del origen del material, de las condiciones climáticas de las localidades de donde proviene y de la preparación que se le ha dado. Como se sabe, el alimento de las aves marinas consiste, básicamente, de pescado, de ahí que sus deyecciones contengan gran cantidad de nitrógeno y de fósforo. El guano no contiene cantidades apreciables de potasio.

El contenido de nitrógeno del guano de aves marinas, varía de 4 a 16% y el ácido fosfórico de 8 a 25%.

Las características del guano de murciélago son las siguientes: se presenta, usualmente, como un material seco, con olor particular; como la mayor parte de los murciélagos se alimentan de insectos y no digieren las alas, el excremento tiene una apariencia brillante por la presencia de éstas; es de color café oscuro, cuando está seco, y negro si se encuentra húmedo

Generalmente, el contenido de nitrógeno de estos guanos varía de 2 a 12%, y el de ácido fosfórico de 3 a 15%.

Cantidades considerables de material terroso se pueden encontrar presentes en los guanos, lo que hace cambiar su composición. El guano de murciélago originado bajo condiciones secas, varía ampliamente con respecto a la composición del guano originado bajo condiciones húmedas. Generalmente, este guano es considerado inferior al de aves marinas en su poder fertilizante.

#### CLASIFICACIÓN DE LOS GUANOS

Los guanos se pueden clasificar en varios grupos, de acuerdo con el punto de vista que se considere. Generalmente se toman como base para su clasificación, los siguientes aspectos: origen, contenido en elementos esenciales y preparación previa.

Con respecto a su origen, se pueden clasificar los guanos en dos grupos: guano de murciélago, que, como su nombre lo indica, proviene de estos pequeños mamíferos, y guano de ave marina, obtenido de esta clase de aves.

Atendiendo al contenido en elementos nutritivos para las plantas, los guanos se pueden clasificar en guanos nitrogenados y en fosfatados, ya sea que predomine uno u otro de estos elementos esenciales. El guano nitrogenado es aquel que ha perdido una mínima proporción del contenido original de nitrógeno, por fermentación o por volatilización de las sales de amonio, en consecuencia, el porcentaje de nitrógeno es alto y, en cambio, el de ácido fosfórico es bajo.

El guano fosfatado es del mismo origen que el nitrogenado, pero debido a la pérdida de nitrógeno, por la descomposición de la materia orgánica y el lavado de las aguas, ya que todos los compuestos de nitrógeno son solubles en agua, sube el contenido de ácido fosfórico. Generalmente este guano contiene un alto porcentaje de fósforo, en la forma dicálcica (retrógrado), y en la forma tricálcica (insoluble). El contenido de ácido fosfórico varía entre 20 y 25% y el de nitrógeno de 1 a 4%.

Los guanos previamente tratados, se dividen en dos clases: disueltos y reforzados.

Los guanos disueltos son los que han sido tratados con ácido sulfúrico. Cuando se les somete a este tratamiento, el carbonato de amonio, que es volátil, se transforma rápidamente a sulfato de amonio, que es un compuesto estable, y, a la vez, el fosfato de calcio insoluble es transformado en fosfato monocálcico soluble y en fosfato dicálcico, poco soluble. Este producto se llama guano disuelto y es mejor fertilizante que el guano original, puesto que el nitrógeno se fija y el fosfato tricálcico se

transforma en monocálcico y es así como la planta lo emplea para su alimentación.

Por último, existe otra clase de guano, al que se le ha agregado alguno o todos los elementos esenciales, con el objeto de hacer un material fertilizante balanceado; a éste se llama guano rectificado.

*Formas del nitrógeno en los guanos.*—El nitrógeno se encuentra presente en los guanos en varias formas; como nitrógeno nítrico, como nitrógeno amoniacal y el resto en forma de nitrógeno orgánico. La presencia de estas varias formas del nitrógeno en los guanos, hacen a éstos, cuando son nitrogenados, costeables, porque ceden alimento a las plantas durante el período de sus cultivos.

En la forma de nitrógeno orgánico se encuentra como ácido úrico. Guanina.

En la forma de nitrógeno amoniacal se halla formando los siguientes compuestos: oxalato de amonio, fosfato de amonio, clorato de amonio, fosfato doble de amonio y magnesio, y carbonato de amonio.

En la forma de nitrógeno nítrico se encuentra como nitrato de amonio.

Lo anterior explica la potente actividad de este abono.

El olor intenso del guano se debe a la pérdida de carbonato de amonio, por volatilización.

El guano es el más importante de todos los fertilizantes naturales, las variedades nitrogenadas contienen una considerable cantidad de ácido fosfórico, en estado de fosfato de amonio soluble. Los nitratos se hallan en condiciones propicias para ser absorbidos inmediatamente por las raíces de las plantas. Las sales amoniacaes tienen que sufrir una transformación para convertirse en nitratos, y, finalmente, la materia orgánica tarda más en descomponerse y por lo tanto, forma una reserva o depósito de nitrógeno que no entra en actividad sino al cabo de cierto tiempo.

*Formas del ácido fosfórico en los guanos.*—En los guanos se encuentra el ácido fosfórico en varias formas, como por ejemplo, en forma de fosfato de potasio, como fosfato de amonio, como fosfato de calcio retrógrado y, en su mayoría, en la forma tricálcica, y como fosfato doble de amonio y magnesio.

En algunos guanos fosfatados, la cantidad de ácido fosfórico es tan grande, que a menudo se utiliza para obtener superfosfatos.

*Formas de la potasa en los guanos.*—El potasio se encuentra en los guanos principalmente en forma de fosfato de potasio. La cantidad de

potasa es tan pequeña que a menudo no se toma en cuenta, pues varía de un 0.5% a 1.5% de  $K_2O$ .

*Efecto de los guanos en los diferentes suelos.*—Los guanos conviene más emplearlos en las tierras arcillosas que en los suelos sueltos. Constituyen, en aquéllos, excelentes abonos para toda clase de cereales, usándose, sobre todo, en Primavera, como abonos estimulantes, en la proporción de 250 a 300 kg. por hectárea. Es buena práctica, también, aplicar los guanos nitrogenados a las tierras, en días húmedos, con el fin de que las lluvias los distribuyan con igualdad.

En los suelos sueltos, los guanos nitrogenados no son igualmente aprovechables como en las tierras arcillosas y debe, entonces, aumentarse la proporción, porque en los primeros, debido a su pequeño poder absorbente, parte del amoníaco se volatiliza y se pierde en la atmósfera; por eso, en estos terrenos sueltos es preferible aplicar el guano en forma de compuestos.

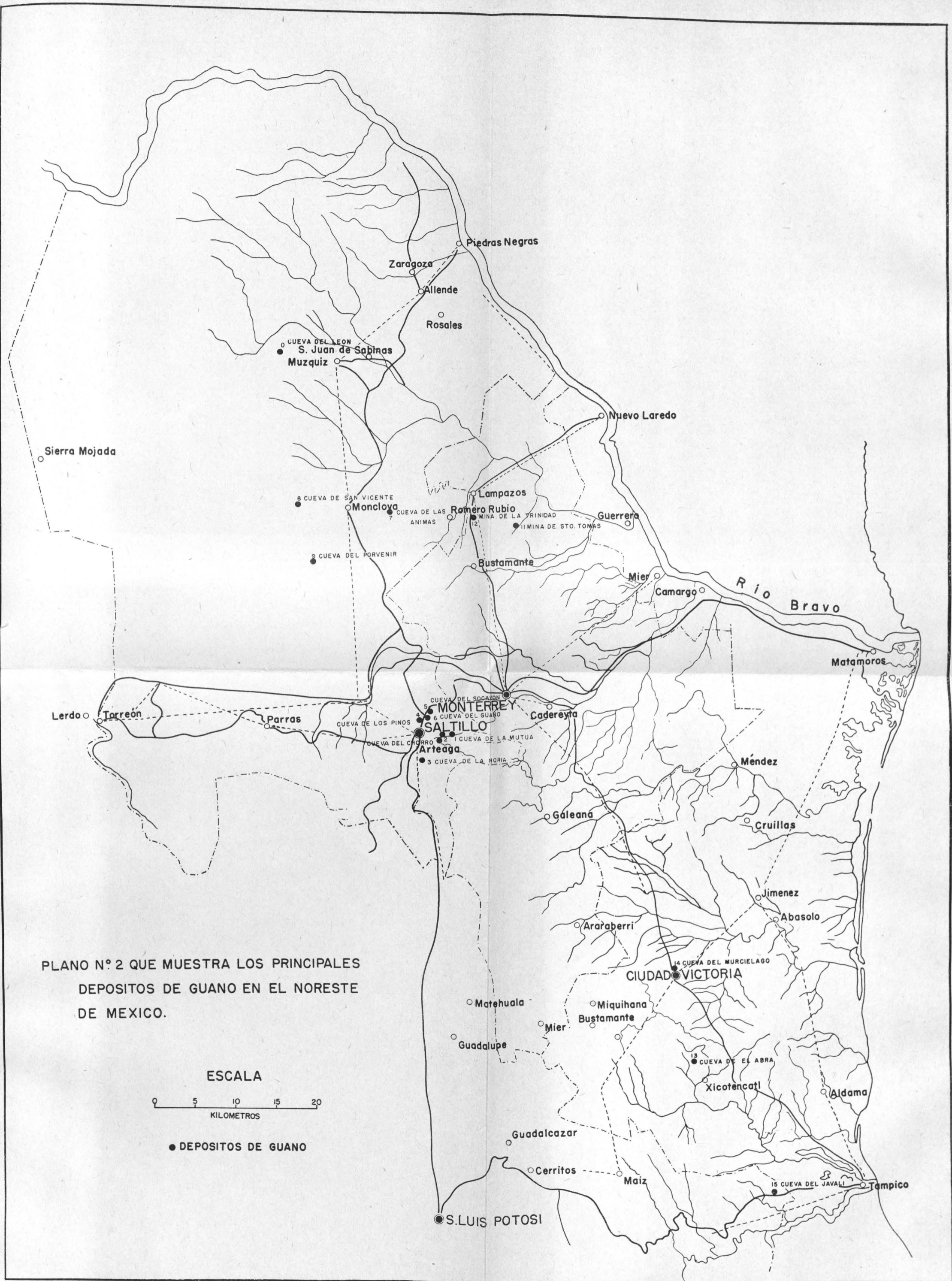
El guano tampoco es el abono más conveniente para surtir de nitrógeno a los suelos calizos, en éstos, es preferible que el nitrógeno se adicione en forma de nitrato de sodio, para evitar pérdida de amoníaco por volatilización.

Es buena práctica esparcir las  $\frac{2}{3}$  partes del abono lo más uniformemente posible, y dejar la otra tercera parte para distribuirla con la semilla. Debe tenerse presente, por supuesto, que si un suelo no tuviera la potasa suficiente, el guano no bastaría para producir una buena cosecha de nabos, por ejemplo, ya que estas plantas necesitan, fundamentalmente, de abonos fosfatados y potásicos.

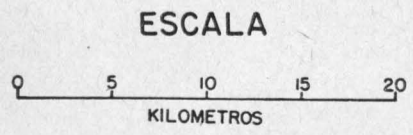
Si la potasa existiera previamente en las tierras y se abonasen éstas con guano, se comprende que la falta de este álcali en proporciones idóneas, en el fertilizante, se compensaría inmediatamente con la potasa del suelo y, en este caso, se lograrían resultados eficaces. Pero si en el suelo no hubiera potasa, la cosecha, a pesar del guano, no sería remuneradora; los cereales rendirían poco grano, toda la planta se volvería tallos, con espigas mezquinas, las papas crecerían mucho, pero no formarían tubérculos, las habas tendrían mucho pie, pero pocas vainas y los nabos no darían más que hojas; es decir, en otras palabras, se obtendría todo lo contrario de lo que se deseaba. El agricultor inteligente, que no quiera perder la fe en los guanos usados como abono, al observar los hechos citados, se economizará muchos gastos y trabajos si antes de aplicar el abono sin regla, en cualquier clase de tierra, como ocurre de continuo, se informa previamente de la naturaleza de las sustancias orgánicas e inorgánicas ya contenidas en sus terrenos.



BIBLIOTECA



PLANO N° 2 QUE MUESTRA LOS PRINCIPALES DEPOSITOS DE GUANO EN EL NORESTE DE MEXICO.



● DEPOSITOS DE GUANO



PRINCIPALES DEPÓSITOS DE GUANO EN LOS ESTADOS DE COAHUILA,  
NUEVO LEÓN, TAMAULIPAS Y SAN LUIS POTOSÍ

En este escrito, se hace una somera descripción de varios de los principales depósitos de guano de murciélago existentes en los Estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí, tomando en cuenta su ubicación, constitución de las rocas en que se encuentran, tonelaje a la vista, calidad del fertilizante, de acuerdo con los análisis que se efectuaron de las muestras colectadas, costos de explotación, sistemas que se consideran más económicos de explotación y, en fin, un análisis de carácter económico de los diversos factores que intervienen para el mejor aprovechamiento de este fertilizante, hasta considerarlo puesto en la estación de embarque de ferrocarril, más cercana a cada depósito.

Se estudiaron 15 depósitos de guano, de los que 10 se encuentran en Coahuila, 2 en Nuevo León, 2 en Tamaulipas y 1 en San Luis Potosí. En la mayor parte de los depósitos, el colchón de guano cubre los pisos de grutas o cavernas formadas por la acción disolvente de las aguas cargadas de  $\text{CO}_2$ , sobre calizas cretácicas, y pocos se hallan también en los pisos de minas abandonadas.

Hay depósitos, como el de la Cueva del Porvenir, que tiene 18,000 toneladas de guano; en cambio, se estudian otros que, prácticamente, no se puede aprovechar nada del citado abono. La suma de todos los depósitos, arroja la cifra de 36,390 toneladas de guano, de calidades muy variables; existen cuevas con guanos nitrogenados, que acusan un contenido de nitrógeno total, de 12.47% y, otras, cuyo guano es esencialmente fosfatado, con 30.07 de ácido fosfórico total, en  $\text{P}_2\text{O}_5$ . (Ver plano adjunto Núm. 2.)

## CUEVA DE LA MINA DE LA MUTUA (1)

Esta cueva está localizada en el ejido de San Juan de los Dolores; del Municipio de Arteaga, Coah., a los N  $50^\circ$  E de las casas del ejido y a una distancia de 4 kilómetros. La cueva se encuentra aproximadamente a 150 metros al NE de la mina abandonada de "La Mutua", y a 3 060 metros sobre el nivel del mar.

Para llegar al ejido de San Juan de los Dolores, se puede hacer uso de una buena carretera petrolizada que parte de Saltillo y se dirige a El Chorro, pasando por Arteaga, con un recorrido total de 26 kilómetros. Desde El Chorro al Tunal, se sigue el curso del arroyo hacia el este, en una distancia de 16 kilómetros, esta parte del camino sólo es



transitable por caballos o carretas. Del Tunal a San Juan, hay 6 kilómetros, también de mal camino.

El depósito de guano está constituido por una grieta de un metro de ancho, en promedio, en calizas del Cretácico medio, casi verticales, con rumbo al N 55° E y echado de 60° al SE. Existen 2 bancos principales de abono natural, que se extiende, el primero, por más de 30 metros, con un ancho de 2 metros y, el 2º, tiene aproximadamente 16 metros de longitud y 1.5 metros de ancho. El espesor de estos bancos es de 0.50 metros solamente. Se calcula, para esta cueva, 100 toneladas de guano de murciélago, el que, de acuerdo con los análisis de las muestras, es de muy buena calidad en nitrógeno, ya que el contenido de este elemento, referido a base seca, es de 13%, por lo que se le debe considerar como un fertilizante nitrogenado de primera, al que conviene mezclarlo con substancias fosfatadas y con muriato de potasio, por ejemplo, para convertirlo en un fertilizante completo.

Se estima que los gastos de extracción, por tonelada del abono, fletes hasta Saltillo, administración y diversos, ascenderán a \$ 40.00. No se requiere un capital inicial de consideración para principiar la explotación, puesto que no hay necesidad de ejecutar ninguna clase de instalaciones para este fin, simplemente se pueden llenar los costales con guano y bajarlos con burros hasta el pie del cerro, y de allí mandarlos en carreta a Saltillo.

#### CUEVA DE EL CHORRO (2)

Las grutas de este nombre están situadas en el Municipio de Artega, Coah., a 27.5 kilómetros de Saltillo, por la carretera que va a Galeana, N. L., y a 13.8 kilómetros al S 65° E. de la población de Artega. La cueva mayor se encuentra al S 25° W y como a 500 metros de distancia de la tienda de El Chorro. Todas las grutas están en la margen izquierda del arroyo de El Chorro, en la parte SE de un cerro de poca altura y al NW del camino que va a Galeana y como a 200 metros de distancia, hallándose a 1420 metros de altura sobre el nivel del mar.

El cerro donde están localizadas las cuevas consiste de tobas calizas; las grutas han sido formadas, como todas ellas, por la acción disolvente de las aguas meteóricas y subterráneas. Estas cuevas son pequeñas oquedades dentro de la formación caliza, todas ellas contienen muy pequeñas cantidades de guano, sumamente intemperizado, por estar al descubierto y, además, mezclado con estiércol de vaca y de

ganado cabrío, circunstancias por las que no representa ninguna importancia económica.

#### CUEVA DE LA NORIA EN EL RANCHO DEL JAGÜEY (3)

El rancho del Jagüey está dentro de la jurisdicción del Municipio de Saltillo y a 20 kilómetros al sur de esta población. La cueva de la Noria está al S 70° E del rancho del Jagüey, y a 8 kilómetros de distancia.

Para llegar a esta localidad, hay que hacer uso de una brecha en la que pueden transitar camiones, y que parte de la estación Agua Nueva, de los Ferrocarriles Nacionales de México, situada al sur de Saltillo, terminando en el Jagüey, con un recorrido de 10 kilómetros.

De aquí, parte un camino para carretas, en mal estado, que sigue hacia el este unos 6 kilómetros, faldeando el lado norte de la sierra, de este lugar se sube a pie hasta la cumbre del cerro, en donde se encuentra la cueva de la Noria, la que está a 2 600 metros sobre el nivel del mar.

La cueva consiste de una grieta casi vertical, como de un metro de ancho, en promedio, abierta en calizas cretácicas. En algunas partes, esta grieta se ensancha, formando bancos en donde se ha acumulado el guano.

Se estima que la suma total de los diferentes bancos de guano existentes en la cueva, arroja, cuando menos, 150 toneladas de fertilizante, el que, de acuerdo con los resultados de los análisis, tiene 2.41% de nitrógeno total, 3% de ácido fosfórico total, en  $P_2O_5$ , y 2.32% de potasa, en  $K_2O$ , por lo que debe considerarse como pobre en elementos nutritivos para las plantas.

Los costos de explotación del guano de este depósito, se considera que son los siguientes, por tonelada:

Extracción. . . . .	\$ 4.50
Acarreo en burros hasta el pie del cerro. . . . .	5.00
Flete en carretas a la estación. . . . .	9.00
Costalera. . . . .	3.00
Administración y diversos. . . . .	4.00
Total. . . . .	\$ 25.50

No se requiere un gran capital para iniciar la explotación de esta cueva.

## CUEVA DE LOS PINOS, EN OJOCALIENTE (4)

El rancho de Ojocaliente, del Municipio de Ramos Arizpe, Coah., está en el kilómetro 378.5 de la carretera entre Saltillo y Monterrey. La cueva está al S 67° E del letrero que señala en la carretera el rancho de Ojocaliente y a una distancia de 1 000 metros, sobre el cerro que está inmediatamente al sur de la carretera.

Para llegar a la cueva, se sigue una vereda que se aparta de la carretera hacia el este, con dirección al arroyo de Los Pinos y, a una distancia de un kilómetro, se llega a la entrada del cañón de Los Pinos. Se sube por este cañón unos 500 metros, hasta llegar a un arroyo que baja del SW, subiendo por la ladera NW de esta cañada, por una pendiente muy fuerte; hasta llegar a una altura de 1 500 metros sobre el nivel del mar y muy cerca de la cumbre del cerro, que alcanza una altura de 1 580 metros. Por lo tanto, la cueva se halla en el lado SE del cerro. La carretera, en el kilómetro 378.5, está a 1 320 metros de elevación sobre el nivel del mar.

La estación del ferrocarril, en Ojocaliente, está al norte de la carretera y como a un kilómetro de distancia.

La cueva consiste de un pozo vertical abierto en calizas cretácicas, de 22 metros de profundidad. En la entrada, la gruta tiene un diámetro de 3 metros y en el fondo, que es relativamente plano y de forma circular, un diámetro de 10 metros. Esta cueva, en forma de tronco de cono, es parte de una grieta con rumbo S 55° W y casi vertical, que está casi totalmente rellena por guano y por material detrítico que ha caído por la entrada de la cueva.

La mayor parte del fondo de la cueva está cubierto por guano de murciélago, cuya capa tiene espesores muy variables, pero generalmente pequeños, siendo el menor de 0.20 metros y el mayor de 0.95 metros. Por las estimaciones que se hicieron, se calcula que en esta cueva hay, cuando menos, 70 toneladas de guano que, de acuerdo con los resultados de los análisis, es de mala calidad, ya que es muy pobre en nitrógeno, fósforo y potasa, debido a que es un material muy viejo y que ha estado expuesto, tal vez por varios siglos, a la acción implacable de los agentes geológicos, los que, sobre todo el agua, han disuelto y acarreado estas substancias fertilizantes.

Se calcula que los costos de explotación, por tonelada, en este depósito, son los siguientes:

Extracción por tonelada.....	\$ 3.00
Acarreos en burros hasta la estación del ferrocarril. ....	9.00
Costalera. . . . .	3.00
Administración y diversos.....	4.00
Total.....	\$ 19.00

No se requiere capital para iniciar la explotación de este depósito. Los promedios de los resultados de los análisis, de las muestras correspondientes a esta cueva, son los que se dan a continuación.

Nitrógeno orgánico y amoniacal, en N.....	0.61%
Nitrógeno total, en N .....	0.73%
Fosfórico total, en $P_2O_5$ .....	4.06%
Fosfórico soluble en ácido cítrico, en $P_2O_5$ .....	2.16%
Fosfórico soluble en agua, en $P_2O_5$ .....	1.09%
Potasa, en $K_2O$ .....	2.81%
Humedad. . . . .	10.73%
Pérdida por calcinación.....	30.09%

#### CUEVA DEL SOCAVÓN DEL VOLCÁN, DE OJOCALIENTE (5)

Esta cueva está al S 82° E y a 1,400 metros de distancia del letrero que marca el rancho de Ojocaliente, sobre el kilómetro 387.5 de la carretera entre Monterrey y Saltillo, en el Municipio de Ramos Arizpe, Coah. El socavón para entrar a la cueva está localizado en la margen izquierda del arroyo de Los Pinos y como a 300 metros de la salida del cañón. El socavón está a 1455 metros sobre el nivel del mar.

Para llegar a la cueva, se toma una vereda que se aparta de la carretera hacia el oriente, internándose al cañón de Los Pinos y, subiendo una pendiente relativamente suave, se llega a la entrada del socavón, el que tiene una sección de 1.80 metros de alto por 1.50 metros de ancho; su longitud es aproximadamente de 50 metros, con dirección al S 55° W. En el fondo del socavón se labró un crucero de 2 metros de longitud, con rumbo hacia el E, que comunica a una grieta existente en la caliza, casi vertical y con rumbo N-S y de 2 metros de ancho, en promedio. Esta grieta se extiende hasta la superficie del terreno y se ha utilizado, con anterioridad, para sacar el guano que contiene. El socavón se labró, principalmente, para facilitar la extracción del guano, y también con el fin de buscar un criadero mineral que no se encontró.

El guano se ha depositado en los bancos que se forman en la grieta a diferentes niveles, y la mayor parte de él ya ha sido extraído.

Por el análisis del guano de este depósito se ve que es de mala calidad y, por lo tanto, incosteable.

No se hace ningún estudio sobre costos de explotación por la razón apuntada en el párrafo anterior, y por existir, en la actualidad, sólo restos del abono de que se está tratando.

Los resultados de los análisis de las muestras son los siguientes:

Nitrógeno orgánico y amoniacal, en N .....	0.35%
Nitrógeno total, en N .....	0.41%
Fosfórico total, en $P_2O_5$ .....	2.60%
Fosfórico soluble en ácido cítrico, en $P_2O_5$ .....	1.30%
Fosfórico soluble en agua, en $P_2O_5$ .....	1.10%
Oxido de calcio .....	2.00%
Potasa, en $K_2O$ .....	0.32%
Humedad . . . . .	1.02%
Pérdida por calcinación .....	21.25%

#### CUEVA DEL GUANO DEL RANCHO DE SAN FRANCISCO (6)

El rancho de San Francisco pertenece al Municipio de Ramos Arizpe y está situado al NW de la estación Saucedá, del ferrocarril de Monterrey a Torreón, a una distancia de 15 kilómetros, encontrándose en la falda oriental de la sierra de La Paila. La cueva de guano está a 6 kilómetros al W de San Francisco y en la ladera norte del cañón que lleva el nombre de Cueva Pinta. La cueva tiene una elevación sobre el nivel del mar de 1 480 metros, el arroyo que corre abajo de la cueva, está a 1 300 metros y la altura de San Francisco es de 1 180 metros.

Para llegar a la cueva, se puede ir en automóvil, de la estación Saucedá hasta la entrada del cañón, recorriendo una distancia de 17 kilómetros, y de la entrada del cañón se sigue una vereda, con suave pendiente, como de 3 kilómetros, hasta llegar a la junta del arroyo, en la Cueva Pinta, y de otro arroyo que viene del NE. Se sigue por este último arroyo en una distancia de un kilómetro, hasta llegar al pie de una ladera, con fuerte pendiente y la que está coronada por un cantil. Se sube a pie 180 metros, hasta la base de este cantil, donde está la cueva de guano.

Esta cueva, como las demás, está en calizas cretácicas, pero es

horizontal y tiene la forma de un gran salón, de 20 metros de ancho por 50 de fondo y 8 metros de altura, en la parte más alta. El techo tiene la forma de bóveda, siendo la entrada muy amplia y de 4 metros de altura.

El colchón de guano cubre una superficie de 500 metros cuadrados y tiene un espesor que varía de 50 centímetros a uno y medio metros; se estima que de esta cueva se pueden obtener 340 toneladas de guano.

De los análisis de las muestras de este depósito, se llega a la conclusión que es de mediana calidad, ya que su contenido en nitrógeno es bajo, pero, en cambio, el de ácido fosfórico es alto. Los resultados de los análisis son:

Nitrógeno total en N .....	4.47%
Anhídrido fosfórico total ( $P_2O_5$ ) .....	9.17%
Oxido de potasio soluble en agua ( $K_2O$ ) .....	0.02%
Pérdida por calcinación .....	55.90%

El costo de la explotación es como sigue:

Extracción por tonelada .....	\$ 2.50
Flete en burros hasta la salida del cañón.....	6.00
Flete en camiones hasta Saucedá.....	12.00
Administración y diversos .....	4.50
Total.....	\$ 25.00



BIBLIOTECA

No se requiere capital para iniciar la explotación de este depósito:

#### CUEVA DE LAS ANIMAS (7)

Esta cueva se encuentra en la sierra de Las Animas, en el rancho del mismo nombre, perteneciente al Municipio de Monclova. La cueva está al oriente de Monclova y a 43 kilómetros en línea recta, en la falda oeste de la sierra de Las Animas, a 690 metros de altura sobre el nivel del mar, y sólo a escasos 50 metros sobre el nivel de la llanura. De las casas del rancho de Las Animas, la cueva está al N 80° E y a una distancia de 4 kilómetros.

Para llegar a la cueva, desde Monclova, se necesita hacer un rodeo, hasta la estación Las Juntas, del ferrocarril a Piedras Negras, y de aquí, por la falda de las sierras de La Rata y de La Bola, se llega hasta Las Animas, con un recorrido de 68 kilómetros. Sin embargo, la

estación del ferrocarril Las Juntas, está solamente a una distancia de 48 kilómetros, por un camino en mal estado, pero transitable en automóvil, menos cuando acaba de llover. También se puede ir a la cueva, partiendo de la estación Candela, del ferrocarril a Laredo, con un recorrido de 55 kilómetros, por camino semejante al de Las Juntas. De la falda de la sierra donde está la cueva, hay una distancia de 200 metros por vereda.

Esta cueva está localizada en una grieta de calizas cretácicas, con rumbo N 30° W y echado al SW. La entrada mide unos 10 metros de altura por 3 de ancho, se baja 35 metros por medio de escaleras y cables, llegando a un salón de 50 metros de largo por 30 de ancho. El piso de este salón tiene un desnivel como de 15 metros, entre su extremidad oriental y la occidental, formando el techo una bóveda, con una altura como de 10 metros. Por el lado S del salón, sale un arroyo interior que corre hacia el SE ocupando el plano de la grieta principal, la que tiene en promedio 3 metros de ancho. Su piso está constituido por fragmentos de calizas que han rellenado la grieta, la que, hacia arriba, se extiende a una gran altura.

El depósito de guano se encuentra en el salón principal, ocupando una superficie de 1 000 metros cuadrados, con un promedio de espesor de 1.50 metros. En muchas partes del arroyito subterráneo, quedan montones de guano que no han sido arrastrados por la corriente de éste que, se supone, sólo ha de correr como torrente en las temporadas de fuertes lluvias.

Se estima que en esta cueva hay aproximadamente 1 100 toneladas de guano.

Cuando se visitó esta cueva, había una buena cantidad de murciélagos, por lo que se puede considerar que está en actual producción, la que se calcula que es alrededor de 50 toneladas anuales, de acuerdo con el número de murciélagos que en ella habitan.

No obstante que hay una buena cantidad de guano bueno, éste rápidamente pierde su contenido de nitrógeno por mojarse una buena parte durante el año. Los resultados de los análisis arrojan un contenido de nitrógeno total, de 1.75% y, en cambio, de 22.33% de anhídrido fosfórico total, por lo que debe considerarse este abono como esencialmente fosfatado, por lo que hay necesidad de añadirsele unidades de nitrógeno y de potasa, para convertirlo en un fertilizante completo.

- El costo por tonelada, de la explotación de este depósito, se considera que es como sigue:

Extracción, incluyendo transporte en burros	
hasta el pie del cerro.....	\$ 8.00
Flete en camiones a la estación Las Juntas.....	25.00
Administración y diversos .....	4.00
Total.....	<u>\$ 37.00</u>

Este costo de extracción puede reducirse, instalando un malacate movido por un motor de gasolina y colocando una rampa hasta el centro del salón principal de la cueva.

#### CUEVA DE SAN VICENTE (8)

Esta gruta se encuentra en el rancho de San Vicente, del Municipio de Cuatrociénegas, está situada al este de Cuatrociénegas y a 4 kilómetros al sur de la estación Boquilla, del ferrocarril que va de Monclova a Sierra Mojada. La cueva se halla al este de las casas del rancho, a 4 kilómetros de distancia, en la parte central de un cantil, y en la margen derecha del arroyo que baja hacia el rancho, por la vertiente oeste de la sierra y con dirección al S 70° W. La altura de la cueva, sobre el nivel del mar, es de 1 100 metros, hallándose al pie del cantil a 1 040 metros, en tanto que el cauce del arroyo donde está el cargadero del guano, está a 900 metros. La llanura tiene una elevación de 640 metros.

Durante todo el año hay camino transitable en automóvil, de la estación Boquilla al rancho de San Vicente, y de este lugar se puede ir a caballo, por una vereda, al cargadero de guano. Con el objeto de hacer la extracción del guano, de la cueva al cargadero, se hace uso de una instalación de cable aéreo, de acero, de manera de bajar el abono encostado, en canastillas, de tal manera acopladas, que la canastilla que va de bajada con el abono, suba a la vacía. Los trabajadores suben a pie por una pendiente fuerte, hasta la base del cantil, y de aquí, a la entrada de la cueva, por escaleras de madera sujetas a cables de acero, hasta una altura de 60 metros.

La cueva forma parte de una grieta vertical abierta en las calizas cretácicas de la sierra, a consecuencia de una falla.

El depósito de guano ocupa un amplio salón, casi horizontal, que mide 120 metros de largo, con dirección sensiblemente de N a S, y 40 de ancho. El techo de bóveda tiene, por lo general, más de 20 metros de altura. El depósito de guano, en algunas partes, tiene un espesor mayor de 10 metros, pero para la parte principal del depósito, que mide



2 400 metros cuadrados, se estima que tiene un espesor medio de 5 metros y, por lo tanto, se deduce que aquí hay 10 000 toneladas de guano.

De acuerdo con los resultados de los análisis de las muestras correspondientes a este depósito, el guano es de buena calidad (ver análisis al final de este capítulo), con 10.69% de nitrógeno total, 1.62% de anhídrido fosfórico total ( $P_2O_5$ ) y de 0.45% de óxido de potasio, soluble en agua.

El costo unitario de explotación de este yacimiento, se cree que se puede dividir en las siguientes partidas, como se anota a continuación:

Extracción por tonelada .....	\$ 10.00
Acarreo en burros y gastos diversos.....	12.00
Manteo, criba y gastos administrativos.....	11.00
Acarreo y carga en estación Boquilla.....	6.00
Total.....	\$ 39.00

De este depósito se han estado extrayendo por el concesionario y, desde hace más de 15 años, varios cientos de toneladas de guano.

#### CUEVA DEL PORVENIR (9)

Esta cueva está en la parte meridional de la sierra de San Marcos y en el cañón del Rocío, que es una de las vertientes orientales de esta sierra. Este cañón se encuentra a 65 kilómetros al sur de Cuatrociénegas, estando la cueva del Porvenir localizada en un arroyito conocido en la localidad, con el nombre de arroyo del Guano, que corre hacia el oeste, para unirse al arroyo principal del cañón del Rocío que, con dirección NE, desemboca en la llanura. La entrada al cañón está al S 10° W y a 4 kilómetros del rancho de La Campana. La altura de la entrada de la cueva, sobre el nivel del mar, es de 1 380 metros. El cauce del arroyo, abajo de la cueva, está a 1 360 metros, y el arroyo, a la entrada del cañón del Rocío, a 1 140 metros.

Para llegar a la cueva se puede hacer uso de un camino que se halla en mal estado, pero bastante plano, que sale de Cuatrociénegas para El Venado, pasa por La Colonia y llega al rancho de La Campana. Hay otro camino que pasa por San Pablo, faldeando la sierra de La Purísima y llega también al rancho de La Campana. Ambos caminos son simples brechas abiertas en terreno relativamente plano y, por los dos, el recorrido es de 65 kilómetros, a los que hay que agregar 4 kiló-

metros para llegar a la entrada del cañón del Rocío, siguiendo una vereda en terreno con poca pendiente, pues sólomente se suben 220 metros, desde las casas del rancho, hasta la entrada del cañón. De aquí, hasta la cueva, se sigue el cauce del arroyo, transitable sólomente a caballo o en burro, caminándose 2 kilómetros en el arroyo del Rocío y otros 2 por su afluente que llega hasta el pie de la cueva. Del arroyito, se suben 20 metros en terreno con fuerte pendiente, por la margen izquierda, hasta llegar al pie del cantil donde está la entrada a la cueva. Esta se halla enfrente de otro cantil, en la margen derecha del arroyo, en el que se ve claramente, desde el arroyo, la entrada a otra cueva, quedando ésta al N 10° E de la entrada a la cueva del Porvenir. En total, la distancia que hay que recorrer desde Cuatrociénegas hasta la cueva, es de 73 kilómetros.

La cueva, en la parte explorada, tiene aproximadamente un kilómetro de largo; es relativamente horizontal y de sección uniforme, pues desde la entrada hasta el fondo, su ancho varía entre 10 y 15 metros y la altura del techo entre 8 y 30 metros; todo hace suponer que antiguamente fue el curso de un río subterráneo.

Para este depósito se calculan, conservadoramente, 18 000 toneladas de guano, considerando un promedio de espesor, para toda la cama del abono, de 2.50 metros.

El guano de este depósito, de acuerdo con los resultados de los análisis de las muestras colectadas, es de buena calidad, pudiendo considerársele como fosfatado, esencialmente, ya que el contenido de ácido fosfórico es de 11.68%, el de nitrógeno de 5.69% y el de potasa de 0.36%.

Con el objeto de reducir los costos de explotación de este yacimiento, se recomienda perfeccionar el sistema de cables aéreos que actualmente se están empleando, además, colocar en algunos tramos, varios planos inclinados, de madera, y mejorar el camino de sierra. Se estima que con una inversión de \$ 35 000.00 se cubrirán todos los gastos necesarios para este fin y, entonces, el costo unitario se calcula que será como sigue:

Extracción por tonelada .....	\$ 5.00
Flete en burros de la cueva a la salida del cañón.	8.00
Flete en camión hasta la estación de Cuatrociénegas o Boquilla .....	35.00
Amortización de \$ 35 000.00 .....	3.00
Administración y diversos .....	4.00
Total.....	\$ 55.00

CUEVA DEL LEÓN, CAÑÓN DE LA ALAMEDA, MUNICIPIO  
DE MÚZQUIZ, COAH. (10)

Esta cueva está al N 70° W de Múzquiz, Coah., y a 52 kilómetros en línea recta. Se encuentra en la serranía de Santa Rosa y en la margen izquierda del cañón de La Alameda, a 25 kilómetros de la entrada del cañón, por el lado oriental de la sierra. La cueva está en la ladera izquierda de un afluente que corre al E y se une al arroyo principal, como a un kilómetro de distancia de la cueva. Múzquiz se halla a 450 metros de altura sobre el nivel del mar; la entrada de la cueva a 890 metros y el cauce del arroyo, abajo de la cueva, a 730 metros.

Para llegar a la cueva se puede hacer uso de una brecha que se halla en buen estado y que es transitable en automóvil, desde Múzquiz y por todo el cañón de La Alameda. De Múzquiz a la entrada del cañón, hay 40 kilómetros, hasta donde se encuentra situado el rancho de Santa Ana, pasando por La Rusia. Hasta aquí, se camina al NW; pero en el cañón, la dirección dominante es al SW, en 25 kilómetros, hasta llegar a un lugar en donde, en el año de 1911, dejaban los burros el guano que bajaban de la cueva, y se cargaba en carretas para llevarlo a la estación del ferrocarril, en Múzquiz. Como 6 kilómetros antes de llegar el camino a este cargadero, y a 19 kilómetros de la entrada, se cruza el arroyo donde brota agua permanentemente. Desde aquí, y por la margen izquierda del arroyo, se levantan cantiles en la roca caliza. Estos cantiles terminan un kilómetro antes de llegar al cargadero, y desde 2 kilómetros antes de su terminación, se levantan a 100 y 200 metros, desde el cauce del arroyo, en su margen izquierda, formando en estos 2 kilómetros, un semicírculo en el que el cauce del arroyo entra con dirección al N, y al final de los cantiles y, después de los 2 kilómetros, sale en el cargadero con dirección al SE, para voltear más adelante al NE.

En el cargadero no queda ningún resto de construcción, y se distingue solamente porque aquí el terreno consiste de una terraza aluvial, bastante plana y como de media hectárea de superficie. Desde este cargadero se ve claramente la entrada al cañón del León, al W, el que no se puede confundir, por ser el primero al S de los grandes cantiles. Del cargadero, en bestias de carga, se cruza el arroyo principal, y se sigue una vereda que primero va por la margen derecha y más adelante por la izquierda del arroyito del León, el que baja hacia el E con poca pendiente y, como a un kilómetro del cargadero, se llega frente a la cueva. Esta se encuentra en la ladera N del arroyito, al pie

de un cantil como de 200 metros de largo y 40 de alto, que corona una fuerte pendiente de  $25^\circ$  a  $30^\circ$ . La entrada a la cueva se ve claramente desde el arroyo. Se ha hecho una descripción detallada de la forma de encontrar esta cueva, porque el arroyito del León no es muy conocido y, además, cuesta trabajo encontrar un guía que conozca la cueva.

Del arroyo se sube a la cueva por una fuerte pendiente.

La cueva se halla en calizas cretácicas, en bancos casi horizontales, con ligero echado al N. La entrada mide 8 metros de altura, por 5 de ancho y es relativamente plana y de sección bastante uniforme, en toda su longitud. Los primeros 40 metros se internan hacia el  $N 70^\circ E$  y de aquí siguen 60 metros hacia el N.

Hay guano desde la entrada hasta el fondo de la cueva, pero en los primeros 60 metros, éste se encuentra rellenando huecos de diferentes tamaños, abiertos entre las rocas. En los últimos 40 metros, el colchón de guano es más uniforme y forma un montón alargado, como de 2 metros de espesor, en promedio. Se estima que en este depósito hay, cuando menos, 300 toneladas de guano de buena calidad.

El costo de la explotación de este depósito, por tonelada, es como sigue:

Extracción por tonelada .....	\$ 11.00
Flete en burros hasta el camino.....	8.00
Flete en camiones a Múzquiz .....	30.00
Administración y diversos .....	4.00
Total.....	\$ 53.00

Los análisis arrojan los siguientes resultados para las muestras colectadas.

Nitrógeno total en N .....	10.47%
Fosfórico total, en $P_2O_5$ .....	8.21%
Potasa, en $K_2O$ .....	0.55%

#### MINA DE SANTO TOMÁS (11)

Esta mina abandonada, se encuentra en el Municipio de Vallecillo, N. L. y como a 8 kilómetros al  $S 50^\circ W$  de esta población. La entrada al socavón de Santo Tomás está a 200 metros y al  $N 75^\circ E$  de la chimenea de los antiguos hornos de la mina de Jesús María. Esta chimenea se destaca claramente en el terreno y se observa fácilmente al W de

la carretera a Laredo, entre Vallecillo y el kilómetro 1122. La mina de Santo Tomás está a 300 metros sobre el nivel del mar.

Para llegar a esta mina se toma una brecha transitable en automóvil, que se aparta al W de la carretera de Laredo, en el kilómetro 1122.

Las labores de esta mina siguieron una veta con rumbo NE y echado al NW, encajonada en margas y pizarras margosas. Los trabajos que se hicieron en esta mina fueron simplemente de exploración, siguiendo la veta y, en esta forma, las labores resultaron muy irregulares. El tiro de entrada tiene 4 metros de profundidad y da acceso a unos socavones inclinados con un desarrollo total de 80 metros.

El espesor del guano en estos socavones varía entre 15 y 25 centímetros, por lo que se estima que en total habrá, en esta localidad, alrededor de 30 toneladas de guano, de muy buena calidad, pues tanto el gran número de murciélagos que allí había en la fecha de la visita, como el fuerte olor a amoníaco, demuestran que el abono es reciente y, por lo tanto, que no ha perdido sus compuestos nitrogenados.

Se estima que el costo de explotación, por tonelada, es como se indica a continuación:

Extracción por tonelada .....	\$ 13.00
Flete en camiones a Villaldama .....	18.00
Administración y diversos .....	3.50
Total.....	\$ 34.50

#### MINA DE LA TRINIDAD (12)

Esta mina abandonada en el Municipio de Candela, del Estado de Nuevo León, está localizada al S 35° E del pueblo de Candela y como a 4 kilómetros de distancia, en la falda N del cerro de Candela. La entrada al socavón de la mina está en la ladera izquierda de una cañada que baja hacia el NE, y como a una distancia de un kilómetro de donde se junta este arroyito con el río de Candela.

La entrada al socavón está a 350 metros de altura sobre el nivel del mar.

Para llegar a la mina de La Trinidad, se va por un camino que se halla en mal estado, que une a la estación Candela (del ferrocarril a Laredo) con la población Candela, que está al W y a 19 kilómetros de distancia de la estación. Como a un kilómetro antes de llegar a la población y antes de cruzar el río, se sigue una brecha mal conservada, que llega hasta el socavón.

El socavón tiene una sección cuadrada, de  $2\frac{1}{2}$  metros por lado y, en toda su longitud, que es como de 150 metros, hay vía Decauville; 75 metros del socavón, tienen dirección al W y luego voltea al N en otros 75 metros. Cerca de la entrada hay unos labrados a un nivel inferior, que están inundados la mayor parte del año.

La capa de guano empieza a los 25 metros de la entrada y se extiende en toda la longitud del socavón. Su espesor varía entre 30 y 60 centímetros, por lo que, en total, se estima que de esta mina se puedan sacar 100 toneladas de guano.

Este guano es muy rico en compuestos nitrogenados, por ser muy reciente, y el desprendimiento de amoníaco es muy notable.

El costo unitario de la explotación es como sigue:

Extracción por tonelada .....	\$ 5.00
Flete en camiones a estación Candela.....	15.00
Administración y diversos .....	5.00
Total.....	\$ 25.00

Los resultados de los análisis, hechos a las muestras de guano que se tomaron en este depósito, dan los resultados que se anotan.

Nitrógeno total, en N .....	12.4%
Anhídrido fosfórico total, en $P_2O_5$ .....	3.27%
Oxido de potasio soluble en agua, en $K_2O$ .....	9.78%

#### CUEVA DE EL ABRA (13)

Esta cueva se encuentra localizada en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, escasamente a 150 metros al NW de la carretera México-Laredo y precisamente en el kilómetro 552.50 de la misma carretera. Está al suroeste y a  $17\frac{1}{2}$  kilómetros de Villa Juárez, Tamps. La entrada de la gruta consiste de una ventana de sección cuadrangular, como de 20 metros de alto por 18 de ancho, que se halla a 200 metros de altura con respecto al piso de la carretera, en el kilómetro 552 $\frac{1}{2}$ . Como la mayor parte de estas cavernas, ha sido formada por la acción de las aguas meteóricas, fuertemente cargadas de  $CO_2$ , sobre la caliza de grano fino de que está constituida la sierra en ese lugar. Por estudios paleontológicos que se han hecho, se ha comprobado que la edad de las calizas pertenece al Cretácico medio mexicano.

El piso del depósito es muy accidentado a partir de la entrada de la cueva hacia el fondo, o sea, hacia el N 30 E°, pues hay un desnivel de más de 70 metros; en seguida, se sube aproximadamente 20 metros, en donde se forman cantiles en los que se ha acumulado el guano más reciente y en donde se calcula que la cama de guano, de metro y medio de profundidad, tiene, cuando menos, 100 toneladas de este fertilizante nitrogenado que, de acuerdo con los análisis efectuados, tiene 12.06% de nitrógeno total, 3.05% de anhídrido fosfórico total y 0.76% de óxido de potasio soluble en agua; por lo que debe considerarse como de primera calidad.

En la entrada de la cueva y, en forma esporádica, se hallan pequeñas acumulaciones de guano viejo, fosfatado, de poca cuantía y de valor económico reducido, el que, de acuerdo con las informaciones recabadas, quedó hace más de 20 años, cuando se explotó totalmente este depósito, exportando a Estados Unidos el fertilizante.

La ventaja principal que presenta el depósito, es que está muy cercano a la carretera y que los costos de explotación son, por lo tanto, muy reducidos, ya que, además, se facilita extraer el guano a base de deslizaderos de madera, por los que es posible bajar los costales por gravedad.

Se calculan los costos unitarios de explotación y transporte hasta la estación de embarque, como sigue:

Extracción por tonelada .....	\$ 3.00
Acarreo hasta camiones en la carretera por medio de deslizaderos de madera .....	3.00
Flete en camiones hasta El Mante.....	8.00
Administración y diversos .....	4.00
Total.....	\$ 18.00

#### CUEVA DE EL MURCIÉLAGO (14)

Este depósito de guano está localizado al N 40° W de Ciudad Victoria, Tamps., a 12 kilómetros de esta población y a un kilómetro, aproximadamente, del rancho conocido con el nombre de Los Troncones.

La cueva se halla en una loma de unos 150 metros de altura, que está constituida por caliza recristalizada en muchos lugares, lo que indica que ha sido objeto, en cierto grado, de metamorfismo dinámico, probablemente. La entrada de la gruta adopta la forma de una semielipse, cuyo eje mayor, que corresponde al piso de la cueva, tiene

2.20 metros y una altura de 1.65 metros, la que aumenta en los primeros 50 metros, a un poco más de 2.00 metros, para luego reducirse a unos cuantos centímetros, lo que la hace sumamente difícil de ser explorada, además de que el aire se enrarece a tal grado, a unos 100 metros a partir de la entrada, se torna prácticamente irrespirable. Por dificultarse asimismo en este lugar, la combustión, se puede afirmar que hay exceso de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera.

La forma de la gruta, hasta donde fue posible entrar, es muy irregular, con un gran número de ramificaciones bastante estrechas y que siguen muy variadas direcciones.

En todo el piso recorrido en la cueva, hay guano, formando una capa que tiene un promedio de espesor de 0.40 metros; y el cual, al no mojarse como en la mayor parte de los depósitos, conserva sus compuestos nitrogenados.

Se calcula para esta cueva no menos de 100 toneladas de guano, el que, de acuerdo con los análisis que se hicieron de las muestras colectadas, presenta las características siguientes:

Nitrógeno total .....	5.85%
Anhídrido fosfórico total, en $\text{P}_2\text{O}_5$ .....	3.82%
Oxido de potasio, en $\text{K}_2\text{O}$ .....	0.09%

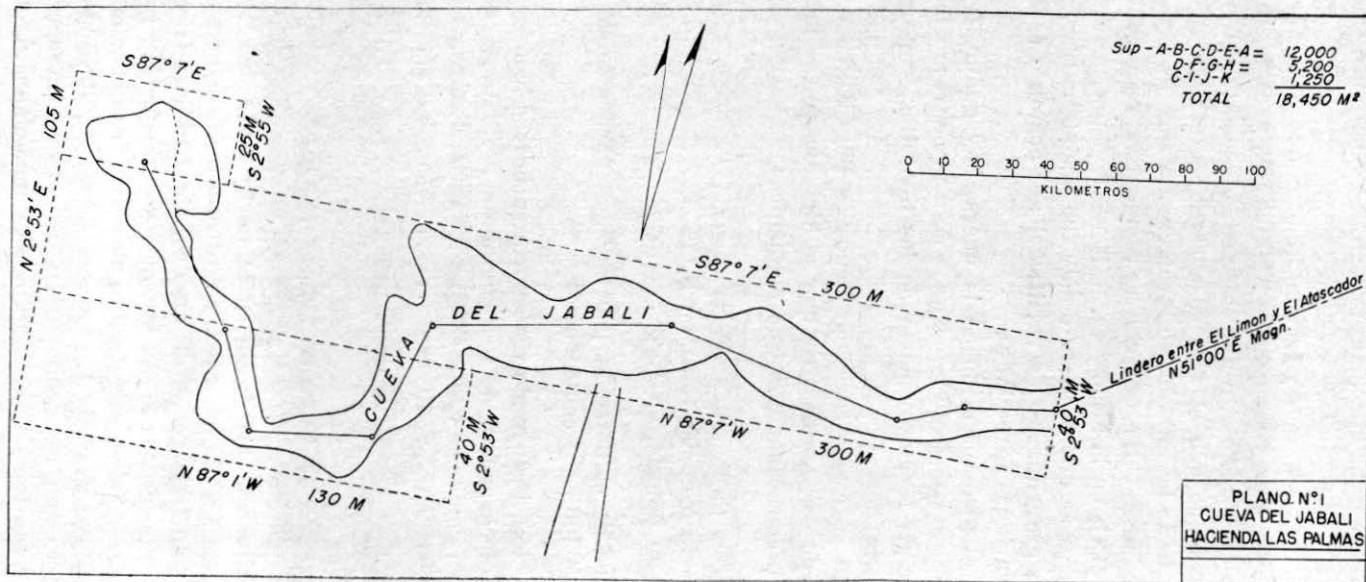
Los costos de explotación por tonelada para este depósito, se dividen como se indica a continuación:

Extracción, incluyendo transporte en burros hasta el cargadero de los camiones.....	\$ 7.50
Flete en camiones hasta Ciudad Victoria, Tamps.	15.00
Administración y diversos .....	4.00
Total.....	\$ 26.50

#### CUEVA DE EL JABALÍ (15)

El depósito está localizado en la parte norte del Estado de San Luis Potosí, al NW de la estación de ferrocarril, denominada Tamuín, de la vía de San Luis Potosí a Tampico, y a 10 kilómetros de la citada estación. De esta distancia,  $8\frac{1}{2}$  kilómetros corresponden a terreno completamente plano, estando el camino en magníficas condiciones de tránsito; el kilómetro y medio restante es de sierra, llegando a un patio en donde se cargan los camiones en los que se transporta el fertilizante, este tramo también está en buenas condiciones de tránsito.





Por el plano Núm. 1 es posible darse cuenta de la forma y dimensiones de la cueva o gruta. El espesor de la capa de guano que cubre completamente el piso de la cueva, varía de 1.50 metros a 6.00 m. en el fondo del depósito; por lo que se estima que hay en esta cueva, de 5 000 a 6 000 toneladas de fertilizante, el que es muy variable en cuanto a sus contenidos de elementos fertilizantes, habiendo bancos de guano reciente, con 6.60% de nitrógeno total, 6.18% de ácido fosfórico y 0.26% de potasa, y otros de verdaderos superfosfatos naturales, que tienen 30.07% de ácido fosfórico total, 3.62% de nitrógeno y 0.13% de potasa.

La explotación del depósito se lleva a cabo por medio de canastillas que se deslizan por gravedad a lo largo de cables aéreos, de acero, y de rampas de madera, aprovechando la pendiente general, que es de dentro hacia afuera de la cueva, hasta llegar al patio donde suben los camiones a cargar el guano, el que es llevado a la estación de embarque de ferrocarril, que es la de Tamuín, que está a 339 kilómetros de San Luis Potosí, a 20 de Valles y a 104 de Tampico.

Los costos por tonelada de explotación, son como sigue:

Extracción hasta el cargadero de los camiones.	\$ 14.50
Fletes en camiones hasta estación Tamuín....	9.00
Administración y diversos .....	5.00
<b>Total.....</b>	<b>\$ 28.50</b>

**ANALISIS DE LAS MUESTRAS DE GUANO DE MURCIELAGO PROCEDENTES DE VARIOS  
DEPOSITOS DE LOS ESTADOS DE COAHUILA, TAMAULIPAS, NUEVO LEON  
Y SAN LUIS POTOSI**

	1	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Humedad	11.03	12.6	10.73	1.02	8.67	9.27	12.60	13.84	7.30	8.12	8.08	4.58	21.93
Nitrógeno total (N)	13.00	2.41	0.73	0.41	4.47	1.75	10.69	5.69	10.47	12.47	12.6	5.85	3.62
Nitrógeno orgánico amoniacal (N)	9.67	2.14	0.61	0.35	4.11	1.16	10.05	3.77	8.18	11.38	9.87	5.31	1.33
Nitrógeno amoniacal (N)	0.76	0.02	0.00	0.00	0.05	0.43	0.96	0.52	0.90	1.37	1.39	0.17	0.05
Nitrógeno nítrico (N)	3.33	0.25	0.12	0.06	0.36	0.59	0.64	1.92	2.29	1.09	2.19	0.54	2.29
Anhídrido fosfórico total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1.95	3.00	4.06	2.60	8.17	22.33	1.62	11.18	8.21	3.27	3.05	3.82	30.07
Anhídrido fosfórico insoluble (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.35	1.48	1.09	1.30	5.33	16.79	0.41	2.07	3.32	0.36	0.47	1.49	5.48
Anhídrido fosfórico asimilable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1.60	1.52	2.16	1.30	2.84	5.54	1.21	0.11	4.89	2.91	2.58	2.33	24.59
Oxido de potasio soluble en agua (K <sub>2</sub> O)	0.15	2.32	1.94	0.32	0.02	0.12	0.45	0.36	0.55	0.78	0.76	0.09	0.13
Pérdida por calcinación	83.20	61.07	30.09	21.25	55.90	11.79	83.50	49.75	68.20	84.00	82.70	49.00	32.10

NOTA: Las determinaciones anteriores se refieren a la muestra seca.

TONELAJE CALCULADO PARA CADA UNO DE LOS DEPOSITOS  
DE GUANO

1. Cueva de la mina de La Mutua, Mun. de Artega, Coah.....	100
2. Cueva de "El Chorro", Mun. de Artega, Coah. ....	..
3. Cueva de La Noria, en el rancho del Jagüey, Mun. de Saltillo, Coah. ....	150
4. Cueva de Los Pinos, en Ojocaliente, Mun. de Ramos Arizpe, Coah. ....	70
5. Cueva del Socavón del Volcán, de Ojocaliente, Mun. de Ramos Arizpe, Coah. ....	..
6. Cueva del Guano, del rancho de San Francisco, Mun. de Ramos Arizpe, Coah. ....	340
7. Cueva de Las Animas, Mun. de Monclova, Coah. ....	1,100
8. Cueva de San Vicente, Mun. de Cuatrociénegas, Coah.....	10,000
9. Cueva del Porvenir, Mun. de Cuatrociénegas, Coah.....	18,000
10. Cueva del León, cañón de La Alameda, Mun. de Múzquiz, Coah. ....	300
11. Mina de Santo Tomás, Mun. de Vallecillo, N. L.....	30
12. Mina de La Trinidad, Mun. de Candela, N. L. ....	100
13. Cueva de "El Abra" Mun. de Villa Juárez, Tamps.....	100
14. Cueva de "El Murciélago", Mun. de Ciudad Victoria, Tamps.	100
15. Cueva del Jabalí, Mun. de Valles, S. L. P. ....	6,000
Total	36,390

## CONCLUSIONES

Las principales conclusiones, de carácter económico, que se derivan del presente estudio, son las siguientes:

1ª Mediante el uso de fertilizantes, se ha comprobado que se incrementa la producción agrícola, sobre todo en aquellas tierras desprovistas de cualquiera de estos elementos: nitrógeno, fósforo y potasa.

2ª Los guanos de murciélagos contienen altos porcentajes de nitrógeno o de fósforo, según se trate de guanos recientes en el primer caso, o de antiguos, en el segundo, y todos son bajos en potasa.

3ª De los quince depósitos que se estudiaron en la región noreste del país, hay algunos en los que, prácticamente, ya no existe fertilizante económicamente explotable y, en cambio, hay otros, como el de la Cueva del Porvenir, en el Municipio de Cuatrociénegas, Coah., al que se le estiman 18 000 toneladas del preciado abono.

4ª Los análisis efectuados de las muestras colectadas en los diversos depósitos, revelan una gran variedad en cuanto a sus contenidos de nitrógeno, fósforo y potasa.

5ª El contenido más alto de nitrógeno total, de los depósitos de guano, fue de 13% y el más bajo de 0.41%, correspondiendo al primero la cueva de la mina de La Mutua, en el Municipio de Arteaga, Coah., y a la cueva del Socavón del Volcán, de Ojocaliente, del Municipio de Ramos Arizpe, el segundo.

6ª La cueva del Jabalí, del Municipio de Valles, en San Luis Potosí, fue el depósito que resultó tener un contenido más elevado en ácido fosfórico total, con 30.07% y la cueva de la mina de La Mutua, del Municipio de Arteaga, Coah., dio el contenido más bajo de este elemento fertilizante, con solamente 1.95%.

7ª Como era de esperarse, los contenidos de óxido de potasa, soluble en agua, fueron muy bajos en todas las muestras de guano, variando entre los límites de 0.02% y 2.32%.

8ª Se calculan 36,390 toneladas de guano para los quince depósitos que se estudiaron.

## BIBLIOGRAFÍA

García Lozano Germán Ing. *El guano en los Estados de Coahuila y Nuevo León*. Revista de Industria, Vol. III.

Ostos Luzuriaga Carlos. *Problemas que desde el punto de vista químico, presenta el guano de murciélago para emplearlo como fertilizante*.

F. Lyttleton Lyon and Harry O. Buckman. *The Nature and Properties of Soils*. A College Tex of Edaphology.





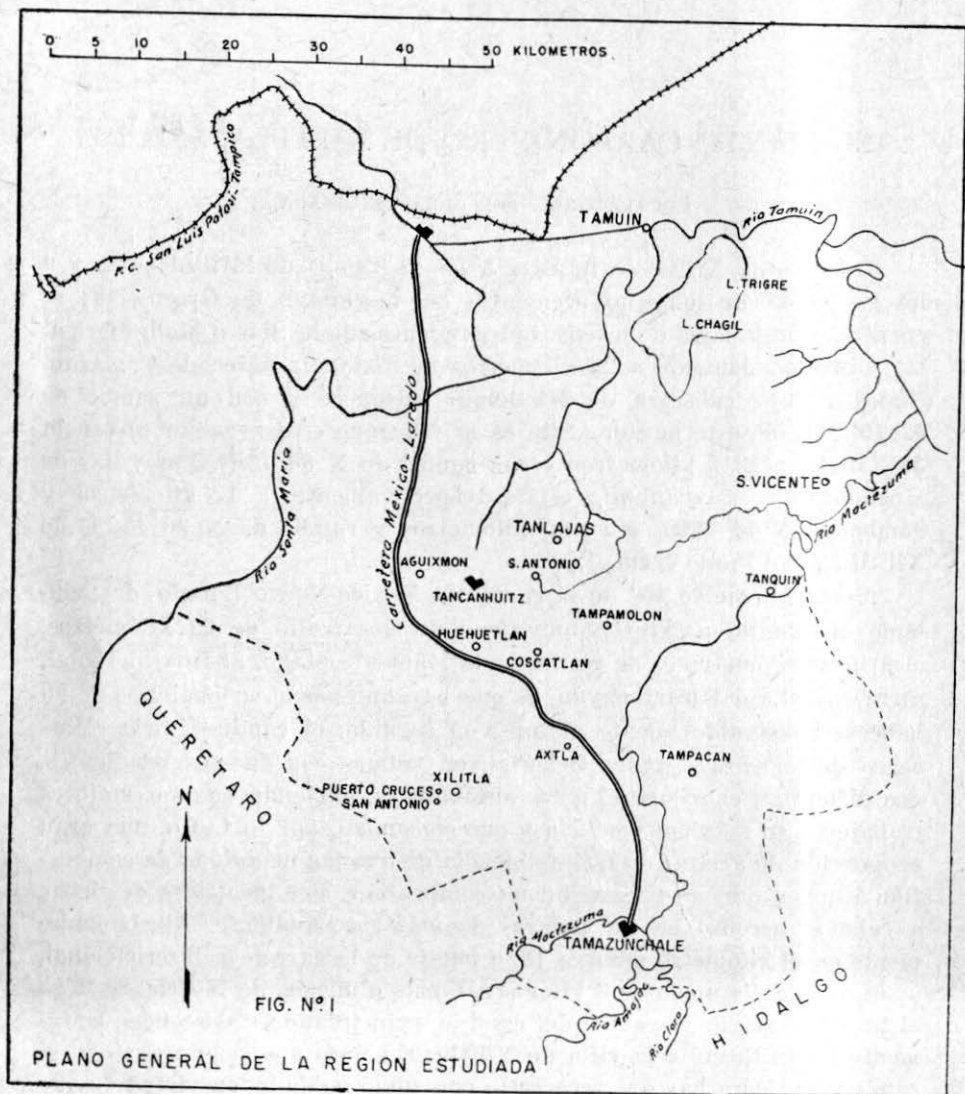
## EL MANTO CARBONIFERO DE XILITLA, S. L. P. BIBLIOTECA

### LOCALIZACIÓN DEL ÁREA ESTUDIADA

La villa de Xilitla se localiza a los  $21^{\circ}24'39''$  de latitud norte y a los  $98^{\circ}58'52''$  de longitud occidental del meridiano de Greenwich; se encuentra en la zona de intensos plegamientos de la Sierra Madre Oriental; aproximadamente a 25 kilómetros de distancia aérea de Tamazunchale, a cuya cabecera de Municipio pertenece y con un rumbo de  $52^{\circ}10'$  NW de este punto. Axtla es la villa que esta a menor distancia de Xilitla, a  $13\frac{1}{2}$  kilómetros y con rumbo de N  $66^{\circ}10'E$ . Las villas de Huehuetlán y Tancanhuitz están, respectivamente, a 17 kilómetros y rumbo de N  $70^{\circ}30'E$ , y a 21.5 kilómetros y rumbo de N  $30^{\circ}45'E$  de Xilitla. (Ver Plano Núm. 1.)

En el kilómetro 404 de la carretera México-Nuevo Laredo, da principio el camino a Xilitla, que tiene un desarrollo de 22 kilómetros, el primer kilómetro es de terreno relativamente plano, al final del cual, atraviesa el río Huitzihuayán, el que hay que pasar en chalán, por no haberse construido puente alguno; en seguida, el camino inicia el ascenso de la Sierra Madre Oriental, en tramos con fuertes pendientes, que dificultan el recorrido a los automóviles, haciendo que sus motores trabajen a su máxima potencia y que consuman, por lo tanto, una gran proporción de aceite; en la inteligencia de que las máquinas de combustión interna que no tengan buena compresión, son incapaces de llevar a cabo el ascenso en los lugares de máxima pendiente. Aproximadamente en el kilómetro número 19, a partir de la carretera internacional, o sea, a una distancia de 3 kilómetros, más o menos, de Xilitla, se llega al lugar de mayor elevación del camino, principiando a descender lentamente hasta llegar a la villa de Xilitla. En términos generales, todo el camino de sierra hay que recorrerlo con sumo cuidado, en virtud de que su anchura es tan reducida que no permite el paso de dos automóviles a la vez, teniendo solamente algunas curvas —no más de 10— el ancho





suficiente para que quepan simultáneamente los vehículos que se encuentran en direcciones opuestas. Por esta razón, hay necesidad de ir anunciándose constantemente con el claxon, a fin de tomar todo género de precauciones, para evitar colisiones de funestos resultados, toda vez que la mayor parte de los desfiladeros y barrancos que se hallan en casi toda la extensión del camino, tienen varios centenares de metros de profundidad. Todo esto hace que los fletes que se cobran por el transporte de cualquier clase de material, sean muy elevados en este tramo; capítulo que se desarrollará con más detalle al tratar, posteriormente, de la importancia económica del depósito carbonífero.

Xilitla está a 860 metros de altura sobre el nivel del mar. Un gran número de personas originarias de San Luis Potosí, que conoce detalladamente las principales ciudades, villas, municipios, pueblos, congregaciones y rancherías de todo el Estado, está de acuerdo en considerar a Xilitla el lugar más pintoresco de todo el Estado, tanto por su topografía tan accidentada —tal parece que Taxco ha sido transportado a las huastecas— cuanto porque la precipitación pluvial es muy alta, ya que llueve la mayor parte del año, dando por resultado, que exista un gran número de arroyos que materialmente circundan y atraviesan en varias direcciones a esta hermosa villa, con la circunstancia de que debido a los desniveles tan marcados del terreno, en muchos casos forman, los mencionados arroyos, cascadas que podrían aprovecharse muy ventajosamente en la generación de energía eléctrica. Por la abundancia de agua, clima propicio y la buena calidad de las tierras, la vegetación es muy exuberante; siendo las flores de una gran variedad, sobresaliendo entre ellas, las exóticas orquídeas, las que le dan a ese lugar privilegiado de la naturaleza, un colorido muy peculiar y las que, por supuesto, impregnan a la atmósfera de un aroma exquisito.

Entre las maderas que se aprovechan en esta región, pueden citarse el encino, el sahumero, el girámbaro, el cedro rojo y blanco, el paloescrito, el ébano, etc. Afortunadamente, hace más o menos un año que se restringió la explotación inmoderada de estos árboles, permitiéndose solamente el corte de maderas que se desea utilizar para la construcción.

De las frutas, las más notables por su abundancia, son las siguientes: duraznos, moras, vides, etc., la naranja y el limón se dan silvestres.

El café, la caña de azúcar, el maíz y el frijol, se siembran en gran proporción, recogándose cosechas de primera calidad. El café de Xilitla es famoso en toda la República por su sabor y olor inigualables,

siendo este producto del que se obtienen mayores utilidades y el que más se cultiva en esa región.

#### CLIMA

El clima es frío durante los meses de noviembre a marzo y, el resto del año, templado; en virtud de que llueve excesivamente, como ya se dijo, es bastante húmedo y, debido a su altitud, en los meses más calurosos de julio y agosto, durante los que en lugares más bajos, y a menos de 20 kilómetros de Xilitla, se llegan a tener temperaturas de más de 40°C, en esta villa se disfruta de una temperatura, a la sombra, que oscila entre 20 y 25°C.

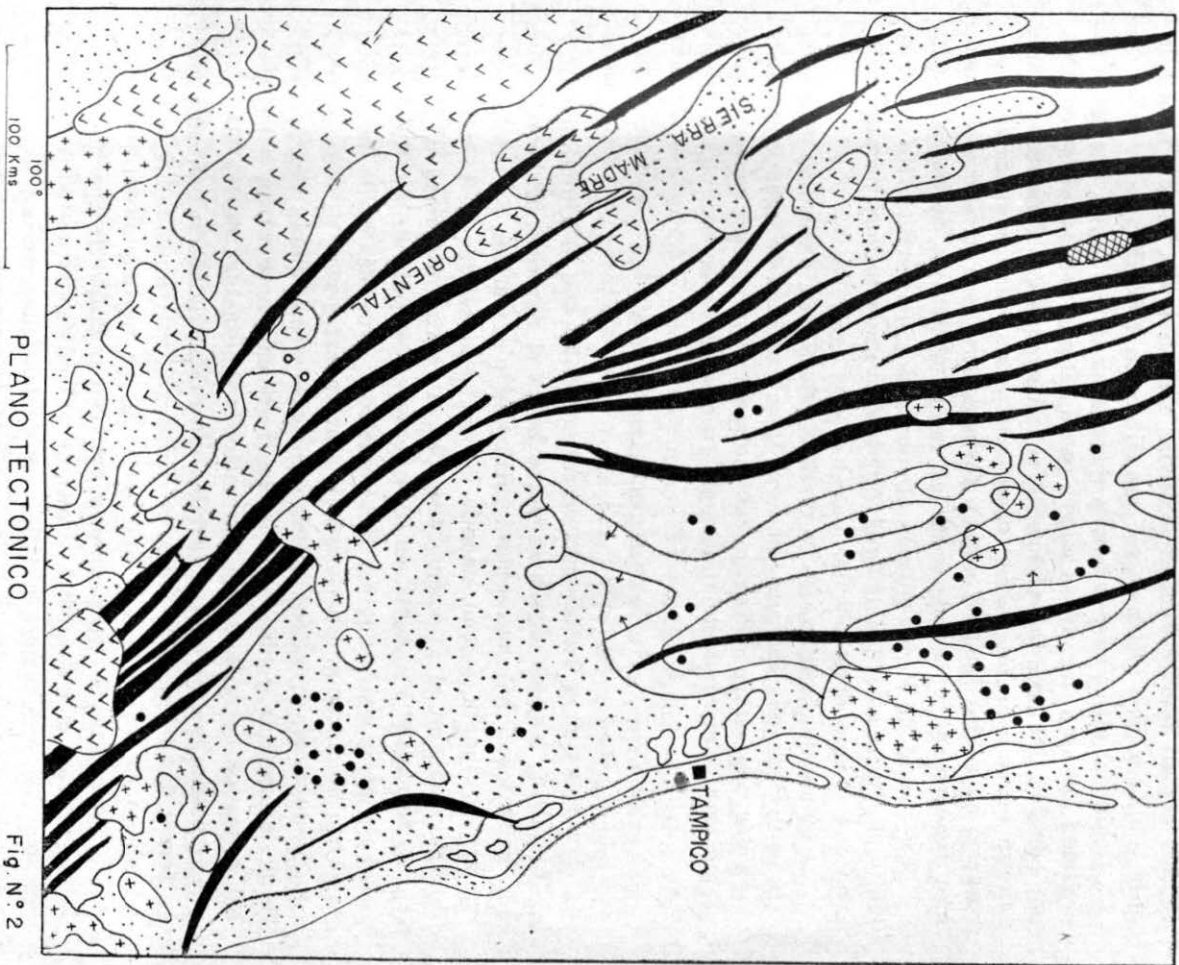
#### FISIOGRAFÍA

La zona estudiada está enclavada en plena Sierra Madre Oriental, precisamente en el lugar de más intensos plegamientos, como puede verse en la ilustración Núm. 2 y, por lo tanto, como es fácil comprender, su topografía es sumamente accidentada. Los desfiladeros a lo largo del camino entre la villa de Xilitla y el punto en donde entronca con la carretera internacional, tienen varios centenares de metros de profundidad, al fondo de los que puede verse como serpentean los pequeños arroyos o ríos que, en general, corren hacia el sureste, para desembocar en ríos más caudalosos, como el río Axtla, por ejemplo.

El punto más alto de la Sierra Madre Oriental lo constituye el picacho denominado Silla de Xilitla, así llamado porque su silueta general se asemeja a la de una silla de montar, el que se encuentra a una distancia de 15 kilómetros aproximadamente de la villa de Xilitla; destacándose en casi todo lo largo de la carretera internacional, entre Tamazunchale y Valles. Indudablemente que ha resistido en mayor grado que el resto de la sierra, a la acción erosiva y denudadora de los agentes geológicos externos, debido a su mayor dureza.

Sobre las montañas autóctonas, se encuentra la hoja de cobijadura constituida por caliza Tamabra, de Peña de San Antonio, con su continuación al noreste, llamada sierra de Xilitla, la que puede considerarse como la montaña más alta del país. No solamente por su estructura, sino también por su abrupto cambio de facies, puede deducirse una gran cobijadura.

Xilitla, como ya se dijo anteriormente, está localizada en un terreno muy quebrado y abrupto, formando un pequeño vallecillo que hace que



le resguarde, en cierto modo, de las inclemencias del tiempo, sobre todo cuando soplan fuertes vientos y lluvias tempestuosas, en los meses de julio y agosto, casi siempre con una dirección NW-SE.

Debido al alto poder erosivo y denudador de las aguas que en gran cantidad circulan durante la mayor parte del año, por las rocas calizas, que son las que fundamentalmente constituyen a las formaciones que afloran en esta región, puede observarse cómo éstas son bastante porosas y, en varios lugares, se han formado grutas o cavernas de enormes dimensiones, en donde se alojan multitud de aves de todas clases.

En virtud de los desniveles tan marcados del terreno, los arroyos han dado lugar a caídas de agua, que le dan un sello muy peculiar a la zona que se está describiendo.

A menos de un kilómetro de distancia de Xilitla y con una dirección NE, se destaca una cascada que lleva gran cantidad de agua cristalina, que tiene una altura mayor de 800 metros y cuya energía se va a aprovechar para fines industriales en un futuro próximo.

#### HIDROGRAFÍA

Los ríos que se hallan más cerca de Xilitla son el Huitzihuayán y el Tamuilín; los dos siguen su curso hacia el noroeste. El primero es más caudaloso y hay necesidad de atravesarlo en chalán, por no haberse construido puente alguno, cuando se va del entronque de la carretera internacional, en el kilómetro 404, por el camino de sierra a Xilitla. Ambos forman el río Axtla, en un punto que está al noroeste de Tamazunchale, aproximadamente a 10 kilómetros, y que más tarde desemboca en el río Moctezuma. En tiempo de lluvias, estos ríos, al aumentar su caudal de agua, arrastran consigo enormes proporciones del producto de desintegración y disolución de las rocas que encuentran a su paso, así como los detritos de las formaciones deleznable de las sierras y que arrastran las lluvias torrenciales, para depositarlos en sus márgenes, en forma de aluviones, al llegar a regiones de suave pendiente, o al disminuir la fuerza impulsiva que los indujo a acrecentar su velocidad, dando por resultado que el limo y material orgánico de que impregnan la cubierta de tierra vegetal, provoquen un índice de productividad mayor, por las propiedades fertilizantes de las sustancias mencionadas. En cambio, durante el estiaje, las corrientes de estos ríos, por lo general, son lentas, sus aguas son cristalinas y casi siempre teñidas de un tono azul verdoso, por las sales calcáreas que llevan en solución.

## GEOLOGÍA

Las rocas que afloran en la región explorada son, todas, de origen sedimentario, estando representadas principalmente por calizas, margas, lutitas calcáreas, lutitas, arcillas, conglomerados y areniscas, siendo su abundancia la misma que la del orden citado arriba. Las calizas negras de Xilitla, con olor bituminoso, son distintas a las de San Felipe, con cambio de facies, pertenecen tanto al Cretácico inferior, como al Cretácico medio y superior, pues no están todavía bien diferenciadas unas de otras. Las clasificaciones petrográficas de varias muestras de esta clase de roca, que se colectaron en los alrededores de Xilitla, indican que se trata de caliza arcillo-carbonosa, con microfósiles, que presenta, en su micro-textura, la influencia del metamorfismo dinámico. Entre sus constituyentes mineralógicos residuales —algunos de los que están bien cristalizados y de una gravedad específica mayor de 2.85—, destacan, por su abundancia, la pirita y el zircón. En Tamazunchale existen tres formaciones perfectamente bien definidas; las capas “Tamán”, compuestas de una caliza de grano fino a microcristalina, bien estratificada y negra, alternando con una lutita negra, perteneciente al Jurásico superior, una serie de calizas densas, negras o blancas, en capas delgadas, ricas en pedernal negro, que pertenecen a la formación “Pimienta” del Jurásico superior, y una caliza densa y blanca, a la que se le ha dado el nombre de “Tenesipa”, que tiene una gran semejanza con la facies Tamasopo y cuya íntima relación con las capas Pimienta, la hacen suponer perteneciente a la cima del Jurásico o a la base del Cretácico; sin embargo, su parte inferior es notablemente semejante a la caliza que yace bajo el Abra, al este de Xilitla. Es interesante observar el cambio rápido de facies de las capas de caliza negra de Xilitla, a las capas de caliza blanca de Tamasopo, que en otras partes es gradual, pero que quizá esto se deba aquí a una falla de empuje regional, como de hecho parece confirmarlo una gran falla, de este tipo, observada en la sierra de Xilitla. Ya se mencionó, con anterioridad, que gran parte de las calizas que se están describiendo, contienen microfósiles, pero es muy difícil su identificación y clasificación, por hallarse en mal estado de conservación.

Las lutitas, margas, areniscas y conglomerados, corresponden a las formaciones conocidas con los nombres de Méndez, Velasco y Chicon-tepec; algunos autores consideran a la primera como perteneciente al Cretácico superior y las dos últimas al Paleoceno.

Se encontraron varios foraminíferos característicos de la formación Méndez, como son los siguientes: *Globotruncana arca Cushman*, *Bolivina incrassata Reuss*, *Pseudotextularia varians Rzehak* y *Gumbelina exolata Cushman*.

La formación Velasco, en las cercanías de Xilitla, que está constituida por lutitas con lechos arenosos, indicando depósitos de aguas profundas para la mayor parte, también se identificó plenamente al clasificarse los siguientes microfósiles: *Globorotalia velascoensis Cushman*, *Fronidularia elegans White* y *Bolivina decorata Jones var. delicata Cushman*.

La formación Chicontepec se caracteriza por la presencia de conglomerados y lechos macizos de areniscas, intercaladas con margas arenosas, indicando una transgresión marina y depósito en aguas poco profundas. En esta formación se encontraron los siguientes foraminíferos: *Cornuspira sp.* *Bolivina elegans D'arbigny* y *Globigerina velascoensis Cushman*.

#### GEOLOGÍA HISTÓRICA

Para desarrollar este capítulo, no es posible restringir el estudio a un área tan limitada como la explorada y, más aún, cuando ésta forma parte de una provincia fisiográfica de primer orden, como es la Sierra Madre Oriental; por consiguiente, lo que a continuación se diga, se referirá a toda la sierra antes mencionada.

Los estudios estratigráficos permiten distinguir varias facies orogénicas y sumersiones de la Sierra Madre Oriental:

1. Orogenia Permo-carbonífera, seguida por
2. Denudación y sumersión.
3. Depósito de grauvacas marinas de la serie Peregrina.

Relleno de la cuenca con areniscas y conglomerados de las "Capas Rojas".

4. Levantamiento Pre-Jurásico y denudación. Remoción de parte de los sedimentos pérmicos. Hasta donde se sabe, no han tenido lugar plegamientos intensos, el contacto con los estratos no muestra sino discordancias locales.

5. El primer hundimiento debe haber sido inicialmente en el sur (Tamazunchale), donde los sedimentos marinos se han acumulado en grandes espesores, mientras que están ausentes o son rudimentarios en el norte (Victoria). Es verdad que se conoce Jurásico superior marino

en el norte de las cadenas interiores (Estado de Nuevo León), pero de facies diferente.

La región de Victoria pudo haber sido una isla o una península durante el Triásico y Jurásico.

Durante el período Cretácico, la sumersión fue general, sin embargo, con notables diferencias de norte a sur o al oeste. Las capas lacustres de yeso, de Nuevo León, están consideradas por Baker como del Jurásico, mientras que las de Victoria pueden ser del Cretácico inferior. Si este es el caso, el yeso de la región de Victoria estará representado por las margas batiales, con amonitas en el noroeste (Valanginiano de Miquihuana).

Durante el Cretácico medio, el mar se encontró extendido continuamente sobre la región de la Sierra Madre aquí estudiada, aunque las diferencias de facies son notables. Considerada en sí misma la caliza de Tamaulipas, con sus amonitas, parece ser un depósito de aguas profundas, mientras que la facies de rudistas, ciertamente es un depósito de aguas someras y cálidas. Sin embargo, los dos tipos, en la región de facies mixta, se sustituyen una a la otra tan frecuentemente, que es difícil explicar las diferencias por variaciones de profundidad. Este es el mismo problema que se presenta en el Jurásico superior de los Alpes suizos ("QuintnerKalk-Troskalk").

Ahora se llega a la importante discordancia entre el Cretácico medio y el Senoniano que, en una gran parte del país, separa el Tamabra de los sedimentos superyacentes.

En el norte, las cadenas interiores y las del sur, donde las capas de San Felipe están ampliamente representadas, la discontinuidad no es uniforme, y podría explicarse por la interrupción de la sedimentación (omisión), sin emersión.

En el borde oriental de las cadenas frontales, sin embargo, entre Gómez Farías y el río Tampaon, en una longitud de 125 kilómetros, se ha encontrado un hiato que corresponde al Turoniano y Coniaciano, con las margas de Méndez yaciendo sobre una áspera superficie intemperizada o disuelta, de caliza de rudistas. Si la Tamabra en esta región mostrara facies de Tamaulipas, podría suponerse que este salto se debía a solución submarina. De hecho, si las capas de Xilitla son un depósito de aguas frías, tal solución de la caliza Tamabra podría entenderse fácilmente, por un cambio de corriente.

La coincidencia del hiato con la extrema facies nerítica subarrecifal de la formación Tamabra, con brecha y conglomerados arriba, sin



embargo, indica claramente una región de aguas someras, posiblemente con emersión durante el Turoniano y Coniaciano.

Se tiene el mismo problema que se presenta en los registros de los pozos de los campos Dos Bocas-Alamo, en la profundidad. La explicación más sencilla para estos casos, es admitir el comienzo del plegamiento submarino local, en el Cretácico medio.

Este plegamiento y levantamiento fue muy suave. No se observa una clara discordancia. Es verdad que los afloramientos del contacto son muy escasos. Se han encontrado en:

*a)* El Nacimiento, al oeste de Xicotécatl (superficie irregular de la formación Tamabra, de rudistas, bajo la formación Méndez).

*b)* Ojo de Agua, 8 kilómetros al sureste de Quintero (la superficie irregular de la Tamabra, de rudistas, bajo el Méndez, tiene una inclinación de 45° a 50° al noreste).

*c)* Taninul.

Todas estas localidades sólo muestran el contacto en detalle, y es posible que en mayores afloramientos se haga visible una ligera discordancia.

Si lo anterior es exacto, el primer plegamiento de las cadenas frontales entre Victoria y Tamazunchale, sería el de la larga y suave cadena de El Abra, desde Gómez Farías a Taninul. Posiblemente ocurrió lo mismo en La Pila, a lo largo de la cadena interior de La Colmena.

6. En todas las cadenas frontales y su antepaís, el siguiente período, Senoniano, está caracterizado por el depósito tranquilo y uniforme de las margas Méndez. Pertenecen al tipo Lodo Azul, reciente, depositado a lo largo de las pendientes continentales.

7. El final del período Cretácico es considerado como una discordancia, aun existiendo el paso de las capas Velasco-Barranco hacia las de Chicontepec. Parece que la sedimentación máxima continuó en el Terciario con un cambio, más o menos rápido, de facies.

8. El plegamiento principal es post-Chicontepec o post-Eoceno.

Se había terminado antes de los derrames de lava que forman ahora las mesas no plegadas.

#### ESTRUCTURA TECTÓNICA

Como ya se dijo con anterioridad, Xilitla se halla en una zona de intensos plegamientos de la Sierra Madre Oriental (Ver ilustración

Núm. 2). Precisamente, en este lugar, se encuentra un plegamiento bastante regular, con rumbo estricto al sureste y con dos sinclinales verticales, llamados Xilitla y Agua Nueva, constituidos por sedimentos cuya edad fluctúa de San Felipe a Méndez, que subdividen la amplia región montañosa de Tamabra. En esta sección, yendo hacia la orilla exterior, la formación Tamabra yace sobre San Felipe en forma de cobijadura. Cuatro o más anticlinales se levantan del valle de Méndez, ampliado.

El cuerpo principal de los pliegues de Tamabra se abre en el río Moctezuma, hasta los sedimentos del Jurásico. Estos forman el gran anticlinal de Tamán, situado al oeste de Tamazunchale, de una anchura de 10 kilómetros y que ofrece numerosas complicaciones de detalle de una cobijadura, en el borde oriental. Todavía no se han aclarado las relaciones exactas de las cadenas de Tamabra, en Xilitla.

Sobre las montañas autóctonas se encuentra, en Xilitla, la hoja de cobijadura de caliza Tamabra, de Peña de San Antonio, con su continuación al noroeste, llamada sierra de Xilitla. No solamente por su estructura, sino por el abrupto cambio de facies, puede deducirse una gran cobijadura.

Como un gran cuerpo extraño, las montañas de Chicontepec se extienden sobre la región de las cadenas frontales sumergidas, viniendo en contacto con las cadenas interiores de sedimentos cretácicos.

Aunque no se ha observado discordancia en el contacto con el Cretácico, el plegamiento de las montañas de Chicontepec se ve diferente al de las cadenas cretácicas. Esta diferencia puede ser causada, en parte, por la litología.

El anticlinal más importante de la región de Chicontepec, es el valle de San Pedro, donde las capas de la formación Méndez, del anticlinal, salen a la superficie.

El rumbo medio de los pliegues de Chicontepec es el suroeste y corresponde al de las cadenas del Cretácico, en el lado occidental, mientras que no está en armonía con la terminación de la cadena de El Abra y con los domos cretácicos, al norte de Tancanhuitz.

Pasando los valles angostos de Aquismón y Atocomón, la impresión que recibe el observador es de que el plegamiento de las cadenas frontales ha encontrado un obstáculo en las montañas de Chicontepec y que, las anteriores, han sido parcialmente empujadas contra las últimas, después de la erosión del valle Tocomón.

Se considera pertinente hacer notar que el cambio abrupto de fa-

cies de las calizas negras de Xilitla, a las blancas de Tamasopo, sugiere la existencia de una falla de empuje, que haya permitido a la masa de Tamasopo, como en la región de Xilitla, desplazarse hacia el este.

#### EL MANTO CARBONÍFERO DE XILITLA

El depósito carbonífero de Xilitla se halla, aproximadamente, a  $3\frac{1}{2}$  kilómetros y a los  $N 54^\circ W$  de la villa de ese nombre. Consiste de un manto de 2.5 metros de espesor, en promedio, y de 480 metros de longitud, orientado a los  $N 66^\circ 00' E$ , y con echado de  $10^\circ$  al  $W$ , que aflora en su extremo occidental, abajo de la que pasa un pequeño arroyo que lleva muy poca agua en casi todo el año. La capa se apoya en una formación caliza de edad cretácica. (Ver ilustración Núm. 3.)

El manto carbonífero, de acuerdo con los sondeos que se hicieron, está cubierto, en su extremo oriental, por un estrato de arena y grava, cuyo espesor varía de 1.5 metros a 7 metros, y de lutitas calcáreas que gradúan en margas, en algunas partes, en su extremidad occidental, con espesores de 1 metro hasta 11 metros. Indudablemente que estas rocas son productos de desintegración de las formaciones calizas superyacentes y subyacentes. En la parte superior del depósito de carbón, aflorando en casi toda su extensión, se halla una roca caliza arcillo-carbonosa de color negro, con microfósiles y con una microtextura que indica la influencia de metamorfismo dinámico.

Los análisis químicos que se hicieron de varias muestras del carbón mineral, del depósito que se está tratando, demuestran que es de buena calidad, puesto que el poder calorífico, en un caso, es de 8 526 calorías y, en otro, es de 3 308 calorías. No obstante que el carbón procede de la misma capa, difieren mucho las características de las muestras que se tomaron en sus dos extremos, correspondiendo valores más altos a las muestras extraídas en B (Ver lámina 4) de materiales volátiles, carbón fijo y poder calorífico, y el porcentaje de cenizas es solamente de 1.89%, en relación con 55.14% que, según los análisis, corresponde a la muestra tomada en A, del manto carbonífero.

Los análisis practicados por el Sr. A. L. Espino Flores, Investigador Científico del Instituto de Geología, arrojan los siguientes resultados:

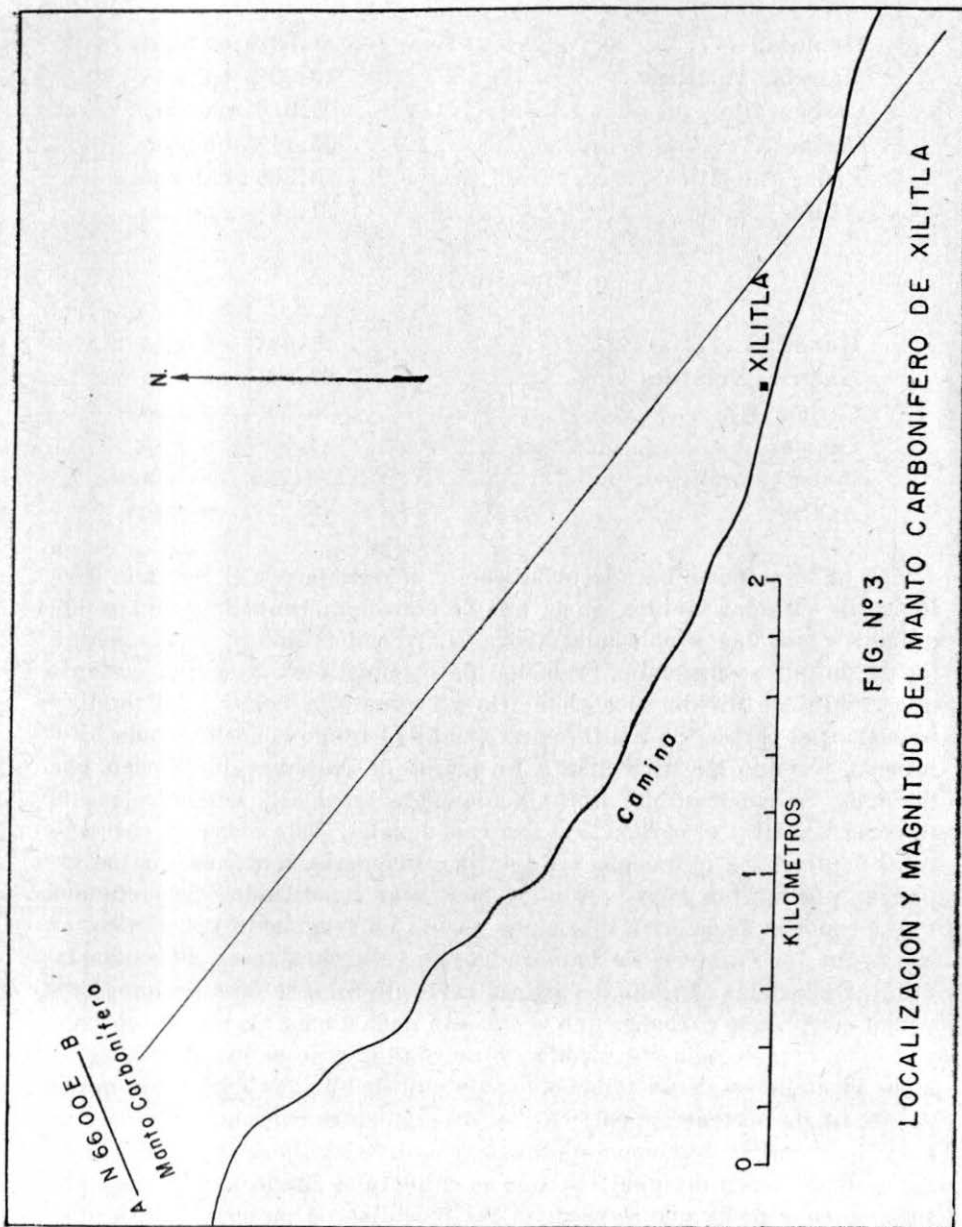


FIG. N° 3

LOCALIZACION Y MAGNITUD DEL MANTO CARBONIFERO DE XILITLA

## Muestra A.

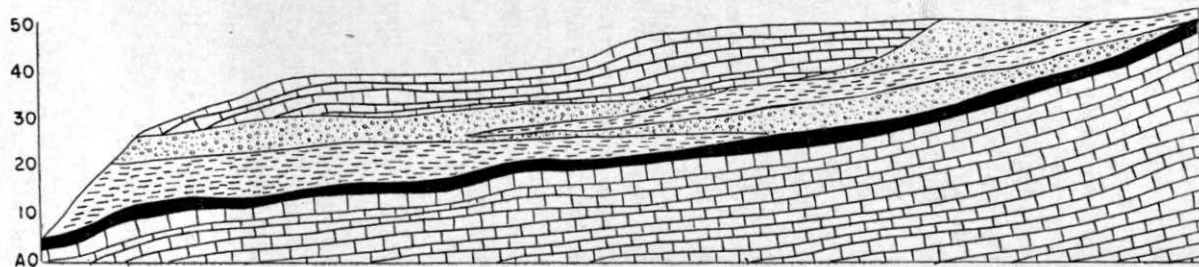
Humedad .....	1.93%	en peso
Materias volátiles .....	19.02%	en peso
Carbón fijo .....	23.91%	en peso
Cenizas .....	55.14%	en peso
Poder calorífico .....	3.308	calorías
Azufre .....	1.26%	en peso

## Muestra B.

Humedad .....	1.41%	en peso
Materias volátiles .....	41.04%	en peso
Carbón fijo .....	55.66%	en peso
Cenizas .....	1.89%	en peso
Poder calorífico .....	8.526	calorías
Azufre .....	8.23%	en peso

Si se toma como base la clasificación adoptada por el Servicio Geológico de Estados Unidos, en la que se considera tanto la composición química como las propiedades físicas del combustible y, fundamentalmente, lo que se denomina "relación de combustible", o sea, el cociente que resulta de dividir el carbón fijo y la materia volátil, del análisis primario; el carbón de Xilitla corresponde al rango conocido como bituminoso, término que se aplica a un grupo de carbones que tienen una "relación de combustible" aproximadamente igual a 3, es decir, que la materia volátil y el carbón fijo son casi iguales. Esta clase de carbones no son afectados químicamente por la intemperie, a menos que se expongan por muchos años y, aún así, por estar constituidos de partículas muy pequeñas, cada partícula sigue siendo un fragmento prismático, en tanto que los carbones de bajo rango, se resquebrajan en delgadas laminitas paralelas al lecho del manto carbonífero, o se desmoronan. Este rango comprende carbones que realmente nada tienen de común entre sí y que, en cambio, son coquizables, propiedad que no se limita solamente a los bituminosos, pues también participan de ella los semibituminosos. A este rango pertenecen, entre otros, los siguientes carbones: El "Caking coal" es negro de terciopelo o gris negruzco, de brillo resinoso, de grano fino y de fractura desigual; cuando se calienta se funde, formándose una pasta o cake de la que se escapan las burbujas de materia volátil, quedando un coque de forma totalmente diferente del carbón original.

Escala horizontal en metros



  
Carbón

  
Caliza

  
Lutita

  
Arena y Grava

FIG. N° 4 SECCION TRANSVERSAL A LO LARGO DEL MANTO CARBONIFERO DE XILITLA O SEA LA LINEA A-B DE LA FIGURA N° 3.

El "gas coal" contiene una gran proporción de materia volátil, por lo que tiene demanda para destilarlo, produciendo así bastante gas; pero debido a los últimos perfeccionamientos en el sistema de producir "gas de agua" (water gas), tiende a desaparecer tal demanda.

El "cannel" "parrot coal" o "candle coal" y "azabache".

El primer nombre es una corrupción del término primitivo "candle coal", llamado así por la propiedad de arder con una flama tan clara como la de una bujía, y "parrot" por la propiedad de estallar ruidosamente cuando se colocan fragmentos delgados sobre el fuego. Este carbón tiene un color gris negruzco o café obscuro, lustre brillante y resinoso, puede pulirse, no tizna los dedos y no se rompe fácilmente. Una variedad del anterior es el "azabache", del que por su dureza y color tan negro, se hacen abalorios, rosarios, aretes y objetos artísticos.

El carbón "cannel" es muy rico en materias volátiles y, por consiguiente, arde con una flama larga, dando mucho calor. Su riqueza es debida a que está compuesto de esporas, cubiertas de vainas, de ramillas y productos resinosos y cerosos de determinadas plantas que vivieron en el tiempo de la formación de dicho carbón. La ausencia de material leñoso en tal carbón, le da una textura uniforme y un grano fino que no tiene ningún otro carbón; se rompe como el vidrio, con fractura concoidea; es casi inflamable, pues si se pone un cerillo encendido en contacto con un pequeño trozo de este carbón, arde rápidamente.

Como queda expuesto, existen muchas clases de "cannels" correspondientes, de una manera general, a varios rangos de carbones, por lo que se ha propuesto la siguiente clasificación:

1.—Carbón subcannel:

- a) Subcannel pardo, o castaño, o "brown coal" de rango lignitífero.
- b) Subcannel negro, de rango subbituminoso.

2.—Carbón cannel, de rango bituminoso:

- a) Cannel Boghead (relación de combustible menor de 0.5).
- b) Cannel típico (relación de combustible, entre 0.5 y 1).
- c) Cannel Lean o semicannel (relación de combustible, mayor que 1).

3.—Canneloide, semibituminoso, semiantracita o antracita.

Con el objeto de poder establecer una comparación entre la composición química del carbón de Xilitla y la de otros carbones, se inserta a continuación una tabla que corresponde a carbones característicos de la región de Coahuila, Chihuahua y Sonora.

Lugar	% Ceniza	% Materia Volátil	% Carbón Fijo	Calorías	Observaciones
Palau, Coah.	15.5	22.4	62.3	7.000	coquizable
Mina 5.—Fino					
Mina 5.—Todo uno	18.2	21.5	60.3	7.000	coquizable
Mina 5.—Entrozado	17.9	22.2	59.9	7.000	coquizable
Las Esperanzas, Coah.	12.0	21.0	67.0	—	coquizable
Estancias (Monclova)	45.6	16.8	37.7		Superficial coquizable
Año Nuevo, Chih.	36.0	17.6	41.4		Superficial coquizable
Tonichi, Son.					
Mina Tarahumara (Húmedo)	8.8	2.4	79.0		Coque natural 9.7% de agua
Mina Tarahumara (Seco)	9.8	2.7	87.5		Coque natural

Los carbones coquizables contienen de 18% a 35% de materia volátil.

#### TONELAJE

Las dimensiones del depósito carbonífero de Xilitla son:

Longitud total = 480 metros.

Promedio del espesor del manto = 2.50 metros, y

Promedio de ancho = 3.12 metros.

El volumen es igual al producto de estos factores, o lo que es lo mismo;  $480 \times 2.5 \times 3.12 = 3,744 \text{ m}^3$ .

La gravedad específica se determinó en varias muestras, obteniendo resultados que varían entre 1.38 y 1.72, por lo que se tomará el promedio de 1.555, con el fin de determinar el peso que representa el volumen de  $3,744 \text{ m}^3$  que se calcula, conservadoramente, que existe en el depósito de carbón de que se está tratando.

Por lo tanto,  $3,744 \times 1.55 = 9,403.20$  toneladas.

Como puede verse, el manto carbonífero de Xilitla es de dimensiones limitadas, que arrojan un peso de 9,403.20 toneladas.



## EXPLOTACIÓN DEL MANTO CARBONÍFERO

Bajo la denominación genérica de labores mineras, se comprenden las labores de acceso, preparación y explotación.

Con el nombre de labores de acceso se conocen las ejecutadas fuera del criadero, y cuyo objeto es llegar a él. Las labores dentro del criadero se dividen en labores de preparación y de explotación: las primeras tienen por objeto dividir el criadero y preparar la explotación propiamente dicha.

Los socavones son labores mineras horizontales o casi horizontales, que parten de la ladera de una montaña, bien en el criadero mismo, bien en la roca, para alcanzar éste; los pozos pueden trazarse dentro del criadero y siguiendo el buzamiento del mismo, en cuyo caso, son pozos inclinados, o bien, pozos verticales.

Dadas las condiciones en que se halla el depósito carbonífero de Xilitla, se estima que lo prudente e indicado es trazar un socavón que siga la dirección general del manto, ya que tiene un buzamiento muy suave, auxiliado por varios pozos verticales de sección circular. En seguida, habrá necesidad de dividir en algunos pisos la masa total de carbón, a fin de explotar una serie de sectores que se irán explotando, sucesivamente, de arriba a abajo.

Las labores de preparación tienen por objeto subdividir el campo de explotación y, al mismo tiempo, sirven para el transporte, circulación y ventilación.

Se cree, que dada la pequeña extensión del manto carbonífero de que se está hablando, solamente habrá necesidad de dividirlo en 8 ó 10 cuarteles, de manera de tener un buen número de puntos de ataque y de acelerar la extracción del mineral arrancado. Los trabajos de avance en los transversales, se pueden ejecutar por medio de martillos picadores.

La explotación propiamente dicha, se puede lograr por medio del método conocido con el nombre de explotación con pilares de protección, sin sostenimiento del techo, que consiste en dejar hundir el techo a medida que se avanza en la explotación. Para asegurar al picador contra los desprendimientos de piedras, conviene llevar el arranque en sentido ascendente; en cambio, por lo que se refiere a los desprendimientos de carbón, conviene comenzar el arranque por la parte superior.

Por estar localizado el manto carbonífero en uno de los lugares más abruptos de la Sierra Madre Oriental, y porque el camino que parte del kilómetro número 404 de la Carretera Internacional a Xilitla, es muy accidentado, además de que no se encuentra en buenas condiciones de tránsito, siendo muy costosa su compostura por otra parte, y por

último, de que frecuentemente hay derrumbes de enormes bloques de caliza que interrumpen el tránsito de los vehículos por varias horas o días, el transporte de este carbón a Valles —que sería la ciudad indicada para su consumo, puesto que Tamazunchale, aunque está a menor distancia tendría muy poca demanda del combustible—, sería prohibitivo. Por estas razones se cree que este carbón solamente se puede aprovechar, muy ventajosamente, en la misma villa de Xilitla.

#### APROVECHAMIENTO DE LOS CARBONES BITUMINOSOS

Los carbones bituminosos tienen la particularidad de poderse coqueizar. Se dirán algunas cuantas palabras de lo que es el coque y de las ventajas que tiene.

El coque se puede definir como el residuo celular coherente de la destilación destructiva del carbón a altas temperaturas. No todos los carbones son capaces de producir coque y un simple calentamiento por sí solo, no es suficiente para hacer coque, aun de muchos carbones que han sido clasificados como carbones coqueizables. El estudio de lo que constituye la propiedad coqueizable de un carbón y las investigaciones del proceso de la formación del coque, son de suma importancia en la industria moderna.

Si se examina el comportamiento de diversas clases de carbones al calentarse, se observarán ciertas diferencias características que parece que se relacionan, en forma muy aproximada, a la clasificación usual de los carbones, o sea, a la antracita, carbón bituminoso y lignita. Calentadas rápidamente (las antracitas y semiantracitas) a altas temperaturas, fuera del contacto del aire, desarrollan una pequeña proporción de gas, pero no se altera su forma de manera apreciable. Las lignitas rápidamente desarrollan una gran proporción de materias volátiles y las partículas del residuo sólido se contraen y resquebrajan considerablemente, pero retienen, en gran parte, su forma original y no muestran tendencia a adherirse. En cambio, un carbón bituminoso bastante rico, se funde rápidamente; la masa fundida se dilata violentamente con grandes desprendimientos de materias volátiles y, posteriormente, se endurece transformándose en una masa porosa, de color gris brillante, altamente coherente, la que no muestra ninguna de las propiedades físicas del carbón original y que es, de hecho, el material que se conoce con el nombre de coque. La fusión se realiza primeramente entre temperaturas que varían de 300° a 400°C.; y “si una muestra pulverizada del carbón llega a volverse pastosa o semifluida a esta temperatura,

ello es una inferencia que debe tomarse en consideración y que indica que el carbón se coquizará con la carbonización”.

Sin embargo, no todos los carbones bituminosos forman coque cuando se calientan de esa manera. Algunos pierden su forma original y producen una masa residual peculiar, como un aglomerado de pequeñas piedras, de consistencia suave y poco coherente.

Las últimas investigaciones realizadas en diversas clases de carbones, tienden a demostrar que las diferencias en el comportamiento de estos combustibles, al calentarse, son atribuidas a las diferencias en el humus y en los constituyentes resinosos de cada uno de ellos. Hasta hace unos cuantos años se pudo comprobar que las sustancias resinosas tienen un papel muy preponderante en la composición de los carbones.

Debido al alto valor calorífico del coque, éste se emplea preferentemente como combustible.

El punto de ignición del coque es de 700°C.

El poder calorífico del coque metalúrgico, generalmente es de cerca de 7,200 calorías por kilogramo (12,960 B. t. u. por libra). La siguiente tabla muestra el análisis y el poder calorífico de varios coques, determinados por medio del calorímetro y los valores calculados por varias fórmulas usuales.

COQUE	ANÁLISIS			PODER CALORIFICO CALORÍAS POR KILOGRAMO			
	C	H	ON	K	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>
Grand Combe, Metalúrgico.....	89.72	0.213	2.22	7,045	7,199	7,184	7,249
Commentry.....	93.19	0.446	2.64	7,703	7,838	7,841	7,606
Anzin.....	95.05	0.636	1.59	7,825	7,799	7,775	7,819
Nottingham.....	91.40	1.02	0.15	7,543	7,785	7,787	7,657

K = Determinado

K<sub>1</sub> = Por medio de la fórmula de Dulong =

$$= 8,140 C + 34,500 H - \frac{(O + N - 1)}{8}$$

K<sub>2</sub> = Por medio de la fórmula de Mahler =

$$= 8,140 C + 34,500 H - 3,000 (O + N)$$

K<sub>3</sub> = Por medio de la fórmula de Tuckley = 8,000 C + 33,830 H

En general, el coque se utiliza, principalmente, en la manufactura de hierro colado y en las fundiciones. Otros usos importantes de este

material, son los relativos a la fundición y refinación de los metales no ferrosos; en la manufactura del gas de agua y del gas artificial; en el calentamiento de la cal; como combustible para las calderas y para usos domésticos.

El coque es superior, como combustible metalúrgico, al material del que se deriva, el carbón bituminoso, por varias razones, de las que las más importantes son:

1. Ausencia de materias volátiles y de productos con humo.
2. Ausencia de propiedades fundentes.
3. Mayor porcentaje de carbón fijo.
4. Menor relación de azufre con respecto al carbón.
5. Dureza adecuada.
6. Porosidad conveniente.
7. Mayor limpieza.

Las operaciones que se requieren en las plantas para la preparación del carbón, antes de obtener el coque, se pueden clasificar como sigue:

1. Lavado
2. Pulverización.
3. Mezcla, y
4. Compresión o trituración.

No se entra en detalle respecto a lo que consisten cada una de las operaciones citadas arriba, por considerar que ampliaría considerablemente el presente escrito, además de que, en cierto modo, se salen del tema fundamental que se está tratando.

Los subproductos primarios comerciales más importantes derivados de la coquización del carbón son:

- |                    |              |
|--------------------|--------------|
| 1. Gas             | 4. Amonio    |
| 2. Alquitrán       | 5. Benzol, y |
| 3. Naftalena cruda | 6. Cianuro.  |

Con el objeto de darse cuenta de la calidad del coque, hay necesidad de efectuar las determinaciones que en seguida se listan:

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| 1. Análisis preliminar | 2. Análisis final: |
| a) Humedad             | a) Carbón          |
| b) Materias volátiles  | b) Hidrógeno       |
| c) Ceniza              | c) Oxígeno         |
| d) Carbón fijo         | d) Nitrógeno       |
| e) Azufre              | e) Azufre          |
| f) Fósforo.            |                    |

3. Análisis de la ceniza
4. Punto de fusión de la ceniza
5. Poder calorífico
6. Gravedad específica aparente
7. Gravedad específica verdadera
8. Porosidad
9. Prueba de fraccionamiento.

#### CONCLUSIONES

De lo expuesto en este Capítulo pueden derivarse las siguientes conclusiones de interés desde el punto de vista económico:

1ª La villa de Xilitla está situada a los  $21^{\circ}24'39''$  de latitud norte y a los  $98^{\circ}58'52''$  de longitud occidental del meridiano de Greenwich, y se encuentra en la zona de intensos plegamientos de la Sierra Madre Oriental.

2ª El depósito carbonífero de Xilitla se halla, aproximadamente, a  $3\frac{1}{2}$  kilómetros y a los  $N 54^{\circ} W$  de la villa de ese nombre y a 25 kilómetros aproximadamente —por un camino de sierra que se halla en malas condiciones—, de la Carretera Internacional.

3ª Consiste de un manto de 2.5 metros de espesor, en promedio, y de 480 metros de longitud, con un rumbo de  $N 66^{\circ} 00' E$  y echado de  $10^{\circ}$  al W.

4ª Se apoya concordantemente sobre una roca caliza del Cretácico medio mexicano, y está cubierta por estratos de rocas sedimentarias que consisten de arenas y gravas, lutitas calcáreas, margas y calizas, con potencias que varían de 10 a 30 metros, en total.

5ª De acuerdo con las dimensiones del manto carbonífero, se puede calcular la existencia de 9,403.20 toneladas de carbón, para este depósito, lo que indica que es muy pequeño.

6ª Por los análisis que se hicieron de varias muestras tomadas del depósito, se concluye que el combustible es de buena calidad, ya que su poder calorífico es alto. En un caso se obtuvieron 8,526 calorías y en otro 3,308.

7ª Los análisis químicos que se hicieron, arrojan los siguientes resultados:

	MUESTRA A	MUESTRA B
Humedad . . . . .	1.93% en peso	1.41% en peso
Materias volátiles . . . . .	19.02 " " "	41.04 " " "
Carbón fijo . . . . .	23.91 " " "	55.66 " " "
Cenizas . . . . .	55.14 " " "	1.89 " " "
Poder calorífico . . . . .	3,308 calorías	8,526 calorías
Azufre . . . . .	1.26% en peso	8.23% en peso

8<sup>a</sup> Basándose en los análisis químicos, practicados a varias muestras de carbón del depósito de Xilitla, el combustible pertenece al rango conocido como bituminoso.

9<sup>a</sup> Dado que el depósito carbonífero es de dimensiones reducidas y de que los fletes —principalmente los correspondientes al camino de sierra—, entre la Carretera Internacional y Xilitla, absorberían las utilidades que pudiera haber de la venta de este combustible en Tamazunchale o Valles, se aconseja que se aproveche exclusivamente en la propia población de Xilitla.

10<sup>a</sup> En la explotación del manto carbonífero se recomienda el método conocido con el nombre de explotación con pilares de protección, sin sostenimiento del techo, que consiste en dejar hundir el techo a medida que se avanza en la explotación.

11<sup>a</sup> Los carbones bituminosos son coquizables y, consecuentemente, el carbón de Xilitla, después de obtener el coque, se puede utilizar en la manufactura del hierro colado y en las fundiciones, principalmente; también se le puede usar para el aprovechamiento del gas de agua, del gas artificial, en el calentamiento de la cal, como combustible para las calderas y para usos domésticos.