

CLASIF. ....  
ADQUIS. .... 7/4/  
FECHA .....  
PROCED. ....

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
INSTITUTO DE GEOLOGIA

DIRECTOR: INGENIERO RICARDO MONGES LOPEZ

ANALES  
DEL  
INSTITUTO DE GEOLOGIA

TOMO IX

HIDROGEOLOGIA Y MINERALES NO-METALICOS  
DE LA ZONA NORTE DEL ESTADO DE MICHOACAN

POR  
LUIS BLASQUEZ L.  
y  
RAUL LOZANO GARCIA



MEXICO, D. F.

1946

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO  
INSTITUTO DE QUIMICA

ANÁLISIS  
DE  
INSTRUMENTOS DE GEOMETRIA

INSTRUMENTOS Y MATERIALES METALICOS  
DE LA ZONA NOROCCIDENTAL DE MEXICO

RAUL FLORES GARCIA



MEXICO D.F.  
1960

## CONTENIDO

	Pág.
I Parte. Hidrogeología de la zona norte del Estado de Michoacán .....	1-56
Introducción .....	1
Fisiografía .....	1
Hidrografía .....	5
Cuencas hidrográficas .....	8
Cuencas sin drenaje exterior .....	9
Subcuenca Jiquilpan .....	9
Subcuenca Duero .....	10
Subcuenca Penjamillo .....	10
Subcuenca Angulo .....	10
Cuenca del Lago de Pátzcuaro .....	10
Subcuenca Morelia .....	10
Subcuenca Zinapécuaro .....	10
Cuenca del Lago de Cuitzeo, excluyendo la de los ríos Morelia y Zinapécuaro .....	11
Cuenca del Lago de Cuitzeo, comprendiendo la de los ríos Morelia y Zinapécuaro .....	11
Subcuenca Senguio .....	11
Subcuenca Tlalpujahuá .....	11
Cuenca del Lago de Chapala, excluyendo la del río Jiquilpan .....	11
Cuenca del Lago de Chapala, comprendiendo el río Jiquilpan .....	12
Cuenca directa del río Lerma .....	12
Planicies .....	12
Zona norte de Michoacán .....	12
Lista de alturas .....	12
Subcuenca Jiquilpan .....	12
Subcuenca Duero .....	13
Subcuenca Penjamillo .....	14
Subcuenca Angulo (Estaciones de Ferrocarril) .....	14
Cuenca de Pátzcuaro .....	15
Cuenca de Cuitzeo .....	15
Estaciones del Ferrocarril México-Uruapan .....	16
Subcuenca Senguio. (Estaciones del Ferrocarril México-Uruapan) .....	17
Estaciones del Ferrocarril Maravatío-Zitácuaro .....	17
Curso del río Lerma .....	18
Geología .....	18
Rocas .....	18
Dioritas .....	18
Sienitas .....	19
Andesitas .....	19
Riolitas .....	20
Basaltos .....	20
Arenas y cenizas volcánicas .....	20
Pizarras arcillosas .....	21
Calizas .....	21
Brechas y conglomerados .....	22

## CONTENIDO

	Pág
Geología.—Continuación	22
Aluviones y arenas	22
Arcillas	22
Consideraciones estructurales	22
Rocas ígneas	23
Rocas sedimentarias continentales	25
Condiciones generales	28
Bosquejo histórico	29
Hidrología subterránea	29
Factores externos	31
Infiltración	32
Manifestaciones acuíferas	32
Manantiales	33
Municipio de Contepec	33
Municipio de Tlalpujagua	33
Municipio de Senguio	33
Municipio de Maravatio	33
Municipio de Zinapécuaro	33
Municipio de Indaparapeo	34
Municipio de Queréndaro	34
Municipio de Alvaro Obregón	34
Municipio de Cuitzeo	34
Municipio de Tarímbaro	34
Municipio de Huandacareo	34
Municipio de Chucándiro	34
Municipio de Charo	34
Municipio de Morelia	34
Municipio de Acuitzeo	35
Municipio de Pátzcuaro	35
Municipio de Tzintzuntzan	35
Municipio de Quiroga	35
Municipio de Erongarícuaro	35
Municipio de Zacapu	35
Municipio de Huaniqueo	35
Municipio de Coeneo	35
Municipio de Villa Morelos	36
Municipio de Villa Jiménez	36
Municipio de Puruándiro	36
Municipio de Panindícuaro	36
Municipio de Angamacuaro	36
Municipio de Penjamillo	36
Municipio de Chilchota	36
Municipio de Purépero	37
Municipio de Tlazzalca	37
Municipio de Churinzio	37
Municipio de Ecuandureo	37
Municipio de La Piedad	37
Municipio de Tangancícuaro	37
Municipio de Jacona	37
Municipio de Zamora	37
Municipio de Zináparo	37
Municipio de Tangamandapio	38
Municipio de Chavinda	38
Municipio de Ixtlán	38
Municipio de Tanguato	38

## CONTENIDO

### Manantiales.—Continuación

	Pág.
Municipio de Yurécuaro . . . . .	38
Municipio de Guarachita . . . . .	38
Municipio de Pajacuarán . . . . .	38
Municipio de Vista Hermosa . . . . .	38
Municipio de Jiquilpan . . . . .	38
Municipio de Zahuayo . . . . .	38
Municipio de Cojumatlán . . . . .	39
Pozos . . . . .	42
Condiciones de las aguas subterráneas . . . . .	42
Acuíferos . . . . .	50
Calidad del agua . . . . .	51
Explotación . . . . .	54
Conclusiones. . . . .	55
II. Parte. Minerales no-metálicos de la zona norte del Estado de Michoacán.	
Por Raúl Lozano García . . . . .	59-156
Introducción. . . . .	59
Minerales no-metálicos . . . . .	61
Arcillas. . . . .	61
Arcillas residuales . . . . .	62
Arcillas transportadas . . . . .	63
Explotación industrial de las arcillas . . . . .	63
Porvenir económico . . . . .	68
Tierras colorantes . . . . .	73
Consideraciones acerca de su origen . . . . .	73
Ocre amarillo . . . . .	74
Ocre rojo . . . . .	75
Ocres de coloración variada . . . . .	76
Ocres pardos . . . . .	76
Porvenir económico . . . . .	76
Arenas. . . . .	78
Arenas cuarzosas . . . . .	80
Porvenir económico . . . . .	86
Cenizas volcánicas . . . . .	88
Yacimiento de Ixtlán . . . . .	89
Yacimientos de Charo y Quirio . . . . .	89
Utilización industrial . . . . .	90
Porvenir económico . . . . .	91
Cloruro sódico. . . . .	92
Porvenir económico . . . . .	95
Tequesquite. . . . .	96
Cuitzeo. . . . .	96
Porvenir económico . . . . .	97
Turba. . . . .	97
Origen. . . . .	97
Características físicas . . . . .	97
Porvenir económico . . . . .	98
Tízar. . . . .	99
Región de Zacapu . . . . .	99
Características del yacimiento . . . . .	100
Aplicaciones industriales y porvenir económico . . . . .	100

## CONTENIDO

## Minerales no-metálicos.—Continuación

	Pág.
Azufre. . . . .	101
Localización de los yacimientos. . . . .	102
Procedencia del azufre en estos yacimientos . . . . .	102
Porvenir económico . . . . .	103
Métodos de explotación . . . . .	104
Nitratos. . . . .	104
Región del NE. de Cotija . . . . .	104
Métodos de explotación . . . . .	107
Sistemas aconsejables para la explotación de los yacimientos . . . . .	111
Propiedades y usos . . . . .	112
Porvenir económico . . . . .	113
Capítulo II. Materiales para construcción.	
Materiales para construcción . . . . .	117
Basaltos. . . . .	117
Basaltos macizos . . . . .	117
Basaltos semicomactos . . . . .	119
Basaltos porosos . . . . .	119
Basaltos vesiculares. . . . .	120
Andesitas . . . . .	121
Andesitas de hiperstena . . . . .	121
Andesitas de hornblenda . . . . .	121
Tobas andesíticas . . . . .	123
Tobas (canteras) . . . . .	123
Tobas dacíticas . . . . .	124
Propiedades de las rocas. . . . .	124
Composición. . . . .	125
Dureza. . . . .	125
Textura. . . . .	127
Duración de las rocas. . . . .	128
Porosidad. . . . .	128
Gravedad específica. . . . .	130
Arenas volcánicas. . . . .	131
Características físicas y distribución. . . . .	131
Arenas detríticas. . . . .	132
Porvenir económico. . . . .	132
Materiales manufacturados. . . . .	134
Adobes. . . . .	135
Tabiques, ladrillos, tejas, etc. . . . .	137
Métodos de trabajo. . . . .	139
Porvenir económico. . . . .	142
Materiales para ornamentación. . . . .	145
Obsidiana. . . . .	146
Materiales calcáreos. . . . .	146
Posibilidades de explotación. . . . .	146
Cal. . . . .	146
Distribución de caliche. . . . .	146
Caliche de Jiquilpan. . . . .	147
Caliche de La Piedad. . . . .	148
Caliche de Jéruco . . . . .	151
Travertino. . . . .	152
Porvenir económico. . . . .	153
Cemento. . . . .	154
Conclusiones de utilidad práctica. . . . .	155

## ILUSTRACIONES

	Pág.
Número 1. Planicie de Zamora, vista desde las faldas del Cerro de la Beata hacia Zamora .....	3
2. Lago de Chapala, visto desde el lomerío de Sahuayo hacia Cojumatlán .....	4
3. Lago de Pátzcuaro, desde C. Colorado en Pátzcuaro hacia el C. Cantera en primer término y El Zirate a lo lejos .....	4
4. Planicie de Chapala en La Piedad, Mich., abarcando territorio guanajuatense .....	5
5. Lago de Cuitzeo desde el extremo sur del dique hacia Cuitzeo. . . . .	8
6. Cerro Corutarán inmediato a Jacona .....	20
7. Cerro de La Beata al S. de Zamora y N. de Tangancicuaro .....	21
8. Corriente superior de andesita reposando sobre otra que ha sufrido alteraciones por el intenso ataque del intemperismo. Carretera México-Morelia, cerca de El Temascal .....	23
9. Cerros de La Alberca, cerca de Purépero, formados por tres aparatos volcánicos alineados .....	24
10. Materiales de talud reposando sobre andesita muy alterada. Carretera México-Morelia cerca de El Temascal .....	26
11. Material de talud ilustrado también en la fotografía número 10. Carretera México-Morelia, cerca de El Temascal .....	26
12. Falla en el corte de la carretera Morelia-Cuitzeo, cerca del lago de Cuitzeo, extremo sur del dique. La falla corta rocas ígneas bandeadas muy alteradas .....	28
13. Emergencia de El Agua Caliente, Zinapécuaro, Mich. ....	39
14. Balneario de Agua Caliente de Zinapécuaro, en las inmediaciones del manantial del mismo nombre .....	40
15. Manantial de Zacapu .....	40
16. Manantial de Zacapu que da origen a la Ciénaga de Zacapu .....	41
17. Lugar donde emerge el manantial de Camécuaro, marcado por los árboles .....	42
18. Lago de Camécuaro, donde nacen las aguas .....	44
19. Manantial de Junguarán, Tangancicuaro .....	44
20. Alberca de La Luz, en el origen del río Celis, Jacona, Mich. . . . .	45
21. Pozo hirviente en Ixtlán de los Hervores, Mich. ....	47
22. Pozo del Salitre, apreciándose la agitación del agua, por la ebullición. . . . .	47
23. El mismo pozo del Salitre, apreciándose como está rodeado de piedras y lo pequeño del orificio .....	49
24. Laguneta de El Platanar, en la planicie de Jiquilpan .....	49
25. Como este volcancito de lodo, existen muchos en las márgenes de la laguna de El Platanar, planicie de Jiquilpan, La altura de este cono es de unos 0.50 metros y su amplitud en la base de 2 metros; el orificio tiene unos 0.20 metros .....	51
26. Pozo artesiano en las orillas del lago de Cuitzeo, cerca de Huandacareo. La boca está protegida con rejillas y se forma un pequeño capelo. ....	53
—	
1. Banco de roca caolinizada Km. 17 de la carretera Morelia-Cuitzeo..	62
2. Hornos empleados en Huancito para cocer objetos de barro.....	65
3. Ollas de barro, acomodadas para que se sequen antes de ser llevadas al horno en Huancito.....	66
4. Moldeo de las ánforas en una fábrica de Zacapu.....	67
5. Horno empleado en Zacapu para la fabricación de ánforas.....	68
6. Horno para fabricar cazuelas y ollas en Zinapécuaro.....	69
7. Yacimiento de tierras de diversos colores en el Puerto de Buenavista..	75

## ILUSTRACIONES

	Pág.
8. Manantial de El Hervidero, Maravatío, Mich. ....	81
9. Yacimiento de cenizas volcánicas cerca de Ixtlán. ....	90
10. Terrenos salados cerca de Ixtlán. ....	91
11. Construcción de madera empleada en Ixtlán para lavar las tierras saladas. ....	92
12. Grupo de palizadas lavadoras empleadas en Ixtlán para extraer el NaCl de las tierras saladas. ....	93
13. Planillas evaporadoras de salmuera en Ixtlán. ....	94
14. Planillas evaporadoras de salmuera en Ixtlán. ....	95
15. Cerro del Tigre, cerca del rancho de La Carámica. ....	104
16. Brechas basálticas cubiertas por un casquete de lava frente al rancho de La Atarjea. ....	105
17. Banco de brecha basáltica derrumbado al E. del rancho de La Atarjea. ....	106
18. Separación del material brechógeno para extraerle el nitrato sódico que contiene. ....	108
19. Bancos de brechas basálticas que se explotan en el rancho de La Atarjea. ....	109
20. Cajones de madera empleados en el rancho de La Atarjea para extraer el $\text{NaNO}_3$ contenido en las brechas basálticas. ....	109
21. Caldero de hierro en el que se evapora la solución de nitrato potásico en el rancho de La Atarjea. ....	110
22. Bloques basálticos en la loma de Punta Grande. ....	118
23. Explotación de la roca andesítica del cerro de La Cantera. ....	122
24. Antigua explotación de piedra en el cerro de La Cantera. ....	123
25. Explotación de un depósito de arena volcánica en la región de Tacicuaro. ....	132
26. Adobera de Venustiano Carranza (S. Pedro). ....	136
27. Adobera de Cerrito Pelón. ....	137
28. Hornos de la ladrillera de La Puentequita, Jiquilpan. ....	138
29. Amasado de la mezcla de tierras para la elaboración de ladrillos, tejas, etc. Ladrillera cercana a Ixtlán de los Hervores. ....	139
30. Fábrica de tabique en Tangancicuaro. A la derecha puede observarse cómo se acomodan los tabiques para que se sequen, antes de ser llevados al horno. ....	140
31. Fábrica de teja en Penjamillo. Las piezas ya moldeadas se extienden para que se sequen. ....	141
32. Construcción de un horno para tabiques en la ladrillera de Sahuayo. ....	141
33. Ladrillera de Cojumatán. Destrucción de las paredes del horno para retirar los tabiques cocidos. ....	142
34. Horno para teja de Penjamillo. ....	143
35. Casas con techado de teja en Tangancicuaro. ....	143
36. Casas con techado de teja en Zamora. ....	144
37. Horno para fabricar caliche en las cercanías de Jiquilpan. ....	148
38. Horno para calcinar caliche en las inmediaciones de Jiquilpan. ....	149
39. Capas de caliche en las inmediaciones de Jéruco. ....	149
40. Horno para fabricar cal en Jéruco. ....	150
41. Materiales travertinosos de La Calera. ....	152

## LAMINAS

Número	1. Sistema orográfico (Escala 1:1.000,000) .....	3
	2. Unidades negativas del relieve (Escala 1:1.000,000) .....	3
Número	1. Croquis del Estado de Michoacán, mostrando la zona estudiada. ....	60
	2. Muestras de colores al aceite obtenidas con tierras colorantes de Michoacán. ....	78
	3. Muestras de colores a la celulosa obtenidos con tierras colorantes de Michoacán. ....	78

## TABLAS

---

Tabla 1. ....	6
2. ....	7
3. ....	7
4. ....	30
5. ....	31
6. ....	32
7. ....	33
8. ....	43
9. ....	51

---



## I PARTE

# HIDROGEOLOGIA DE LA ZONA NORTE DEL ESTADO DE MICHOACAN

Por el geólogo *L. Blásquez L.*

---

## INTRODUCCION

Con motivo de la conmemoración del IV centenario de la fundación del Colegio de San Nicolás de Hidalgo, el Instituto de Geología fué invitado por el Gobierno del Estado de Michoacán para presentar estudios de carácter científico en los actos culturales que se celebrarían con motivo de dicha conmemoración. El señor ingeniero Manuel Santillán acogió con la mejor disposición la invitación a que se hace referencia y dadas las precarias condiciones económicas de la Universidad, gestionó de las autoridades del Estado de Michoacán ayuda para sufragar los gastos que originaría el estudio hidrogeológico de la parte del mismo Estado que pudiera ser estudiada en el corto plazo de dos meses.

El señor Gobernador de Michoacán, capitán Conrado Magaña, manifestó la más buena voluntad para proporcionar la ayuda que se le pidió y desde luego se iniciaron los trabajos de campo que se desarrollaron en los meses de marzo y abril del año de 1940. No estando el gobierno de ese Estado en condiciones muy bonancibles, llegó el señor gobernador hasta proporcionar su coche particular para facilitar los medios de transporte, demostrando así su deseo de que se llevara a buen término el estudio propuesto por el señor ingeniero Santillán.

## FISIOGRAFIA

La región estudiada en el Estado de Michoacán abarca una parte de la cuenca hidrográfica del río Lerma y las cuencas cerradas de Cuitzeo y Pátzcuaro, quedando comprendida entre los  $100^{\circ}08'$  y  $103^{\circ}08'$  de longitud W. del meridiano de Greenwich y los  $19^{\circ}25'$  y  $20^{\circ}22'$  de latitud norte. La superficie es de 17,662 kilómetros cuadrados.

Según los datos que pude obtener en lo que respecta a la orografía de la región, ésta obedece a un solo sistema reticulado con ejes  $N10^{\circ}W$ . a  $N30^{\circ}W$ . y  $N80^{\circ}E$ . a  $N60^{\circ}E$ .

Las elevaciones que se encuentran alineadas según ejes  $N10^{\circ}W$ . a  $N30^{\circ}W$ . mencionadas de W. a E. son las de Venustiano Carranza o Cerro Azul, Purépero, Caurio, Zirate, Zinapécuaro, San Andrés y Tlalpujahuá. Las elevaciones de ejes  $N60^{\circ}E$ . a  $N80^{\circ}E$ . son las sierras de Puruándiro, Tarecuato, Patamban, Ozumatlán y Santa Clara. (Véase croquis número 1.)

Una concepción global de la orografía de la región estudiada,<sup>1</sup> corresponde a la de una serranía, formada por varias sierras paralelas ligadas por importantes contrafuertes. La sierra principal con rumbo medio  $N80^{\circ}E$ . y 180 kilómetros de longitud, se extiende desde inmediaciones de Patamban hasta cerca de Jerécuaro, con el nombre de sierra de Patamban. Como estribación inmediata interna, considero a la sierra de Tarecuato paralela a la anterior, de 40 kilómetros de longitud, entre el límite del Estado, por Cotija y Llano de Cañas. La sierra de Puruándiro es mediata interna con su cuerpo principal cerca de Puruándiro y limitando por el N. el cuenco de Cuitzeo.

La sierra de Ozumatlán también sensiblemente paralela a la de Patamban, tiene una longitud de 170 kilómetros, sufriendo algunos abatimientos de importancia que la interrumpen. Se levanta desde cerca de Tzintzuntzan hasta cerca de Tlalpujahuá. Es una estribación inmediata externa de la sierra principal. Por último, como estribación mediata externa considero a la sierra de Santa Clara, que guarda también paralelismo con las anteriores y tiene 170 kilómetros de longitud desde Ziracuaretiro hasta cerca de Angangué.

De la sierra principal o de Patamban se desprenden como contrafuertes las montañas que antes mencioné, cuya cresta tiene rumbos entre  $N10^{\circ}W$ . y  $N30^{\circ}W$ . Algunas de estas elevaciones son verdaderas sierras transversales a las de ejes  $N60^{\circ}E$ . a  $N80^{\circ}E$ . y así deben considerarse las elevaciones de Caurio que se internan en el Estado de Guanajuato al W. de Pénjamo; las de Zirate que se prolongan hacia Cuitzeo de Abasolo y el W. de Irapuato; y las de Zinapécuaro que igualmente se continúan hacia el N. por Salvatierra y el C. Culiacán. La sierra de San Andrés está ligada con las montañas de Acámbaro y alineada con la sierra de Agustinos del E. de Guanajuato.

Las principales depresiones que se encuentran comprendidas en la red orográfica mencionada, siguiendo el orden de su importancia (véase croquis número 2), son las de Cuitzeo, Zamora (fotografía número 1), Chapala (fotografía número 2), Zacapu, Pátzcuaro, Maravatío y Penjamillo. Al norte de la sierra principal

<sup>1</sup> Aplicando los términos que empleo en mi clasificación de los accidentes del relieve, presentada a la Soc. Geológica Mexicana. T. XI - Nos. 7 - 12, 1944.





102°

INSTITUTO DE GEOLOGIA  
CROQUIS N°2

# UNIDADES NEGATIVAS DEL RELIEVE

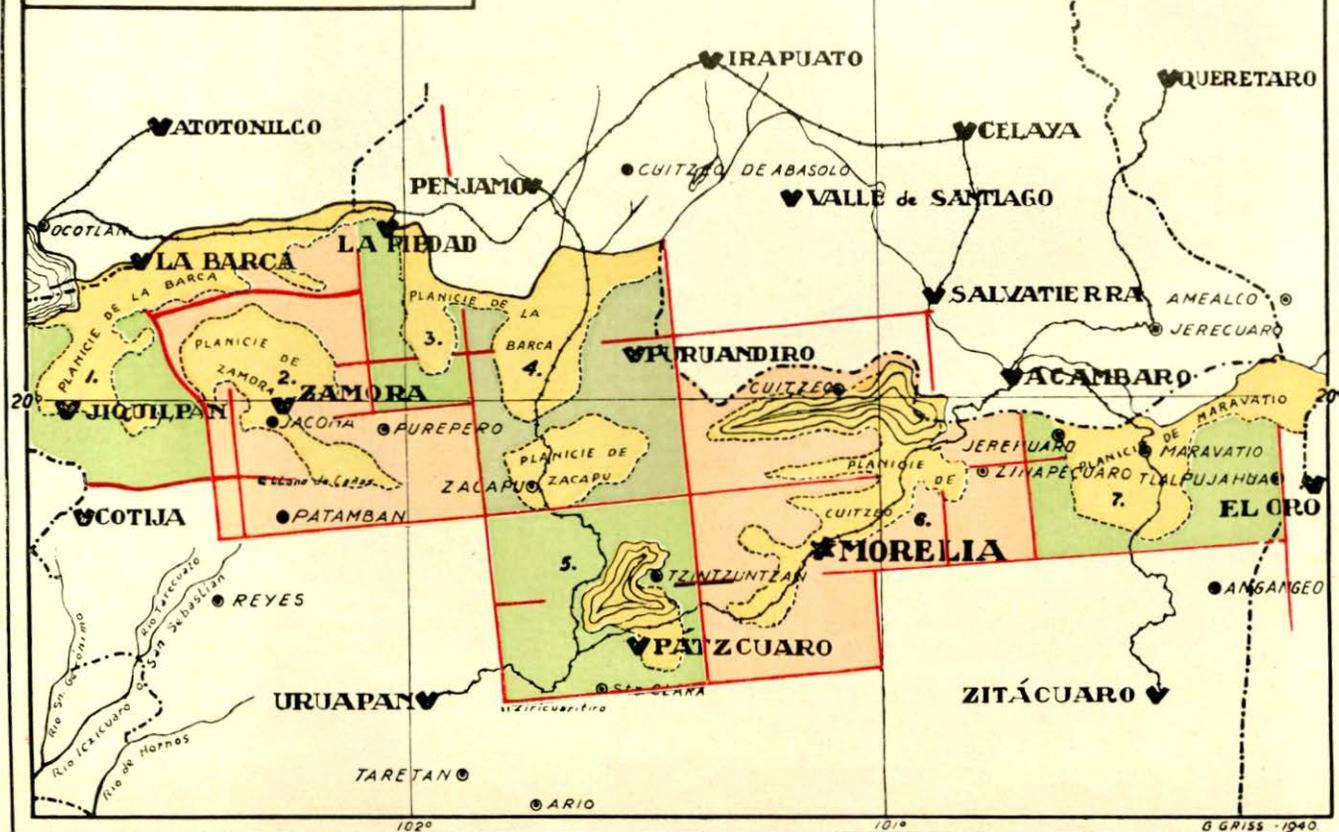
ESCALA 1:1000.000

JUNIO DE 1940.

## -LEYENDA-

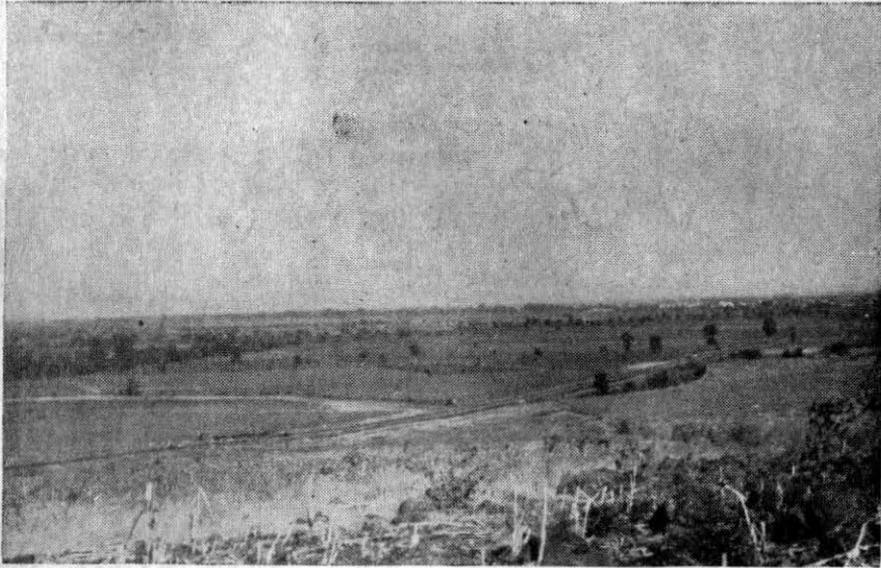
1. Depresión de Chapala.
2. " " Zamora.
3. " " Penjamillo.
4. " " Zacapú.
5. " " Pátzcuaro.
6. " " Cuitzeo.
7. " " Maravatio.

♥ GUANAJUATO





de W. a E. se encuentran las depresiones de Chapala, Zamora, Penjamillo, Zacapu y parte de Cuitzeo. y al S. de la misma sierra, la depresión de Pátzcuaro y la otra parte de Cuitzeo. La depresión de Maravatío está situada en el extremo de dicha sierra.



Fotografía número 1.—Planicie de Zamora, vista desde las faldas del C. de La Beata hacia Zamora.

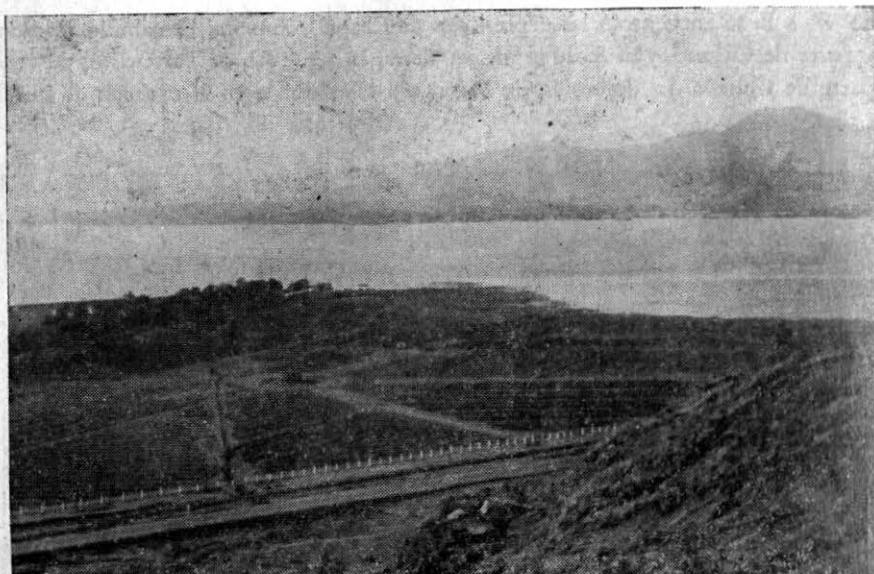
La depresión de Pátzcuaro (fotografía número 3), corresponde quizá a un bloque terrestre elevado, ya que su fondo tiene un desnivel de 200 metros con el fondo de la depresión de Cuitzeo, inmediata al E. y más baja; y un desnivel de 500 metros con la depresión de Zamora, inmediata al W. y también más baja.

La depresión de Cuitzeo en cambio aparece como hundida, a 200 metros abajo respecto de las depresiones de Pátzcuaro y Maravatío, a uno y otro lado de la misma.

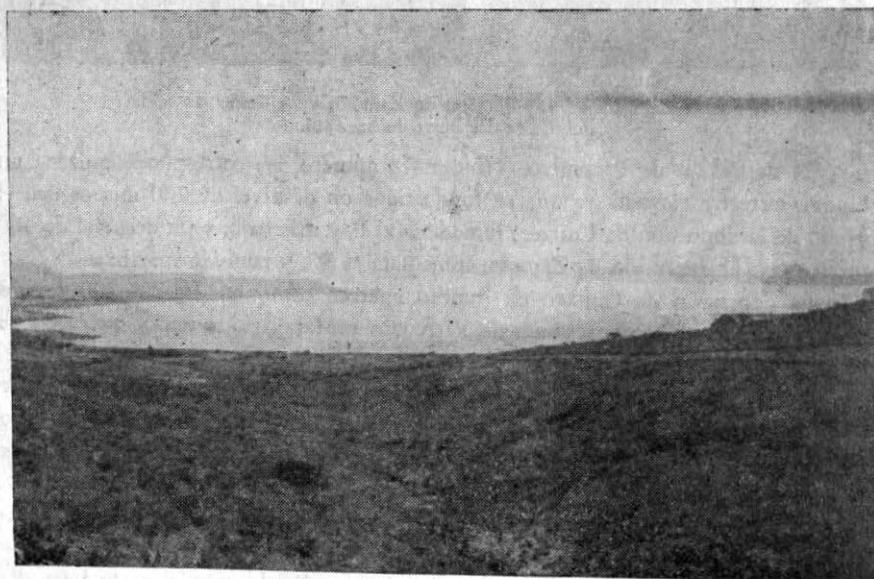
La depresión de Zacapu se encuentra inmediata a la de Pátzcuaro, al N. de la misma, con un desnivel de unos 40 metros, siendo más baja la de Zacapu, cuyo fondo descende hacia el N. a 1,685 metros de altitud, es decir, llega a quedar a unos 140 metros abajo del lago de Pátzcuaro.

La depresión de Zamora no tiene un desnivel que pueda tomarse en consideración con la depresión de Chapala.

La depresión de Penjamillo está igualmente ligada con la parte baja del valle de Zacapu y, en consecuencia, con el plano del río Lerma.

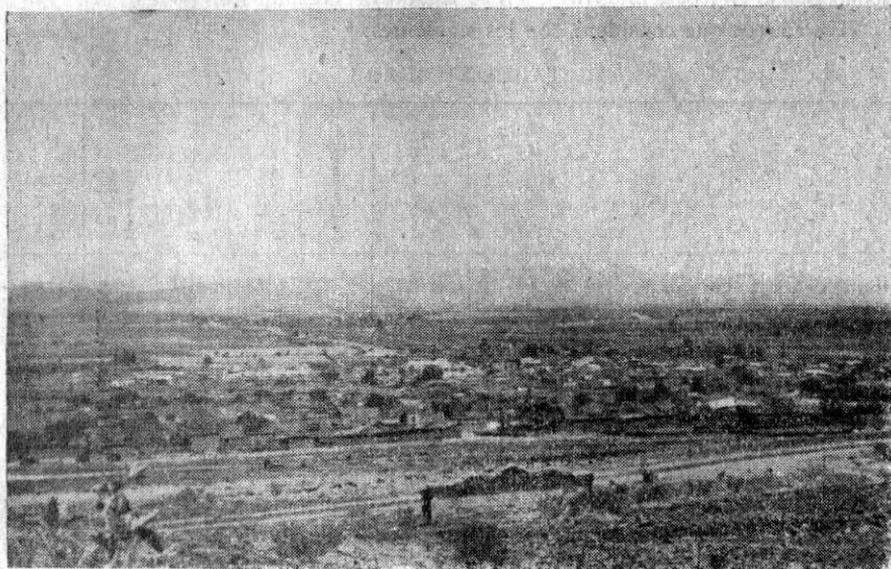


Fotografía número 2.—Lago de Chapala, visto desde el lomerío de Sahuayo hacia Cojumatlán.



Fotografía número 3.—Lago de Pátzcuaro, desde C. Colorado en Pátzcuaro hacia el C. Cantera en primer término y El Zirate a lo lejos.

Todas las depresiones de que he tratado alojan planicies de poca extensión relativamente, ya que la mayor, según los datos de superficie que constan más adelante, tiene unos 1,100 kilómetros cuadrados, pues la de Chapala comprende planicies de varias depresiones (fotografía número 4.)



Fotografía número 4.—Planicie de Chapala en La Piedad Cavadas, Mich., abarcando territorio guanajuatense.

### HIDROGRAFIA

La red hidrográfica figura en el croquis número 3, en el que puede verse dónde nacen los cursos, qué lugares tocan en su recorrido, dónde tienen sus confluencias, etc., etc. Puede notarse que la red marca en sus grandes rasgos un carácter ortogonal y que algunos subafuentes acusan por su dirección concurrencia al centro de depresiones actualmente drenadas, como la de Zacapu.

El principal colector que existe en la región es el río Lerma, cuyo índice categórico es 32.0, su índice específico 24.45, el erosivo 2.72, el de recorrido 1.74 y el de drenaje 135.<sup>2</sup> La parte de la cuenca de este gran río, que corresponde al Estado de Michoacán, tiene una superficie de 12,160 kilómetros aproximadamente y es igual al 9.46% de la superficie total de dicha cuenca. En un estudio anterior<sup>3</sup> consigno algunos datos generales sobre el río Lerma. En el presente estudio tengo

<sup>2</sup> Los índices están descritos en mi estudio "Algunos índices numéricos para la clasificación y estudio de los ríos." Soc. Geol. Mex., T. XI. Nos. 1-6. 1941.

<sup>3</sup> Informe hidrog. preliminar de la región del Bajío. Inst. Geol. Méx. 1938. (Inédito.)

que atender nuevamente al curso del río en las mismas porciones consideradas con anterioridad y en nuevas porciones; pues entra en el Estado de Michoacán, cerca de Contepec y llega a su desembocadura en el lago de Chapala cerca de Maitaraña, saliéndose del Estado entre las inmediaciones de Maravatío por el E. y El Rodeo por el W. para internarse en el Estado de Guanajuato.

Los tramos que consideré, son los siguientes: <sup>4</sup>

TABLA NUMERO 1

T R A M O	Indice específico	Indice erosivo	Indice de recorrido	Recta, Kms.	Desarrollo en Kms.	Desnivel en Mts.
Tungareo a Acámbaro.....	0.087	2.87	1.49	37	55	158
Acámbaro a Salvatierra.....	0.040	2.76	1.46	26	38	105
Salvatierra a Salamanca.....	0.016	0.48	1.16	50	58	28
Salamanca a Conguripo.....	0.028	0.41	1.17	70	82	31
Conguripo a La Piedad.....	0.006	0.21	1.66	32	53	11
La Piedad a Maitaraña.....	0.209	2.64	1.24	72	89	235
Tungareo a Maitaraña.....	2.132	1.52	1.54	244	375	568
Origen a Maitaraña.....	5.761	2.22	1.46	348	509	1134

Desgraciadamente estos datos no pueden considerarse sino como cercanos a los verdaderos, pues el desarrollo real del río no ha sido medido con la debida corrección, ni son aceptables los planos de que se dispone. Según los índices consignados, el río es senil entre Conguripo y La Piedad, maduro entre Salvatierra y Conguripo y joven en los demás tramos considerados. Atendiendo a la localización de los tramos donde el río es senil y maduro, se nota que ese carácter no se debe realmente al trabajo propio del río y que el mismo corresponda a esa fase del ciclo de erosión, sino que el río encontró en esa parte de su curso planicies casi horizontales.

Comparando las vertientes del río Lerma, septentrional y meridional, se nota que esta última es mucho más estrecha y que está afectada por numerosos lagos. Podría suponerse que en esta región del país había una serie de valles longitudinales paralelos, orientados de SE. a NW. y que el proceso erosivo de cursos transversales subsecuentes hubiera producido consecutivamente la captura de los cursos longitudinales, hasta llegar al valle Toluca-Ixtlahuaca-Solís, que es francamente longitudinal. Entre Solís y Maravatío el curso sería transversal y sería longitudinal entre Maravatío y Salamanca. De este último lugar a Conguripo, transversal; longitudinal entre Conguripo y La Piedad y transversal entre La Piedad y Maitaraña. El lago de Chapala ocuparía un valle transversal.

<sup>4</sup> Según los índices numéricos a que antes me referí.

La pendiente original de SE. a NW. de los valles longitudinales, al no quedar invertida por los nuevos depósitos que modificaron notablemente el fondo de los valles, daría lugar a la presencia de numerosos lagos, exclusivamente en la vertiente meridional del río, por la aparición de rocas ígneas que produjeron el cerramiento de los valles mencionados. También hay que considerar la posible formación de fosas tectónicas.

Por carecer de datos fehacientes respecto al desarrollo de los cursos, no calcularé los índices sino de los afluentes Angulo y Duero. Los demás son de menor importancia:

TABLA NUMERO 2

R I O S	Indice cate- górico	Indice específico	Indice erosivo	Indice de reco- rrido	Recta, Kms.	Desarrollo, Kms.	Desnivel en Mts.	Indice de dre- naje
Río Angulo.....	0.06	0.132	6.82	1.47	39	44	300	48.4
Río Duero.....	0.13	0.375	3.75	1.24	81	100	375	35.2

Estos cursos son jóvenes de acuerdo con su índice erosivo. El Duero tiene un tramo donde su índice erosivo desciende hasta señalarle un carácter de maduro y senil, que en realidad no le corresponde, pues la poca pendiente del curso se debe a la planicie de Zamora, casi nivelada, estando el perfil lejano al de equilibrio.

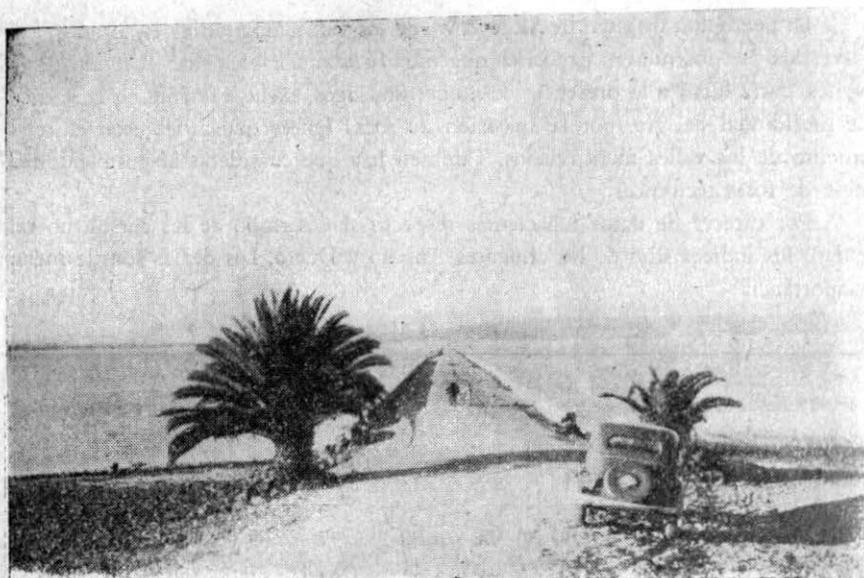
Tanto el río Lerma como los afluentes que a él llevan sus aguas están alojados en pequeños cortes internos generalmente del tipo alvéolo<sup>5</sup> y de pequeñas barrancas de 10 a 30 metros de profundidad.

Las cuencas cerradas que se encuentran en la región son las de Cuitzeo (fotografía número 5) y Pátzcuaro. La primera tiene como curso principal los ríos de Morelia y Zinapécuaro o Queréndaro. Sus índices son los siguientes:

TABLA NUMERO 3

R I O S	Indice cate- górico	Indice específico	Indice erosivo	Indice de reco- rrido	Recta, Kms.	Desarrollo, Kms.	Desnivel en Mts.	Indice de dre- naje
Morelia.....	0.047	0.199	2.96	1.46	56.0	82	243	23.7
Zinapécuaro.....	0.014	0.110	3.64	1.46	37.5	55	200	12.5

<sup>5</sup> Según mi clasificación ya citada.



Fotografía número 5.—Lago de Cuitzeo desde el extremo sur del dique hacia Cuitzeo.

Como se ve por los datos anteriores, a los llamados ríos de Morelia y Zinapécuaro les corresponde la denominación de arroyuelos, de acuerdo con su índice categórico y son jóvenes de acuerdo con su índice erosivo.

Para terminar esta parte consignaré los datos de superficie de las distintas cuencas hidrográficas localizadas en la región estudiada:

*Cuencas hidrográficas*

<u>Nombre del curso</u>	<u>Kms. <sup>2</sup></u>	<u>%</u>
Jiquilpan. ....	2,579	20.7
Duero. ....	3,525	28.2
Penjamillo. ....	264	2.1
Angulo. ....	2,130	17.1
Morelia. ....	1,941	15.6
Zinapécuaro. ....	686	5.5
Senguio. ....	947	7.6
Tlalpujahua. ....	400	3.2
	12,472	

*Cuencas sin drenaje exterior (Cuencas)*

<u>Nombre del curso</u>	<u>Kms. <sup>2</sup></u>	<u>%</u>
Del lago de Pátzcuaro.....	1,525	27.7
Del lago de Cuitzeo, comprendiendo las cuencas de los ríos de Morelia y de Zinapécuaro.		
	<hr/>	
	5,502	

La superficie de las cuencas o porciones de éstas, pertenecientes al Estado de Michoacán son las siguientes:

Parte de la cuenca del lago de Cuitzeo	3,977	22.5
Cuenca del río Duero .....	3,525	20.0
Parte de la cuenca del lago de Chapala, comprendiendo la del río Jiquilpan	3,282	18.6
Cuenca del río Angulo .....	2,130	12.0
Parte de la cuenca del río Lerma, exclu- yendo los afluentes considerados..	1,612	9.1
Cuenca del lago de Pátzcuaro.....	1,525	8.6
Cuenca del río Senguio .....	947	5.4
Cuenca del río Tlalpujahuá.....	400	2.3
Cuenca del río Penjamillo.....	264	1.5
Superficie de la zona norte de Michoa- cán. ....	<hr/>	
	17,662	
	<hr/>	
Cuenca del río Lerma.....	12,160	68.8
Cuencas cerradas .....	5,502	31.2
	<hr/>	
	17,662	

Atendiendo al relieve de la región daremos los siguientes datos de superficie.

*Subcuenca Jiquilpan*

Planicie. ....	333	12.9
Montaña. ....	2,246	87.1
	<hr/>	
	2,579	

*Subcuenca Duero*

<u>Nombre del curso</u>	<u>Kms. <sup>2</sup></u>	<u>%</u>
Planicie. ....	1,021	29.0
Montaña. ....	2,504	71.0
	<hr/>	
	3,525	

*Subcuenca Penjamillo*

Planicie. ....	97	36.8
Montaña. ....	167	63.2
	<hr/>	
	264	

*Subcuenca Angulo*

Planicie. ....	734	34.5
Montaña. ....	1,396	65.5
	<hr/>	
	2,130	

*Cuenca del lago de Pátzcuaro*

Planicie (comprendiendo el lago) ....	331	21.7
Montaña. ....	1,194	78.3
	<hr/>	
	1,525	

*Subcuenca Morelia*

Planicie. ....	411	21.2
Montaña. ....	1,530	78.8
	<hr/>	
	1,941	

*Subcuenca Zinapécuaro*

Planicie. ....	110	16.0
Montaña. ....	576	84.0
	<hr/>	
	686	

*Cuenca del lago de Cuitzeo, excluyendo la de los ríos  
Morelia y Zinapécuaro*

<u>Nombre del curso</u>	<u>Kms. <sup>2</sup></u>	<u>%</u>
Planicie (comprendiendo el lago) . . . . .	622	46.1
Montaña . . . . .	728	53.9
	<hr/>	
	1,350	

*Cuenca del lago de Cuitzeo, comprendiendo la de los ríos  
Morelia y Zinapécuaro*

Planicie . . . . .	1,143	28.8
Montaña . . . . .	2,834	71.2
	<hr/>	
	3,977	

*Subcuenca Senguio*

Planicie . . . . .	398	42.0
Montaña . . . . .	549	58.0
	<hr/>	
	947	

*Subcuenca Tlalpujagua*

Planicie . . . . .	187	46.8
Montaña . . . . .	213	53.2
	<hr/>	
	400	

*Cuenca del lago de Chapala, excluyendo  
la del río Jiquilpan*

Planicie . . . . .	356	50.6
Montaña . . . . .	347	49.4
	<hr/>	
	703	

*Cuenca del lago de Chapala, comprendiendo  
la del río Jiquilpan*

<u>Nombre del curso</u>	<u>Kms. <sup>2</sup></u>	<u>%</u>
Planicie. . . . .	686	20.9
Montaña. . . . .	2,593	79.1
	<hr/>	
	3,279	

*Cuenca directa del río Lerma*

Planicie. . . . .	921	57.0
Montaña. . . . .	691	43.0
	<hr/>	
	1,612	

*Planicies*

Planicie de La Barca. . . . .	2,218	40.2
Planicie de Cuitzeo . . . . .	1,143	20.7
Planicie de Maravatío . . . . .	913	16.5
Planicie de Zamora . . . . .	583	10.6
Planicie de Zacapu . . . . .	333	6.0
Planicie de Pátzcuaro. . . . .	331	6.0
	<hr/>	
	5,521	

*Zona Norte de Michoacán*

Planicie. . . . .	5,521	31.1
Montaña. . . . .	12,141	68.9
	<hr/>	
	17,662	

*Lista de alturas* sobre el nivel del mar, de los lugares que en seguida se mencionan:

*Subcuenca Jiquilpan*

	<u>Mts.</u>
Cañadita. . . . .	1,556
Capadero. . . . .	1,560
El Salitre . . . . .	1,488

	<i>Mts.</i>
Miramar. . . . .	1,480
Emiliano Zapata . . . . .	1,475
Alberca del Platanar . . . . .	1,532
Venustiano Carranza . . . . .	1,536
Jiquilpan. . . . .	1,550
Sahuayo. . . . .	1,532

*Subcuenca Duero*

Huanzito. . . . .	1,799
Tanaquillo. . . . .	1,790
Chilchota. . . . .	1,759
Tangancicuaro. . . . .	1,695
Zamora. . . . .	1,560
Jacona. . . . .	1,565
Tangamandapio. . . . .	1,724
Chavinda, estación. . . . .	1,563
Dávalos, estación. . . . .	1,561
Ario, estación. . . . .	1,563
Casa Alta, rancho . . . . .	1,547
La Saucedá, ex hacienda. . . . .	1,540
Estanzuela, pueblo . . . . .	1,537
Ixtlán de los Hervores, pueblo. . . . .	1,530
La Barca, estación . . . . .	1,536
Carapan. . . . .	1,952
Camécuaro. . . . .	1,674
Sauce de Abajo, ranchería. . . . .	1,568
Tierra Blanca, ranchería. . . . .	1,582
Torcazas, ranchería . . . . .	1,600
Nopalera, ranchería . . . . .	1,571
La Majada, ranchería . . . . .	1,554
Falconi, Est. F. C. . . . .	1,550
Las Fuentes . . . . .	1,554
Ucácuaro. . . . .	1,559
Ecuandureo. . . . .	1,569
Quiringüicharo. . . . .	1,559
El Pandillo . . . . .	1,818

	<i>Mts.</i>
Miramar . . . . .	1,480
Emiliano Zapata . . . . .	1,475
Alberca del Platanar . . . . .	1,532
Venustiano Carranza . . . . .	1,536
Jiquilpan . . . . .	1,550
Sahuayo . . . . .	1,532

*Subcuenca Duero*

Huanzito . . . . .	1,799
Tanaquillo . . . . .	1,790
Chilchota . . . . .	1,759
Tangancícuaro . . . . .	1,695
Zamora . . . . .	1,560
Jacona . . . . .	1,565
Tangamandapio . . . . .	1,724
Chavinda, estación . . . . .	1,563
Dávalos, estación . . . . .	1,561
Ario, estación . . . . .	1,563
Casa Alta, rancho . . . . .	1,547
La Saucedá, ex hacienda . . . . .	1,540
Estanzuela, pueblo . . . . .	1,537
Ixtlán de los Hervores, pueblo . . . . .	1,530
La Barca, estación . . . . .	1,536
Carapan . . . . .	1,952
Camécuaro . . . . .	1,674
Sauce de Abajo, ranchería . . . . .	1,568
Tierra Blanca, ranchería . . . . .	1,582
Torcasas, ranchería . . . . .	1,600
Nopalera, ranchería . . . . .	1,571
La Majada, ranchería . . . . .	1,554
Falconi, Est. F. C. . . . .	1,550
Las Fuentes . . . . .	1,554
Ucácuaro . . . . .	1,559
Ecuandureo . . . . .	1,569
Quiringüicharo . . . . .	1,559
El Pandillo . . . . .	1,818

*Subcuenca Penjamillo*

	<i>Mts.</i>
Patámbaro, ranchería .....	1,783
La Luz, ranchería .....	1,700
Penjamillo, plaza pueblo .....	1,710
Palmito, ranchería .....	1,685
Pueblo Nuevo, ranchería .....	1,681
Numarán, plaza pueblo .....	1,682

*Subcuenca Angulo**(Estaciones de ferrocarril)*

Comanja .....	2,106
Escobilla .....	2,082
Ortega .....	1,988
Zacapu .....	1,986
Jauja .....	1,987
Tariácuri .....	1,984
Villa Jiménez .....	1,989
Zipimeo .....	1,957
Panindícuaro .....	1,865
Curimeo .....	1,757
Tunilla .....	1,801
Miravalle .....	1,777
Moluco .....	1,733
Villachuato .....	1,686
Los Angeles .....	1,685
Tres Mezquites .....	1,688
Comanja, plaza pueblo .....	2,064
Tiríndaro, plaza pueblo .....	1,980
Naranja, plaza pueblo .....	1,995
Zacapu, plaza pueblo .....	1,987
Janamuato, pueblo .....	1,837
Puruándiro, plaza ciudad .....	1,859
Angamacutiro .....	1,700
Rosario .....	1,760
Curísipo .....	1,740

*Cuenca de Pátzcuaro*

	<i>Mts.</i>
Oponguio, Est. F. C. ....	2,185
Pácuaro, Est. F. C. ....	2,184
Erongarícuaro, Est. F. C. ....	2,184
Lomita, Est. F. C. ....	2,180
Ajuno, Est. F. C. ....	2,224
Pátzcuaro, Est. F. C. ....	2,044
Chápultepec, Est. F. C. ....	2,109
Pátzcuaro, plaza principal ....	2,143
Zurumútaro, pueblo ....	2,048
Tzintzuntzan, pueblo ....	2,044
Patambicho, rancho. ....	2,043
Quiroga, pueblo ....	2,060
Puerto del Tigre ....	2,413
Santa Fe, escuela ....	2,034
Chúpícuaro, orilla lago ....	2,028
Ajambarán, Est. F. C. ....	2,077

*Cuenca de Cuitzeo*

Acuitzio, pueblo <sup>6</sup> . ....	2,070
Tirepetío, pueblo <sup>6</sup> . ....	2,013
Santiago Undameo, pueblo <sup>6</sup> . ....	2,030
Coapan, hacienda <sup>6</sup> . ....	2,031
Tirio, hacienda <sup>6</sup> . ....	2,030
Santa Mónica, presa <sup>6</sup> . ....	1,958
Cointzio, balneario <sup>6</sup> . ....	1,909
Capula ....	2,160
Tacícuaro ....	2,100
Morelia, plaza principal ....	1,920
Quinceo, hacienda <sup>6</sup> . ....	1,911
Rincón, hacienda <sup>6</sup> . ....	1,920
El Molino, rancho <sup>6</sup> . ....	1,916
San Miguel del Monte, pueblo <sup>6</sup> . ....	2,124
Jesús del Monte, pueblo <sup>6</sup> . ....	2,156
Santa María, pueblo <sup>6</sup> . ....	2,022
Durazno, rancho <sup>6</sup> . ....	2,107

<sup>6</sup> Alturas determinadas por el ingeniero Hernández. Hidrogeología del Valle de Morelia, Mich. Anales Inst. Geol. T. VI. 1936.

	<i>Mts.</i>
Rebello, rancho <sup>6</sup> . . . . .	2,065
Los Filtros <sup>6</sup> . . . . .	1,955
San José, hacienda . . . . .	1,860
Cuto, pueblo . . . . .	1,904
Mesón Nuevo, pueblo . . . . .	1,910
Coecillo Grande, hacienda . . . . .	1,852
Coecillo Chico, rancho <sup>6</sup> . . . . .	1,844
Uruétaro, hacienda . . . . .	1,849
San Bartolo, pueblo . . . . .	1,846
El Zapote, rancho . . . . .	1,834
Zinzimeo, hacienda . . . . .	1,832
Belisario Domínguez, ranchería . . . . .	1,831
Crucero, ranchería . . . . .	1,840
San Bernardo, ranchería . . . . .	1,840
Yegüería, ranchería . . . . .	1,841
Zinapécuaro. . . . .	1,874
El Plan . . . . .	1,837
Zacapendo, hacienda . . . . .	1,860
Indaparapeo, pueblo . . . . .	1,900
Yrapeo, pueblo . . . . .	1,993
Puerto General Gildardo Magaña. . . . .	1,996
Lago de Cuitzeo, extremo S. dique-camino. . . . .	1,828
San Agustín, ranchería . . . . .	1,828
Copándaro, pueblo . . . . .	1,833
Santa Rita, hacienda . . . . .	1,840
Sacramento, pueblo . . . . .	1,838
Chucándiro, pueblo . . . . .	1,836
Cuitzeo, pueblo . . . . .	1,840
Jéreco, pueblo . . . . .	1,855
Capacho, pueblo . . . . .	1,834
San José Cuaro, pueblo . . . . .	1,832
Huandacareo, pueblo . . . . .	1,838

*Estaciones del Ferrocarril México-Uruapan*

Fontezuela. . . . .	2,131
Lagunillas. . . . .	2,083

<sup>6</sup> Alturas determinadas por el ingeniero Hernández. Hidrogeología del Valle de Morelia, Mich. Anales Inst. Geol. T. VI. 1936.

	<i>Mts.</i>
Tirepetio.....	2,055
Jácuaro.....	2,004
Monterrubio.....	1,915
La Huerta.....	1,903
Morelia.....	1,886
Atapanco.....	1,868
La Goleta.....	1,874
Charo.....	1,861
Quirio.....	1,846
El Plan.....	1,837
Zinzimeo.....	1,832
Queréndaro.....	1,832
Coro.....	1,835
Huingo.....	1,832
Andocutín.....	1,839

*Subcuenca Senguio*

*(Estaciones del Ferrocarril México-Uruapan)*

Tepetongo.....	2,325
Agua Buena.....	2,227
Colorado.....	2,189
Pateo.....	2,085
Pomoca.....	2,047
Maravatío.....	2,013
San Antonio.....	2,067
Zirizícuaró.....	2,007
Tarandacuaó.....	1,950

*Estaciones del Ferrocarril Maravatío-Zitácuaro*

Empalme.....	2,013
Chamuco.....	2,018
Cañedo.....	2,080
Senguio.....	2,158
Tarimoro.....	2,147
Las Tinajas, acueducto.....	2,050
Tungareo, pueblo.....	2,014
Pateo, hacienda.....	2,045

	<i>Mts.</i>
Buenavista, hacienda .....	2,244
Hacienda Nueva, rancho .....	2,305
Tepetongo, hacienda .....	2,310
Tepetongo, balneario .....	2,316
Zaragoza, ranchería .....	2,473

*Curso del río Lerma*

Desembocadura en el lago de Chapala.....	1,440
Yurécuaro.....	1,540
La Piedad .....	1,675
Tres Mezquites .....	1,688
Salamanca, Gto. ....	1,717
Salvatierra, Gto. ....	1,745
Acámbaro, Gto. ....	1,850
Tarandacuao, Gto. ....	1,946
Tungareo.....	2,008

## GEOLOGIA

*Rocas.*—En la región dominan las rocas ígneas, principalmente el basalto, que resulta una roca muy común. Encontramos además andesitas, riolitas y dacitas. Las rocas piroclásticas consistentes en arenas y cenizas volcánicas son también muy comunes. Entre las rocas hidroclásticas, en su mayor parte provenientes de las ígneas, mencionaré conglomerados, arenas, aluviones y arcillas. Solamente en el extremo oriental de la zona existen rocas hidroclásticas marinas, consistentes en pizarras arcillosas, margas, areniscas y calizas. En esta porción oriental existen rocas intrusivas, como dioritas y sienitas. Me referiré primero a las rocas pirogénicas y piroclásticas y en seguida a las hidroclásticas, principiando en su caso con las más antiguas.

*Dioritas.*—Estas rocas fueron observadas por el señor ingeniero Teodoro Flores, quien dice: <sup>7</sup> "Las rocas verdes" son dioritas o rocas diabásicas que examinadas en láminas delgadas al microscopio, <sup>8</sup> han sido clasificadas como dioritas con augita (diopsida de magnesia) y como spilitas, diabasas y tobas diabásicas silicificadas (schalstein). Dichas rocas se presentan en los lugares siguientes:

<sup>7</sup> Estudio Geológico-Minero de El Oro y Tlalpujahua. Bol. 36. Inst. Geol. de Méx. 1920. p. 23.

<sup>8</sup> La clasificación microscópica de las rocas ígneas que se mencionan en este estudio, fué hecha por el señor doctor Paul Waitz, petrógrafo del Instituto Geológico en la época en que colecté los principales tipos de dichas rocas ígneas.

las dioritas, que son sumamente escasas, se hallan distribuidas esporádicamente en las goteras de la población de Tlalpujahua, precisamente en la bifurcación del camino que va a la hacienda de Bravo, y se presentan en manchones aislados en varios puntos del camino a Maravatío, que sigue por la orilla izquierda del río de Tlalpujahua; las rocas diabásicas se observan en algunos lugares de este camino, en la entrada del pueblo de Real de Arriba, llegando por el camino que viene de Tlalpujahua al pueblo de San Lorenzo, en los alrededores del socavón de "San Cristóbal" y en la mina de Borda, al nivel 160 metros, por el Tiro Pinto, en donde son muy notables. Estas "rocas verdes" afectan en algunos lugares de la superficie y en el interior de las minas una textura pizarreña, que es debida en gran parte al metamorfismo dinámico que experimentaron por haber estado sujetas a fuertes presiones, después de su inyección en las pizarras arcillosas, siendo con frecuencia por esta circunstancia de difícil identificación en el terreno. El señor ingeniero Ordóñez tuvo ocasión de notar también estas intrusiones de "rocas verdes" en las pizarras arcillosas, y dice: <sup>9</sup> que es esencial indicar la existencia de este tipo de rocas intrusivas muy antiguas de color verde y estructura porfirítica, que penetraron a las pizarras arcillosas antes de que éstas tuvieran la configuración orográfica que han alcanzado en los tiempos geológicos, resultando de esto que al moverse estas rocas, juntamente con las pizarras, sufrieron tanto estas rocas sedimentarias como las rocas intrusivas un intenso metamorfismo. En virtud de la influencia recíproca que ejercieron estas dos clases de rocas entre sí, las pizarras tomaron por un lado, en su contacto con las rocas intrusivas, el aspecto de las rocas plutónicas, y por el otro, éstas afectaron el aspecto de las pizarras, siendo unas y otras de color verde con lustre de seda, muy esfoliadas y difíciles de identificar, pudiendo atribuirse, según el señor Ordóñez, a la presencia de estas viejas intrusiones en las pizarras del distrito de Tlalpujahua, que está tan inmediato al de El Oro, que estas pizarras tengan en aquel distrito un aspecto algo diferente de las del último, no siendo en realidad sino las mismas."

*Sienitas.*—El señor ingeniero Flores <sup>10</sup> dice: "Las sienitas no aparecen en la superficie, y son sienitas micacíferas (minetas) que pueden observarse como una pequeña masa intrusiva, que afecta la forma de un dique al nivel o (socavón general) de la mina Dos Estrellas."

*Andesitas.*—Podemos distinguir andesitas de hornblenda y andesitas basálticas. Las primeras son de color claro rosado, azul y gris, con fenocristales de hornblenda acompañados frecuentemente con biotita y de texturas porfirítica y felsítica. Afloran en los flancos y las cumbres de casi todas las sierras, en reducidas extensiones. Las segundas son de colores oscuros y texturas afaníticas general-

<sup>9</sup> Loc. cit., págs. 174 y sig.

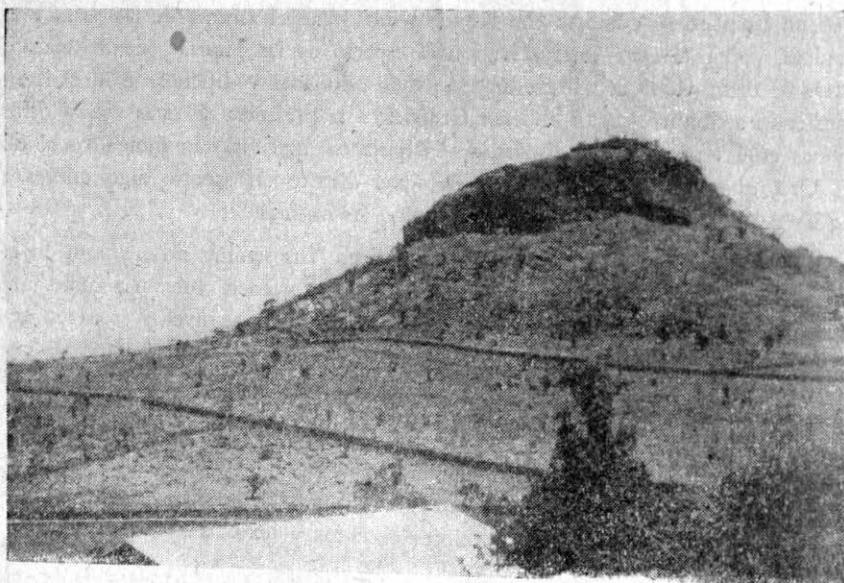
<sup>10</sup> Loc. cit., p. 24.

mente, presentándose en afloramientos mucho más extensos que los correspondientes a las andesitas de hornblenda en la mayor parte de las sierras de la zona norte del Estado. (Véase croquis número 4.)

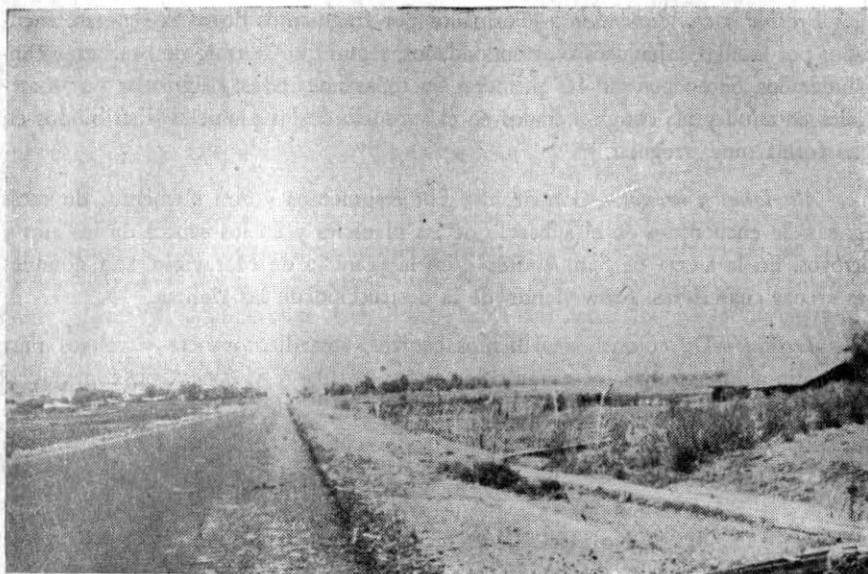
*Riolitas.*—Son rocas de distribución más restringida que las andesitas, encontrándose en los alrededores de Morelia, Zinapécuaro, Epunguio y algunas otras localidades. Son de colores claros, generalmente rosados, con textura fluidal. Cerca de Zinapécuaro se encuentran en la riolita porciones vítreas que dan lugar a cuerpos relativamente importantes de obsidiana.

*Basaltos.*—Son de colores oscuros, gris y azul negruzcos, textura porfirítica, felsítica y celular. Afloran en todas las sierras de la región y forman numerosos cerros aislados (fotografías números 6 y 7).

*Arenas y cenizas volcánicas.*—Las primeras de color negro y rojizo, las segundas amarillentas y blanquizas. Las arenas se encuentran constituyendo gran número de cerros que corresponden a conos volcánicos, casi en toda la extensión donde aparece el basalto. Las segundas se encuentran en depósitos de cierta importancia en el valle de Morelia, desde esta población hasta cerca del lago de Cuitzeo; en el valle de Zamora por Ixtlán de los Hervores y por Tierras Blancas, así como por otros lugares del valle de Jiquilpan.



Fotografía número 6.—Cerro Corutarán, inmediato a Jacona.



Fotografía número 7.—Cerro de La Beata al S. de Zamora y N. de Tangancicuaro.

*Pizarras arcillosas.*—Tomaré lo que respecto a estas rocas dice el señor ingeniero Flores: <sup>11</sup> "Aparecen en la superficie con colores grises, negro azulado o amarillento, y a la profundidad, en algunos labrados de las minas son negras, muy bituminosas, de lustre semimetálico y tiñen los dedos de negro. En otros lugares están metamorfizadas en zonas extensas por metamorfismo dinámico o en zonas relativamente cortas y muy irregulares, por metamorfismo de contacto, siendo en este caso de un color gris claro que tira al blanco y conteniendo entonces en su masa, en abundancia, granos o cristales muy pequeños de pyrita, los cuales se desarrollan y alcanzan un tamaño regular afectando a veces la forma de pyritosedros bastante perfectos. Las pizarras arcillosas metamorfizadas se presentan con frecuencia cerca de los criaderos minerales de la región o cerca de las intrusiones de rocas ígneas, y las pizarras negras bituminosas, en las labores profundas de algunas minas de Tlalpujahua, como pueden verse en las de 'Dos Estrellas,' 'Borda Antigua' y 'La Lucha.' Las pizarras arcillosas alternando con capas delgadas de margas o calizas constituyen gran parte de la sierra de Tlalpujahua.

*Calizas.*—Se encuentran en muy reducidas extensiones de la sierra de Tlalpujahua, según datos del tantas veces citado ingeniero Flores. <sup>12</sup>

<sup>11</sup> Loc. cit., p. 18.

<sup>12</sup> Loc. cit., p. 21.

*Brechas y conglomerados.*—Formados por fragmentos de rocas ígneas cementados por arcillas, angulosos o arrendondados, según que se trate de brechas o conglomerados. Se encuentran las primeras en todas las sierras, originadas por materiales de talud y los conglomerados en el subsuelo de las planicies distribuidos en una forma muy irregular.

*Aluviones y arenas.*—Constituídos por fragmentos y aun elementos de rocas ígneas. Se encuentran en el subsuelo de las planicies y en los cauces de los ríos y arroyos. En la sierra de San Andrés y en la planicie de Maravatío son notables las arenas cuarcíferas, provenientes de la destrucción de las riolitas.

*Arcillas.*—De colores amarillentos cenizos, amarillentos ocre y rojizos muy vivos. En algunas zonas presentan coloraciones rosadas y violáceas. Su compacidad es ligera. Se encuentran en todas las sierras de la zona norte y también en el suelo y subsuelo de las planicies, alternando con depósitos de conglomerados, arenas y aluviones.

### CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES

Las rocas sedimentarias marinas, como hemos dicho ya, sólo se encuentran en el extremo oriental de la zona, donde han sido estudiadas por el señor ingeniero Flores, razón por la que no trataremos de las estructuras relativas. Las estructuras más importantes en la región son las de las rocas ígneas, ocupando un lugar muy secundario las correspondientes a las rocas sedimentarias continentales.

*Rocas ígneas.*—En las rocas ígneas tenemos que atender a dos clases de estructuras, las que corresponden a su disposición general y las que corresponden particularmente a determinadas elevaciones.

Por lo que respecta a su disposición general, debo señalar la resultante de la emisión de las rocas ígneas a lo largo de grandes fracturas, que consiste en el alineamiento de las elevaciones, bien en sierras o en cerros aislados. En cuanto a su disposición particular mencionaremos las sierras constituídas exclusivamente por corrientes, las constituídas por rocas piroclásticas en depósitos con echados muy variables, tanto en la inclinación como en el sentido u orientación de la misma, y las constituídas por una o varias alternancias de rocas efusivas y piroclásticas. En cada caso resulta una estructura que produce accidentes elementales del relieve, más o menos ligados, de tipo compuesto y múltiple.<sup>13</sup>

Las rocas andesíticas están dispuestas en gruesas corrientes superpuestas, cuyos planos de separación se manifiestan algunas veces con toda claridad gracias al intemperismo (fotografía número 8), pero que la mayoría de las veces no es po-

<sup>13</sup> Véase mi clasificación de los accidentes de relieve.

sible distinguir. Estas rocas están afectadas por leptoclasas y juntas reticulares, por diaclasas y por fallas.

Las riolitas y dacitas se presentan en corrientes de poco espesor, generalmente, excepto en la sierra de San Andrés, donde existen cuerpos riolíticos de mucha importancia. Las corrientes están dispuestas con inclinaciones de 2 a 10° hacia uno y otro lado de la sierra.

Las rocas basálticas forman estructuras complicadas en las que corrientes de poco espesor y con ligeras inclinaciones se extienden en los flancos de las montañas e invaden cañadas y vallecillos de las partes altas de las planicies, reposando sobre arenas y aglomerados basálticos, sobre las andesitas o sobre las rocas sedimentarias del relleno de los valles.



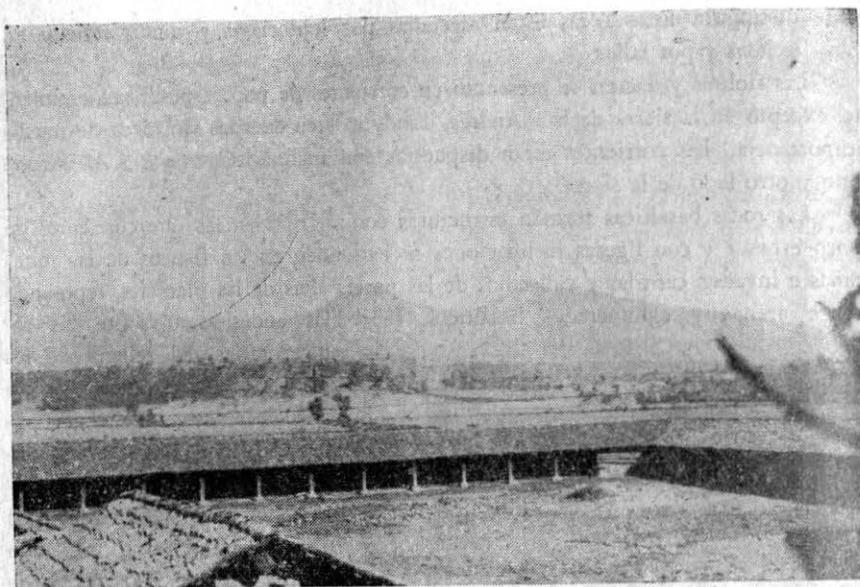
Fotografía número 8.—Corriente superior de andesita reposando sobre otra que ha sufrido alteraciones por el intenso ataque del intemperismo. Carretera México-Morelia, cerca de El Temascal.

Dichas corrientes están a su vez cubiertas por arenas y aglomerados basálticos. En algunos lugares se encuentran gruesos depósitos de arenas basálticas con bombas y lapilli, dispuestos con fuertes inclinaciones, formando montañas de más de 200 metros de altura, rematadas por sucesiones de corrientes de poca inclinación. En la mayor parte de las sierras las arenas y aglomerados basálticos se encuentran en ampliconos y dobleconos,<sup>14</sup> correspondientes a focos emisores que se individualizan con vigor en las crestas o flancos de las elevaciones principales, como pasa en los alrededores de Zacapu, Morelia, Zamora y otros lugares (fotografía número 9). Igualmente estos aparatos volcánicos constituyen ampliconos y coronas aislados y alineados, como ocurre cerca de Jiquilpan, Comanja, Penjamillo y Maravatío.

#### *Rocas sedimentarias continentales.*—

Tratándose de estas estructuras, tenemos que distinguir las que pertenecen a las rocas de las elevaciones y las propias de los rellenos de los valles.

<sup>14</sup> Según mi clasificación de los accidentes del relieve.



Fotografía número 9.—Cerros de La Alberca, cerca de Purépero, formados por tres aparatos volcánicos alineados.

En las elevaciones se encuentran materiales de talud que forman aglomerados que tapizan los flancos de las montañas (fotografías números 10 y 11) y reposan sobre andesitas muy alteradas. En algunas porciones de las montañas, donde los materiales de talud no pueden formarse por las pendientes reducidas, la alteración de las andesitas y los basaltos ha dado lugar a tierras residuales de espesor que varía de 0.10 a 1.00 metros. En muchos lugares de las sierras se encuentran tierras coluviales de bastante espesor, resultantes del acarreo y posterior acumulación de tierras residuales. En las zonas boscosas las tierras residuales y las coluviales tienen cubiertas más o menos gruesas de tierras negras vegetales.

En las planicies se encuentran depósitos formados por los conos de deyección de los numerosos arroyos de las montañas. Las capas superiores de los rellenos son de origen fluvial, encontrándose en algunos lugares depósitos de arenas y cenizas volcánicas, sobre todo estas últimas, intercaladas entre los depósitos fluviales. Seguramente que el conjunto de materiales de la naturaleza indicada tiene bastante espesor, el que no podemos fijar por falta de sondeos, pero lo que sí nos parece improbable es que todo el relleno consista de esta clase de depósitos, sobre todo en los valles de mayor importancia. Hemos reconocido en numerosas regiones del país diversos depósitos de origen glacial, y nos resulta en la zona norte de Michoacán una casi completa ausencia de los mismos, lo que nos parecería inexpli-

cable si no admitiéramos que están cubiertos por los depósitos recientes volcánicos y fluviales. En consecuencia tenemos que inferir atendiendo a la historia geológica de la región, que en el subsuelo de los grandes valles múltiples de abajo a arriba se encuentran:

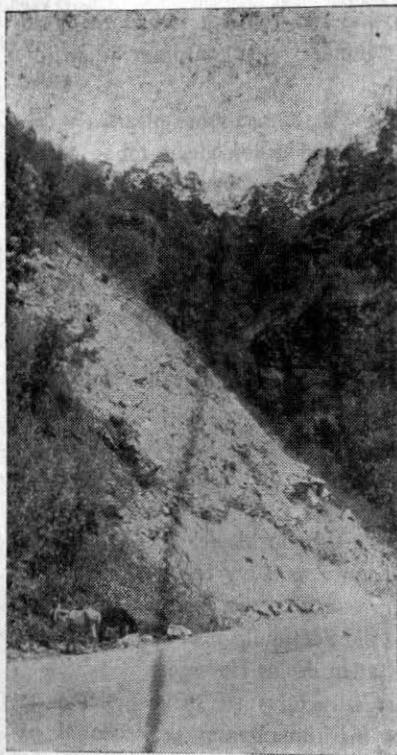
Depósitos fluviales, tipo abanico aluvial que descansan sobre pizarras y calizas; depósitos de arenas y cenizas volcánicas formando verdaderas tobas, correspondientes a las emisiones andesíticas; depósitos glaciales y acuoglaciales, alternando con arenas y cenizas volcánicas correspondientes a las emisiones de andesitas basálticas, riolitas y basaltos; y por último, depósitos fluviales, tipo cono de deyección y localmente tipo planicie de inundación, cubiertos por arenas y cenizas basálticas, a su vez recubiertas por depósitos fluviales y por tierras coluviales, interviniendo en una proporción difícil de fijar depósitos eolianos.

Sobre los depósitos acuoglaciales se encuentran en algunos valles materiales lacustres, como puede apreciarse por los tizates que llegan a encontrarse, como los de Zacapu, que ocupan una extensión bastante grande. Las emisiones de rocas ígneas en algunos casos, cerraron valles antes abiertos y dieron lugar a la presencia de lagos actualmente desaparecidos, como en Zamora y La Cuajada, entre Irimbo y Senguio, o de los cuales quedan restos pequeños, como los del lago Zipimeo en Zacapu y El Platanar entre Guaracha (Emiliano Zapata) y San Pedro (Venustiano Carranza). Los depósitos lacustres tienen seguramente mucha importancia en la cuenca de Chapala, comprendiendo el valle de Jiquilpan y la parte inferior de la planicie de La Barca, por Yurécuaro e Ixtlán de los Hervores.

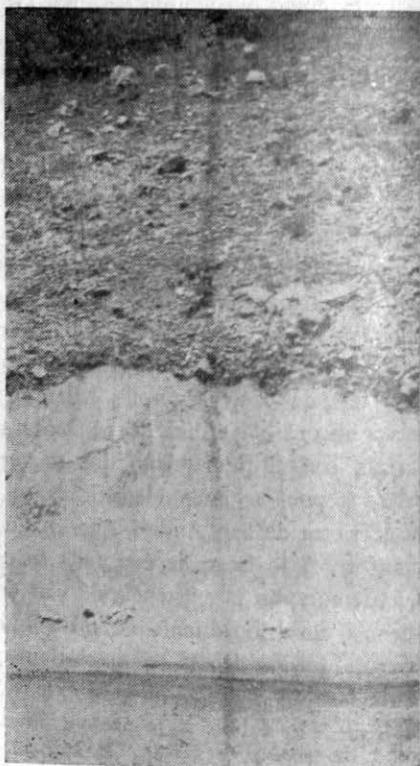
*Condiciones generales.*—Examinadas las estructuras en su disposición general, tenemos que suponer que los rasgos más importantes se deben al papel que desempeña un sistema de fallas. En el terreno carecimos por completo de datos de observación de fallas de gran importancia, aunque pudimos observar incontables fallas de pequeños saltos. (Fotografía número 12.) Podemos inferir, con el fundamento que se verá, la presencia de grandes fallas. Empezaremos por la única identificada, o sea la que corresponde al alineamiento de la sierra de San Andrés, que en un trabajo anterior<sup>15</sup> llamamos falla de Commonfort. A lo largo de esta falla se encuentran emergencias de aguas termales que demuestran la existencia de vías de escape a favor de la fractura. En consecuencia, un jalonamiento de manantiales termales acusará la presencia de una fractura que no deberá ser necesariamente falla, pero que es muy probable lo sea tratándose de fracturas de gran extensión. En muchos casos hay otras circunstancias que dan validez a la presunción de la existencia de fallas: por ejemplo, el hecho de que la depresión de Cuitzeo esté hundida respecto de las depresiones de Maravatío y Pátzcuaro, y el de que ésta última esté levantada respecto a la de Cuitzeo por un lado y Zamora por el otro. Se pensaría desde luego en fosas tec-

<sup>15</sup> Hidrología de la región del Bajío.

## HIDROGEOLOGÍA DE LA ZONA NORTE DE MICHOACÁN



Fotografía número 10.—Materiales de talud reposando sobre andesita muy alterada. Carretera México-Morelia cerca de El Temascal.



Fotografía número 11.—Material de talud ilustrado también en la fotografía número 10. Carretera México-Morelia, cerca de El Temascal.

tónicas y pilares, y en consecuencia en fallas. El señor ingeniero Flores observó, en 1918, importantes fallas en el distrito Minero de El Oro y Tlalpujahua,<sup>16</sup> cuyas direcciones son paralelas a las de nuestras fracturas, bien en el eje NW-SE o en el SW-NE.

Como las crestas de las sierras de la zona norte de Michoacán están dispuestas según alineamientos que se continúan fuera del Estado y corresponden en algunos casos a fallas bien definidas, generalizamos hasta suponer que las líneas trazadas para definir el sistema orográfico corresponden a fallas. Así nos resultaría que la falla de Comonfort penetra en el Estado cerca de Ucareo y se continúa hacia el S. saliéndose de la región estudiada. Siguiendo esta falla se verificaron las emisiones de rocas ígneas que forman la sierra de San Andrés, notable por sus fenómenos postparoxísmicos.<sup>17</sup> Paralela a esta falla se encuentra la de Cortazar,<sup>18</sup> que se continúa en la sierra de Zinapécuaro y que tiene como prueba de cortar las formaciones y ofrecer caminos de escape a las aguas sometidas a presión, las emergencias termales de Zinapécuaro. Al W. de esta falla se encuentra la de la sierra del Zirate, señalada por los manantiales termales de Comanjilla, Lodos de Munguía y Caldera de Cuitzeo del Estado de Guanajuato y por los de Puruándiro en Michoacán; en seguida, siempre caminando al W., se encuentran las fallas de Caurio, Purépero, Cerro Azul y Venustiano Carranza. La penúltima ofrece vías de escape a las aguas geyséricas de Ixtlán de los Hervores, y la última a las de igual clase del Platanar y Pajacuarán. Desgraciadamente no conocimos el territorio de Guanajuato al N. de estas cuatro fallas, ni el de Michoacán al S. de las mismas, de manera que no podemos relacionar con ellas otras elevaciones ni manifestaciones acuíferas.

Las fallas con orientación cercana a la E-W., corresponden a las sierras de Puruándiro, Patambam, Ozumatlán y Santa Clara. Por falta de estudios detallados y buenas cartas geográficas, no podemos decir cual de estas fallas es la prolongación de la bien conocida de Acambay,<sup>19</sup> aunque parece serlo la de Ozumatlán que pasa al S. de El Oro.

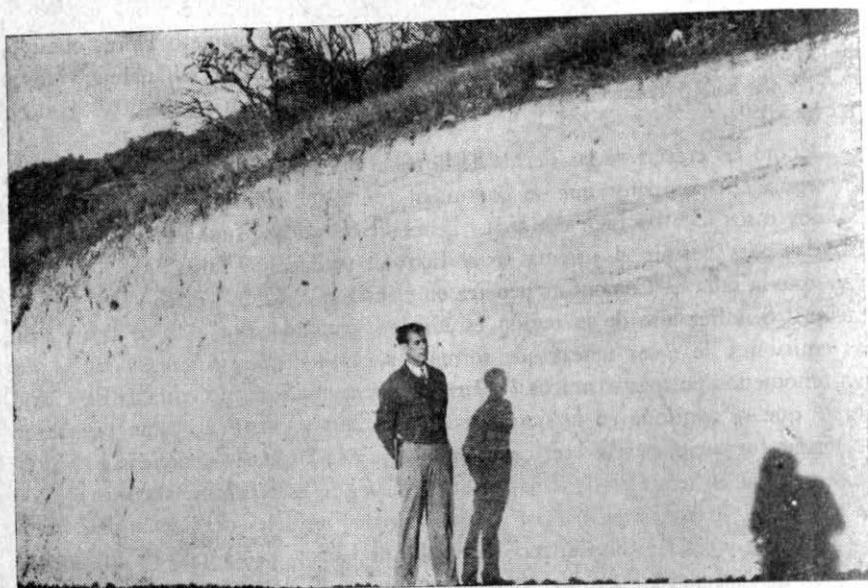
Aceptando las ideas propuestas, tendríamos que las depresiones de Chapala, Zamora y Cuitzeo corresponderían a fosas tectónicas y las de Zacapu y Pátzcuaro a pilares. (Véase croquis número 2). Es posible que el estudio completo de la cuenca del río Lerma entre Tungareo y Chapala revele que toda esa parte puede ser considerada, cuando menos en su porción meridional, como una gran fosa tectónica.

<sup>16</sup> Loc. cit. p. 36-38.

<sup>17</sup> Phénomènes postparoxysmiques du San Andrés. P. Waitz. Guide du Xe. Congrès Géologique Internationale. México, 1906.

<sup>18</sup> Hidrología de la región del Bajío.

<sup>19</sup> La zona megasísmica Acambay-Tixmadejé. Edo. de Méx. Bol. 32, Inst. Geol. de Méx. 1913.



Fotografía número 12.—Falla en el corte de la carretera Morelia-Cuitzeo, cerca del lago de Cuitzeo, extremo sur del dique. La falla corta rocas ígneas bandeadas muy alteradas.

### BOSQUEJO HISTORICO

Partiremos de algunas suposiciones que tienen muchas probabilidades de acercarse a la realidad, que consisten en considerar las pizarras arcillosas de Tlalpujahua, idénticas a las de Guanajuato, que a su vez Burckhardt considera idénticas a las de Zacatecas.<sup>20</sup> Si tal consideración es correcta, tenemos en el Triásico superior a las rocas más antiguas de la región, formadas en un mar poco profundo, que seguramente abarcaba desde San Felipe, Gto. hasta Anganguero, Mich., con una amplitud de unos 260 kilómetros y una penetración, atendiendo al litoral actual, de unos 480 kilómetros. Hacia el SE. encontré rocas idénticas a las de Tlalpujahua en Tabernillas, México,<sup>21</sup> lo que daría al mar una amplitud de 300 kilómetros. Las rocas idénticas de la sierra de Asientos, Aguascalientes, hacen muy probable que el mar se extendiera hasta Zacatecas con una amplitud así de 500 kilómetros. Si de Zacatecas, Zac., se traza una línea a Caborca, Son., donde han sido identificados los sedimentos carnianos, nos resulta una zona de probable invasión del mar triásico, que tiene sensiblemente la misma forma que la zona de la Re-

<sup>20</sup> Etude synthétique sur le Mésozoïque mexicain, par C. Burckhardt.—Mémoires de la Société Paléontologique Suisse, Vols. II-L, Bâle, 1930, p. 5.

<sup>21</sup> Hidrogeología de la región Acambay-Ixtlahuaca. L. Blásquez.

pública, donde predominan las rocas ígneas efusivas, como si debido a intensos movimientos tectónicos esta zona ofreciera por un profundo fracturamiento, fácil acceso a los magmas abisales, posteriormente obligados a surgir. Este mar digamos, interno, explicaría la presencia de una serie de colectores consecuentes longitudinales, probablemente localizados en formaciones paleozoicas, inclinados de sur a norte, en la vertiente meridional de dicho mar.

A fines del Triásico sobrevinieron erupciones probablemente poco importantes, que dejaron en las pizarras, las capas intrusivas y diques asociados, inaugurándose poco después un período continental durante el cual la erosión destruyó las cubiertas de rocas eruptivas y aun a las mismas pizarras, hasta que una nueva transgresión, en el Cretácico superior, permitió el depósito de las calizas. Probablemente a fines del Cretácico ocurrió un vigoroso levantamiento de la región, que tratándose de una zona muy quebrada, fué acompañado o seguido por las más importantes erupciones que han ocurrido en México, o sean las del Terciario, posiblemente del Mioceno, iniciadas con las andesitas de hornblenda, y seguidas por las dacitas y riolitas.

Entonces el relieve del terreno debió consistir en una red de sierras formadas por las rocas ígneas, emitidas por erupciones a lo largo de fracturas, con numerosas cuencas cerradas. Posteriormente los cursos que desaguaban en el mar, retrocediendo constantemente su origen, conforme avanzaba su proceso erosivo, venían conectando las cuencas cerradas y los valles longitudinales, por medio de capturas hasta formar cuencas hidrográficas muy extensas.

A fines del Plioceno y en el Pleistoceno ocurrieron nuevas erupciones a favor de grietas preexistentes y formadas entonces por el empuje de los magmas, apareciendo las andesitas basálticas y los basaltos. En la región estas erupciones alcanzaron una importancia extraordinaria, convirtiéndola en una de las principales provincias basálticas del país. Las andesitas de hornblenda y rocas miocénicas fueron cubiertas en gran parte y se formaron nuevas eminencias, muchas de ellas aisladas en el interior de las planicies. El relieve sufrió una modificación considerable, volviéndose a patentizar fosas tectónicas ocupadas por lagos y pilares de altos bordes, también con lagos interiores. Las arenas y brechas basálticas cubrieron grandes áreas, donde el drenaje se modificó por completo y la región adquirió un aspecto muy semejante al que tiene en la actualidad.

## HIDROLOGIA SUBTERRANEA

### FACTORES EXTERNOS

La zona norte de Michoacán pertenece a la Altiplanicie mexicana y forma parte de la provincia hidrogeológica del Neogénico. El clima que reina en ella

puede considerarse como mediterráneo caliente de altitud tipo mexicano o subtropical de altura, según el Ing. Pedro Sánchez.<sup>22</sup>

Los datos consignados por el Servicio Meteorológico Mexicano son los siguientes:

TABLA NUMERO 4

ESTACIONES	Temperaturas			Precipitación total en mm.	Altitud
	Máxima	Mínima	Media		
Tlalpujahua.....	31.1	— 3.3	13.6	906.7	2592
Molino de Caballeros.....	31.6	— 8.6	14.6	924.4	
Maravatío.....	33.5	— 2.5	17.1	776.9	2015
Zinapécuaro.....	40.0	— 2.5	18.5	754.6	1840
Cuitzeo.....	37.7	0.0	19.9	652.4	1831
Morelia.....	31.0	1.6	17.2	833.0	1923
La Huerta, Hda.....	36.3	— 8.1	16.9	802.7	1903
Tirepetío.....				862.0	2055
Pátzcuaro.....	36.5	— 5.6	16.0	1109.6	2138
Zacapu.....	34.8	— 6.0	15.6	836.6	2000
Botello, Hda.....	40.6	— 4.0	17.9	906.0	1778
Angamacutiro.....	36.5	1.2	19.7	875.0	1700
La Piedad.....	37.0	0.0	19.0	1032.7	1675
Zamora.....	37.5	— 2.0	20.0	824.7	1560
Yurécuaro.....	41.3	2.4	23.0	806.1	1545
Guaracha.....				710.9	1735
Zahuayo.....				648.1	1532

Según los datos anteriores, las precipitaciones más abundantes ocurren en Pátzcuaro y una zona de La Piedad a Zacapu, por Angamacutiro y la hacienda Botello. Podemos decir que según estos datos, las lluvias más intensas ocurren en los bloques elevados de Pátzcuaro y Zacapu. Igualmente una zona de lluvias abundantes se localiza en el bloque alto de Maravatío. En las partes restantes la precipitación varía aproximadamente de 700 a 800 mm. presentándose con menor abundancia en Cuitzeo y Zahuayo, que corresponden a bloques hundidos.

La zona de temperatura más elevada corresponde también a los bloques hundidos y la de temperatura más baja a los bloques más altos. De manera que en los bloques bajos reina un clima caliente con lluvias más bien escasas y en los bloques altos, un clima templado con lluvias medianas.

Como de clima caliente y húmedo tenemos que considerar el de Zamora, Yurécuaro, La Piedad y Angamacutiro. Como de clima frío, húmedo también, consideramos el de Molino de Caballeros, Tlalpujahua, Maravatío, Zinapécuaro, Pátzcuaro, Zacapu y la hacienda Botello. Ambos climas han sido clasificados por su excesiva variación de máximas a mínimas como de altitud o de montaña, com-

<sup>22</sup> Estudio de Climatología Comparada, Publ. 19. Secr. Agric. y Fom. Direc. Geogr. Clim. Hídr., 1929.

prendidos dentro del tipo mexicano, del que consideramos cuatro subtipos: frío seco que llamaremos pachuqueño, frío húmedo que llamaremos toluqueño, caliente seco que llamaremos lagunero, por la comarca lagunera de Torreón, y caliente húmedo que llamaremos zamorano.

Para los fines de nuestro estudio tenemos que atender principalmente a la precipitación que consideramos distribuída en la siguiente forma:

TABLA NUMERO 5

Z O N A S		Superficie en Km. <sup>2</sup>	Precipitación media mm.	Gastos hidr. M <sup>3</sup> por Seg.	Gasto hidr. Lts. p. Km <sup>2</sup>
Maravatío	{ montañas.....	915.5	971	28.188	29.0
	{ planicie.....	776.9	913	22.492	24.6
Cuitzeo	{ montañas.....	915.5	2834	82.271	29.0
	{ planicie.....	780.9	1143	28.303	25.0
Pátzcuaro	{ montañas.....	1300.0	1194	49.219	41.2
	{ planicie.....	1109.6	331	11.646	35.2
Zacapu	{ montañas.....	1300.0	1124	46.342	41.2
	{ planicie.....	939.8	1632	48.629	29.8
Zamora	{ montañas.....	1000.0	2504	79.401	31.7
	{ planicie.....	824.7	1021	25.879	26.2
Chapala	{ montañas.....	1000.0	3009	95.414	31.7
	{ planicie.....	808.4	986	25.275	25.7
		17 662			

Hemos observado que la precipitación es mayor en las montañas de cada bloque respecto a las planicies y por tal razón, tomando el promedio de los excesos, aceptamos 1,300 mm. como precipitación para las montañas de Pátzcuaro y Zacapu. La precipitación media resulta de 972.4 mm.

En la cuenca alta del río Lerma, para el período 1900 a 1914, se obtuvo con cálculos muy laboriosos, una precipitación media de 853.7 mm. y de 1,000.00 mm. de mayo de 1922 a abril de 1923.<sup>23</sup> En la región del Bajío, Gto., encontramos como precipitación media 625.4 mm.

*Infiltración.*—Los coeficientes máximos de infiltración corresponden a las formaciones de brechas, arenas y corrientes basálticas, en muchas de cuyas superficies no llega a producirse escurrimiento. Los coeficientes más bajos pertenecen a las superficies de arcillas y rocas andesíticas o riolíticas. La evaporación es muy importante en la región. En la parte de la cuenca del Lerma, cercana a Molino de

<sup>23</sup> Estudio hidrológico del río Lerma. (Región alta), por el Ing. Manuel M. Mendiola. Publ. 6. Com. Nac. de Irrig. 1928.

Caballeros, el ingeniero Mendiola determinó 2,731.9 mm.; siendo indudable que en las zonas de clima caliente, la evaporación es aún mayor. El coeficiente de escurrimiento en la cuenca alta del Lerma, es según el mismo señor ingeniero Mendiola, de 14.4%. Seguramente que en esta parte de la cuenca, el coeficiente es más bajo, por la influencia de las superficies de rocas basálticas y lo podremos estimar en un 10%, alcanzando valores de 15 a 20% en las cuencas donde no predominan las rocas basálticas. Para estimar los volúmenes de agua infiltrada tenemos que atender a la naturaleza del terreno.

TABLA NUMERO 6

Z O N A S	Precipitación en mm.	Superficie en Km. <sup>2</sup>	Coefficiente de infiltración	Agua subterránea Lts. p. Seg.	Gasto hidráulico p/s y K. <sup>2</sup>	Porcentaje en total	
Maravatío, andesitas, riolitas y otras rocas.....	915.5	751	10%	2180	2.9	1.5	
Cuitzeo	basaltos.....	915.5	220	30	1920	8.7	1.4
	planicie.....	776.9	913	40	9020	9.9	6.5
	andesitas y riolitas.....	915.5	1815	10	5280	2.9	3.8
Pátzeuaro	basaltos.....	915.5	1019	30	8850	8.7	6.3
	planicie.....	780.9	1143	40	11300	9.9	8.1
	andesitas.....	1300.0	605	10	2500	4.1	1.8
Zacapu	basaltos.....	1300.0	589	30	7280	12.4	5.2
	planicie.....	1109.6	331	40	4660	14.1	3.3
	andesitas.....	1300.0	436	10	1800	4.1	1.3
Zámora	basaltos.....	1300.0	1029	30	12730	12.4	9.1
	planicie.....	939.8	1027	40	12250	11.9	8.8
	andesitas.....	1000.0	1061	10	3370	3.2	2.4
Chapala	basaltos.....	1000.0	1443	30	13710	9.5	9.8
	planicie.....	824.7	1021	40	10700	10.5	7.7
	andesitas.....	1000.0	1545	10	4910	3.2	3.5
Penjamillo	basaltos.....	1000.0	1461	30	13920	9.5	10.0
	planicie.....	808.4	989	40	10180	10.3	7.3
	andesitas.....	1300.0	13	10	54	4.1	0.4
	basaltos.....	1000.0	154	30	1460	9.5	1.0
	planicie.....	900.0	97	40	1109	11.4	0.8
			17662		139183		

## MANIFESTACIONES ACUIFERAS

*Manantiales.*—Fueron relativamente pocos los manantiales que visitamos. A continuación damos una lista de ellos con la anotación correspondiente (Véase tabla número 7).

Los 73 manantiales anotados representan más o menos la séptima parte de

TABLA NUMERO 7

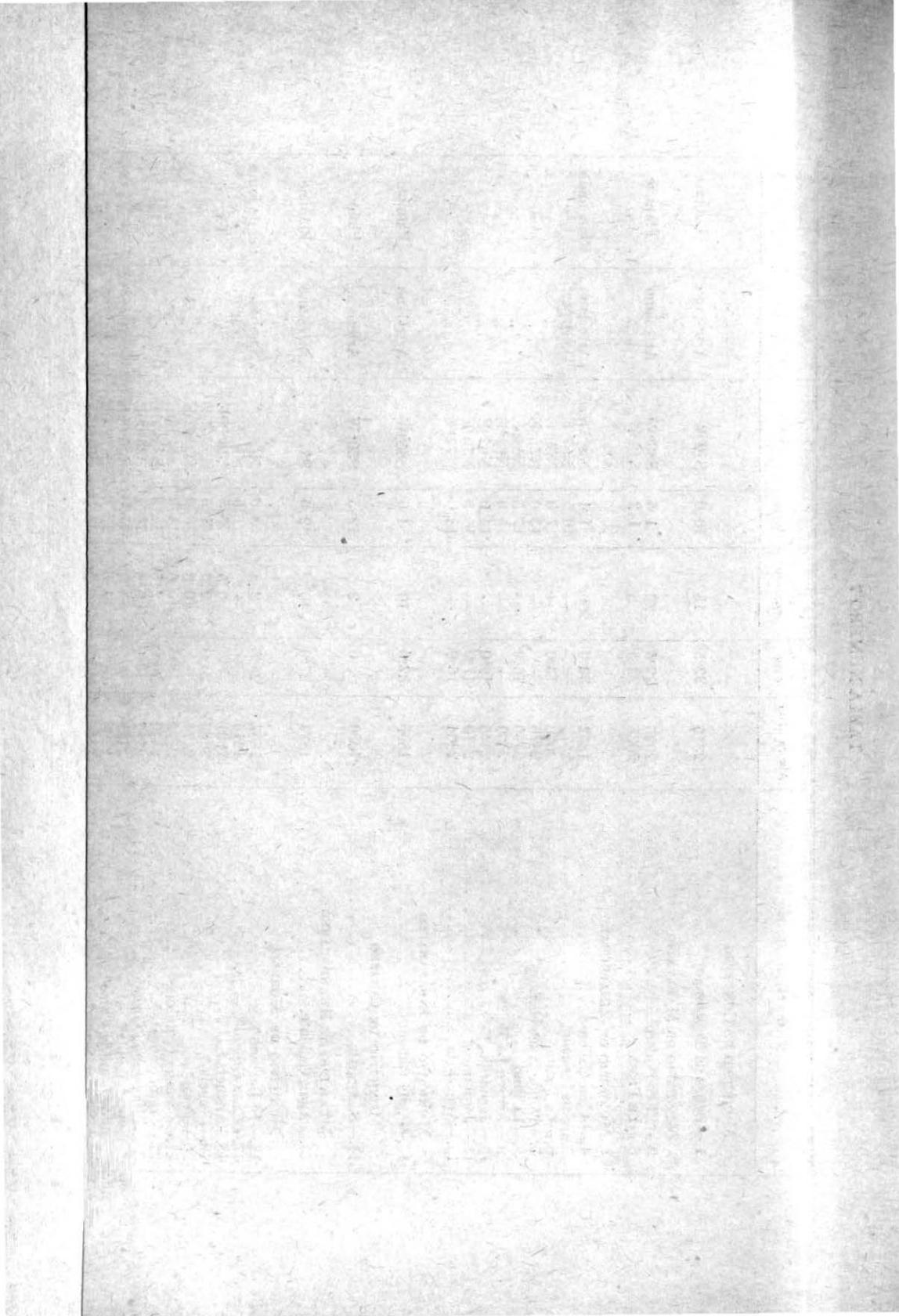
		Temp.	Litros por	Dist.			
<b>MUNICIPIO DE TANGANCICUARO</b>							
57.—Camécuaro .....	1674	22°9	3000	1.0	N15°W	De valle	Pie de cerro
58.—Cupatziro .....	1692	18°5	3	0.8	S5°W	"	Planicie
59.—Junguarán.....	1698	18°5	15	1.2	S47°W	"	"
<b>MUNICIPIO DE JACONA</b>							
60.—El Bosque.....	1587	21°0	106	2.0	S30°W	De base	Loma
61.—Alberca La Luz.....	1586	19°5	2476	5.0	S20°W	"	Pie de loma
62.—Santo Entierro.....	—	19°0	5	3.0	N55°W	"	"
63.—Erandino.....	—	19°0	10	3.5	N80°W	"	"
64.—La Estancia.....	—	19°0	17	7.5	N77°W	"	"
<b>MUNICIPIO DE IXTLAN DE LOS HERVORES</b>							
65.—Pozo Hirviente .....	1530	93°0	2	2.0	S40°E	Artesiano	Planicie
66.—Hirviente Salitre.....	1530	93°5	3	4.0	S38°E	Artesiano	Planicie
67.—Pozo Verde.....	1530	60°0	0.2	5.5	S28°E	"	"
<b>MUNICIPIO DE YURECUARO</b>							
68.—Agua Caliente.....	1535	34°0	—	1.0	E	Artesiano	Planicie
69.—El Huizache.....	1535	33°0	—	5.0	SE	"	"
70.—Mirandillas.....	1695	23°0	—	12.0	S77°E	De superf.	Loma
<b>MUNICIPIO DE PAJACUARAN</b>							
71.—Agua Caliente.....	1532	32°0	—	1.0	E	Artesiano	Planicie
<b>MUNICIPIO DE VENUSTIANO CARRANZA</b>							
72.—El Atravesaño.....	1532	28°0	12	3.0	N78°E	Artesiano	Planicie
73.—El Platanar.....	1532	28°0	10	8.0	S22°E	"	"

\* Datos del Sr. Ing. Apolinar Hernández.

TABLA NUMERO 7

N O M B R E	Altura Mts.	Temp. agua	Litros por segundo	Dist. Kms.	Rumbo	Clasificación	Situación
<b>MUNICIPIO DE CONTEPEC</b>							
1.—Baños de Tepetongo.....	2316	32°5	15	10.0	S10°W	Artesiano	Loma
<b>MUNICIPIO DE MARAVATIO</b>							
2.—El Hervidero.....	2025	22°5	20	1.5	S33°W	Artesiano	Planicie
3.—La Presa.....	2025	22°5	8	1.2	S49°W	"	"
<b>MUNICIPIO DE ZINAPECUARO</b>							
4.—Agua Caliente.....	1852	32°0	200	1.4	N80°W	Artesiano	Rinconada
5.—San Ignacio*.....	2475	—	—	16.5	N57°E	De superf.	—
6.—La Peñita*.....	2570	13°0	—	17.0	N59°E	"	—
7.—Donde Nace el Agua*.....	2470	—	—	15.0	N55°E	"	—
8.—El Pino.....	2440	16°0	—	17.5	N64°E	"	—
9.—Arroyo La Bolsa*.....	2460	—	—	16.0	N62°E	"	—
10.—Jacuarillo*.....	2445	19°0	—	14.0	N61°E	"	—
11.—Jeráhuaro*.....	2410	17°0	—	18.5	N70°E	"	—
12.—Agua Fría.....	2804	16°0	—	18.0	N72°E	"	—
<b>MUNICIPIO DE INDAPARAPEO</b>							
13.—Agua Caliente.....	1850	32°0	10	4.0	S85°W	Artesiano	Planicie
<b>MUNICIPIO DE CUITZEO</b>							
14.—S. Agustín.....	1830	89°0	2	12.5	S30°W	Artesiano	Planicie
<b>MUNICIPIO DE HUANDACAREO</b>							
15.—Agua Caliente.....	1830	37°0	10	2.0	S27°W	Artesiano	Planicie
<b>MUNICIPIO DE MORELIA</b>							
16.—El Barreno*.....	1897	25°0	2	3.0	N	De base	Pie de loma
17.—Casa Cristal*.....	1915	—	—	1.5	S	De superf.	—
18.—Higuera*.....	2061	—	0.5	7.5	S46°00E	"	Cerro
19.—Rebello*.....	2063	21°0	2.0	11.0	S55°30E	"	"
20.—Peral*.....	2171	—	3a10.0	18.0	S50°30E	"	"
21.—Ciénega Capulines*.....	2172	18°5	1a10.0	14.5	S44°00E	"	"
22.—Agua Caliente*.....	2110	20°0	2.5	14.5	S38°30E	"	"
23.—Blanchafón Grande*.....	2197	16°0	9.0	16.1	S35°00E	"	"
24.—Lechuguilla*.....	2195	—	—	17.6	S35°00E	"	"
25.—Blanchafón Chico*.....	2208	—	1.0	15.9	S34°00E	"	"
26.—Peña S. Pedro*.....	2250	16°0	0.5	16.5	S33°15E	"	"
27.—Zarzamoral*.....	2211	17°0	4.5	15.0	S32°30E	"	"
28.—La Mora*.....	2260	18°0	4.5	17.0	S32°00E	"	"
29.—Molcajete*.....	2307	—	0.5	15.2	S26°30E	De superf.	Cerro
30.—Capulines*.....	2326	15°0	1.7	15.4	S21°31E	"	"
31.—La Marta*.....	2390	—	1.0	14.3	S14°30W	"	"
32.—El Sabino*.....	1978	20°5	4.0	14.4	S13°30W	"	"
33.—Jacuaro*.....	1979	19°5	75.0	14.5	S14°30W	"	"
34.—Uruapilla.....	2022	19°5	244.0	13.0	S15°30W	"	"
35.—S. Antonio Parangaré*.....	2073	—	—	8.2	S25°00W	"	"
36.—Baños Cointzio*.....	1909	32°05	10.0	7.3	S29°00W	Artesiano	Pie de cerro
37.—Potrerillo*.....	1905	29°0	6.7	5.0	S32°30W	"	"
38.—La Agüita.....	1904	21°5	3.0	6.6	S74°00W	De base	Pie de loma
39.—Tinjaró*.....	1903	21°0	8.0	6.6	S76°15W	"	"
40.—Zindurio*.....	1904	21°5	4.0	5.0	S85°15W	"	"
41.—El Salto*.....	1892	22°0	10.0	2.8	N72°00W	"	"
42.—La Quemada*.....	1906	29°0	4.0	3.0	N70°00W	"	"
43.—Jesús María*.....	1915	22°5	25.0	4.7	N47°30W	"	"
44.—El Obispo*.....	1910	—	10.0	4.7	N45°00W	"	"
<b>MUNICIPIO DE ACUITZIO</b>							
45.—Arostato.....	2020	—	2.0	2.0	N	De superf.	—
46.—Ojo Grande*.....	2031	19°0	36.0	0.7	E	"	—
47.—Ojo Chiquito*.....	2039	—	8.0	1.0	SE	"	—
48.—Los Higos.....	2048	—	—	0.3	S	"	—
49.—Querérimo.....	2073	—	10.0	0.8	SW	"	—
50.—La Alameda*.....	2115	19°0	10.0	2.3	SW	"	—
<b>MUNICIPIO DE QUIROGA</b>							
51.—Caja de Agua.....	2110	18°0	4.0	4.5	N45°E	De superf.	Cerro
<b>MUNICIPIO DE ZACAPU</b>							
52.—Zacapu.....	1973	17°6	2000.0	1.0	N54°W	De valle	Planicie
53.—La Angostura.....	1973	17°6	60.0	1.8	N20°E	"	"
<b>MUNICIPIO DE PURUANDIRO</b>							
54.—Geroche.....	1830	40°0	—	2.0	E	Artesiano	Cerro
<b>MUNICIPIO DE PENJAMILLO</b>							
55.—Penjamillo.....	1715	23°5	3	0.5	N	De superf.	Loma
<b>MUNICIPIO DE CHILCHOTA</b>							
56.—Carapan.....	1900	16°5	400	11.5	S33°E	De valle	Pie de cerro
<b>MUNICIPIO DE TANGANCICUARO</b>							
57.—Camécuaro.....	1674	22°9	3000	1.0	N15°W	De valle	Pie de cerro
58.—Cupatziro.....	1692	18°5	3	0.8	S5°W	"	Planicie
59.—Junguarán.....	1698	18°5	15	1.2	S47°W	"	"
<b>MUNICIPIO DE JACONA</b>							
60.—El Bosque.....	1587	21°0	106	2.0	S30°W	De base	Loma
61.—Alberca La Luz.....	1586	19°5	2476	5.0	S20°W	"	Pie de loma
62.—Santo Entierro.....	—	19°0	5	3.0	N55°W	"	"
63.—Erandino.....	—	19°0	10	3.5	N80°W	"	"
64.—La Estancia.....	—	19°0	17	7.5	N77°W	"	"
<b>MUNICIPIO DE IXTLAN DE LOS HERVORES</b>							
65.—Pozo Hirviente.....	1530	93°0	2	2.0	S40°E	Artesiano	Planicie
66.—Hirviente Salitre.....	1530	93°5	3	4.0	S38°E	Artesiano	Planicie
67.—Pozo Verde.....	1530	60°0	0.2	5.5	S28°E	"	"
<b>MUNICIPIO DE YURECUARO</b>							
68.—Agua Caliente.....	1535	34°0	—	1.0	E	Artesiano	Planicie
69.—El Huizache.....	1535	33°0	—	5.0	SE	De superf.	"
70.—Mirandillas.....	1695	23°0	—	12.0	S77°E	"	Loma
<b>MUNICIPIO DE PAJACUARAN</b>							
71.—Agua Caliente.....	1532	32°0	—	1.0	E	Artesiano	Planicie
<b>MUNICIPIO DE VENUSTIANO CARRANZA</b>							
72.—El Atravesaño.....	1532	28°0	12	3.0	N78°E	Artesiano	Planicie
73.—El Platanar.....	1532	28°0	10	8.0	S22°E	"	"

\* Datos del Sr. Ing. Apolinar Hernández.



los manantiales de que se tiene noticia en la zona norte del Estado. Tenemos datos vagos de localización de otros 118, con indicación de temperatura, gasto hidráulico, uso del agua, calidad de ella, etc.

Los siguientes son los manantiales de la zona norte, excluyendo los anotados:

#### MUNICIPIO DE CONTEPEC

Termales: Buenavista, \* Atoronilco, \* El Salitre. \*

Fríos: El Molino, Ojo del Buey, La Taza, Las Varas, Los Sauces, Yeregé, Cerro Prieto, \* Tenerías. \*

#### MUNICIPIO DE TLALPUJAHUA

Fríos: La Ciénega, \* Mirtos, \* Agua Fría, El Panal, Estanzuela, Peñita Colorada, Vegas, Cedros, Remedios, Sandía, San Javier, San José, Buenavista.

#### MUNICIPIO DE SENGUIO

Fríos: La Mora, \* Fresno, \* Agua Escondida, \* Membrillos, La Ciénega, Alamo, Rincón de San Andrés, Carolina, Joya, Manga de Clavo, Peñas Blancas, Pozo Azul, San Isidro, Silva, Ucás.

#### MUNICIPIO DE MARAVATÍO

Fríos: Agua Caliente, Ciénega de Casa Blanca, El Naranja, El Sabino, Salitrillo, Guapamacátaro, Laguna del Fresno, La Cortina, Fuentes de Maravatío, Tres Piedras.

#### MUNICIPIO DE ZINAPÉCUARO

Termales: Bocaneo, \* Terchuan, \* Macítaro, \* El Gallo, \* Laguna Verde, \* Huingo. \*

Fríos: Agua Fría, Tullillo, Laguna Larga, La Puerta, Tajimaroa, \* La Mora, \* El Fresno, \* Diance, \* El Nacimiento. \*

#### MUNICIPIO DE INDAPARAPEO

Fríos: Los Naranjos, \* Cimientillos, Chapatuato, Cruces, Guayabos, San Lucas Pío, Tufita.

\* Los manantiales marcados con este signo figuran en nuestro catálogo de datos proporcionados por los presidentes municipales.

## MUNICIPIO DE QUERÉNDARO

Fríos: Azul, Durazno, Peral, Ciénaga, La Luz, Pilas, Cedros, Llanitos, Mal País, Saca de Agua.

## MUNICIPIO DE ÁLVARO OBREGÓN

Termales: Varios hervideros.

Frío: Quirio.

## MUNICIPIO DE CUITZEO

Termales: San José Tarameo, \* Baño Prieto. \*

## MUNICIPIO DE SANTA ANA MAYA

Fríos: Aguacate, Galán, Huacao.

## MUNICIPIO DE TARÍMBARO

Fríos: Agua Escondida, Chiquimitío, Tambor, Tizar, La Mora, Tierra Azul, Sauces, Ojo de Mar, Santa María, Caricio, Ojo de Agua, Taríndaro, Tupito.

## MUNICIPIO DE HUANDACAREO

Fríos: Tupátaro, \* La Peñita, \* El Verde, \* San Cristóbal, \* Urimitiro.

## MUNICIPIO DE CHUCÁNDIRO

Termales: Chucándiro, \* Baño de las Arenas, Baño de San Sebastián.

Fríos: El Platatanal, Tanimireche.

## MUNICIPIO DE CHARO

Fríos: Cienaguilla, El Cuervo, Jaral, Trementina, Tepetates, Peña Cargada, Pila de Santiago, Tocuro, Triguillos y San Pablo.

## MUNICIPIO DE MORELIA

Termales: Quengo, \* Zintzin. \*

Fríos: Jesús María, Agua Zarca, Zarzal, Itzcuaru, Ciénaga, Pitahayas, Tacúcuaro.

---

\* Los manantiales marcados con este signo figuran en nuestro catálogo de datos proporcionados por los presidentes municipales.

## MUNICIPIO DE ACUITZEO

Termal: Pila de Agua Caliente.

## MUNICIPIO DE PÁTZCUARO

Fríos: Chapultepec, Pátzcuaro, Cruz de Cantera, Curín, Vasco de Quiroga, Yuritzio.

## MUNICIPIO DE TZINTZUNTZAN

Fríos: Cuenembo, Chuchuátiro, Pacanda, Pilas, Molino de San Rafael.

## MUNICIPIO DE QUIROGA

Termal: Atzintzindaro. \*

Fríos: Coríngaro, La Pera, Quiroga, Santa Fe, San Jerónimo, Zirandangacho, Tzintzihuamaro, \* Izuraminio, \* Patambicho. \*

## MUNICIPIO DE ERONGARÍCUARO

Fríos: Chivo, \* Las Estacas, \* Canca, \* Jacalito, Erongarícuaro, Pequeño, San Juan.

## MUNICIPIO DE ZACAPU

Fríos: Tarejero, \* Naranja \* Angostura, Buenavista, Cerrito Colorado, Congrega, Curuseo, El Nuestro, La Cruz, Ojo de Agua, Zapíndaro, Zarza, Zipimeo

## MUNICIPIO DE HUANIQUEO

Termales: Huaniqueo, \* Caramécuaro, \* Lucas.

Fríos: Agua Fría, \* Agua Negra, \* Baño de Manza, \* Jesús María, \* Cienaguita, \* Agua Blanca, \* Aróstato, Cocóndiro, La Peñita, \* San Angel, Santa Fe, Puruátiro.

## MUNICIPIO DE COENEO

Termal: Agua Caliente. \*

Fríos: Bellas Fuentes, \* San Isidro, \* Cortijo, \* Higuera, \* Matorio, \* Ziprayo, \* Quencio, Coeneo. \*

\* Los manantiales marcados con este signo figuran en nuestro catálogo de datos proporcionados por los presidentes municipales.

## MUNICIPIO DE VILLA MORELOS

Termal: Agua Tibia.\*

Fríos: Zimbanguaro, \* Ojo de Agua, Caballerías, Las Cruces, Rancho Viejo, San Angel, Ururemba, Villa Morelos, Zárate.

## MUNICIPIO DE VILLA JIMÉNEZ

Termales: Zimbanguaro.\*

Fríos: Manzanillo, \* Caurín, \* Caramécuaro, Alberca, Uvas, Taray.

## MUNICIPIO DE PURUÁNDIRO

Termales: Agua Tibia, \* Tepácuaro, \* El Carrizo.

Fríos: Carano, Sabino, Zaputo, Lantrisco, Puerta del Llano, San José, Santa Ana, Agua Gorda.

## MUNICIPIO DE PANINDÍCUARO

Fríos: Epejan, \* Pomácuaro, \* Floripondios, \* Insosio, \* Cal y Canto, \* Gradado, \* Quirísicua, \* Piojo, \* Piricho, \* Aguanuato, \* Bellavista, \* Plátano, \* San Juan, \* Botello, \* Purísima, \* Fresno, \* Piedad Chiquita, \* Bautista, \* Curimeo, \* Chirimoyas.\*

## MUNICIPIO DE ANGAMACUTIRO

Termal: Agua Caliente.

Fríos: Angamacutiro, \* Aranjuez, Chinilpa, Guadalupe, Mirabay, San Diego, San Ignacio.

## MUNICIPIO DE PENJAMILLO

Termal: Nórica.\*

Fríos: Oates, \* Petatzícuaro, \* Tejocote, \* Ojo de Agua, \* Sauz, \* Patambarrillo, \* Patámbaro, \* Jamacua, \* Guayabo, \* Ziquítaro, \* Agua Caliente, Chupadero, Platanal, García.

## MUNICIPIO DE CHILCHOTA

Fríos: San Pedro, \* Huácató, \* Cuineo, \* Echugarecho, \* Baño de Pascual, Chilchota, Ichunguachó, Otácuaro, Tanaquillo.

\* Los manantiales marcados con este signo figuran en nuestro catálogo de datos proporcionados por los presidentes municipales.

## MUNICIPIO DE PURÉPERO

Fríos: Agua Tapada, La Alberca.

## MUNICIPIO DE TLAZAZALCA

Fríos: Agua Caliente, Audiencia, El Baño, El Fresno, Sauz, Estancia, Junilco, Purúsaro.

## MUNICIPIO DE CHURINTZIO

Fríos: Churintzio, \* Ojo de Agua, \* Buenos Aires, Changuitiro, Carrizo, El Muerto, Sauz, Patzímario, Rincón de Enmedio, Sanguijuela.

## MUNICIPIO DE ECUANDUREO

Termales: Agua Caliente, \* Las Fuentes, \*

Fríos: Ucácuaro, \* Agua Grande, \* Guayabo, \* El Chico, El Grande, Sauz, El Tanque.

## MUNICIPIO DE LA PIEDAD

Termales: Agua Caliente, \* Agua Tibia, \* Torrente. \*

Fríos: Algodonal, Cujaruato, El Fuerte, El Pandillo, Los Guajes, Paredones, Taquiscuareo.

## MUNICIPIO DE TANGANCÍCUARO

Fríos: San José, Pedregal, Etúcuaro, La Palma, Los Aguacates, Ojo de Agua Grande, Patambam, Taramécuaro.

## MUNICIPIO DE JACONA

Fríos: El Disparate, \* El Cerezo.

## MUNICIPIO DE ZAMORA

Frío: Sauz de Arriba.

## MUNICIPIO DE ZINÁPARO

Fríos: El Arte, El Salvador, Saucito, Sauz.

---

\* Los manantiales marcados con este signo figuran en nuestro catálogo de datos proporcionados por los presidentes municipales.

## MUNICIPIO DE TANGAMANDAPIO

Fríos: Sabino, \* Presa, \* Estancia, \* Bendito, Paso de Tarécuato, Peñita, Guayabera, Tejería, Ojo de Agua Chico, Querénguaro, San Pedro, Telonso.

## MUNICIPIO DE CHAVINDA

Fríos: El Baño, Verduzco.

## MUNICIPIO DE IXTLÁN

Fríos: Puga, \* Sangarabo, \* Cerezo, \* Placitas, \* Cumira, Garuto, Ojo de Agua.

## MUNICIPIO DE TANHUATO

Fríos: Carámica, Inándiro, Tarimoro, Vargas.

## MUNICIPIO DE YURÉCUARO

Fríos: Buena Huerta, Cominche, Refugio, La Joya, Nutrias.

## MUNICIPIO DE GUARACHITA

Fríos: El Plumaje, El Puerto, Eulerio, Mendoza, Zindio.

## MUNICIPIO DE PAJACUARÁN

Fríos: Caripo, \* Palo Alto, \* Barranca del Agua, \* El Coyote, Tapanco, Ojo de Agua, Peribán, Sosa.

## MUNICIPIO DE VISTA HERMOSA

Frío: Cerro de Gonzalo.

## MUNICIPIO DE JIQUILPAN

Fríos: Barranca del Aire, Cerrito Pelón, Junco, Saucillo, Guirio, Remedios, Santa Bárbara, Zalote.

## MUNICIPIO DE ZAHUAYO

Fríos: Gallinas, \* El Guayabo, La Joya, Zahuayo.

---

\* Los manantiales marcados con este signo figuran en nuestro catálogo de datos proporcionados por los presidentes municipales.

## MUNICIPIO DE COJUMATLÁN

Termal: Agua Caliente.

Fríos: Barranca, Barranca del Tule, Cuzco, Carrizo, Guayabo, Sauz, Zapote, Longaniza, Pila Llovedora, Los Indios, Marqués.

Describiremos los principales manantiales que conocimos, refiriéndonos a ellos en el orden en que figuran en la tabla número 7.

El manantial 13, Agua Caliente de Zinapécuaro, emerge al pie de un lomerío riolítico bajo que forma una pequeña rinconada (fotografía número 13). Su caudal es bastante considerable como puede apreciarse (fotografía número 14).

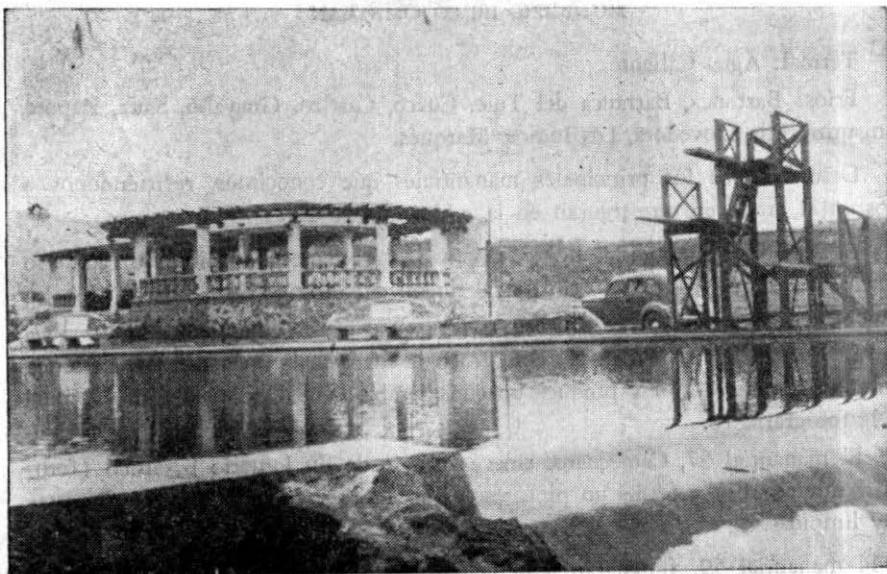
El manantial 52, de Zacapu, emerge en la margen de una corriente basáltica (fotografía número 15) y produce un considerable caudal de agua como lo ilustra la fotografía 16.

El manantial 57, Camécuaro, emerge al pie de un lomerío basáltico (fotografía número 17) y forma un pintoresco lago (fotografía número 18) de aguas muy límpidas.

El manantial 59, Junguarán, emerge en una porción interna de la planicie (fotografía número 19), en relación con una corriente basáltica cubierta por arcillas rojizas.



Fotografía número 13.—Emergencia de El Agua Caliente, Zinapécuaro, Mich.



Fotografía número 14.—Balneario de Agua Caliente de Zinapécuaro, en las inmediaciones del manantial del mismo nombre.



Fotografía número 15.—Manantial de Zacapu.

El manantial 61, Alberca de La Luz (fotografía número 20), da nacimiento al río Celis, en la margen de una extensa corriente basáltica.

Los pozos hirvientes de Ixtlán son muchos, en una zona que abarca unos tres kilómetros cuadrados. El pozo 65 es uno de los más inmediatos a la cabecera municipal, y brota en un pequeño orificio de unos 0.40 metros de diámetro, rodeado de piedras (fotografía número 21). El agua se agita en constante ebullición con ligero desprendimiento de vapor. El pozo del Salitre (66) puede apreciarse mejor en las fotografías números 22 y 23.

En la planicie de Jiquilpan, cerca del cerro de El Platanar existe una interesante laguneta (fotografía número 24) alimentada en parte por aguas termales, geysirianas.

Han ocurrido muy fuertes explosiones con proyecciones de gran cantidad de lodo y por pequeños orificios brotan las aguas con elevada temperatura, formando pequeños volcancitos de lodo (fotografía número 25). Las aguas que emergen en estos orificios, dejan sedimentos salinos al evaporarse en los charcos aislados que se forman en las orillas de la laguna. En Baja California, a 38 kilómetros al SE. de Mexicali, existe una laguna semejante con volcanes de lodo de mayor importancia.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Memoria de la Comisión del Instituto Geológico de México que exploró la región norte de Baja California. Parergones T. IV, Núms. 2-10, pp. 220-222. 1912.

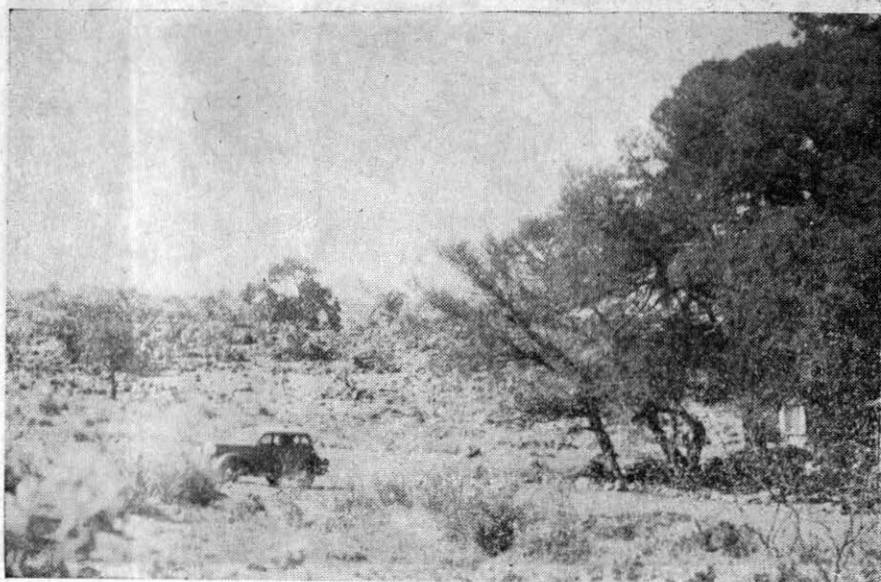


Fotografía número 16.—Manantial de Zacapu que da origen a la ciénaga de Zacapu.

TABLA NUMERO 8

LOCALIDAD O NOMBRE	Altura Mts.	Temp. del agua gra- dos, C.	Profundidad al nivel del agua, Mts.	Profun- didad total Mts.	Gasto hidráulico Lts. por seg.	Distán- cia, Kms.	Rumbo	Acuífero
<b>MUNICIPIO DE CUITZEO</b>								
1.—Plaza.....	1840	21º0	13.5	15.0	1.0	0.1	S40°W	Freático
2.—Convento.....	1843	21º2	16.2	16.5	1.0	0.05	S10°E	"
3.—Extremo N. Dique.....	1828	17º0	1.0	2.0	0.5	1.7	S20°E	"
<b>MUNICIPIO DE TARIMBARO</b>								
4.—Cuto.....	1904	15º0	3.0	9.0	1.0	7.0	N10°E	Freático
5.—Cocillo Grande.....	1852	18º0	1.0	1.5	0.02	4.8	S70°E	"
6.—Uruétaro*.....	1841	22º0	0.6	1.5	0.05	9.0	E	"
<b>MUNICIPIO DE HUANDACAREO</b>								
7.—Pozo artesiano.....	1829	20º0	Brotante	45.0	2	2.5	S18°W	Artesiano
<b>MUNICIPIO DE MORELIA</b>								
8.—Colonia Zapote*.....	1906	19º0	4.0	5.0	0.02	3.0	SE	Freático
9.—Cerca Inspección*.....	1912	19º5	12.0	13.0	0.02	1.0	S70°E	"
10.—Cerca Inspección*.....	1911	18º0	11.0	12.5	0.02	1.5	S68°E	"
11.—Cerca Inspección.....	1910	19º0	7.0	12.0	0.02	1.5	S65°E	"
12.—Zamudio.....	1910	21º0	10.0	61.0	8	3.0	S27°E	Subartesiano
13.—Gral. Medina.....	1910	19º0	5.0	83.4	12	3.8	S30°E	"
14.—Gral. Magaña.....	1920	19º0	29.0	45.0	5	4.0	S40°E	"
15.—Cortijo.....	1863	23º0	2.0	63.0	—	2.0	S80°W	"
16.—Jesús Rico.....	1860	23º0	5.0	60.0	6	3.0	N89°W	"
<b>MUNICIPIO DE QUIROGA</b>								
17.—Santa Fe.....	2034	16º0	5.2	5.4	0.02	5.0	N30°W	Freático
<b>MUNICIPIO DE PURUANDIRO</b>								
18.—Cerca Plaza.....	1860	15º0	10.0	12.0	0.05	1.0	S40°E	Freático
<b>MUNICIPIO DE PUREPERO</b>								
19.—Barrio Alto.....	1960	12º0	18.0	39.0	—	0.8	S70°W	Freático
20.—Abraham Contreras.....	1942	16º0	8.2	8.8	0.02	0.6	S60°E	"
21.—Pozo Viejo.....	1937	15º2	1.0	4.0	0.03	1.5	S80°E	"
<b>MUNICIPIO DE TANGANCICUARO</b>								
22.—Cupatziro.....	1660	19º0	1.2	3.0	15.0	0.8	S5°W	Freático
<b>MUNICIPIO DE LA PIEDAD</b>								
23.—Pozo público.....	1688	33º2	34.0	37.0	19.0	0.3	S75°E	Ascendente

\* Datos del Sr. Ing. Apolinar Hernández.



Fotografía número 17.—Lugar donde emerge el manantial de Camécuaro, marcado por los árboles.

*Pozos.*—Muy reducido es el número de pozos que conocimos, sus datos son los que figuran en la tabla 8.

Nos dimos cuenta de que las aguas freáticas son muy poco profundas, de 1 a 8 metros en la planicie de Maravatío; de 0.50 a 4.00 metros en la planicie baja de Cuitzeo y las orillas del lago de Pátzcuaro; de 1.0 a 15 metros en la planicie de La Barca y de 0.30 a 2.00 en la planicie de Zamora.

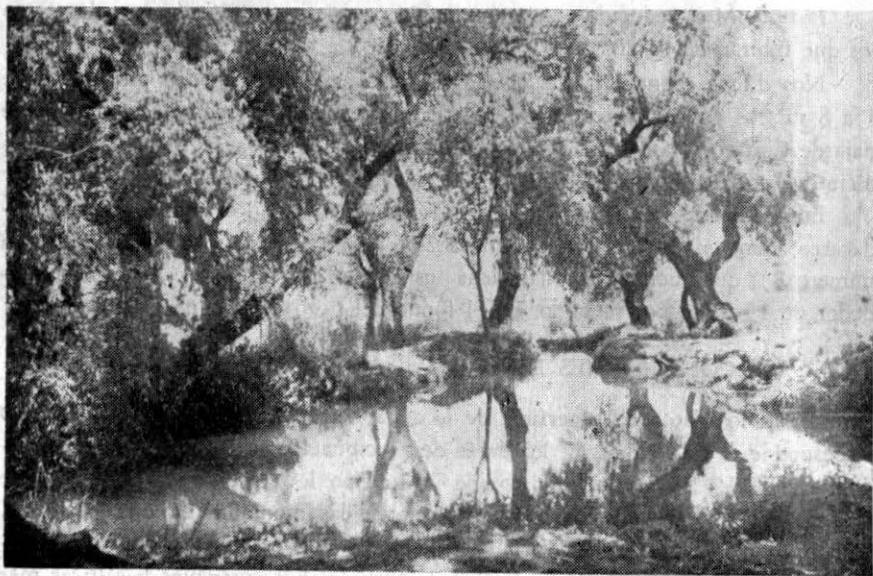
Entre los pozos enlistados son dignos de mencionarse los artesianos de Huan-dacareo, como el 7 (fotografía número 26) y el 23, de La Piedad (véase tabla número 8), que cuenta con una buena instalación de bombeo, para extraer alrededor de 19 litros por segundo. En el fondo del pozo existe una galería.

#### CONDICIONES DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Según los datos de superficie de la zona norte del Estado, a las montañas corresponde el 68.9%; según los datos de precipitación, a las mismas les corresponde el 70.1%; y según los datos de infiltración les corresponde el 57.5%, de manera que se hace notable la importancia de las montañas en esta parte del Estado. La circulación del agua en la mayoría de ellas es mixta normal, con preponderancia de la migratoria en las zonas invadidas por corrientes basálticas más o menos extensas, como las de Morelia, Chilchota, Tangancícuaro, Zacapu y Jaco-



Fotografía número 18.—Lago de Camécuaro, donde nacen las aguas.



Fotografía número 19.—Manantial de Junguarán, Tangancicuaro.

na, y con preponderancia de la circulación normal en las elevaciones constituídas por arenas volcánicas, como en los alrededores de Tacícuaro, Capula, Quiroga, Comanja, Purépero, Churintzio, Ecuandureo y otros lugares. En las elevaciones andesíticas, riolíticas y dacíticas, la circulación es típicamente mixta normal.

En el subsuelo de las planicies, la circulación es también mixta normal, con preponderancia en ciertas zonas, ya de la migratoria, ya de la normal. En algunas planicies la circulación ascendente y mixta ascendente es muy de tomarse en consideración, como en la de Maravatío, Cuitzeo y La Barca por Ixtlán, Pajacuarán y Venustiano Carranza.

En la cuenca del río de Tlalpujahua, las aguas que se infiltran en las elevaciones, descienden en su mayor parte hasta penetrar a las formaciones sedimentarias de los valles. La planicie que forma parte del fondo de la cuenca del río Lerma, recibe en su subsuelo muy importantes contingentes de aguas subterráneas, provenientes de la cuenca alta del gran río. Los estratos permeables del relleno están saturados a niveles bastante altos, dando origen a una circulación mixta ascendente, que tiene algunas manifestaciones como los manantiales de Tepetongo, a 2,316 metros de altitud. Como la disposición de los estratos es muy irregular y por lo mismo, no son continuos aun en tramos relativamente cortos, de unos cuantos kilómetros, se establecen horizontes independientes, con mani-



Fotografía número 20.—Alberca de La Luz, en el origen del río Celis, Jacona, Mich.

festaciones de aguas sometidas a presión con niveles piezométricos muy diferentes. En la cuenca alta del Lerma conocimos el primer horizonte a la altitud de 2,621 metros en la Casa de Campo, cerca de Metepec, Méx.; el segundo horizonte a la altitud de 2,571 a 2,573 metros en Tepoxoco, Chapultepec y Amomolulco;<sup>25</sup> y el tercer horizonte a la altitud de 2,520 metros en los baños, pozos artesianos de Jesús María y baños de Villejé.<sup>26</sup> Seguramente que existen otros horizontes entre el anterior y el de Tepetongo de nuestra zona, lo que no podemos precisar por no haber estudiado la parte de la cuenca comprendida entre uno y otro horizonte. En la cuenca del río Senguio o Cachiví, conocimos un horizonte a 2,025 metros, señalado por los manantiales 2 y 3 de Maravatío.

En la cuenca de Cuitzeo la circulación del agua subterránea presenta muy diversas modalidades, formando horizontes de saturación de aguas epifreáticas, en las montañas, sobre todo en la subcuenca del río Chiquito, manantiales 18 a 31, de aguas freáticas en la planicie, desde Acuitzio y de aguas sometidas a presión, desde altitudes de 1,909 metros por Cointzio y un horizonte regional a la altitud de 1,850 metros marcada por los manantiales de Agua Caliente de Zinapécuaro (4) y de Indaparapeo (13), así como por los manantiales del Estado de Guanajuato, de Agua Caliente de Acámbaro y San Nicolás.<sup>27</sup> Relacionados con éste horizonte se encuentran las emergencias naturales y artificiales del lago de Cuitzeo, como los pozos artesianos de Huandacareo y los manantiales de San Agustín (14) y Agua Caliente (15); los de Chucándiro y otras emergencias.

En la cuenca de Pátzcuaro las aguas subterráneas dan un importante contingente para la alimentación del lago, que sufre fuertes pérdidas por evaporación. Existen numerosos horizontes de saturación local que originan aguas epifreáticas, como las del manantial 51, Caja de Agua de Quiroga. La saturación principal, al nivel de las aguas del lago, produce aguas freáticas como las que emergen en el pozo de Santa Fe. En el subsuelo de la planicie existen aguas sometidas a presión.

En la cuenca del río Angulo las aguas infiltradas encuentran su camino más fácil en los depósitos de brechas y aglomerados basálticos, que acompañan a las corrientes, así como en estas mismas y por tal motivo en las márgenes de ellas emergen las aguas en caudales más o menos grandes, como en el caso de los manantiales 52 y 53 de Zacapu. En la parte de la planicie de La Barca el nivel del agua subterránea se halla establecido con relación al nivel del curso del río Lerma y localmente en conexión con el cauce del río Angulo.

Las aguas que se infiltran en las elevaciones de la cuenca del río Duero,

<sup>25</sup> Hidrogeología de la Zona Tenango del Valle, Almoloya del Río, Amomolulco y sus vertientes en el Estado de México. Anales Inst. de Geol. T. VI. 1936. p. 70.

<sup>26</sup> Hidrología de la región de Acambay-Ixtlahuaca. Inst. Geol. de Méx. 1931. (Inédito.)

<sup>27</sup> Estudio hidrogeológico del Bajío. Loc. cit.



Fotografía número 21.—Pozo hirviente en Ixtlán de los Hervores, Mich.



Fotografía número 22.—Pozo del Salitre, apreciándose la agitación del agua por la ebullición.

muestran las características de circulación en formaciones basálticas, con importantes emergencias en las márgenes de las corrientes, como las de Camécuaro (57) y Alberca de la Luz (61) que son las principales en la zona estudiada. Como la planicie de Zamora está casi nivelada y además la circulación del agua en su subsuelo no es libre sino que está detenida por el macizo andesítico de Pajacuarán, por Estanzuela y San Simón, ha resultado un horizonte de saturación con su nivel casi coincidiendo con la superficie del terreno, resultando así aguas freáticas muy abundantes y poco profundas. Existen también horizontes de aguas sometidas a presión a mayores profundidades.

En las elevaciones basálticas del valle de Jiquilpan, donde predominan las rocas piroclásticas, la circulación se establece en sentido normal o descendente y penetran en su mayor parte en los rellenos de la cuenca. Aquí hay que notar, como en el caso de la planicie de Zamora, que la circulación en los estratos del subsuelo se halla detenida por la barrera que le presenta el macizo andesítico de la sierrita de Pajacuarán, que aunque no aparece en la superficie de una manera continua, se encuentra en su base, cubierta por los depósitos fluviales y lacustres. Dicho obstáculo ha dado lugar a la formación de un nivel de saturación muy cercano a la superficie y da lugar a la formación de horizontes de aguas sometidas a presión, que se manifiestan en los contactos de la formación sedimentaria, con las rocas ígneas que la cortan, como es el caso con el manantial del Cerrito Pelón.

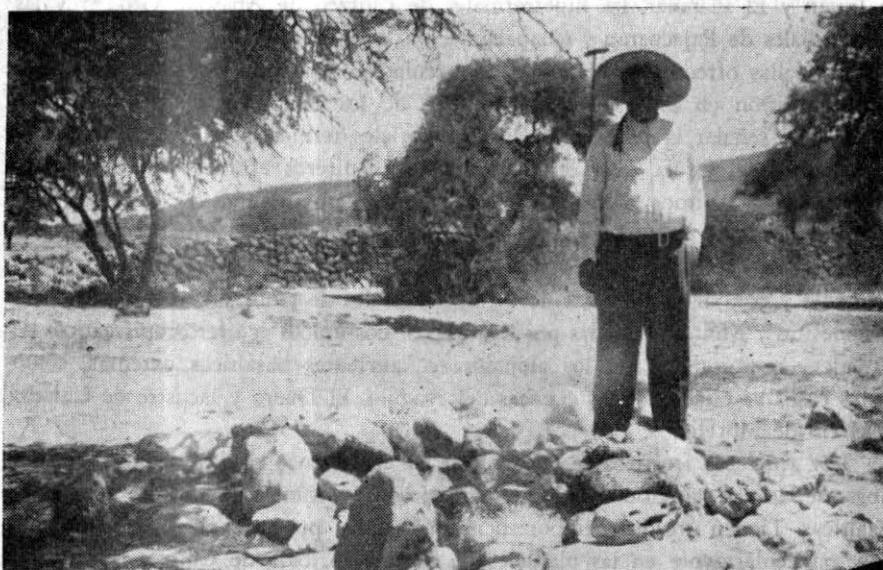
Las aguas que de las formaciones andesíticas y basálticas penetran en las grandes fracturas, podemos decir orogénicas, de la región circulan por ellas descendiendo a grandes profundidades y se ponen en contacto con rocas volcánicas aun calientes, que elevan su temperatura más allá de la de ebullición y las impulsa, con la producción de vapores a alta presión, hasta la superficie del terreno. Como aguas de esta naturaleza tenemos que señalar las de la sierra de San Andrés, descritas por el doctor Paul Waitz;<sup>28</sup> las de Ixtlán de los Hervores descritas por el mismo autor<sup>29</sup> y las de El Platanar, que conocimos en la planicie de Jiquilpan.

Es de notar que en los bloques hundidos o en relación con ellos se encuentren manifestaciones acuíferas de esta naturaleza, no sólo en la región estudiada sino en zonas inmediatas del Estado de Guanajuato. Así relacionaremos con el bloque hundido de Cuitzeo, las emergencias supertermales de San Agustín, las de San Andrés y las de San Bartolo;<sup>30</sup> las mesotermales de Ojos, Municipio de Salvatierra, Agua Caliente y San Nicolás, de Acámbaro,<sup>30</sup> las de Agua Caliente de Zinapécuaro y de Huandacareo, las de Chucándiro y Huaniqueo. En relación con el bloque hundido de Zamora y Chapala, mencionaremos las supertermales

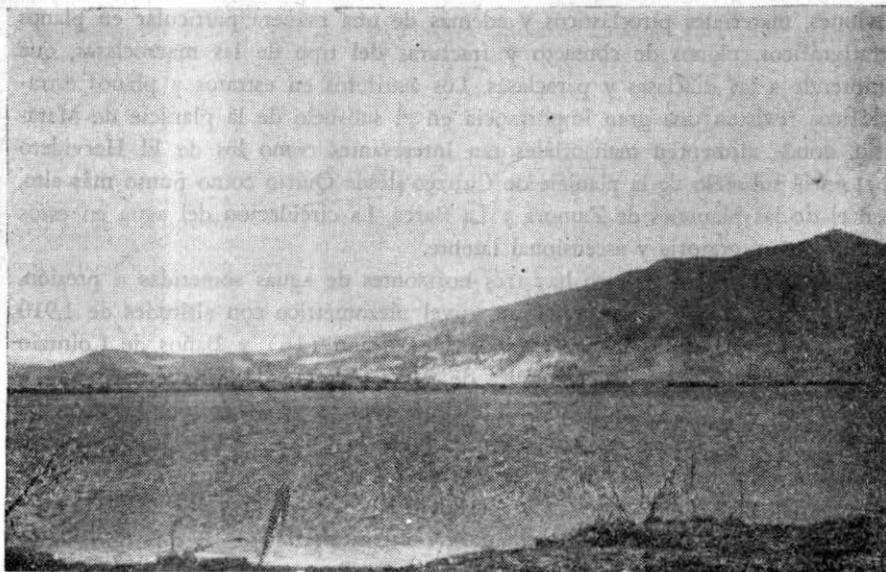
<sup>28</sup> Phénomènes postparoxysmiques du San Andrés. Guide des Excursions du Xe. Congrès Géologique International. México. 1906. X.

<sup>29</sup> Les Geysers de Ixtlán. Guide des Excursions du Xe. Congrès International. XII.

<sup>30</sup> Informe hidrogeológico de la región del Bajío. Loc. cit.



Fotografía número 23.—El mismo pozo del Salitre, apreciándose cómo está rodeado de piedras y lo pequeño del orificio.



Fotografía número 24.—Laguneta de El Platanar en la planicie de Jiquilpan.

de Ixtlán y El Platanar, las hipertermales de Cuitzeo de Abasolo, Gto.,<sup>31</sup> y las mesotermas de Pajacuarán y Chapala.

Las fallas ofrecen también vías de circulación ascensional a las aguas sometidas a presión en los estratos del relleno de los distintos valles; es relativamente fácil señalar la relación de los manantiales termales con dichas fracturas.

*Acuíferos.*—En la zona estudiada existen acuíferos epifreáticos, freáticos y cautivos. Estos últimos tienen aguas ascendentes, subartesianas y artesianas.

Los acuíferos epifreáticos son muy abundantes; pero la mayoría de ellos son de escasa capacidad de producción, correspondiendo a saturaciones en suelos residuales y coluviales, arenas volcánicas, materiales de talud y zonas superficiales de andesitas y riolitas afectadas por leptoclasas. Los únicos acuíferos epifreáticos de verdadera importancia son los alojados en corrientes basálticas extensas, como en los casos ya citados de las cuencas del Angulo, El Duero y lacustre de Cuitzeo en el río de Morelia.

Los acuíferos freáticos se encuentran en el subsuelo de las planicies, en las capas de arenas, aluviones, aglomerados, arenas volcánicas y en las corrientes basálticas. Tienen una gran importancia en la zona, por su capacidad de producción, particularmente en las planicies de Maravatío, baja de Cuitzeo, Zamora y La Barca.

Los acuíferos cautivos están alojados en los estratos permeables del relleno de los valles, consistentes, como en el caso de los acuíferos freáticos, en arenas, aluviones, materiales piroclásticos y además de una manera particular en planos estratigráficos, planos de contacto y fracturas del tipo de las macroclasas, que comprende a las diaclasas y paraclasas. Los acuíferos en estratos y planos estratigráficos revisten una gran importancia en el subsuelo de la planicie de Maravatío, donde alimentan manantiales tan interesantes como los de El Hervidero (2); en el subsuelo de la planicie de Cuitzeo desde Quirio como punto más alto, y en el de las planicies de Zamora y La Barca. La circulación del agua en estos acuíferos es migratoria y ascensional latente.

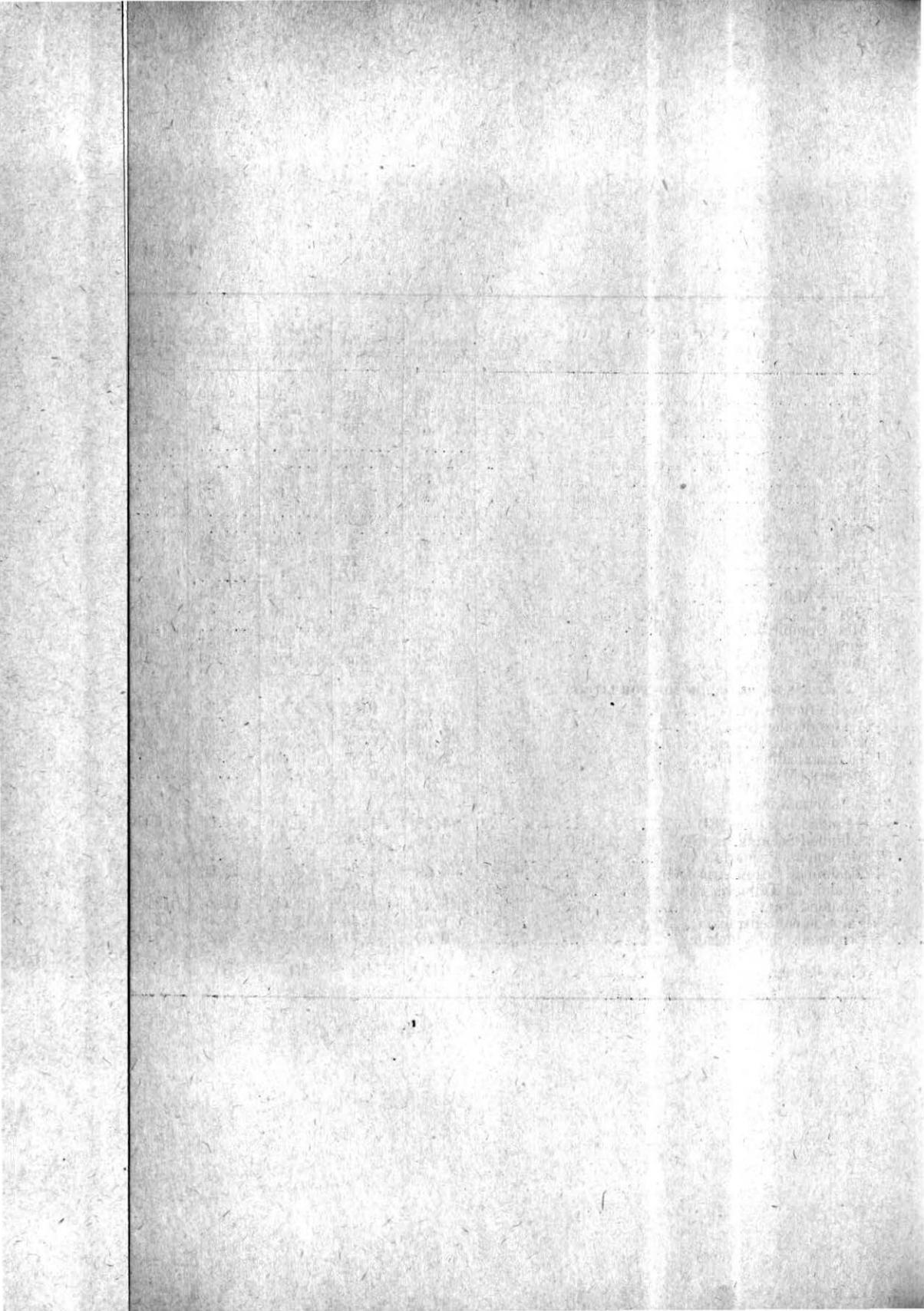
En la cuenca de Cuitzeo hay tres horizontes de aguas sometidas a presión, uno localizado al SW. de Morelia con nivel piezométrico con altitudes de 1,910 metros marcado por los manantiales de El Barreno (16) y Baños de Cointzio (36), otro fijado por los manantiales de Agua Caliente de Zinapécuaro (4) e Indaparapeo (13) a 1,850 metros de altitud, y el tercero correspondiendo a las emergencias termales de las márgenes del lago de Cuitzeo (14), (15) y otros no tabulados, a 1,830 metros de altura. En los alrededores de Morelia existen acuíferos con aguas subartesianas y ascendentes.

En la cuenca del Angulo, las aguas cautivas pertenecen a dos horizontes: el más alto correspondiente a los manantiales de Puruándiro (54) a 1,830 me-

<sup>31</sup> Informe hidrogeológico de la región del Bajío. Loc. cit.

TABLA NUMERO 9

C O N T E N I D O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Baños de Tepetongo	Pozo del Palmito	Baños de Cointzio Morelia	Pila de Ag. Caliente Acuitzio	Pozo público de La Piedad	Sta. Bárbara. Jiquilpan	Zula Jiquilpan	Pozo Prieto Jiquilpan	Hacienda Guaracha Guarachita	Volcanes de lodo V. Carranza	Pozo de los Baños Ixtlán	Pozo Verde Ixtlán	Pozo Blanco Ixtlán 1913	Hervidero de El Salitre Ixtlán	Pozo Blanco Ixtlán 1939	Baño Viejo Ixtlán	Baño Grande Ixtlán
Cl	66	18	21	66	30	61	43	50	49	559	421	471	398	440	436	436	443
SO <sub>4</sub>	15	3	83	24	125	15	12	10	11	580	297	292	308	293	253	249	229
CO <sub>3</sub>	61	88	127	190	150	295	169	128	166	437	1	1	10				
BO <sub>2</sub>											49	52	43				
PC <sub>4</sub>												3	1				
Na	38	12	45	40	74	28	22	24	22	708	410	437	414	383	341	354	350
K	19		12	23	42	16	18	16	16	56	21	6	6	23	22	24	18
Li														3	3	3	2
NH <sub>4</sub>											1	1	1				
Ca	25	22	69	42	64	71	44	20	32	151	16	20	17	15	24	17	20
Mg	10	16	5	52	12	77	42	40	48	31							
Fe		15	11		3						3	1		1			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27			15		11	14	16	18	24	11	3	1				
SiO <sub>2</sub>		18	16	32	18	53	27	26	10	160	179	240	217	204	204	186	196
Mat. Orgánica		3									43	23	46				
Suma	261	195	392	484	518	627	391	330	372	2706	1450	1550	1462	1362	1283	1269	1258
Residuo	264	203	408	496	518	598	374	325	360	2708	1471	1588	1462	1443	1422	1386	1474
VALORES DE REACCION MG. POR LITRO																	
Acidos fuertes (Af)	2.17	0.56	2.31	2.36	3.45	2.03	1.46	1.62	1.61	27.82	18.05	19.40	17.64	18.47	17.30	17.37	17.17
Acidos débiles (Ad)	2.03	2.93	4.22	6.33	5.00	9.82	5.63	4.26	5.53	14.55	1.15	1.30	1.38				
Alcalis (Al)	2.14	0.53	2.28	2.33	4.27	1.63	1.42	1.45	1.37	32.23	18.40	19.10	18.19	17.99	16.06	16.51	16.15
Tierras alcalinas (T)	2.07	2.42	3.86	6.36	4.18	9.87	5.64	4.29	5.54	10.08	0.80	1.60	0.83	0.77	1.24	0.86	1.02
Metales (M)		0.54	0.39					0.14	0.23								
PROPIEDADES																	
Salinidad Primaria (S <sup>1</sup> )	4.28	1.06	4.56	4.66	6.90	3.26	2.84	2.90	2.74	55.64	36.10	38.20	35.28	35.38	32.12	33.02	32.30
Salinidad Secundaria (S <sup>2</sup> )	0.06	0.06	0.06	0.06		0.80	0.08	0.34	0.48			0.60		1.56	2.48	1.72	2.04
Alcalinidad Primaria (A <sup>1</sup> )					1.64					8.82	0.70		1.10				
Alcalinidad Secundaria (A <sup>2</sup> )	4.08	4.78	7.66	12.66	8.36	18.94	11.20	8.24	10.60	20.16	1.60	2.60	1.66				
Alcalinidad Terciaria (A <sup>3</sup> )		1.08	0.78					0.28	0.46								
Salinidad total	8.42	6.98	13.06	17.38	16.90	23.00	14.12	11.76	14.28	84.62	38.40	41.40	38.04	36.94	34.60	34.74	34.34
Valor de concentración	1.68	1.40	2.61	3.48	3.38	4.60	2.82	2.35	2.86	16.92	7.69	8.29	7.60	7.35	6.93	6.95	6.87
Coefficiente de reducción	0.59	0.71	0.38	0.28	0.30	0.22	0.35	0.42	0.35	0.06	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15
Clase Palmer	III	III	III	III	I	III	III	III	III	I	I	III	I	IV	IV	IV	IV





Fotografía número 25.—Como este volcancito de lodo existen muchos en las márgenes de la laguna de El Platanar, planicie de Jiquilpan. La altura de éste cono es de unos 0.50 metros y su amplitud en la base de 2.00 metros; el orificio tiene unos 0.20 metros.

tros de altitud y el inferior a la altitud de 1,700 metros marcado por el manantial de La Caldera de Cuitzeo<sup>32</sup> y que seguramente es común para toda la planicie correspondiente al bloque de Zacapu.

Los acuíferos cautivos del resto de la planicie de La Barca marcan dos horizontes: el primero a la altitud de 1,530 metros señalado por los manantiales de Yurécuaro (68-69), Pajacuarán (71), Venustiano Carranza, (72-73), e Ixtlán de los Hervores (65-67), y el último a la altitud de 1,444 metros fijada por manantiales de las márgenes de la laguna de Chapala (visitados por nosotros, pero no tabulados).

*Calidad del agua.*—Los siguientes son los análisis químicos de aguas de la región, de que disponemos (véase tabla número 9).

Los análisis números 1 a 5 y 6 a 10 fueron practicados por el señor profesor Carlos Castro, el número 5 por el señor Rodolfo del Corral, los números 11 a 13 por el señor V. von Vigier y los números 14 a 17 por el señor Carlos Beristáin, todos en los laboratorios de este Instituto.

Las aguas analizadas corresponden a ocho fórmulas características con las

<sup>32</sup> Hidrogeología de la región del Bajío.

que pueden formarse tres grupos, con sólo una independiente. Antes transcribiré lo siguiente: <sup>33</sup>

"He tratado de representar, siguiendo los pasos de Chase Palmer, en una fórmula, los valores de los grupos de radicales y en otra los valores de salinidad y alcalinidad. Adopto las siguientes convenciones: Af representa el grupo de los ácidos fuertes, Ad el de los débiles, Al el de los álcalis, T el de las tierras alcalinas y M el de los metales. El equilibrio químico se expresará dentro de un paréntesis dividido a la mitad por una línea vertical que separará los radicales positivos de los negativos o viceversa. El paréntesis equivaldrá a una ecuación, por ser iguales las sumas de los valores de los radicales de uno y otro signo. Todo símbolo colocado a la derecha o abajo de otro representará un valor menor que el correspondiente al símbolo que se toma por referencia. Para las fórmulas de salinidad y alcalinidad, adopto las mismas convenciones para expresar los valores relativos de los símbolos, dentro de un paréntesis que no representará una ecuación y que por eso no dividiré con una línea vertical."

El primer grupo muestra cuatro variantes, tres casi comunes, en las fórmulas:

$$\left[ \begin{array}{c|c} \text{Af} & \text{Al} \\ \text{T} & \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \text{S}_1 \\ \text{S}_2 \end{array} \right] \text{1} \quad \left[ \begin{array}{c|c} \text{Af} & \text{Al} \\ \text{Ad} & \text{T} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \text{S}_1 \\ \text{S}_2 \end{array} \right] \text{2} \quad \left[ \begin{array}{c|c} \text{Af} & \text{Al} \\ \text{T} & \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \text{S}_1 \\ \text{S}_2 \end{array} \right] \text{3}$$

y otra de simple oscilación  $\left[ \begin{array}{c|c} \text{Al} & \text{Af} \\ \text{T} & \text{Ad} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \text{S}_1 \\ \text{A}_1 \end{array} \right] \text{4}$

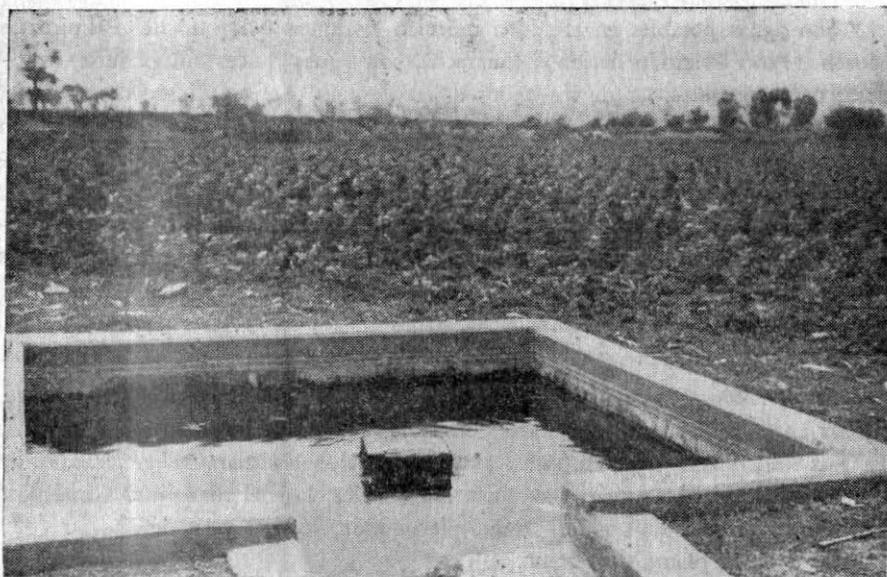
La fórmula 1 corresponde a las aguas del manantial de Tepetongo, la fórmula 2 al pozo verde de Ixtlán, la fórmula 3 al Hervidero del Salitre, Pozo Blanco (15), Baño Viejo y Baño Grande, y la fórmula 4, a los hervideros de lodo, el pozo de Los Baños y el Pozo Blanco (13).

El segundo grupo sólo tiene una fórmula  $\left[ \begin{array}{c|c} \text{T} & \text{Ad} \\ \text{Al} & \text{Af} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \text{A}_2 \\ \text{S}_2 \end{array} \right] \text{5}$  a la que pertenecen las aguas de los manantiales de Pila de Agua Caliente, Santa Bárbara, Zulate, Pozo Prieto y hacienda Guaracha.

El tercer grupo está caracterizado por la misma fórmula de radicales  $\left[ \begin{array}{c|c} \text{Ad} & \text{T} \\ \text{Af} & \text{Al} \\ \text{M} & \end{array} \right] \text{6}$  con dos variantes en propiedades  $\left[ \begin{array}{c} \text{A}_2 \\ \text{A}_3 \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \text{S}_1 \\ \text{S}_2 \end{array} \right] \text{6}$   $\left[ \begin{array}{c} \text{A}_2 \\ \text{A}_2 \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \text{S}_1 \\ \text{S}_2 \end{array} \right] \text{6 bis}$  perteneciendo a ellas las aguas del pozo del Palmito y de los baños de Cointzio respectivamente.

Las aguas del pozo público de La Piedad no se agrupan con las restantes y pertenecen a la fórmula  $\left[ \begin{array}{c|c} \text{Ad} & \text{Al} \\ \text{Af} & \text{T} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \text{A}_2 \\ \text{A}_1 \end{array} \right] \text{7}$

<sup>33</sup> Véase mi informe de la hidrogeología de la región del Bajío, donde explico el uso de estas fórmulas.



Fotografía número 26.—Pozo artesiano en las orillas del lago de Cuitzeo, cerca de Huandacareo. La boca está protegida con rejillas y se forma un pequeño capelo.

Cabe notar que numerosos manantiales del Estado de Guanajuato, de alta termalidad, se agrupan también en la fórmula 3, como los de San Gregorio, La Caldera y Cerrito de Los Bueyes de Cuitzeo de Abasolo.<sup>34</sup> A la fórmula 4 corresponden las aguas del supertermal de San Bartolo de Apaseo.

De los datos anteriores se desprende que las emergencias supertermales de la comarca, comprendiendo las de la vertiente meridional del río Lerma, tienen las mismas características químicas, siendo además digno de hacerse notar que a la misma fórmula  $\left[ \begin{array}{c|c} Af & A1 \\ \hline T & \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} S_1 \\ S_2 \end{array} \right]^3$  que corresponden las aguas de los volcanes de Venustiano Carranza, pertenecen también las aguas de los volcanes de lodo de Mexicali, B. C., según análisis que obran en nuestro poder.<sup>35</sup>

Acerca de las propiedades medicinales de las aguas de algunos manantiales del Estado, el señor doctor José Terrés<sup>36</sup> se refiere a las de Acuitzio, Angamacu-tiro, Chucándiro, Cuitzeo, Huaniqueo, Morelia, Penjamillo, Puruándiro, Quiroga, Ucareo, Yurécuaro y Zinapécuaro.

<sup>34</sup> Hidrogeología de la región del Bajío.

<sup>35</sup> Parergones Inst. Geol. de Méx. T. V. 4. 1913, p. 133.

<sup>36</sup> Datos para la Materia Médica Mexicana. Inst. Médico Nal. Sría. de Fomento. 1894. Primera Parte p. 443.

Son aguas potables en el orden químico las aguas del pozo del Palmito de Morelia, Pozo Prieto y hacienda Guaracha, son aguas dulces sin poderse considerar como potables, las de los baños de Tepetongo, Agua Caliente de Acuitzio, pozo público de La Piedad, Zulate y baño de Cointzio. Las aguas restantes son minerales; se debe citar en primer lugar las de los volcanes de lodo, de Venustiano Carranza, y en seguida las de los pozos hirvientes de Ixtlán.

Son aguas cloruradas sódicas las de los baños de Tepetongo; cloruradas sulfatadas sódicas las de los pozos hirvientes de Ixtlán, sulfatadas sódico cálcicas las de los volcanes de lodo; y carbonatadas las restantes, sódicas las de Morelia, cloruradas sódicas las de Acuitzio, sulfatadas magnesianas las del pozo público de La Piedad y cloruradas magnesianas las de Pozo Prieto y hacienda Guaracha.

*Explotación.*—Las aguas epifreáticas están en lo general muy bien aprovechadas en la zona, pudiendo citarse como ejemplo las del manantial Alberca de La Luz (61), que mueven varias turbinas escalonadas para la generación de energía hidroeléctrica y varios molinos industriales; las del manantial Camécuaro (57), aprovechadas en una importante planta hidroeléctrica y las de Zacapu (52) utilizadas en la planta de Botello.

Las aguas freáticas son susceptibles de una importante explotación en la planicie de Cuitzeo, desde la altitud de 1,860 metros, por Tarímbaro y Charo. En las planicies de Zacapu y La Barca pueden sostener también una intensa explotación, por medio de pozos comunes combinados indispensablemente con tajos o galerías subterráneas situados cerca de la desembocadura de los arroyos principales en dichas planicies, así como cerca de la confluencia de los mismos.

En la planicie de Zamora, el problema consiste en abatir el nivel hidrostático de las aguas freáticas, por medio del drenaje de dicha planicie, obra que se está emprendiendo por la Comisión Nacional de Irrigación. Cuando el nivel del agua freática haya bajado a una profundidad de 2 a 5 metros podrá explotarse por medio de pozos de la naturaleza antes indicada.

La explotación de las aguas cautivas sólo puede hacerse por medio de perforaciones más o menos profundas. Se obtendrán aguas artesianas en la planicie de Maravatío en terrenos con altitudes inferiores a 2,025 metros; en la planicie de Cuitzeo, en localidades con altitudes inferiores a 1,909 metros entre Cointzio y El Barreno, con altitudes inferiores a 1,850 metros al E. de Tarímbaro, cerca de Quirio y Zinzimeo, e inferiores a 1,830 metros en las márgenes del lago de Cuitzeo; en la planicie de La Barca con altitudes inferiores a 1,700 metros por Angamacutiro, y 1,530 por Ixtlán de los Hervores, Pajacuarán, Yurécuaro y Venustiano Carranza.

En las zonas de las mismas planicies con altitudes hasta 30 metros superiores a las que limitan las aguas artesianas de los distintos horizontes señalados, existen aguas subartesianas, que representan un recurso para el abastecimiento de las

poblaciones situadas en dicha zona, (véase croquis número 5), así como para la instalación de ciertas industrias. Las aguas ascendentes representan una reserva que dada la riqueza acuífera de la región no habrá necesidad de utilizar.

### CONCLUSIONES

1ª Existen aguas artesianas en el subsuelo de la planicie de Maravatío, que podrán explotarse en terrenos cuya altura sobre el nivel del mar sea inferior a 2,025 metros. La profundidad mínima de los acuíferos es de 160 metros.

2ª Existen aguas artesianas entre Cointzio y El Barreno, en el subsuelo de la planicie, que podrán explotarse por medio de perforaciones de 250 metros de profundidad como mínimo.

3ª En el área comprendida entre Tarímbaro, Quirio y Zinzimeo, en la formación del relleno del valle, existen aguas artesianas, a cuyo nivel piezométrico corresponde la altitud de 1,850 metros y cuya profundidad mínima es de 460 metros.

4ª En las playas del lago de Cuitzeo, con alturas inferiores a 1,830 metros sobre el nivel del mar, existen aguas artesianas a profundidades superiores a 500 metros.

5ª En el subsuelo de la planicie de Zacapu existen aguas artesianas en terrenos con altitudes inferiores a 1,830 metros, cerca de Puruándiro con profundidades superiores a 700 metros. Cerca de Angamacutiro las aguas artesianas tienen en su nivel piezométrico la cota de 1,700 metros y profundidades superiores a 600 metros.

6ª En la zona de la planicie comprendida entre Yurécuaro, Ixtlán de los Hervores, Pajacuarán, Venustiano Carranza y La Barca, existen aguas artesianas en terrenos con altitud inferior a 1,530 metros y a profundidades de 300 metros en adelante.

7ª En zonas de las mismas planicies con altitudes hasta 30 metros superiores a las que limitan las aguas artesianas de los distintos horizontes señalados, existen aguas subartesianas.

8ª Las aguas freáticas del subsuelo de las planicies de Maravatío, Queréndaro, Morelia, Cuitzeo, Pátzcuaro, Zacapu, Penjamillo, Zamora, Jiquilpan y La Barca, representan un recurso de gran importancia para el desarrollo agrícola e industrial de la zona norte del Estado. En general se podrán explotar por medio de pozos de 30 metros de profundidad como máximo, combinados con galerías captantes debidamente orientadas, siendo conveniente situarlos cerca de los ríos o arroyos más importantes, a inmediaciones de las confluencias, pudiéndose extraer de estos pozos caudales de 10 a 200 litros por segundo.

Además de estos pozos situados en relación con las mejores condiciones de explotación, pueden situarse pozos escalonados sistemáticamente distribuidos de tal manera que las aguas infiltradas del riego con aguas extraídas de un pozo, sean bombeadas del otro y se obtenga una recuperación máxima.

9<sup>º</sup> Las aguas epifreáticas de la cuenca del río Chiquito de Morelia pueden explotarse por medio de una galería transversal al río, en el extremo de salida de la actual galería del Palmito, cortando la formación del relleno del valle. Para el mayor rendimiento de la obra, deberán construirse varios repesos con pozos de absorción, a fin de reforzar el acuífero, aprovechando aguas torrenciales que actualmente fluyen hasta el lago de Cuitzeo.

10<sup>º</sup> Las aguas epifreáticas son de mucha importancia en las formaciones basálticas. En la cuenca del río Duero es muy conveniente captar las aguas que actualmente emergen en los manantiales de Santo Entierro, Orandino y La Estancia y reunir las con las del manantial Alberca de La Luz, canalizándolas sin perder altura hasta reunir las con las del río Duero, abajo de la planta del Platanar, y en seguida formar una caída, donde la topografía del terreno lo permita, para generar fuerza hidroeléctrica que se distribuiría entre los actuales concesionarios, suministrándoles la misma energía que ellos aisladamente aprovechan y quedando un sobrante de mucha importancia. La ciudad de Zamora sería notablemente beneficiada con la desviación de estas corrientes de agua, que por lo demás se aprovecharían también en la irrigación.

11<sup>º</sup> Ixtlán de los Hervores está situado en un terreno saturado de aguas minerales, de manera que para dotarlo de agua potable es indispensable obtener agua de pozos poco profundos inmediatos al río o bien directamente aguas de éste, instalando una pequeña planta de purificación.

12<sup>º</sup> Purépero se podrá abastecer de agua potable por medio de un pozo excavado cerca del río con una galería filtrante en su fondo, que capte el acuífero infratálvico cuya alimentación se hace notable desde Pozo Viejo. Habrá necesidad de una instalación de bombeo para elevar el agua a la población.

13<sup>º</sup> Para la irrigación de la planicie de Tangancicuaro es conveniente la construcción de una presa en el arroyo de Pejo a la altitud de 1,740 metros.

14<sup>º</sup> La mayoría de las aguas de los manantiales fríos son potables químicamente.

II PARTE

MINERALES NO-METÁLICOS  
DE LA ZONA NORTE DEL ESTADO DE MICHOACAN

LA VONNORIT DEL ESTADO DE MICHIGAN  
NINERAS NOTARIAS  
LA PARTE

## II PARTE

# MINERALES NO-METALICOS DE LA ZONA NORTE DEL ESTADO DE MICHOACAN

Por *Raul Lozano García*

### INTRODUCCION

La exploración geológico-económica realizada en la región septentrional del Estado de Michoacán, con objeto de estudiar los yacimientos de minerales no metálicos existentes en esa parte de su territorio, abarca una zona cuyos límites se señalan en el croquis adjunto (Lám. Núm. 1).

En esta región se encuentran numerosos yacimientos de minerales no metálicos cuya importancia varía en atención a diferentes factores, pues en tanto que algunos depósitos despiertan gran interés científico, debido a los complejos fenómenos genéticos que han intervenido en su formación, otros presentan verdadera importancia económica por la calidad y extraordinaria variedad de las substancias que entran en su composición.

Dichos yacimientos consisten en arcillas, tierras colorantes, arenas cuarzosas, cenizas volcánicas, tequesquite, cloruro de sodio, tiza, turba, azufre y algunos nitratos, todos los cuales se localizan de preferencia en los valles y en las laderas de los diversos sistemas montañosos que determinan el relieve topográfico de la región.

Con respecto a su génesis, puede decirse que en su gran mayoría se relacionan con la desintegración de las rocas ígneas que constituyen dichas eminencias, o con los fenómenos postvolcánicos que siguieron a la emisión de las lavas fundidas y que marcaron el fin de la activa vulcanicidad.

Tomando esto en cuenta, se deduce que la mayor parte de los aludidos yacimientos no metálicos son de origen secundario, en tanto que su edad guarda estrecha relación con la época en que aparecieron las referidas rocas ígneas, así

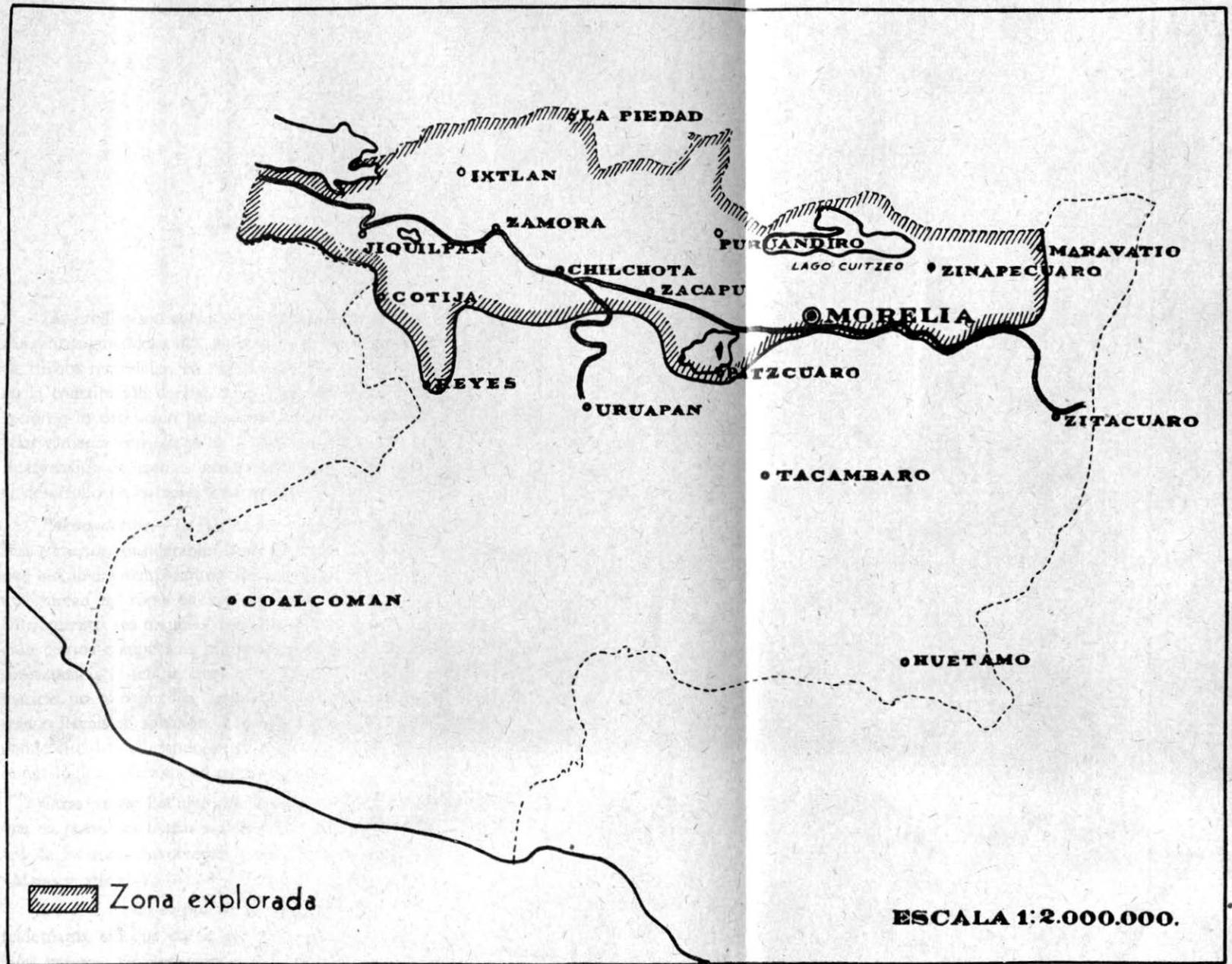
como también con los fenómenos postvolcánicos que siguieron a su emisión. A partir de esa época, se iniciaron los fenómenos de alteración química y desintegración mecánica, que modificaron la primitiva composición mineralógica de las rocas y dieron origen a la formación de las sustancias no metálicas que componen a los respectivos depósitos minerales.

Dichos fenómenos continuaron desarrollándose por largos lapsos y, en muchos casos, su acción persiste hasta la época actual, pues frecuentemente se descubren yacimientos que se hallan en pleno proceso de formación, encontrándose entre sus materiales componentes, algunas sustancias que aun están incompletamente transformadas.

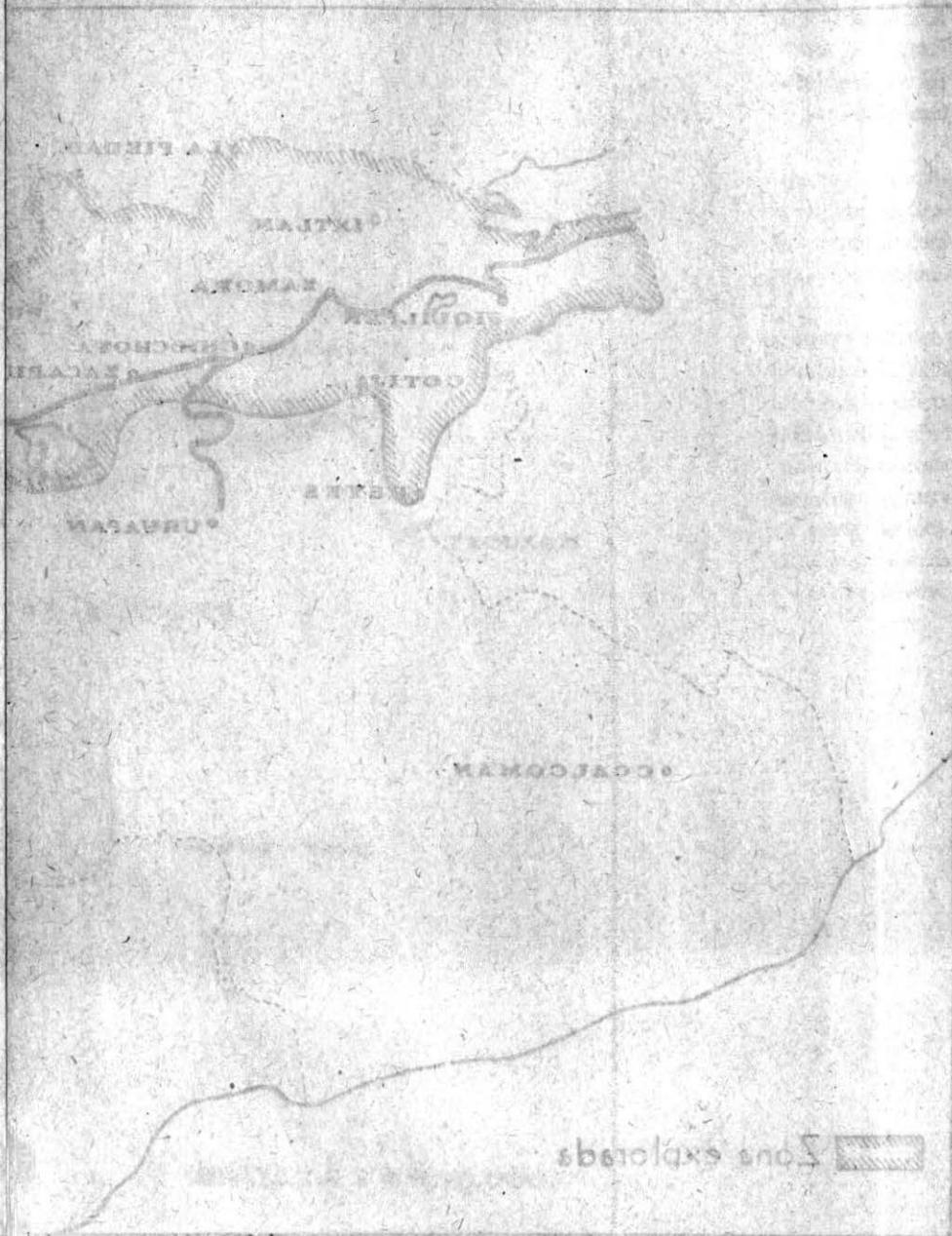
Es indudable que la investigación de los diversos procesos químicos o físico-químicos que dieron lugar a la formación de los referidos minerales no metálicos que se hallan en la región estudiada en Michoacán, presenta gran interés científico, pero nuestro estudio se efectuó atendiendo de preferencia a la posible utilización industrial tanto de las mismas rocas ígneas como de las sustancias no metálicas que se formaron a sus expensas, mediante los citados procesos de alteración química y desintegración mecánica. En tal virtud, se consideró conveniente hacer las descripciones respectivas atendiendo ante todo a la importancia económica de cada uno de los yacimientos en cuestión, examinando al mismo tiempo todo lo relativo a su explotación y aprovechamiento industrial.

# CROQUIS DEL ESTADO DE MICHOACAN

Lam. I



CROQUIS DEL ESTADO DE M.



## CAPITULO I

### MINERALES NO-METALICOS

#### ARCILLAS

Las arcillas son sumamente abundantes en la mitad septentrional de Michoacán, distinguiéndose dos procesos diferentes que han dado lugar a la formación de dichos materiales, en relación con la alteración de los feldespatos que entran en la constitución de las rocas ígneas. Uno debido a fenómenos internos de alteración o modificación pneumatolítica de los referidos feldespatos, a profundidades relativamente considerables; y otro que se realiza en la superficie terrestre con la intervención de agentes atmosféricos y superficiales, cuya acción conjunta da lugar al desarrollo de complejos fenómenos de intemperismo.

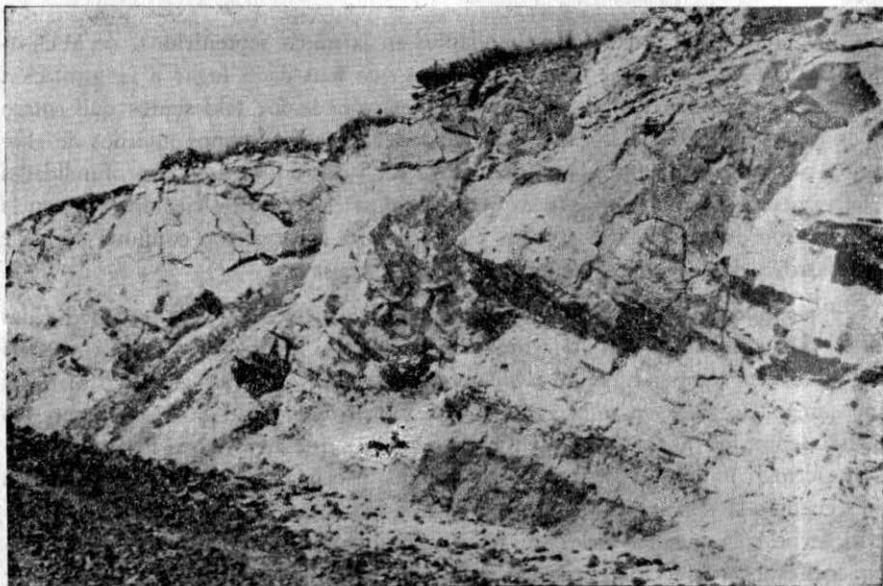
*Pneumatolisis.*—La alteración química de los feldespatos a profundidades más o menos considerables de la litósfera, se realiza a favor de los gases y vapores que circulan a temperaturas relativamente bajas, a través de las grietas o diaclasas que surcan las rocas en muy variadas direcciones. En el curso de su progresivo enfriamiento, los magmas despiden gases y vapores que arrastran o llevan en solución ciertos compuestos minerales; al ascender hacia la superficie y reducirse en consecuencia la temperatura o la presión o ambas cosas, dichas emanaciones magmáticas no sólo pueden depositar, por condensación, la carga mineral que arrastran o llevan en solución, sino que en muchos casos atacan las rocas mismas por donde circulan, alterando en grado más o menos intenso, su primitiva composición mineralógica. (Fenómeno pneumatolítico.)

Otras veces, los aludidos vapores y gases, en virtud de la alta temperatura que en ocasiones llegan a alcanzar, disuelven algunos de los minerales constitutivos de las rocas envolventes y los sustituyen por otros que deposita en su lugar. (Metasomatismo.)

De este modo es posible la formación de arcillas residuales a expensas de los feldespatos, sin que en su génesis intervengan para nada los agentes de la dinámica externa; sin embargo, puede ocurrir que se produzca una parcial caoliniza-

ción de los feldespatos en la profundidad de la litósfera y se concluya el fenómeno en la superficie terrestre, en cuyo caso, la estructura de los depósitos relativos a dichas arcillas participará de las características genéticas correspondientes a ambos procesos de alteración.

A este tipo corresponde el yacimiento arcilloso que se encuentra en el kilómetro 17 de la carretera que conduce de Morelia a Cuitzeo. En dicho lugar se distingue una pequeña colina compuesta de diversos materiales ígneos que muestran los efectos de una intensa alteración y que encierran una capa de roca completamente coalinizada. La capa aludida es de color blanco bastante puro y tiene poco más de un metro de espesor y cerca de 300 metros de longitud, hallándose inclinada hacia el NE. en cerca de 50°. (Fot. Núm. 1.)



Fotografía número 1.—Banco de roca caolinizada, en el Km. 17 de la carretera Morelia-Cuitzeo.

*Arcillas residuales.*—En términos generales, puede decirse que los yacimientos residuales de arcilla son aquellos que se encuentran en el punto mismo en que tuvieron origen y que están constituidos por los minerales que entran en la composición de la roca madre, pero mostrando un grado más o menos avanzado de alteración química de los feldespatos y la desintegración mecánica del resto de los minerales que la componían originalmente.

Esto es lo que ocurre en los yacimientos que se localizan en el paraje de Tierras Blancas y en el kilómetro 19 de la carretera que liga Morelia con Cuitzeo y, por lo tanto, estos yacimientos corresponden al tipo residual.

El paraje de Tierras Blancas se encuentra al N. de Zamora, a una distancia de cerca de 12 kilómetros. El yacimiento arcilloso que se halla en este lugar, es de forma irregular y está situado a la orilla del camino que conduce a Ucareo. En cuanto al yacimiento del kilómetro 19 de la carretera Morelia-Cuitzeo, aunque es de menores proporciones, presenta sin embargo, algún interés económico debido a la buena calidad de la arcilla de que se compone.

*Arcillas transportadas.*—Los yacimientos superficiales de arcilla residual, como todas las rocas que se hallan a la intemperie, están sujetos, al proceso devastador de los agentes erosivos, los que en este caso, ejercen su acción de manera tanto más enérgica, cuanto que los materiales de que están constituídos dichos yacimientos, son relativamente deleznable.

Los agentes externos que muestran mayor actividad en la erosión de los citados yacimientos arcillosos, son el agua y el viento. Cuando el agua meteórica circula sobre la superficie arcillosa, deslava las partículas que entran en su composición y las acarrea a lugares más bajos, en donde finalmente las deposita, acumulándolas en forma de estratos más o menos extensos.

Aunque siguiendo diferentes sistemas mecánicos, el viento ejerce sobre los yacimientos arcillosos superficiales una acción erosiva semejante a la del agua, es decir, realiza el transporte del material arcilloso de los yacimientos y lo deposita más tarde, a veces en lugares muy distantes, cuando por las condiciones topográficas o por razones de alguna otra índole, cesa de moverse el agente que lleva en suspensión las partículas arcillosas.

De este modo suele ocurrir que un solo agente erosivo efectúe a un mismo tiempo la denudación de diversos materiales arcillosos o de otra naturaleza, en cuyo caso el depósito que resulta al cesar el movimiento del agente erosivo que efectúa la denudación y el transporte, consistirá necesariamente, de la mezcla de todos los materiales que sufrieron los efectos de la erosión.

Las anteriores consideraciones referentes a las arcillas transportadas inducen a creer que, en lo general, los yacimientos de este tipo son de naturaleza más impura que los residuales, lo que se comprueba examinando todos los depósitos arcillosos de esta clase, tan numerosos y extensos en el N. de Michoacán y que han dado oportunidad de desarrollar la industria ladrillera y sus anexas, en forma verdaderamente extraordinaria.

*Explotación industrial de las arcillas.*—Ninguno de los depósitos residuales es aprovechado industrialmente en el N. de Michoacán. Los interesados en esta actividad, se han dedicado a explotar las arcillas transportadas, que son más

abundantes y han encontrado un extenso empleo en la industria ladrillera y sus anexas.<sup>1</sup>

Con respecto a las arcillas transportadas que se emplean como materia prima en trabajos relacionados con la industria cerámica, puede decirse que sólo afecta a la elaboración de los artículos llamados de loza corriente o de cerámica basta, tales como jarros, ollas, cazuelas, comales, etc., pues no se hace ningún otro uso de dichas arcillas, ni se fabrica cualquiera otro artículo que no tenga algún empleo de orden doméstico.

El número de fábricas de loza corriente es sumamente grande en toda esta región michoacana, pues en las inmediaciones de casi todas las poblaciones de alguna importancia se encuentra uno o varios hornos en que se cuecen artículos de este género. Sin embargo, aunque la fabricación de productos de arcilla cocida presenta algún interés en todas estas partes, sólo en algunos lugares alcanza verdadera importancia industrial, como en Huancito, Zacapu, Patamban y Zinapécuaro.

El pueblito de Huancito se halla situado a corta distancia de la carretera nacional México-Guadalajara, en el tramo en que sigue a la cañada de Los Once Pueblos, entre Carapan y Chilchota. Casi todos los habitantes de este lugar dedican sus actividades a la industria cerámica, utilizando al efecto las arcillas que se encuentran en las márgenes del río Chilchota, que corre al S. y a corta distancia del pueblo. Dichas arcillas ostentan un hermoso color café claro, casi amarillo y son sumamente plásticas, por lo que hay que añadirles alguna cantidad de "ceniza volcánica" para reducir en parte su excesiva plasticidad.

En la parte exterior de las casas en que viven los indígenas de Huancito, se encuentran los pequeños hornos que emplean en su industria; son de forma circular y tienen 1.25 de alto por 1.50 metros de diámetro, estando contruídos con adobes fabricados con la misma arcilla que usan para elaborar los artículos de loza. (Fot. Núm. 2.)

Todos los trabajos de preparación de la arcilla y cocción de los productos elaborados se realizan sin maquinaria de ninguna clase, siendo por esto una labor sumamente fatigosa, que requiere los esfuerzos de todos los miembros que forman parte de la familia, cualquiera que sea su edad y sexo, siempre que se encuentren en condiciones físicas y en edad convenientes para trabajar.

Recogida la arcilla del depósito y acarreada hasta donde se encuentra la casa habitación, se da principio a los trabajos preparatorios, apaleando o golpeando de cualquier modo al material arcilloso, hasta que se le reduce a fragmentos pequeños. En seguida se le sujeta a una molienda muy concienzuda, que se realiza en una especie de "metates" hechos de roca basáltica, con lo que se obtiene un

<sup>1</sup> Véase el capítulo relativo a los materiales para construcción.



Fotografía número 2.—Hornos empleados en Huancito para cocer objetos de barro.

polvo muy fino que se acumula, conforme va escurriendo por un extremo del "metate," hasta formar pequeños montones como de un metro de alto.

La arcilla molida que se obtiene del modo indicado antes, se mezcla con ceniza volcánica, en cantidad suficiente para facilitar el trabajo posterior de amasado y moldeado, lo que requiere a veces hasta una parte de ceniza por tres de arcilla. Hecha la mezcla anterior, se humedece y se amasa con los pies o los brazos y se abandona por varios días para que se "pudra" o "madure."

Al cabo de algunos días, la masa arcillosa se encuentra lista para su empleo, moldeándose entonces con ella los utensilios de uso doméstico a que ya se hizo referencia antes.

Casi todos los indígenas de Huancito se dedican especialmente a la fabricación de ollas y sólo excepcionalmente elaboran otros objetos, en cuyo caso dan preferencia a los "comales." Las ollas de Huancito son relativamente grandes, pues alcanzan a veces hasta 50 centímetros de altura por 35-40 centímetros de diámetro, en su parte más voluminosa. Dichas ollas son de boca muy ancha y se les da forma en moldes de arcilla cocida y espolvoreada con ceniza volcánica, acomodándose posteriormente cuando los objetos se encuentran ya bien moldeados, en lugares que reciben bastante sol y ventilación, para que sequen perfectamente antes de que sean llevadas al horno y dar fin así a su fabricación. (Fot. Núm. 3.)

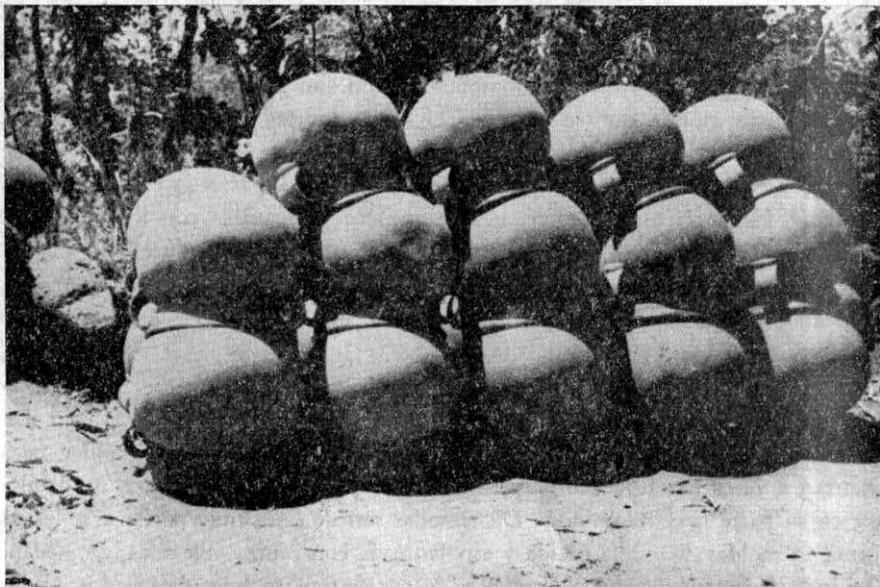
En las fábricas de loza corriente de Zacapu se da preferencia a la elaboración de cántaros, probablemente porque dichos utensilios encuentran mayor demanda en la localidad, debido a que muchos de sus habitantes se ven en la necesidad de acarrear el agua indispensable para sus casas, desde una laguna que se encuentra en los alrededores de la población.

Los sistemas que se siguen en Zacapu para preparar la arcilla, son semejantes, en todo, a los de Huancito, excepto en lo que respecta a la molienda del material, la que en realidad no se hace en ninguna otra parte del N. de Michoacán, sino sólo en esa población.

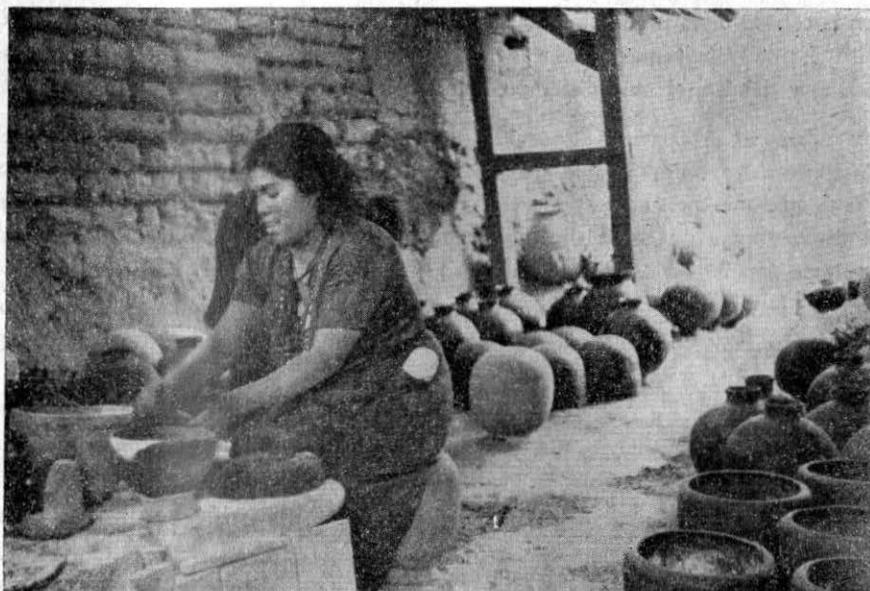
Las ánforas son fabricadas mediante moldes que corresponden a sus mitades inferior y superior, las que, posteriormente se reúnen y pegan. (Fot. Núm. 4.)

Terminado el moldeo de las piezas, se dejan secar al sol y se cuecen en hornos cuadrados, semejantes a los que se emplean en la industria ladrillera, pero de dimensiones más reducidas, pues no exceden de  $2 \times 2 \times 2$  metros. (Fot. Núm. 5.)

Tanto en Patamban como en Zinapécuaro se fabrica toda clase de utensilios de loza corriente, siguiendo para esto los sistemas de preparación que ya se



Fotografía número 3.—Ollas de barro, acomodadas para que se sequen antes de ser llevadas al horno, en Huancito.



Fotografía número 4.—Moideo de las ánforas en una fábrica de Zacapu.

han descrito. Sin embargo, en Zinapécuaro se advierte que los hornos presentan alguna diferencia en su construcción, pues aunque son de forma redonda y muy semejante a los de Huancito, tienen, no obstante, la particularidad de que su mitad inferior se encuentra sumergida bajo la superficie del terreno, con lo que se consigue un mejor aprovechamiento del calor y se alcanza, por lo mismo, mayor temperatura. (Fot. Núm. 6.)

En realidad, cualquiera que sea la forma del horno usado en todo el N. de Michoacán, por los fabricantes de objetos de loza corriente, es indudable que en ningún caso se logran alcanzar temperaturas relativamente elevadas, tanto por las deficiencias de que adolece su construcción, que es demasiado primitiva, cuanto porque en todos ellos se emplea la majada de vaca, como combustible preferido.

Se comprende fácilmente que en tanto no se construya cualquier tipo de horno en el que se adopte alguno de los muchos sistemas modernos de calefacción y se emplee un combustible que proporcione mayor número de calorías, no podrá conseguirse una producción de mejor calidad que la obtenida actualmente.

Es de considerarse, pues, que dentro de las desfavorables condiciones en que laboran los humildes industriales que explotan los yacimientos de arcilla que existen en esta porción del Estado, no es posible obtener mejores resultados ni

en la calidad de la producción, ni en su cantidad, por lo que precisa adoptar otros sistemas de trabajo que conduzcan hacia nuevos y más amplios horizontes industriales y tiendan, al mismo tiempo, a lograr mejores resultados prácticos.

*Porvenir económico.*—Conocidas las deficiencias que presentan en el N. de Michoacán los hornos empleados en la industria de loza corriente, y hechas las consideraciones pertinentes respecto a la necesaria adopción de nuevos tipos de horno y combustible, conviene ahora indicar los medios más racionales que deben seguirse para lograr una explotación industrial que resulte más lucrativa.

Es indudable que los operarios que elaboran los referidos utensilios de uso doméstico, han alcanzado un grado de perfección que no podrá superarse si se insiste en fabricar dichos objetos en las mismas condiciones de trabajo.

Precisa emplear medios mecánicos más rápidos y eficientes, que permitan obtener, en menor tiempo, una producción más abundante y uniforme, sin que para ello sea necesario sacrificar nada respecto a la calidad.

Por otra parte, ya se indicó antes que la industria de artículos de barro cocido se ha concretado hasta ahora, de modo preferente y casi exclusivo, a la fabricación de trastos de cocina y otros utensilios para uso doméstico; pero no se elaboran otros artículos que también son indispensables en el hogar moderno, como tubos



Fotografía número 5.—Horno empleado en Zacapu para la fabricación de ánforas.



Fotografía número 6.—Horno para fabricar cazuelas y ollas en Zinapécuaro.

para albañal, tazas para excusados y toda esa gran variedad de productos de barro que encuentran muy útiles aplicaciones en los centros urbanos y rurales.

Tampoco se fabrica ningún objeto que ostente cualidades ornamentales o artísticas y en la mayoría de los casos, ni siquiera se detienen a decorar de cualquier modo las piezas que elaboran.

De toda la producción conocida en la región michoacana a que se viene haciendo referencia, sólo la que procede de Patamban muestra algunos tímidos intentos decorativos, concretándose los productores, en lo general, a recubrir sus piezas con un hermoso barniz obtenido a base de greta, a la que le mezclan los óxidos metálicos necesarios para conseguir tonos verdes, cafés o de otras coloraciones. Sin embargo, algunas ollas presentan dibujos fantásticos o alegóricos, más o menos rudos, hechos con líneas de colores diversos, que logran comunicar mejor apariencia al objeto. Aunque por sí solos esos dibujos son ya un adorno muy apreciado por los compradores de artículos de barro, es indudable que aún pueden mejorarse mucho más y hasta podrían lograrse trabajos verdaderamente interesantes y valiosos, ya que en los aludidos dibujos se nota claramente la prisa con que fueron trazados los rasgos que forman el motivo principal del trabajo decorativo y permiten adivinar las magníficas facultades que, por premura de tiempo, no puso de manifiesto el incipiente artista.

Es pues evidente que en relación con esta actividad, existe en Michoacán un vasto campo industrial que aun no ha sido tocado y que dada la innata intuición artística que caracteriza a los indígenas de toda esta región, es susceptible de proporcionar muy buenas utilidades.

Todavía hay otro punto del que aún no se ha tratado y que se relaciona con el porvenir económico de los yacimientos arcillosos de origen residual. Ya se indicó que ninguno de estos yacimientos arcillosos se ha aprovechado hasta ahora con fines industriales, pero falta indicar que es en ellos, precisamente, donde se hallan las arcillas de mejor calidad de cuantas se encontraron en la región estudiada en el N. de Michoacán.

El yacimiento que se localiza en el kilómetro 17 de la carretera Morelia-Cuitzeo, contiene una arcilla de color blanco, que bien puede considerarse como un verdadero caolín, pues el análisis químico practicado en una muestra procedente de este lugar indicó la existencia de un alto contenido de sílice y de alúmina, cuya combinación forma el silicato de alúmina que constituye la composición fundamental del caolín.

Se reproduce en seguida el análisis aludido, para que se aprecien debidamente las proporciones que guardan entre sí todos los elementos que entran en la composición de la arcilla de referencia. <sup>2</sup>

## ANÁLISIS QUÍMICO

Humedad. . . . .	13.70
Pérdida al rojo. . . . .	3.10
Alúmina. . . . .	13.99
Sesquióxido de fierro. . . . .	0.99
Bióxido de titanio. . . . .	0.10
Oxido de manganeso . . . . .	0.01
Oxido de calcio. . . . .	1.36
Oxido de magnesio. . . . .	0.50
Oxido de potasio. . . . .	3.15
Oxido de sodio. . . . .	2.37
Sílice. . . . .	59.12
Anhídrido sulfúrico . . . . .	0.19
Anhídrido fosfórico. . . . .	No hay
Anhídrido carbónico . . . . .	1.34
	<hr/>
	99.92

<sup>2</sup> Análisis practicado en el Laboratorio de Química del Instituto de Geología, por el químico señor Carlos Beristáin.

En contraste con el referido porcentaje elevado en sílice y alúmina, se encuentra la reducida proporción de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y de óxidos básicos, lo que viene a comprobar de modo más evidente, la buena calidad de la arcilla analizada.

Así pues, si se toman en cuenta los datos aportados por el estudio analítico que se transcribe, se llega a la conclusión de que la expresada arcilla puede emplearse en la fabricación de artículos de loza fina, tales como platos, tazas, etc., y hasta para elaborar algunos artículos de semiporcelana.

La arcilla de Tierras Blancas sigue en calidad a la anterior, en tanto que el material de que está compuesto el yacimiento localizado en el kilómetro 19 de la carretera Morelia-Cuitzeo, es menos puro que cualquiera de los dos anteriores.

La arcilla de Tierras Blancas tiene, asimismo, un buen porcentaje en sílice y alúmina, pero presenta, sin embargo, la desventaja de contener el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , en cantidades que si bien no parecen muy altas, sí son suficientes para producir una ligera coloración rosada en los objetos elaborados con ella, especialmente cuando la temperatura de cocción se lleva hasta  $1,000^\circ$   $1,200^\circ$  C.

Véase el análisis que se inserta en seguida y que corresponde a un ejemplar de dicha arcilla, y compárese con el análisis relativo al material encontrado en el kilómetro 17 de la carretera Morelia-Cuitzeo.

## ANÁLISIS QUÍMICO

Humedad . . . . .	8.53
Pérdida al rojo . . . . .	4.35
Alúmina . . . . .	17.28
Sesquióxido de fierro . . . . .	1.21
Bióxido de titanio . . . . .	0.35
Oxido de manganeso . . . . .	0.02
Oxido de calcio . . . . .	2.77
Oxido de magnesio . . . . .	1.47
Oxido de potasio . . . . .	0.75
Oxido de sodio . . . . .	2.20
Sílice . . . . .	57.48
Anhídrido sulfúrico . . . . .	0.51
Anhídrido fosfórico . . . . .	No hay
Anhídrido carbónico . . . . .	3.00

---

 99.92

Por otra parte, aunque sea de inferior calidad la arcilla colectada en el kilómetro 19 de la citada carretera Morelia-Cuitzeo, no por eso es de despreciarse su explotación industrial, pues en realidad sus desventajas no son muchas, ya que consisten solamente en la existencia de cantidades poco mayores en  $Fe_2O_3$ , así como de algunos de los óxidos básicos, todo lo cual produce una coloración más acentuada que cuando se emplea la arcilla de Tierras Blancas, y las piezas cocidas a temperaturas superiores a  $1,000^\circ C.$  toman una suave tonalidad amarillo-rojiza que, por lo demás, no perjudica en nada la buena apariencia de los objetos elaborados.

Se transcribe en seguida el análisis correspondiente a esta arcilla:

## ANÁLISIS QUÍMICO

Humedad . . . . .	6.39
Prédida al rojo . . . . .	3.80
Alúmina . . . . .	15.09
Sesquióxido de fierro . . . . .	1.10
Bióxido de titanio . . . . .	0.14
Oxido de manganeso . . . . .	No hay
Oxido de calcio . . . . .	0.82
Oxido de magnesio . . . . .	0.16
Oxido de potasio . . . . .	0.45
Oxido de sodio . . . . .	1.95
Sílice . . . . .	69.20
Anhídrido sulfúrico . . . . .	0.34
Anhídrido fosfórico . . . . .	No hay
Anhídrido carbónico . . . . .	0.52
	<hr/>
	99.96

Si se estudian los resultados obtenidos por el análisis químico de las dos arcillas descritas antes, se reconocerá que aun sin ser tan puras como las existentes en el kilómetro 17 de la susodicha carretera Morelia-Cuitzeo, sí presentan muy buenas perspectivas respecto a su aprovechamiento industrial, pudiéndose emplear para fabricar productos de calidad intermedia entre la loza corriente y la fina.

Así pues, por todo lo que se ha dicho en las páginas anteriores, respecto al aprovechamiento y explotación de las arcillas, se deduce que la industria que se dedica a la fabricación de productos de arcilla cocida, en el N. de Michoacán, tiene muy numerosas manifestaciones de actividad en toda la región recorrida,

pero los establecimientos respectivos o pequeñas factorías se hallan muy dispersas en ese territorio y, además, se encuentran en posición económica excesivamente pobre.

En tal virtud, esa industria no ha alcanzado en la referida región michoacana, todo el desarrollo que podría esperarse de ella y, a pesar de su reconocida antigüedad, se encuentra todavía en condiciones productoras bastante raquílicas. Esta situación es tanto más lamentable, cuanto que tendrá que persistir en lo porvenir, durante un lapso cuyo término, no es posible precisar, pero que seguramente no concluirá mientras se continúen empleando deficientes sistemas de preparación de las pastas y los primitivos métodos industriales que se siguen en la actualidad, para sostener la modesta producción que se logra alcanzar en las paupérrimas factorías de loza corriente, establecidas en esta porción del Estado.

Por lo mismo, es de suponerse el auge extraordinario que podrá alcanzar esta industria cuando se aprovechen íntegramente las enormes reservas arcillosas con que cuenta la Entidad, y cuando se construyan hornos de tamaño conveniente y de tipo moderno, en los que puedan obtenerse objetos de todas formas y clases, cocidos a altas temperaturas.

Si además de esto, se introduce el uso de máquinas especialmente adaptadas para efectuar los trabajos más fatigosos y dilatados, como son los que se relacionan con la molienda, amasado y moldeado de las pastas, se habrá logrado avanzar firme y rápidamente hacia la realización de una empresa que bien puede considerarse entre las que son susceptibles de producir los más alhagadores resultados económicos.

A este respecto, se cree necesario añadir, que se considera muy conveniente llamar la atención de aquellas negociaciones o inversionistas particulares que se interesan por esta clase de actividades, acerca de que la industria mexicana de loza corriente no ha sido explotada hasta ahora por ninguna organización financiera de verdadera importancia, a pesar de que dicha industria puede llegar a ser una de las fuentes de riqueza más importantes del país, por la proverbial facilidad que encuentran los indígenas para fabricar toda clase de objetos de arcilla y por la perfección material y artística que frecuentemente alcanzan en sus admirables creaciones.

#### TIERRAS COLORANTES

*Consideraciones acerca de su origen.*—Ya se dijo que el intemperismo actúa continuamente sobre los materiales que componen la litósfera y provoca en ellos complejos fenómenos de alteración química y progresiva desintegración mecánica, concluyendo por destruir las rocas totalmente, reduciéndolas a fragmentos de

todos tamaños. Dichos detritus sufren a su vez idéntica acción destructora, realizada por los mismos agentes geológicos, con la diferencia de que en este último caso, el intemperismo ejerce su influencia de modo mucho más intenso que cuando actúa sobre rocas macizas, porque las partículas arenosas producidas al desintegrarse las rocas permiten el paso del agua a través de sus granos, facilitándose la acción del citado elemento que, de este modo, se pone en contacto con toda la superficie de cada uno de dichos fragmentos detríticos.

Una de las reacciones químicas que más frecuentemente provoca el agua, es la oxidación de los elementos minerales que entran en la composición de las rocas, y como entre estos elementos predominan los ferruginosos (magnetita, hematita) y los ferromagnesianos (hiperstena, augita, hornblenda) <sup>3</sup> resulta, como consecuencia lógica, que los materiales respectivos que se producen por la alteración de estos elementos minerales, son también los más abundantes en toda la región michoacana a que se viene haciendo referencia.

Los detritus que han experimentado la alteración química más avanzada y que por lo mismo se encuentran también en un grado mayor de fragmentación, como es el caso de las arcillas, se hallan mezclados, invariablemente, con cantidades más o menos abundantes de diversos óxidos metálicos que comunican a esos materiales coloraciones muy diversas.

Interesa hacer notar que en el caso particular de esta región de Michoacán, las tierras coloreadas no sólo representan el producto de la alteración originada por la constante acción del intemperismo con el consiguiente efecto oxidante, sino que también se encuentran arcillas con elementos fuertemente oxidados por haber estado en contacto con materias efusivas que se hallaban a temperaturas relativamente elevadas.

A lo largo de la carretera nacional México-Morelia-Guadalajara se han hecho varios cortes más o menos profundos a través de los depósitos arcillosos que forman la superficie de los terrenos por donde atraviesa dicha vía de comunicación. En esos cortes se descubren con frecuencia importantes yacimientos de tierras teñidas fuertemente por diversos óxidos metálicos, que se encuentran mezclados con el material arcilloso en cantidad suficiente para formar verdaderas tierras colorantes naturales.

*Ocre amarillo.*—En el kilómetro 274 de la referida carretera, se encuentra un yacimiento arcilloso de tipo residual, que procede de la alteración y desintegración de las rocas basálticas subyacentes. Dicho yacimiento presenta una her-

<sup>3</sup> Véase el estudio petrográfico que se incluye en el capítulo relativo a los materiales para construcción.

mosa coloración amarillo oro, cuya intensidad depende principalmente de la apreciable cantidad de hidróxido ferruginoso (limonita) que contiene.

Este yacimiento es muy extenso, pues tiene más de 500 metros de largo por cerca de 10 de alto; no fué posible determinar con exactitud la superficie total abarcada por la zona coloreada, porque se encuentra bajo una gruesa cubierta de tierra vegetal, que a su vez sustenta a una lujuriosa vegetación. No obstante, se supone que ocupa una superficie bastante extensa, a juzgar por su gran longitud, así como su espesor, que si bien no es muy exagerado, sí se conserva, en cambio, bastante uniforme en todo lo largo del yacimiento.

*Ocre rojo.*—Más adelante, en el paraje llamado Puerto de Buenavista, que se halla situado por el kilómetro 307 de la misma carretera, se encuentra otro yacimiento en el que alternan tierras de colores amarillo y rojo, producidas respectivamente por óxidos ferruginosos (limonita y hematita) (Fot. Núm. 7).

Aunque no son muy grandes las dimensiones de este yacimiento, presenta sin embargo, algún interés económico debido a su proximidad a un gran centro consumidor, como es Morelia, que sólo se halla a poco más de 7 kilómetros de distancia.

De este yacimiento es de recomendarse la explotación preferente del material rojizo, por presentar una coloración de tonalidad bastante atractiva.



Fotografía número 7.—Yacimiento de tierras de diversos colores en el Puerto de Buenavista.

*Ocres de coloración variada.*—En el kilómetro 371 se encuentra un yacimiento de tierras de diversos colores, habiendo materiales con tonos amarillos, café claro y oscuro, rojizos y rojo violado. Este yacimiento presenta alguna importancia económica por la variada coloración de sus tierras, así como por la considerable extensión que ocupa, siendo de aconsejarse la explotación de la tierra de color morado, por su tonalidad poco común.

*Ocres pardos.*—Entre las tierras coloreadas de tonos cafés más o menos claros, son de mencionarse las que se hallan en las márgenes del río Chilchota, al que cruza la carretera, muy cerca del kilómetro 438. La tonalidad de estas tierras es muy tenue y uniforme pudiéndose obtener de ellas un magnífico material colorante.

Los citados yacimientos de tierras colorantes no son sino unos cuantos ejemplos de los muchos que hay en el N. de Michoacán, pues en realidad en toda esa región abundan toda clase de materiales teñidos por óxidos metálicos, existiendo zonas enteras, como entre Guaracha, San Angel, Tinguindín y Cotija, cuyos terrenos muestran los efectos de una intensa alteración, que ha provocado en ellos el característico enrojecimiento producido por los óxidos ferruginosos.

*Porvenir económico.*—Las tierras colorantes del N. de Michoacán se encuentran, comúnmente, en yacimientos de grandes dimensiones y presentan coloraciones sumamente variadas, por todo lo cual es de considerarse que ofrecen una buena oportunidad para establecer en la región nuevas industrias que, además de beneficiar grandemente a los habitantes de esta parte del Estado, son susceptibles de producir muy halagadores resultados económicos.

Es interesante advertir que hasta la fecha no se ha tocado en forma alguna esta importante riqueza natural, a pesar de que su explotación llevada en forma sistemática y racional, podría producir magníficos materiales colorantes que tienen gran demanda en el mercado y que, por lo mismo, alcanzan a veces altos valores comerciales.

Los colores que se encuentran en estos yacimientos de tierras colorantes, corresponden a todos los que tiene el arco iris, excepto los tonos azules y verdes, contándose además con una gran variedad de tonalidades intermedias que por su notable firmeza y su agradable suavidad, pueden utilizarse con mucho éxito en toda clase de trabajos al temple y aun es posible que encuentren numerosas aplicaciones en algunas ramas del arte pictórico.

El establecimiento de una industria que explotara esta clase de materiales no exigiría una inversión considerable, ya que sólo se trataría de moler las tierras hasta alcanzar un grano impalpable, obteniéndose así, sin ningún otro tratamiento, los conocidos colores llamados "a la cal." Estos colores se emplean muy fre-

cuentemente en trabajos de albañilería, para dar color a paredes y muros, adicionando previamente a las tierras aludidas, con un poco de goma o cualquier otro aglutinante disuelto en agua.

Hay además la ventaja de no necesitarse gran cantidad de herramienta para efectuar la remoción de las tierras que se hallan en los depósitos aludidos, porque todos los materiales que lo componen se encuentran en condiciones muy delezna- bles, debido a la naturaleza misma del yacimiento, cuyo origen reconoce la des- composición de rocas preexistentes.

Si bien es cierto que los colores a la cal se obtienen mediante una preparación extremadamente simple y poco costosa, en cambio los resultados económicos no son muy lucrativos. Para obtener mayores beneficios, es preferible aprovechar la misma materia prima en la elaboración de colores al aceite, lo que sólo exige mezclar íntimamente el polvo impalpable obtenido de la molienda de las tierras, con aceite de linaza hervido y adicionado de una conveniente cantidad de "japón" o algún otro producto que presente cualidades secativas.

De este modo se obtienen los llamados colores "en pasta," que se diluyen con esencia de trementina o aguarrás para producir las pinturas de aceite. Usando los procedimientos referidos y empleando como materia prima las tierras colorantes del N. de Michoacán, se obtienen colores al aceite de calidad no muy fina, pero sí bastante aceptable para trabajos de pintura ordinaria o mejor, para recubrir superficies metálicas o de madera, con carácter de "primera mano."

Los colores al aceite elaborados de este modo presentan tonos bastante agra- dables, como puede comprobarse examinando las muestras que se adjuntan en la lámina número 2.

También pueden fabricarse pinturas a la celulosa, aunque para este objeto se acostumbra emplear de preferencia algunas anilinas u otros colorantes artifi- ciales. Sin embargo, con las tierras colorantes se logran tonos más firmes, sin perjuicio de la belleza y uniformidad que caracteriza a este tipo de pinturas.

Véase si no, la colección de muestras que exhibe la lámina número 3, corres- pondientes a varias tierras del N. de Michoacán. Las tierras respectivas fueron preparadas sujetándolas previamente a una enérgica molienda que las redujo a polvo impalpable y mezclándolas, en el momento de usarlas, con un barniz ela- borado a base de nitrocelulosa.

Lo asentado antes pone de manifiesto el magnífico porvenir económico que espera a la industria que se dedique a explotar las tierras colorantes de esta por- ción del Estado, tanto por su extraordinaria variedad de tonalidades, cuanto por la magnitud de los respectivos yacimientos. A todo esto hay que añadir la facilidad que ofrecen esos materiales para ser removidos de su depósito; su cercanía a buenas carreteras y otras vías de comunicación y la reducida inversión de capitales que

se hace necesaria para establecer la explotación de referencia. Si además se toma en cuenta que hasta la fecha no se ha emprendido ningún trabajo tendiente a comercializar esa riqueza natural, podrá formarse una idea más completa de las halagadoras perspectivas que ofrece el aprovechamiento industrial de las citadas tierras colorantes.

#### ARENAS

La alteración química y la final desintegración de los elementos minerales que entran en la composición de las rocas, se realiza siempre con una rapidez tanto mayor cuanto más inestables sean las combinaciones químicas de dichos elementos constituyentes. Concluida la acción destructora de los agentes geológicos que actúan sobre las rocas y demás materiales de que se componen los terrenos superficiales queda, invariablemente, como residuo resultante de la referida desintegración, una cantidad determinada de partículas pétreas, o detritus que por sus condiciones físicas resistieron mejor a la acción del intemperismo o que por su naturaleza química se muestran más reacias a entrar en combinación con otras substancias, para formar nuevos compuestos.

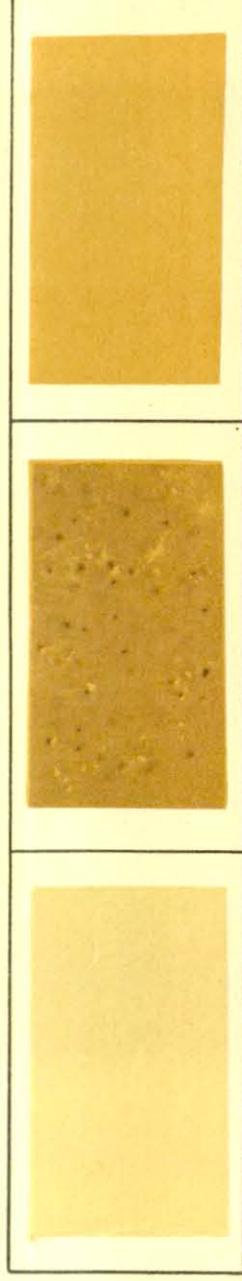
Los aludidos detritus varían de tamaño desde partículas cuya pequenez llega a alcanzar un grado coloidal, hasta fragmentos de 7 a 8 centímetros de longitud, existiendo una completa graduación de tamaños entre las finísimas partículas que forman verdaderas arcillas, hasta los fragmentos más voluminosos que se hallan en el lecho de la mayor parte de los cursos fluviales.

La designación o clasificación con que se conocen en México dichos detritus es sumamente variable, siendo frecuente encontrar depósitos de estos materiales con fragmentos que se designan local o regionalmente con nombres más o menos exóticos y que se apartan por completo de las nomenclaturas comúnmente usadas en todo el resto del país.

Dichas nomenclaturas se relacionan unas veces con el origen de los referidos detritus, otras con su composición química o mineralógica, con la medida de sus granos o, en fin, con los usos a que se destinan. De todas estas clasificaciones se han generalizado más las que se refieren al origen de esos materiales, o al uso a que se destinan, empleándose también con mucha frecuencia la designación que se relaciona con la medida de sus granos.

Los principales ejemplos de clasificación detrítica fundada en el origen de los materiales en cuestión, se refieren a yacimientos de naturaleza hidroclástica eólica o piroclástica y se encuentran, los primeros, en el curso de los arroyos y ríos o en el fondo de lagos, lagunas, etc.; los segundos son los que deben su formación al acarreo de partículas efectuadas por el continuo movimiento de los vientos y, los últimos, son los yacimientos que se forman al depositarse los mate-

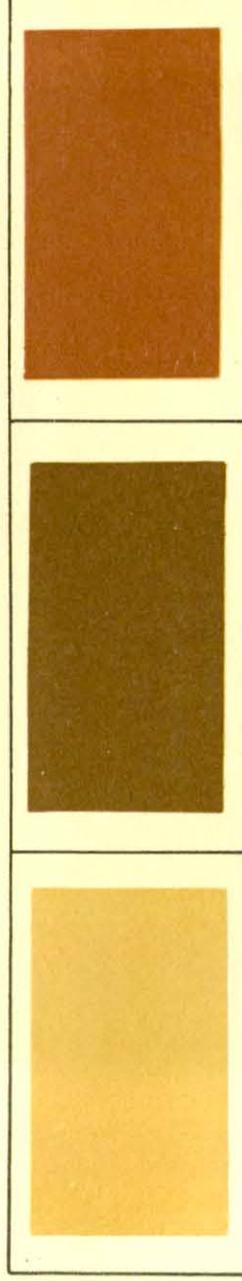
# MUESTRAS DE COLORES AL ACEITE OBTENIDOS CON TIERRAS COLORANTES



1

2

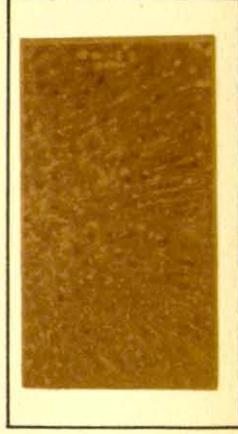
3



4

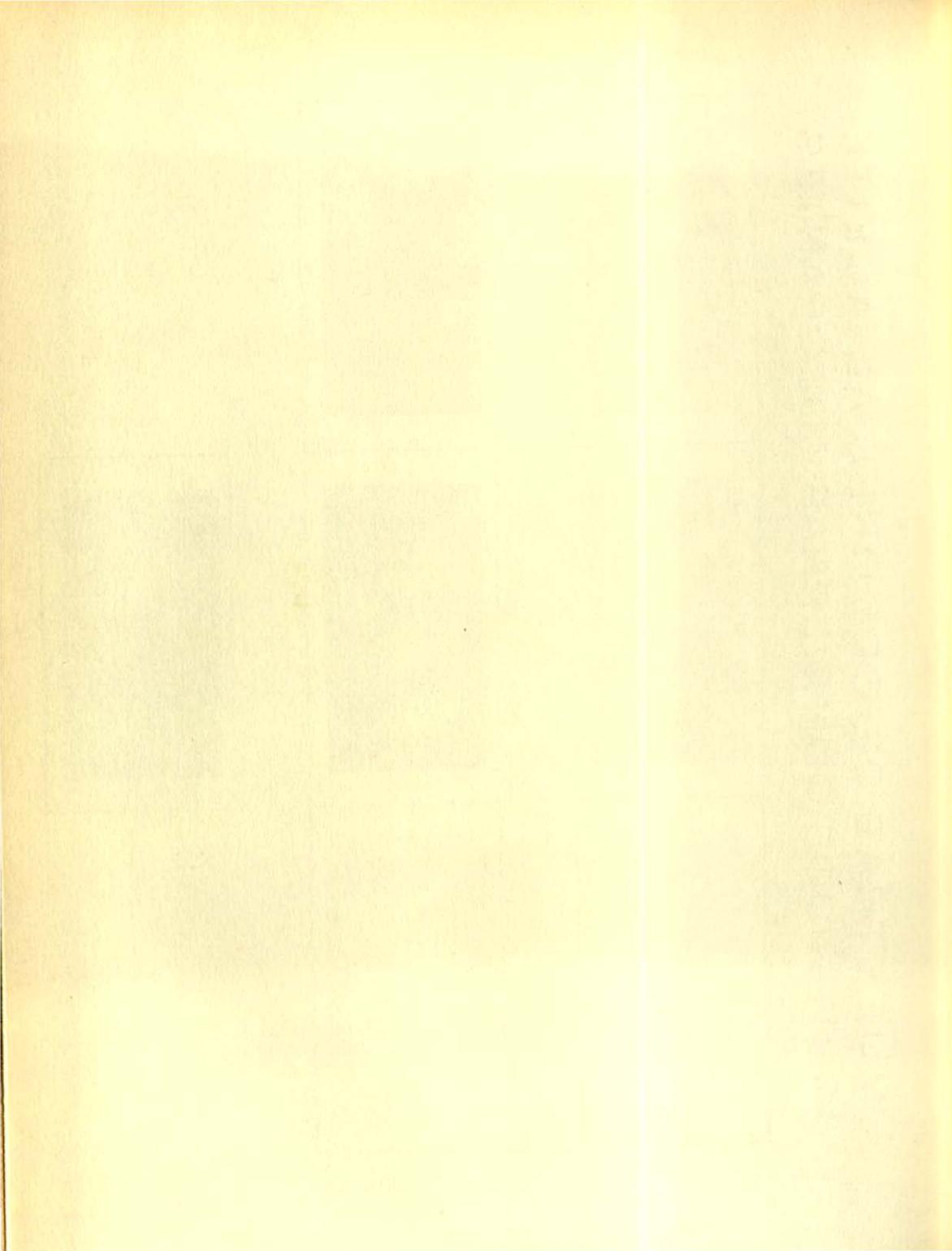
5

6

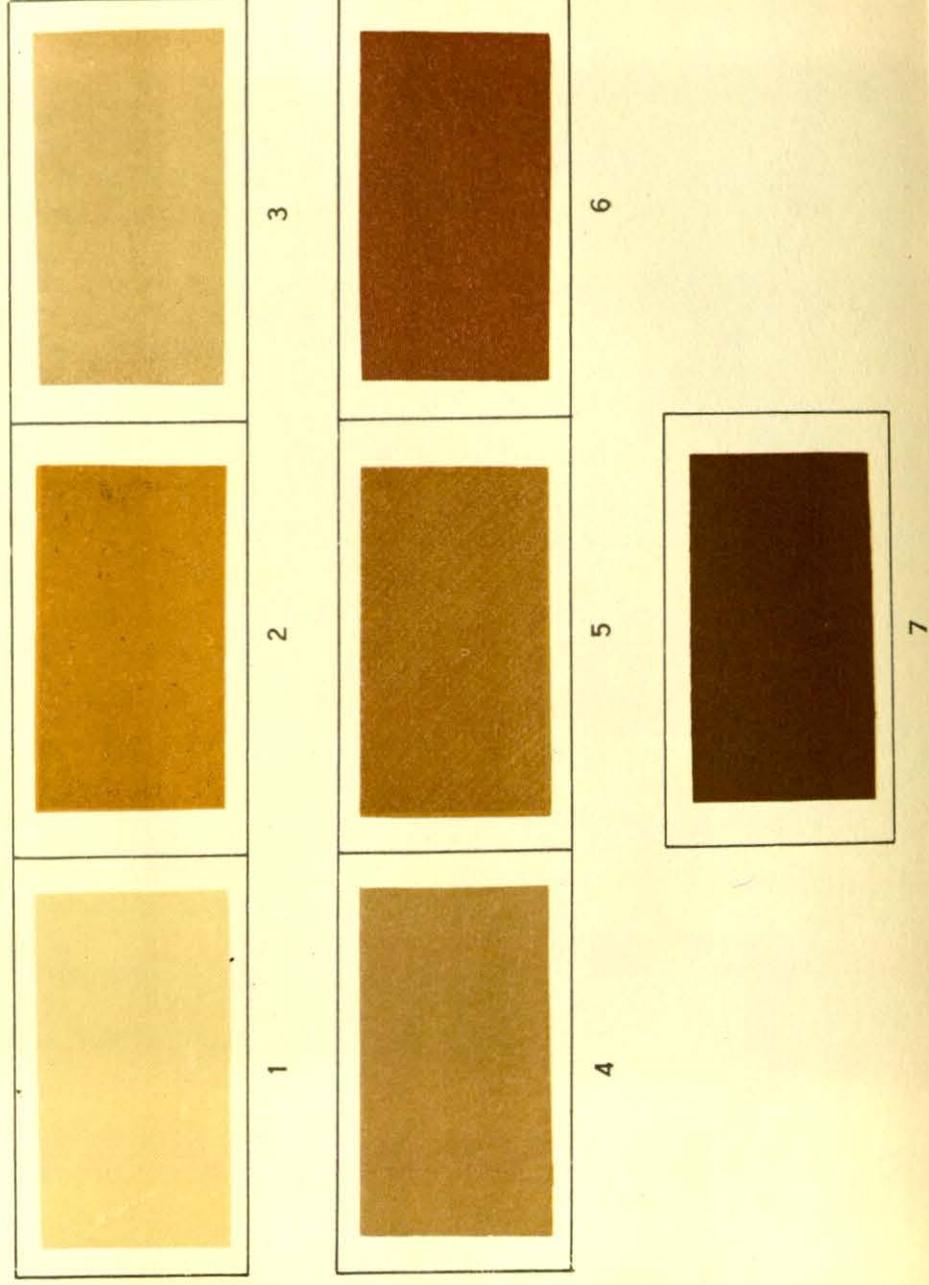


7

- 1.—K. 307 Carretera México-Morelia, Puerto de Buenavista.
- 2.—K. 274 Carretera México-Morelia.
- 3.—K. 371 Carretera Morelia-Guadalaajara.
- 4.—K. 371 Carretera Morelia-Guadalaajara.
- 5.—Estación Angel. Entre Zamora y Los Reyes.
- 6.—K. 307 Carretera México-Morelia.
- 7.—K. 371 Carretera Morelia-Guadalaajara.



# MUESTRAS DE COLORES A LA CELULOSA OBTENIDOS CON TIERRAS COLORANTES



- 1.—K. 307 Carretera México-Morelia. Puerto de Buenavista.
- 2.—K. 274 Carretera México-Morelia.
- 3.—K. 371 Carretera Morelia-Guadalajara.
- 4.—K. 371 Carretera Morelia-Guadalajara.
- 5.—Estación Angel. Entre Zamora y Los Reyes.
- 6.—K. 307 Carretera México-Morelia.
- 7.—K. 371 Carretera Morelia-Guadalajara.



riales cineríticos que son lanzados violentamente a la atmósfera en el curso de los paroxismos volcánicos.

Como tipos de clasificación debida al empleo que encuentran los materiales detríticos pueden citarse las gravas para concreto o para construcción en general, las arenas para vidrieros, para filtros, para moldes de fundición, para pulir, para grabar, etc.

La clasificación fundada en la medida de los granos no tiene una rigurosa precisión, pero en lo general pueden citarse como más extensamente aceptadas, las medidas y nombres que se mencionan en seguida:

## CLASIFICACION DE MATERIALES DETRITICOS

Clase	Medidas de los granos	Designación
1.	Más de 5 centímetros de diámetro.....	Gabarro.
2.	Más de 2 y menos de 5 centímetros de diámetro..	Matatena.
3.	Más de uno y menos de 2 centímetro de diámetro	Grava.
4.	Más de 0.5 milímetros y menos de un centímetro de diámetro .....	Confitillo.
5.	Más de 0.2 y menos de 0.5 milímetros de diámetro	Hormigón.
6.	Más de 0.5 y menos de 0.2 milímetros de diámetro	Arena gruesa.
7.	Más de 0.25 y menos de 0.5 milímetros de diámetro	Arena mediana.
8.	Más de 0.1 y menos de 0.25 milímetros de diámetro	Arena fina.
9.	Más de 0.05 y menos de 0.1 milímetros de diámetro	Arena muy fina.
10.	Más de 0.01 y menos de 0.05 milímetros de diámetro. ....	Limo.
11.	Más de 0.005 y menos de 0.01 milímetros de diámetro. ....	Limo fino.
12.	Menos de 0.005 milímetros de diámetro.....	Arcilla.

Para finalizar conviene añadir que a últimas fechas se ha generalizado una distinción de ciertos productos detríticos debida exclusivamente a su color, tales son, por ejemplo, las arenas azules, pardas, rosadas, etc.

Todos estos materiales existen distribuidos en proporciones muy diversas en toda la zona de Michoacán a que se refiere este escrito, pero aquí sólo se hará mención de las arenas cuarzosas y de algunos productos de índole piroclástica, porque son los únicos que presentan verdadero interés como minerales no metá-

licos, quedando relegado el resto de los detritus examinados en la lista anterior, porque no encuentran ninguna aplicación que pueda considerarse de naturaleza estrictamente industrial, sino que más bien se emplean con carácter de materiales para construcción.

*Arenas cuarzosas.*—Las arenas cuarzosas tienen origen del mismo modo que cualquiera otra formación detrítica, esto es, debido a la desintegración de rocas preexistentes. No obstante, para que dicha desintegración produzca arenas de esta naturaleza, es indispensable que el cuarzo se encuentre profusamente distribuido entre los elementos minerales que entran en la composición de la roca madre.

Como puede advertirse, las rocas basálticas son las más abundantes en toda la región y siendo estas rocas de naturaleza esencialmente básica, no podían formarse arenas cuarzosas como consecuencia de su desintegración, ya que, como es bien sabido, los basaltos no contienen cuarzo libre entre sus minerales componentes, sino que la sílice se encuentra combinada con otros elementos con los que forma los silicatos respectivos (andesina, labradorita, olivino, hiperstena, augita, zeolitas, etc.).

Es por esto que no se hallan arenas cuarzosas en la mayor parte de la referida región michoacana, excepto en su extremidad oriental, en donde existen algunas rocas ácidas tales como las riolitas que entran en la constitución geológica de la sierra de San Andrés.

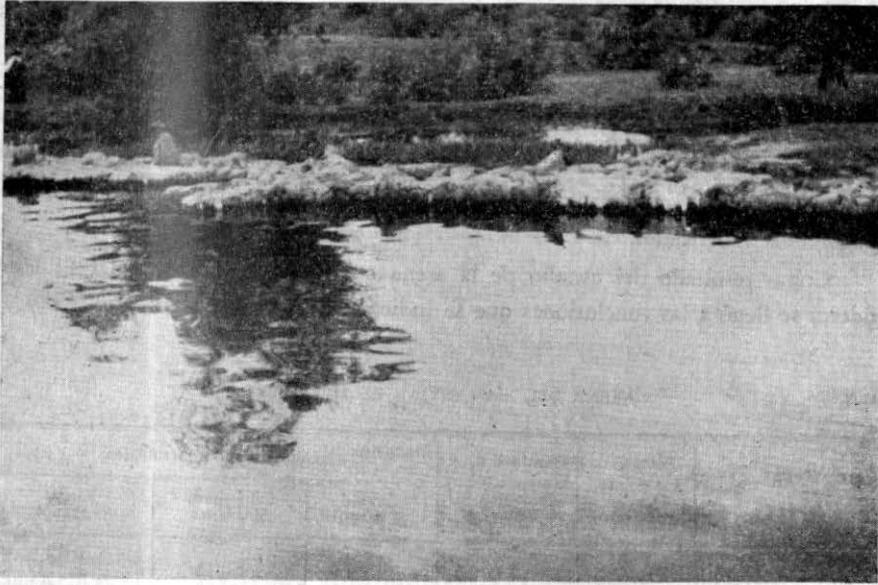
Los materiales detríticos producidos al desintegrarse dichas rocas, han dado lugar a la formación de las arenas cuarzosas que se hallan depositadas a lo largo de todos los cursos fluviales que parten de dicha sierra y siguen por Maravatío y Acámbaro, reconociendo la vertiente del río Lerma.

En todos esos arroyos se encuentra la arena formando el lecho correspondiente, pero en algunos sitios se advierte una mayor concentración cuarzosa, debida a ciertos movimientos del agua que circula por esas vías fluviales y que favorece de algún modo la referida concentración.

Recorriendo todos esos cursos de circulación fluvial se encontraron varios sitios en los que la concentración cuarzosa era más notable y tomados los ejemplares respectivos y estudiados convenientemente, se llegó a la conclusión de que la mejor arena cuarzosa es la que se halla en el manantial del Hervidero; en seguida la que se encuentra en el paraje del Chirimoyo, y en orden descendente respecto a su calidad, las arenas del arroyo de La Tinaja, Paraje de San Antonio, hacienda de Buenavista y río Tuxpan.

El manantial El Hervidero se encuentra al S. 24° W. de Maravatío, en la orilla misma de la población (Fot. Núm. 8).

Es un potente brote con el que se ha formado una fuente o depósito de agua de unos 200 metros cuadrados de superficie, la que en algunos sitios ha sido



Fotografía número 8.—Manantial El Hervidero, Maravatío, Mich.

necesario bordear con un vallado de mampostería, a efecto de impedir que el agua se derrame desordenadamente. En el fondo de dicho depósito de agua se encuentra la arena cuarzosa en gran cantidad; empero, no es posible aprovecharla en ese sitio con fines de explotación, dado que dicho manantial es de propiedad colectiva de los habitantes del lugar y por ningún motivo convendría cegararlo, pero sí facilita el reconocimiento de los lechos arenosos por donde circulan las aguas de referencia, los que pueden alcanzarse fácilmente en lugares relativamente alejados del manantial, donde no haya que vencer ningún inconveniente que pudiera entorpecer las labores de explotación.

Para hacer el estudio físico y mineralógico de esta arena, así como de los otros ejemplares a que se hizo referencia antes, se procedió con 100 gramos de cada una de dichas muestras, las que se hicieron pasar por una serie de tamices correspondientes a los números 20, 30, 40, 60, 80 y 100, estimándose como sobrante el material que pasó al tamiz número 100, por considerarse que el tamaño de su grano y la respectiva composición mineralógica, no permite su utilización en ninguna actividad industrial.

Con respecto a las arenas detenidas en cada uno de los tamices aludidos, se separaron y pesaron con aproximación de un centígramo, contándose posterior-

mente el número de granos de cuarzo que se hallaba en cada una de las porciones respectivas, así como también los granos de feldespato, y se reunió con la designación de "varios," al resto de los minerales existentes en la arena examinada. Estos últimos minerales consisten principalmente en óxidos de fierro, fragmentos vitrificados y granos de minerales ferromagnesianos, encontrándose todos estos elementos en las siguientes proporciones relativas: hematita, ferromagnesianos, fragmentos vitrificados.

Como resultado del estudio de la arena colectada en el manantial El Hervidero, se llegó a las conclusiones que se indican en el cuadro siguiente:

ARENA DEL MANANTIAL EL HERVIDERO

Tamiz Núm.	Tamaño de los granos. m. m.	Cantidad total de arena : 100 gr. Se detiene gr.	Composición mineralógica		
			Cuarzo % granos	Feldespato % granos	Varios % granos
20.....	0.833	6.30	78	5	17
30.....	0.490	28.17	83	4	13
40.....	0.350	45.77	92	3	3
60.....	0.246	18.94	96	1	3
80.....	0.175	0.54	81	2	17
100.....	0.147	0.10	80	8	12
Sobrante.....		1.18			

Examinando las cifras anotadas en el cuadro anterior, se observa que el tamiz número 60 retuvo la porción más pura de la arena, pues por cada 100 granos de material, 96 son de cuarzo y sólo uno de feldespato, estando constituidos los tres granos restantes, por fragmentos de minerales ferromagnesianos y algunos óxidos ferruginosos. El peso de arena retenida por ese tamiz es de cerca de 19 gramos, esto es, casi la quinta parte de la cantidad total que se sujetó al tratamiento.

El tamiz número 40, en cambio, retuvo poco más de 45 gramos de arena que, si no es tan pura como la anterior, no por eso deja de ser bastante buena, pues por cada 100 de sus granos, 92 son de cuarzo, 3 de feldespato y 5 de elementos varios. Como por otra parte, la proporción en peso del material retenido por este tamiz se aproxima al 50% de la cantidad total de arena, resulta en conclusión que los tamices 40 y 60 retienen la parte más valiosa de dicha arena y al mismo tiempo, la más abundante, pues sumadas ambas porciones se obtiene un total que representa casi las dos terceras partes de toda la arena tamizada.

Aunque para la mayor parte de las aplicaciones industriales de las arenas cuarzosas, basta conocer cuantitativamente su composición mineralógica, se quiso hacer además un análisis de las porciones 40-60 de la citada arena procedente del Hervidero a efecto de dar una idea de la respectiva composición química, lo que seguramente es de gran utilidad en algunos casos en que se lleve a la práctica su utilización industrial, especialmente en la fabricación del vidrio.

El resultado de dicho análisis se reproduce en seguida:

## ANÁLISIS QUÍMICO

Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) .....	87.32%
Oxido de fierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).....	Huellas.
Alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) .....	8.94%
Oxido de manganeso ( $\text{MnO}$ ) .....	Huellas.
Oxido de calcio ( $\text{CaO}$ ).....	0.62%

Como ya se indicó en párrafos anteriores, después de la arena de El Hervidero, le sigue en calidad la que se halla en el paraje de El Chirimoyo, situado al S.  $64^\circ$  W. de Maravatío y a cerca de 2 kilómetros de esa población. En este lugar cruza un arroyo que ha excavado su cauce a poca profundidad, pero que, sin embargo, se encuentra bastante azolvado por una arena muy cuarzosa que ocupa todo el fondo y gran parte de los bordes del lecho.

Estudiada la arena de referencia en la misma forma que se hizo con la de El Hervidero, acusó un contenido de granos de cuarzo, fedespato y otros minerales, en las proporciones que muestra el cuadro que se incluye en seguida:

## ARENA DE EL CHIRIMOYO

Cantidad total de arena 100 grs.

Tamiz Núm.	Tamaño de los granos m/m	Cantidad total de arena 100 gr. Se detiene gr.	Composición mineralógica		
			Cuarzo % granos	Fedespato % granos	Varios % granos
20.....	0.833	4.70	61	8	31
30.....	0.490	23.47	79	9	12
40.....	0.350	41.24	93	4	3
60.....	0.246	23.80	89	5	6
80.....	0.175	5.10	87	4	9
100.....	0.147	0.24	80	6	14
Sobrante.....	.....	1.45	..	..	..

Por los datos que se asientan en el cuadro anterior se deduce que el tamiz número 40 es el que retiene la porción más valiosa del material que se estudia, ya que por cada 100 granos de dicha arena, 93 son de cuarzo, 4 de feldespato y 3 de otros minerales entre los que, como ya se dijo, predominan los óxidos de fierro y algunos elementos ferromagnesianos.

Por otra parte, este mismo tamiz es también el que contiene la porción más abundante, ya que alcanza a retener una cantidad equivalente a más de 41% del peso total de la arena tamizada.

En esta virtud y tomando en cuenta los halagadores resultados obtenidos con el estudio físico y mineralógico que se resume en el cuadro anterior, se creyó conveniente efectuar también el análisis químico de este material, con el fin de conocer su composición y determinar sus posibles aplicaciones industriales. El resultado del análisis de referencia es el que se transcribe en seguida:

ARENA DE EL CHIRIMOYO

*Análisis químico*

Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) .....	86.32%
Sesquióxido de fierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).....	0.17 „
Alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) .....	9.39 „
Oxido de manganeso ( $\text{MnO}$ ).....	Huellas
Oxido de calcio ( $\text{CaO}$ ).....	0.58 „

Se dijo antes que el arroyo de La Tinaja, paraje de San Antonio, hacienda de Buenavista y lecho del río Tuxpan, son otros tantos sitios en que se encuentra arena cuarzosa de buena calidad, pudiendo añadirse, asimismo, que todavía hay otros sitios distribuidos en diversos lugares de la región y que se relacionan fisiográficamente con la cuenca de los arroyos y ríos citados antes, donde se hallan arenas de este tipo aun cuando en cantidades relativamente reducida. Sin embargo, dichas arenas que bien pueden encontrar variada utilización industrial, no son comparables en calidad a las arenas procedentes de las dos localidades a que se hizo referencia antes, ya que su mayor contenido en granos de cuarzo no llega al 90%, como puede comprobare examinando los cuadros siguientes, en los que se transcriben los resultados alcanzados con el estudio físico y mineralógico de dichas arenas.

## ARENA DEL ARROYO DE LA TINAJA

Tamiz Núm.	Tamaño de los granos m/m	Cantidad total de arena 100 gr. Se detiene gr.	Composición mineralógica		
			Cuarzo % granos	Feldespató % granos	Varios % granos
20.....	0.833	0.27	61	16	23
30.....	0.490	1.24	80	5	15
40.....	0.350	11.10	89	5	6
60.....	0.246	34.78	77	2	21
80.....	0.175	39.77	63	5	32
100.....	0.147	7.56	62	15	23
Sobrante.....	.....	.....	..	..	..

## ARENA DE SAN ANTONIO

Tamiz Núm.	Tamaño de los granos m/m	Cantidad total de arena 100 gr. Se detiene gr.	Composición mineralógica		
			Cuarzo % granos	Feldespató % granos	Varios % granos
20.....	0.833	3.70	72	11	17
30.....	0.490	11.22	87	7	6
40.....	0.350	13.50	87	6	7
60.....	0.246	27.20	89	5	6
80.....	0.175	27.10	79	5	16
100.....	0.147	2.00	67	8	25
Sobrante.....	.....	15.28	..	..	..

## ARENA DE BUENAVISTA

Tamiz Núm.	Tamaño de los granos m/m	Cantidad total de arena 100 gr. Se detiene gr.	Composición mineralógica		
			Cuarzo % granos	Feldespató % granos	Varios % granos
20.....	0.833	0.15	17	14	69
30.....	0.490	0.58	58	16	26
40.....	0.350	6.49	78	10	12
60.....	0.246	38.69	77	9	14
80.....	0.175	42.74	86	5	9
100.....	0.147	4.30	18	9	73
Sobrante.....	.....	.....	..	..	..

*Porvenir económico.*—Aunque puede asegurarse en general que los minerales no-metálicos apenas se han aprovechado industrialmente en México, esta aseveración nunca es más verdadera que cuando se refiere al caso particular de las arenas cuarzosas. En realidad estos materiales no se han explotado antes en el país, porque su localización era poco conocida y, además, porque la calidad de las arenas encontradas no satisfacían todos los requisitos impuestos por los industriales que hacen consumo de ellas, especialmente para la elaboración de vidrio.

Como resultado de esta escasez de arenas cuarzosas se ha hecho imprescindible la necesidad de importar esa materia prima del extranjero, llegándose a negociar cantidades de bastante consideración, como puede juzgarse examinando el cuadro estadístico que se transcribe en seguida y que se refiere al monto de importación de arenas cuarzosas efectuado en el lapso comprendido por los años de 1932 a 1937.

CUADRO DE IMPORTACION DE ARENAS CUARZOSAS

A Ñ O	Cantidad en Kgs.	Valor \$
1932 .....	8 906 812	53 266
1933 .....	13 999 037	84 611
1934 .....	21 677 999	103 507
1935 .....	23 893 761	145 258
1936 .....	26 531 331	154 105
1937 .....	33 484 390	329 519

Examinando las cifras marcadas en el cuadro estadístico anterior de importación, se deduce que el valor de la tonelada de arena cuarzosa en el lapso señalado en dicho cuadro fué, en promedio, de \$ 6.77. Esta cantidad se refiere al costo que alcanzaba ese material antes de que se registrara el brusco descenso que experimentó poco después la moneda nacional, reduciéndose su cotización casi a la mitad del valor que se le reconocía anteriormente, por cuya razón puede estimarse que el costo actual de la arena importada, no debe ser muy inferior al doble del anotado en las partidas que registra el cuadro estadístico.

No hay necesidad de citar las ventajas que obtendrían los industriales interesados en esta clase de arenas, si en lugar de importarlas pagando precios elevados, se aprovechan los yacimientos nacionales en donde además de resultar a costos mucho más bajos, no hay que pagar fletes por grandes distancias, ni derechos de importación, etc.

Es cierto que la calidad de la arena michoacana es un poco inferior a la del material importado, por lo que tal vez no sería posible suprimirlo completamente,

pero no obstante, la arena de Michoacán podría ser de gran utilidad para vidrios no muy blancos, o para suplir en parte a la arena de importación.

Para que se pueda formar un juicio más exacto a este respecto, se reproduce en seguida la composición química de las arenas de Michoacán y también la de algunas arenas extranjeras, a efecto de que fácilmente pueda establecerse una comparación entre unos y otros materiales.

COMPOSICION QUIMICA DE ALGUNAS ARENAS CUARZOSAS

	1	2	3	4	5	6	7
SiO <sub>2</sub> .....	87.32	86.32	99.40	99.11	99.72	98.94	99.58
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	Huellas	0.17	0.0058	0.0108	0.0017	0.0036	0.210
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	8.94	9.39	0.2752	0.3550	0.1203	0.300	0.350
MgO.....	.....	.....	0.012	0.023	0.008	Huellas	+ CaO 0.500
Perd. por ignición.....	.....	.....	0.231	0.190	0.134	0.230	.....

1. Arena de El Hervidero, Municipio de Maravatío, Mich.
2. Arena de El Chirimoyo, Municipio de Maravatío, Mich.
3. Arena empleada en la fabricación de vidrios de color verdoso o ambarino.
4. Arena empleada en la fabricación de vidrio para botellas.
5. Arena empleada en la fabricación de vidrio de primera calidad.
- 6 y 7. Arena empleada en algunas fábricas de vidrio norteamericanas.

Las arenas cuarzosas no sólo se utilizan en la elaboración del vidrio, sino que encuentran además otras aplicaciones industriales, entre las que pueden citarse como más importantes las que se refieren a la fabricación de materiales refractarios o filtrantes, así como también, la manufactura de materiales abrasivos.

Ultimamente se está abandonando la costumbre de usar arenas cuarzosas para fabricar lijas, fijando la arena sobre bases de papel o tela, mediante el empleo de un aglutinante conveniente. La razón de esto es que los granos de cuarzo que se hallan en las arenas de naturaleza detrítica, son de forma más o menos arredondada debido a los efectos abrasivos a que se han visto sujetos durante su acarreo a lo largo de los cursos fluviales.

Sin embargo, algunos depósitos arenosos se localizan en lugares relativamente cercanos a las primitivas rocas ígneas de donde proceden, en cuyo caso, no han

tenido oportunidad de redondearse las correspondientes partículas detríticas, porque el trayecto recorrido entre su punto de origen y su depósito no es suficiente para dar término al proceso abrasivo que provoca el desgaste de las aristas, puntas y ángulos de que están provistos originalmente los cristales de cuarzo.

Tal es el caso de las arenas de El Chirimoyo, San Antonio y arroyo de La Tinaja, cuyos granos de cuarzo son bastante angulosos y pueden realizar una acción abrasiva bastante intensa, por lo que son susceptibles de emplearse con buenos resultados en la fabricación de lijas.

Otra importante aplicación industrial de las arenas cuarzosas es la que encuentra en las fundiciones de metales. En efecto, los moldes en que se hacen los "vaciados" de metal fundido, se componen de arenas a las que se les añade una conveniente cantidad de arcilla refractaria, con el fin de obtener una cohesión suficiente para que el molde conserve la forma deseada. Cuanto mayor sea la proporción de sílice en la arena, más alta será la temperatura que puede soportar, siendo entonces de utilidad para los vaciados de hierro o acero.

La única especificación que se exige a las arenas para fundición, además de su elevado porcentaje en sílice, es la uniformidad de grano, lo que encuentra una sencilla solución en lo que respecta a las arenas de Michoacán, dado que ya naturalmente presentan un tamaño de grano muy semejante entre sí, como puede comprobarse observando el volumen de material retenido por los tamices números 40 y 60.

Es pues de considerarse por todo lo que se ha dicho en relación con los materiales detríticos, que la industria que se dedique a explotar las arenas cuarzosas de Michoacán, encontrará muy halagadoras perspectivas económicas, especialmente si se tiene la precaución de tamizar y lavar las aludidas arenas antes de ofrecerlas a los industriales interesados en esta materia prima, de tal modo que no sólo puedan presentarse en el mercado arenas de grano uniforme, sino también con una definida proporción de cuarzo.

#### CENIZAS VOLCANICAS

La actividad volcánica que dió origen a las rocas ígneas que entran en la constitución geológica de la parte septentrional de Michoacán, no siempre se manifestó en forma tranquila, sino que hubo también derrames tumultuosos y violentas erupciones de carácter explosivo, en las que se proyectaron a la atmósfera grandes cantidades de productos cineríticos. Algunos de estos productos por ser más grandes y de mayor densidad, se acumulaban con relativa prontitud en las

laderas de los macizos volcánicos, en tanto que los más ligeros, permanecían por algún tiempo en suspensión, a favor de los vapores emitidos en el curso de las mismas erupciones, hasta que finalmente venían a depositarse en lugares más o menos alejados de los principales focos eruptivos.

Las corrientes de aire provocadas por los cambios bruscos de temperatura a que da lugar la actividad volcánica, dispersa frecuentemente las finísimas partículas que flotan en la atmósfera y su depósito se efectúa entonces en áreas muy extensas, pero por la misma razón sus acumulaciones no alcanzan sino espesores relativamente reducidos.

Por eso se observan productos cineríticos distribuidos esporádicamente en muchos lugares de la región, como ocurre en las inmediaciones de Morelia, en San Pedro. (V. Carranza), en El Palmito cerca de Penjamillo, en los alrededores de Angamacutiro, entre V. Hidalgo y Turundeo y en otros sitios, pero en todos estos puntos los depósitos consisten de estratos muy delgados, que a pesar de contener materiales muy puros, no logran formar yacimientos aprovechables industrialmente.

En cambio, cuando las condiciones atmosféricas se conservan tranquilas, el depósito de los productos cineríticos se efectúa en forma más abundante y continua, acumulándose en áreas relativamente pequeñas pero formando entonces bancos de gran espesor.

*Yacimiento de Ixtlán.*—En las inmediaciones de Ixtlán y entre las estaciones de Charo y Quirio, de los Ferrocarriles Nacionales de México, se encuentran yacimientos de este tipo en los que las cenizas volcánicas presentan una extremada pureza. En Ixtlán, el depósito forma un pequeño montículo que se eleva unos 3 metros sobre el nivel del terreno y ocupa una extensión de poco más de 600 metros cuadrados. Aparentemente el yacimiento sólo alcanza el espesor que tiene el citado montículo, pero por algunas excavaciones que se han practicado en él, se ha podido descubrir que los mismos productos, con igual pureza, continúan hasta 7 metros de profundidad, sin que se haya alcanzado todavía la base del yacimiento. Fot. Núm. 9.

Si se toma en cuenta tan sólo la parte del yacimiento que se tiene a la vista, se encontrará que éste tiene una capacidad productiva de 6,000 metros cúbicos, cantidad suficiente para sostener una industria de regulares proporciones.

*Yacimientos de Charo y Quirio.*—El depósito que se halla entre las estaciones de Charo y Quirio es de mayores dimensiones que el anterior, pues aflora en una extensión de más de 3,000 metros cuadrados, pero su espesor no es tan considerable, alcanzando a lo sumo unos 2 metros. Por otra parte, el material cinerítico tampoco es tan puro como el de Ixtlán, pero no obstante, presenta características que permiten abrigar esperanzas de poderse explotar industrialmente.



Fotografía número 9.—Yacimiento de cenizas volcánicas cerca de Ixtlán.

Tanto la ceniza volcánica de Ixtlán, como la de Charo, son de color blanco muy puro y consisten en innumerables cristalitas pumíticas de forma y dimensiones muy diversas, por lo que constituyen verdaderas pumicitas.

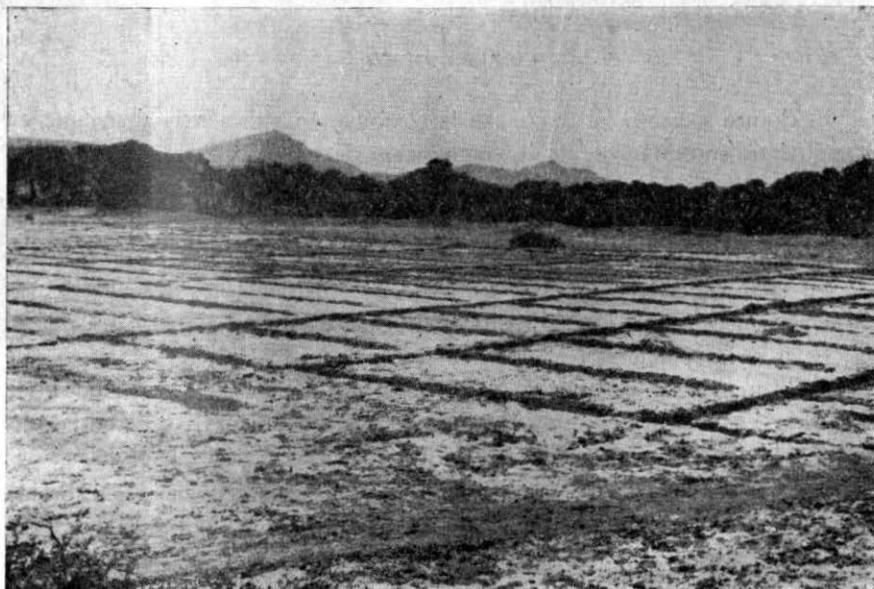
*Utilización industrial.*—El empleo más generalizado que se hace de la pumicita es como abrasivo, utilizándose con este carácter en el pulimento de toda clase de metales. Además, con el uso cada vez más extendido de artículos esmaltados para el hogar, oficinas, hospitales, etc., se hace indispensable el empleo de polvos o jabones limpiadores, en cuya composición entra la pumicita como un elemento de capital importancia. Como esta clase de productos de interés comercial apenas empiezan a elaborarse en el país, es evidente que los yacimientos donde se encuentre la pumicita en cantidades suficientes para ser objeto de explotación, tendrán una perspectiva económica tanto más halagadora cuanto más puro sea el material que se encuentre en ellos. A este respecto, conviene llamar la atención acerca de que la pumicita de Ixtlán es de una extremada pureza, pudiendo emplearse con los mismos fines que la pómez molida, con lo que se amplían mucho las posibilidades de su utilización industrial.

Ultimamente se ha descubierto que las pumicitas de grano fino encuentran un importante empleo en las obras de concreto, pudiendo reemplazar hasta un

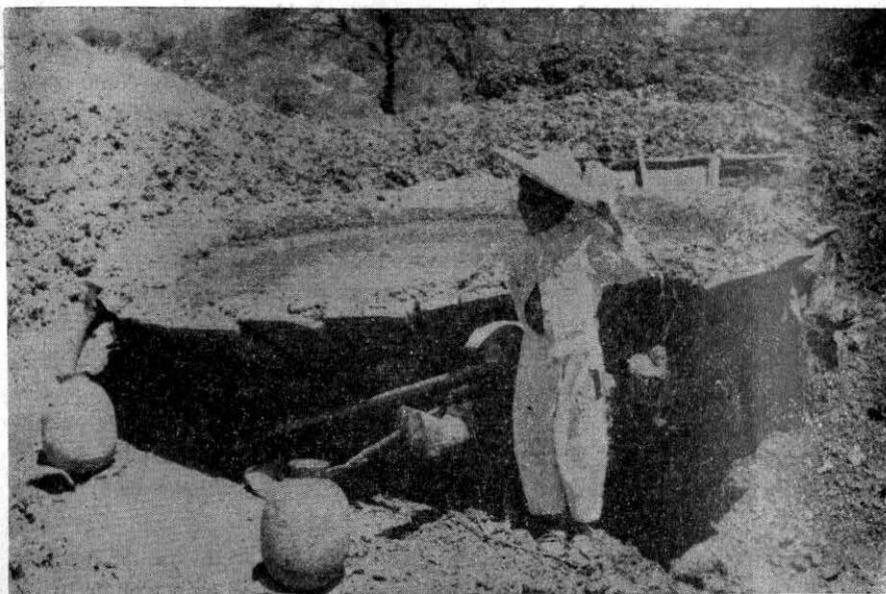
50% de la cantidad calculada para el cemento Portland, sin que se recienta en modo alguno la solidez del material fraguado. Esta propiedad resulta muy conveniente en aquellos lugares donde el cemento alcanza precios elevados, como ocurre en la mayor parte de Michoacán, en donde se emplea principalmente el cemento que proviene del Estado de Hidalgo. Por otra parte, la pumicita tiene un valor mucho más bajo que el cemento y además se encuentra abundantemente distribuída en todo el territorio michoacano.

*Porvenir económico.*—Dadas las variadas aplicaciones que tiene la pumicita y atendiendo a la pureza del material cinerítico que se encuentra en los yacimientos de Ixtlán y de Charo, es de esperarse que en un futuro más o menos próximo se emprenda una sistemática explotación de esos materiales y se lleve a la práctica su aprovechamiento industrial. Es pertinente añadir a este respecto que el establecimiento de una industria que se dedicara a la explotación de esas pumicitas no requeriría un capital de importancia, toda vez que los materiales de referencia, especialmente el de Ixtlán, no necesita sujetarse a ninguna labor de beneficio.

Como apenas se inicia en el país la elaboración de productos de limpieza, hechos a base de pumicita, es evidente que la explotación de los yacimientos michoacanos que se mencionaron antes presentan un halagador porvenir económico.



Fotografía número 10.—Terrenos salados cerca de Ixtlán.



Fotografía número 11.—Construcción de madera empleada en Ixtlán para lavar las tierras saladas.

#### COLORURO SODICO

El cloruro sódico o sal común, es la combinación sódica más abundante en la naturaleza, encontrándose en la composición de todos los terrenos o disuelto en las aguas marinas, lacustres, fluviales, etc. No obstante, sólo en aquellos lugares donde esta substancia alcanza concentraciones relativamente elevadas, es donde puede ser susceptible de explotarse industrialmente.

En la zona recorrida en el N. de Michoacán existen lagos y lagunas cuyas aguas contienen en solución el cloruro sódico, pero dicha sal se halla disuelta en esas aguas en proporciones relativamente reducidas, por lo que no sería costeable cualquier intento que se hiciera para extraerla con fines de explotación industrial. Sólo en la región de Ixtlán de los Hervores se encuentran aguas saladas en las que el NaCl alcanza concentraciones suficientes para ser objeto de explotación.

Hay en dicha región numerosos manantiales de aguas termales que brotan naturalmente y cuyas manifestaciones se prolongan desde un lugar situado a cerca de 500 metros al S. de Ixtlán, hasta poco más de 2 kilómetros en esa misma dirección. Las aguas que brotan de esos manantiales son bastante saladas y al desbordarse sobre los terrenos circunvecinos los invaden impregnándolos con el cloruro

sódico que llevan en solución. (Fot. Núm. 10.) A consecuencia de dichas impregnaciones, los aludidos terrenos se han inutilizado para las labores agrícolas y sólo pueden aprovecharse en la explotación de la sal de que se hallan impregnados, la que es posible extraer separándola de dichas tierras mediante sucesivos lavados y efectuando posteriormente la evaporación de la salmuera obtenida, a efecto de lograr la cristalización del cloruro sódico.

Las tierras de referencia tienen la siguiente composición según resulta de su análisis químico:

Materia insoluble .....	91.36%
Cloruro de sodio (NaCl).....	3.49 „
Cloruro de potasio (KCl).....	0.25 „
Sulfato de sodio (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ).....	4.53 „
Bicarbonato de sodio (Na HCO <sub>3</sub> ).....	0.37 „

Durante la temporada de sequía realizan los indígenas del lugar la explotación salina de esos terrenos, valiéndose para este objeto de una construcción o empa-



Fotografía número 12.—Grupo de palizadas lavadoras empleadas en Ixtlán para extraer el NaCl de las tierras saladas.



Fotografía número 13.—Planillas evaporadoras de salmuera en Ixtlán.

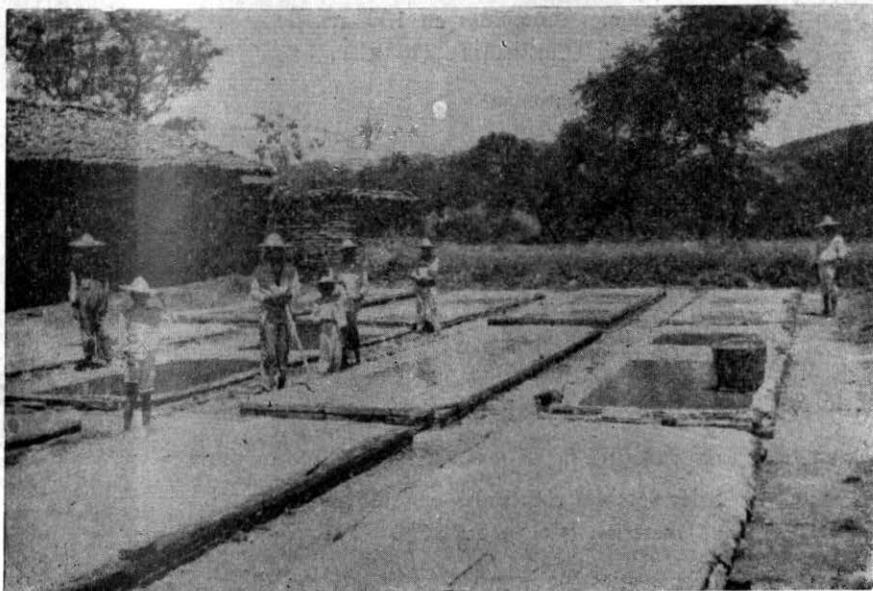
lizada muy primitiva, hecha de tablas de madera y a la que le dan una forma semejante a un cono invertido. (Fot. Núm. 11.) En la parte superior, dicha construcción tiene un diámetro de poco más de 3 metros y se apoya sobre varios pilotes de madera, tomando así un dispositivo que trabaja del mismo modo que un filtro. Se amontona la tierra salada sobre las tablas y se le vierte una conveniente cantidad de agua que al circular por entre los espacios porosos de las tierras, disuelve el NaCl que las impregna y lo arrastra hacia la parte baja de la construcción cónica, escurriéndose por entre las juntas de las tablas. Las aguas escurridas se hacen descender a lo largo de angostos conductos o canales de madera, y desembocan en un pequeño depósito, construido exprofeso y que se encuentra a algunos metros abajo de la palizada lavadora. (Fot. Núm. 12.) Con el agua de estos depósitos se llenan las planillas de evaporación que se han construido en un lugar cercano y que consisten en pequeños estanques de forma cuadrangular y de unos dos metros de lado por 10 de largo, no excediendo su profundidad de 30 centímetros. (Fots. Núms. 13 y 14.)

Se obtiene así una sal bastante blanca y de buena calidad, como puede comprobarse examinando el análisis que se transcribe en seguida, correspondiente a una muestra de sal colectada en el lugar que se describe.

Cloruro de potasio (KCl).....	0.55%
Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).....	0.12,,
Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).....	1.73,,
Cloruro de sodio (NaCl).....	97.60,,
Materia insoluble .....	Huellas

La cantidad de sal que se elabora en estas salinas es muy reducida, pues no excede a 75-100 kilogramos diarios, consumiéndose toda la producción en Ixtlán y algunos poblados vecinos, sin darse ningún otro empleo a este producto, que no tenga relación con las necesidades domésticas de sus moradores.

*Porvenir económico.*—Aunque el NaCl es una sal que presenta bastante importancia económica debido a sus numerosas aplicaciones industriales, no se cree que su explotación pueda alcanzar un gran desarrollo en Ixtlán, debido a la reducida extensión que alcanzan los terrenos salados. Por otra parte, hallándose dichas tierras en un lugar relativamente cercano a las extensas salinas que se localizan a lo largo de las costas del Pacífico, no es probable que estos humildes salineros puedan competir con el precio fijado a esa substancia por los grandes productores costeros.



Fotografía número 14.—Planillas evaporadoras de salmuera en Ixtlán.

## TEQUESQUITE

*Cuitzeo*.—El lago de Cuitzeo se encuentra a unos 30 kilómetros al N. de Morelia y su vaso, que se llena casi por completo en la temporada de lluvias, pierde gran parte de sus aguas durante el estiaje, debido a una abundante evaporación que se efectúa a favor de un clima que, aunque no es muy cálido, sí se manifiesta bastante seco.

Al reducirse la cantidad de agua quedan al descubierto las márgenes del lago y en estos lugares se forman extensos manchones constituídos por eflorescencias y costras salinas que gradualmente se van ensanchando hasta cubrir toda la superficie abandonada por las aguas.

Examinadas macroscópicamente esas eflorescencias presentan el aspecto característico del tequesquite, y practicado el análisis químico respectivo en los laboratorios del Instituto de Geología, produjo el siguiente resultado, debiendo aclarar antes que el citado análisis se refiere al material impuro que se encuentra regado en las playas y sin que antes se haya sujetado a ningún proceso de concentración o siquiera a un simple lavado.

## TEQUESQUITE DE LA MARGEN S. DEL LAGO DE CUITZEO

Sales solubles contenidas en 100 grs. de material: (Calcinadas a 250° C.) . . . . . 27 grs.

Dichas sales contienen:

Cloruro de sodio . . . . .	4.44 %
Cloruro de potasio . . . . .	1.63 „
Sulfato de sodio (anhidro) . . . . .	54.03 „
Carbonato de sodio (anhidro) . . . . .	38.00 „
Tetraborato de sodio (anhidro) . . . . .	0.40 „
Nitrato de sodio . . . . .	huellas.
	<hr/>
	98.50 %

## TEQUESQUITE DE LA MARGEN N. DEL LAGO DE CUITZEO

Sales solubles contenidas en 100 grs. de material: (Calcinadas a 250° C.) . . . . . 27 grs.

Dichas sales contienen:

Cloruro de sodio . . . . .	15.57 %
----------------------------	---------

Cloruro de potasio.....	0.50 „
Sulfato de sodio (anhidro).....	39.56 „
Carbonato de sodio (anhidro).....	40.69 „
Tetraborato de sodio (anhidro).....	2.61 „
Nitrato de sodio.....	huellas
	<hr/>
	98.93%

*Porvenir económico.*—Aunque el tequesquite a que se viene haciendo referencia es explotado únicamente por los indígenas que habitan las localidades inmediatas al lago, es indudable que su extracción y concentración en gran escala podría dar lugar a una explotación bastante remunerativa, ya que las sales predominantes en esa mezcla tequesquitosa son el carbonato y el sulfato sódicos.

La extracción de estas substancias resulta mucho más costeable que cuando se explota el tequesquite ordinario, en cuya composición entra el cloruro de sodio en cantidades que montan a más del 50% del total de sales.

Por tal razón, se estima que es de aconsejarse la explotación en gran escala del tequesquite del lago de Cuitzeo, pudiéndose separar el sulfato del carbonato sódicos por cristalización fraccionada o de algún otro modo que resulte económicamente costeable.

#### TURBA

En la región de Ixtlán y en los mismos lugares en que se hallan los terrenos inundados por las aguas que brotan de los manantiales termales a que se hizo referencia al tratar del cloruro sódico, se encuentra también una zona en la que existen materiales turbosos que podrían ser de utilidad para emplearlos con carácter de combustible.

*Origen.*—Sabido es que la turba se origina como resultado de la descomposición que experimenta la materia vegetal cuando se halla bajo el agua, formándose así un material de características muy variadas que, por su aspecto y composición, se clasifica como turba fibrosa o terrosa, en tanto que por su textura puede ser esponjosa, elástica o frágil.

*Características físicas.*—La turba de Ixtlán es del tipo terroso, siendo su textura un tanto esponjosa; consiste de fibras de diversos musgos y restos de plantas acuáticas que se encuentran en estado de parcial alteración, encontrándose mezcla-

da con materias orgánicas de diversa naturaleza y abundantes productos arcillosos. Su color, en general, es el pardo oscuro, hallándose impregnada de agua en proporción cercana al 60% del peso real del material turboso, cuya verdadera gravedad específica, ya seca es bastante reducida.

Este material no aflora en una superficie muy extensa, pero dada la naturaleza pantanosa de la comarca, es muy probable que se encuentre, a poca profundidad, algún manto cuyo espesor y dimensiones permita abrigar esperanzas de explotación.

A este respecto, se sugiere la conveniencia de reconocer detenidamente los aludidos terrenos, realizándose al efecto una serie de sondeos que deben llevarse en forma sistemática y hasta una profundidad cercana de 10 a 15 metros, de modo que se descubra la índole de las formaciones que yacen en el subsuelo y se determine además, el espesor y continuidad de los diversos estratos que se encuentren.

*Porvenir económico.*—La turba que se encuentra en los yacimientos de Ixtlán tiene un alto contenido de materias terrosas, por lo que no se presta para utilizarla en la obtención de productos gaseosos de interés industrial, ni de otros importantes derivados que se producen mediante la destilación de algunas turbas de buena calidad.

Sin embargo, dicha turba ostenta propiedades que facilitan su aprovechamiento con carácter de simple combustible, siendo esta aplicación tanto más factible, cuanto que al practicarse en esta oficina las pruebas relativas a su combustión se encontró que el citado material turboso ardía con cierta facilidad, consumiéndose lentamente y conservándose encendido durante un tiempo bastante largo, aunque finalmente dejó un residuo informe de cenizas, entre las que se encontró una abundante proporción de arcilla.

Por todo esto, puede asegurarse que la turba de Ixtlán, además de poderse emplear como combustible, en su forma natural, sería una magnífica materia prima utilizable en la elaboración de la llamada "turba petrolizada," la que arde más fácil y uniformemente y presenta en la práctica otras ventajas de que carece el material turboso cuando se emplea en bruto.

El aprovechamiento de dicha turba para la elaboración de combustible petrolizado, no ofrece ninguna dificultad, ya que dicho producto no es sino la turba seca, molida hasta que se reduce a polvo fino y mezclada con una conveniente cantidad de petróleo crudo. Se obtiene así un combustible muy apreciado que puede ser quemado en todos aquellos hornos o calderas que se hallen provistos de hogares especiales o adaptados para su empleo.

## TIZAR

Una substancia que atestigua la existencia en la zona estudiada, de antiguos lagos, actualmente desaparecidos, es el tizar o tierra de infusorios. Este material es conocido también con los nombres de tizate o diatomita y se compone de restos silizosos de diversos organismos acuáticos de tamaño microscópico, que se designan genéricamente con el nombre de diatomeas. A la muerte de estos organismos desaparece su materia orgánica y quedan tan sólo sus caparazones, que se acumulan gradualmente en el fondo del mar, lagos, lagunas, etc., donde forman depósitos estratificados más o menos extensos.

Por su composición mineralógica, el tizar se clasifica como una variedad de ópalo, estando constituido químicamente por sílice hidratada, como elemento principal, aunque generalmente contiene cantidades variables de silicatos de aluminio, sodio y fierro, así como también algunos fosfatos, tales como los de calcio, fierro, magnesio, etc.

*Región de Zacapu.*—Existen numerosos yacimientos de tizar en la zona estudiada en el N. de Michoacán, hallándose esta substancia en depósitos de diverso espesor y en condiciones de pureza muy variadas. Sin embargo, ninguno de los yacimientos aludidos presenta verdadera importancia económica, excepto el que se localiza en los alrededores de Zacapu que es, por todos conceptos, el más importante de cuantos se encontraron en la zona a que se viene haciendo referencia, pues presenta un espesor de cerca de 10 metros, sobre la superficie del terreno, y sus afloramientos ocupan una extensión de más de 6 kilómetros cuadrados, pudiéndose observar a lo largo de la carretera Morelia-Guadalajara, en un tramo que se prolonga desde el kilómetro 399 hasta el 402.

En realidad, la región lacustre que tiene relaciones con la formación de este material, alcanza una extensión mucho mayor de la que se le atribuye al citado yacimiento, ya que los depósitos diatomíferos se descubren desde Zacapu hasta cerca de Villa Jiménez, aflorando en todo lo largo del camino que liga a estas dos poblaciones. Todavía en la actualidad persiste una pequeña laguna, de unos dos kilómetros cuadrados de extensión, situada al N. y en la orilla misma de Zacapu, la que se halla en ese lugar como último vestigio del extinto lago, que antes ocupaba gran parte de esta región y que ahora se encuentra ya casi completamente desaparecido.

Aunque el tizar se descubre en toda la porción superficial de esta zona, sólo en la parte citada antes, cerca de la carretera México-Guadalajara, es donde dicha substancia se encuentra en gran cantidad y con pureza suficiente para ser objeto de explotación, por lo que sólo se hará referencia a esta parte del depósito, desechándose el resto del material diatomífero que aflora en las márgenes septen-

trionales de la antigua región lacustre, ya que por hallarse mezclado con arcilla y otras sustancias extrañas al material explotable, carece de las características necesarias para su conveniente aprovechamiento industrial.

*Características del yacimiento.*—Haciendo pues referencia al yacimiento de Zacapu, cercano a la citada carretera, se observa desde luego que el tizar se halla depositado en forma de capas delgadas, que se sobreponen unas sobre otras y están dispuestas en posición sensiblemente horizontal. Su color es blanco, ligeramente grisáceo, siendo sumamente poroso y con aparente gravedad específica inferior a uno, pues flota fácilmente en el agua.<sup>4</sup>

Hecho el análisis químico de este material, se halló que el  $\text{SiO}_2$  entra en su composición, en cantidad preponderante, pero se pudo comprobar, además, la existencia de otras sustancias que, por ser ajenas a la composición química del tizar, pueden considerarse como impurezas.

En seguida se transcribe, en detalle, los resultados que se alcanzaron con el análisis a que se alude:

## ANÁLISIS QUÍMICO

Humedad. . . . .	4.17%
Agua al rojo y materia orgánica. . . . .	5.60 „
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) . . . . .	77.12 „
Carbónico ( $\text{CO}_2$ ) . . . . .	0.95 „
Oxido de fierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) . . . . .	2.98 „
Alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) . . . . .	7.71 „
Oxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) . . . . .	1.21 „
Oxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) . . . . .	Huellas
Oxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) . . . . .	0.23%
Oxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) . . . . .	Huellas

*Aplicaciones industriales y porvenir económico.*—El tizar, cuando es puro, tiene numerosas e importantes aplicaciones industriales, por cuya razón alcanza en el mercado cotizaciones relativamente altas; pero cuando este material presenta algunas impurezas, sus aplicaciones se restringen en gran parte y su valor económico se reduce en consecuencia, de tal modo que, a veces, puede llegar hasta hacerse incosteable la explotación del yacimiento respectivo.

Es cierto que en el presente caso no se cuenta con un tizar de gran pureza, pero no obstante, puede considerársele como un material susceptible de ser bas-

<sup>4</sup> La verdadera gravedad específica del tizar fluctúa entre 2.1 y 2.2.

tante útil para algunos industriales, por lo que bien puede encontrar suficiente demanda para sostener la productiva explotación del yacimiento.

En efecto, dicho tizar puede explotarse labrándolo en forma de bloques más o menos grandes, que encuentran empleo en las construcciones que requieren aislamiento térmico, como ocurre en algunos hornos, cámaras de refrigeración, etc., pudiendo usarse también como material aislador del ruido y de los sonidos, en sanatorios, locales propios para conciertos musicales y en general, para toda clase de salas para espectáculos.

Este mismo tizar, previamente pulverizado, puede usarse como materia prima en la manufactura de ciertos cementos refractarios, y mezclado con una conveniente cantidad de arcilla, produce una magnífica pasta utilizable en la elaboración de ladrillos o tabiques de tipo ligero.

Dado el relativo exceso de  $Al_2O_3$  que acusa el análisis químico del tizar de Zacapu, no es probable que este material encuentre diferentes aplicaciones industriales que las anotadas antes, u otras de índole semejante, en las que no se haga indispensable el uso de una materia prima de gran pureza.

Sin embargo, conviene recordar que esta clase de depósitos mejoran frecuentemente a la profundidad, en cuyo caso se multiplicarían ventajosamente las posibilidades de utilización industrial de dicho tizar, y si se toman en cuenta las grandes dimensiones que alcanza el yacimiento, así como su inmejorable localización tan cercana a la carretera México-Guadalajara, se llegará a la conclusión de que el tizar de Zacapu, aun cuando siga conteniendo algunas impurezas, presenta buenas perspectivas con respecto a su explotación y porvenir económico.

Si bien es cierto que gran parte de las industrias nacionales que hacen uso de este material consumen en la actualidad el magnífico tizar procedente de los grandes yacimientos tlaxcaltecas, esto no quiere decir que resulte imposible encontrar nuevos mercados para productos similares, siendo pertinente llamar la atención aquí respecto a la ventajosa situación en que se encuentran los yacimientos de Zacapu, para conquistar los mercados del noroeste del país.

#### AZUFRE

En la extremidad oriental de la región explorada y cerca de los límites de Michoacán con el Estado de Guanajuato, se encuentran numerosos yacimientos azufrosos, cuyo origen se relaciona con los fenómenos de carácter postvolcánico que siguieron a la emisión de las lavas que entran en la constitución geológica de algunos cerros de esta comarca y que pueden considerarse como dependencias orográficas de la sierra de San Andrés.

*Localización de los yacimientos.*—La zona en que se encuentran los referidos yacimientos se localiza en una región denominada Los Azufres, debido a la naturaleza misma de las substancias azufrosas que abundan en esos lugares. En realidad dicha zona se extiende desde el rancho de Los Azufres, ubicado en el Municipio de Hidalgo, hasta las inmediaciones de Zinapécuaro y Ucareo y se caracteriza por la existencia de numerosas fumarolas o solfataras que se hallan distribuídas esporádicamente en diversos cerros de la región, de las que se desprenden abundantes vapores azufrosos, cuya temperatura llega a ser hasta de 85° C.

Los principales lugares en donde la acción fumarólica alcanza su mayor intensidad se encuentran en los cerros de Las Humaredas, Los Azufres, El Chillador, El Currutaco, El Chino, El Gallo, El Palmar y Marítaro, existiendo además varios manantiales termales, cuyas aguas que también se hallan impregnadas de azufre, alimentan algunos charcos o pequeñas lagunas, como las llamadas Laguna Verde, Pozo de las Fuentecillas, Laguna de los Viejos Azufres y otros.

Todas las fumarolas citadas antes presentan abundantes desprendimientos de vapor de agua, con apreciables cantidades de azufre y ácidos sulfuroso y sulfhídrico, así como también otros gases, entre los que predomina el CO<sub>2</sub>. Al condensarse dicho vapor a su contacto con el aire atmosférico, se deposita el azufre en los bordes de las grietas o hendeduras por donde se escapan los vapores, encontrándose esta substancia en costras de azufre de color amarillo limón, o bien, en forma pulverulenta y con color amarillo pajizo.

Las tierras cercanas a las bocas fumarólicas, así como las que ocupan los bordes y fondo de las lagunas que contienen aguas azufrosas, se hallan también impregnadas de azufre, encontrándose este elemento en dichas tierras en proporción tanto mayor cuanto más cercanas se encuentren las emisiones fumarólicas.

*Procedencia del azufre en estos yacimientos.*—Como ya se indicó antes, las fumarolas y manantiales termales a que se alude están íntimamente ligados con la acción volcánica que conmovió en un tiempo a toda esta región, siendo dichas fumarolas y manantiales parte de los característicos fenómenos postvolcánicos que señalan el fin de la activa vulcanicidad. Así pues, se considera que el azufre que impregna las aguas y tierras de estos lugares, debe su formación al desarrollo de procesos múltiples que no atañen a un sólo orden genético, sino que en realidad intervienen numerosas y variadas reacciones químicas, entre las que pueden figurar, de manera prominente, la acción que se efectúa entre el bióxido de azufre y el hidrógeno sulfurado ( $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{S}$ ) o la simple oxidación incompleta de este último gas ( $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S}$ ).

*Porvenir económico.*—Hace algunos años existió una importante negociación industrial establecida en terrenos de Agua Fría, Municipio de Hidalgo, en la que

se explotaba el azufre de algunos de los yacimientos a que se ha hecho referencia, pero por razones que se desconocen, dicha negociación suspendió sus actividades poco tiempo después, quedando tan sólo al presente, los restos de una vía Deca-ville que se empleaba en las labores de acarreo de las tierras azufrosas.

Aunque la cantidad de azufre que impregna estas tierras no es muy grande, ya que generalmente no llega al 1%, hay sin embargo algunos sitios en donde las concentraciones son de verdadera importancia, como ocurre en los lodos de la Laguna de Los Viejos Azufres, cuyo contenido en azufre alcanza el 31.0%.<sup>5</sup> Por tal razón, es de aconsejarse que se haga un nuevo intento para lograr con éxito la explotación industrial de esta substancia, ya que en la actualidad cuenta con mejores expectativas que las encontradas por los anteriores explotadores, toda vez que ahora se dispone de mejores y más modernos elementos de trabajo que facilitan la obtención de la substancia explotable y reducen al mismo tiempo el valor total de las erogaciones que se hacen por concepto de mano de obra. Por otra parte, al presente se cuenta con magníficas carreteras y rápidos medios de transporte que simplifican grandemente la distribución del producto obtenido.

Debe tomarse en cuenta, además, que sólo se conoce la porción superficial de los terrenos, desconociéndose en realidad cuáles sean los contenidos azufrosos de las tierras que se encuentran a niveles inferiores al de las aguas freáticas, donde posiblemente se presenten las mayores concentraciones. Esto es tanto más probable cuanto que el azufre es un elemento muy susceptible de oxidarse cuando se halla bajo ciertas influencias de carácter biológico, lo que es más fácil que ocurra en la parte de los terrenos que se hallan más cerca del aire atmosférico.

*Métodos de explotación.*—Para la extracción del azufre que impregna las tierras de esta comarca, pueden seguirse métodos de destilación o de disolución. En el caso presente, se considera más conveniente el método de destilación para separar el azufre de las tierras, por ser menos costoso y mucho más sencillo, descartándose los procedimientos que emplean disolventes volátiles para lograr este mismo objeto, por ser más complicados y peligrosos, dada la naturaleza fácilmente inflamable de dichos disolventes.

Así pues, se aconseja que se efectúe la destilación del azufre colocando las tierras en retortas de fierro, que pueden ser giratorias o fijas, necesitándose, en este último caso, que la retorta se halle provista de algún mecanismo que remueva las tierras continuamente durante todo el tiempo que se prolongue la destilación.

Cargada la retorta y una vez que se ha asegurado que los materiales azufrosos se encuentran fuera del contacto del aire, se calienta hasta alcanzar una temperatura superior a 444° C., que es el punto de ebullición del azufre, el cual empieza entonces a destilar, sosteniéndose esta temperatura, hasta que se agote

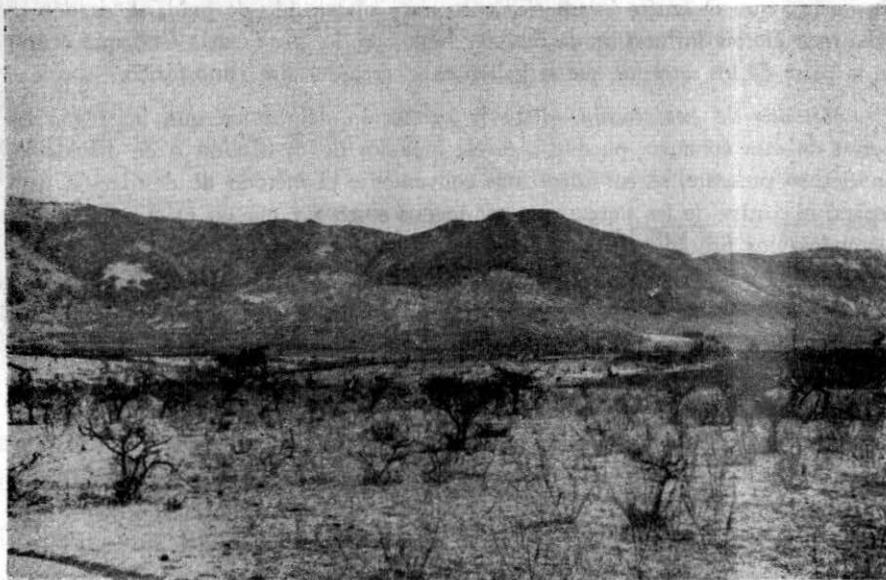
<sup>5</sup> Determinaciones del señor Hermión Larios.

el azufre contenido en las tierras sujetas al tratamiento. El producto de la destilación consiste de azufre y algunas impurezas, todo lo cual se hace condensar en condensadores apropiados para este objeto.

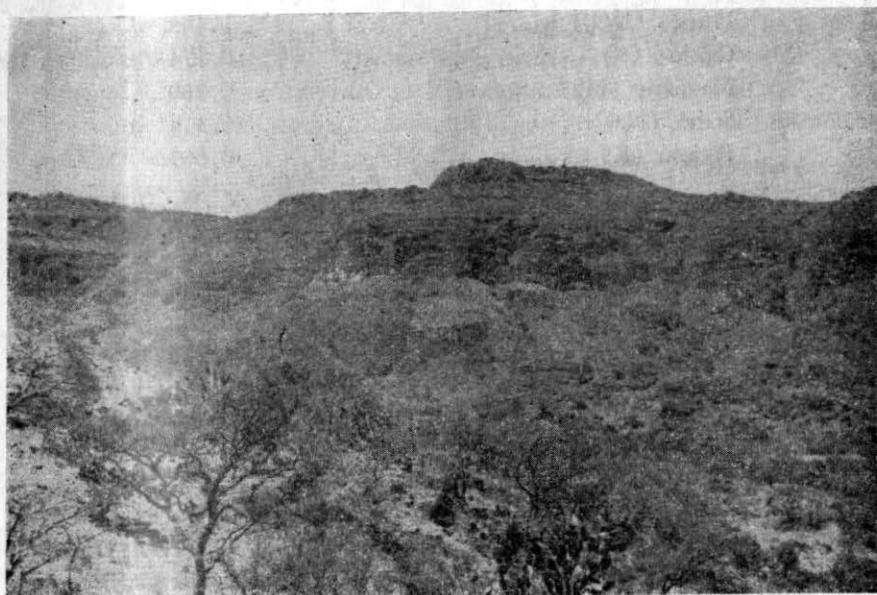
La extracción del azufre, mediante el método de destilación que se aconseja, no están completa como cuando se hace por disolución, empleando al efecto los adecuados disolventes volátiles pero, no obstante, resulta bastante costeable y es tanto más conveniente cuanto que si se quiere puede aumentarse considerablemente el rendimiento obtenido, haciendo pasar a través de las tierras calientes una corriente de vapor sobrecalentado a una temperatura superior a la indicada antes de 444° C.

#### NITRATOS

*Región del NE. de Cotija.*—Al NE. de Cotija y a una distancia poco mayor de 10 kilómetros, se encuentra una pequeña cadena montañosa entre cuyas eminencias figuran en primer lugar, las de La Carámica, El Tigre y El Rincón (Fot. Núm. 15). Esta cadena montañosa se prolonga desde las inmediaciones de Cuaneo, hasta cerca de Tacatzcuaro y está constituida esencialmente por basaltos y brechas basálticas.



Fotografía número 15.—Cerro del Tigre, cerca del rancho de La Carámica.



Fotografía número 16.—Brechas basálticas cubiertas por un casquete de lava frente al rancho de La Atarjea.

Las brechas se hallan en posición sensiblemente horizontal y forman bancos hasta de ocho metros de espesor. Ocupan la parte superior de los cerros y en algunos lugares se encuentran cubiertas por casquetes de lava basáltica, de textura maciza y color oscuro, que a veces alcanzan espesores hasta de 12 metros. (Fot. Núm. 16).

Los materiales nitrogenados que constituyen este importante yacimiento, se encuentran contenidos en las referidas brechas basálticas donde impregnan todos los poros y cavidades de que se hallan provistos estos productos piroclásticos.

Cerca del rancho de La Atarjea, hacia el E., se ha derrumbado una parte del banco brechógeno (Fot. Núm. 17) y analizado el material de que se halla constituido, se le encontró cierta cantidad de nitratos y algunas otras substancias, cuyas proporciones se indican en el análisis que se transcribe en seguida:

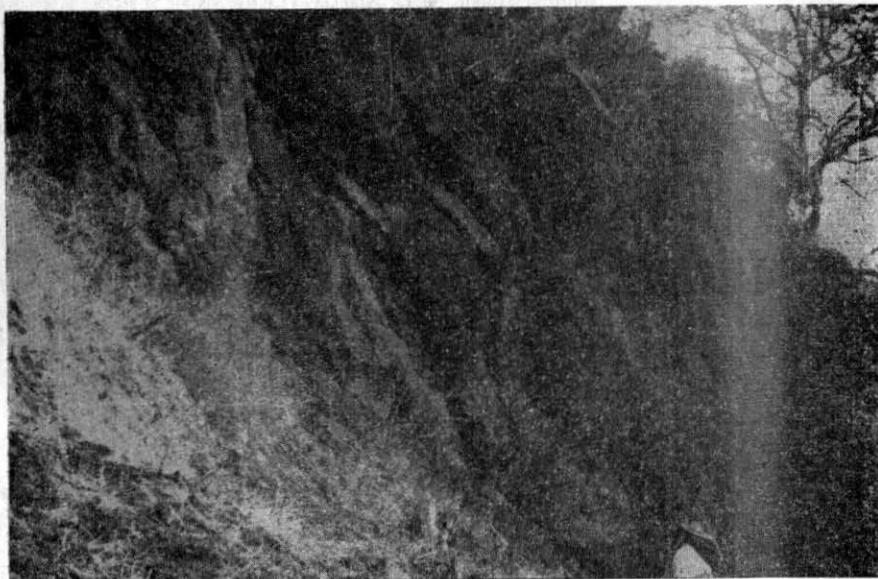
Sales solubles en 100 gms. de tierra.....	1.78 grs.
Dichas sales contienen:	
Cloro. (Cl) .....	0.180
Carbónico (CO <sub>2</sub> ) .....	0.004
Sulfúrico (SO <sub>4</sub> ) .....	0.031

Nítrico ( $\text{NO}_3$ ) .....	1.145
Calcio (Ca) .....	0.174
Magnesio (Mg) .....	0.130
Sodio (Na) .....	0.114
Potasio (K) .....	0.005

La agrupación hipotética de los anteriores elementos puede ser la siguiente:

Nitrato de calcio.....	0.533
Nitrato de magnesio.....	0.742
Sulfato de calcio.....	0.044
Carbonato de magnesio.....	0.006
Cloruro de sodio.....	0.290
Cloruro de potasio.....	0.009

Las substancias a que se refiere el análisis anterior se hallan en la parte exterior del banco brechógeno y por lo tanto han estado sujetas a la acción disolvente del agua meteórica. En tal virtud, es de suponerse que al avanzar hacia la profundidad del banco, se encuentren materiales más ricos en nitratos.



Fotografía número 17.—Banco de brecha basáltica derrumbado al E. del rancho de La Atarjea.

Las brechas aludidas se prolongan a lo largo de la citada cadena montañosa y en todos los lugares donde afloran hay indicios de la existencia de nitratos. En efecto, una muestra del material brechógeno, tomada a la altura del rancho de La Carámica y analizada en los laboratorios de este Instituto, dió los resultados que se transcriben en seguida:

Salas solubles en 100 gramos de tierra..... 3.21 grs.

Dichas sales contienen:

Cloro (Cl) .....	0.580
Carbónico (CO <sub>2</sub> ) .....	0.012
Sulfúrico (SO <sub>4</sub> ) .....	0.067
Nítrico (NO <sub>3</sub> ) .....	1.724
Calcio (Ca) .....	0.428
Magnesio (Mg) .....	0.198
Sodio (Na) .....	0.162
Potasio (K) .....	0.048

La agrupación hipotética de los elementos anteriores puede ser la siguiente:

Cloruro de sodio.....	0.412
Cloruro de potasio.....	0.092
Cloruro de magnesio.....	0.384
Carbonato de magnesio.....	0.017
Nitrato de magnesio.....	0.579
Sulfato de calcio.....	0.095
Nitrato de calcio.....	1.640

Las brechas de referencia afloran en una extensión de cerca de 15 kilómetros de longitud, encontrándose la porción más rica en nitratos en una zona que se localiza a lo largo de todo el cantil brechógeno y que tiene unos dos metros de espesor. Así, pues, si se atiende a estos datos y se supone que la citada zona continúa hasta los 20 metros de profundidad <sup>6</sup> puede calcularse que este yacimiento cuenta con 600,000 metros cúbicos de material aprovechable.

*Métodos de explotación.*—Determinado el peso específico de las brechas, se encontró, en promedio, una gravedad igual a 1,998, de lo que resulta que cada metro cúbico de material brechógeno pesa 1,998 kilogramos.

<sup>6</sup> En un lugar llamado El Paso, se ha abierto un socavón siguiendo las brechas hasta más de 20 metros de profundidad y los materiales cortados siguen acusando una buena proporción de nitratos.

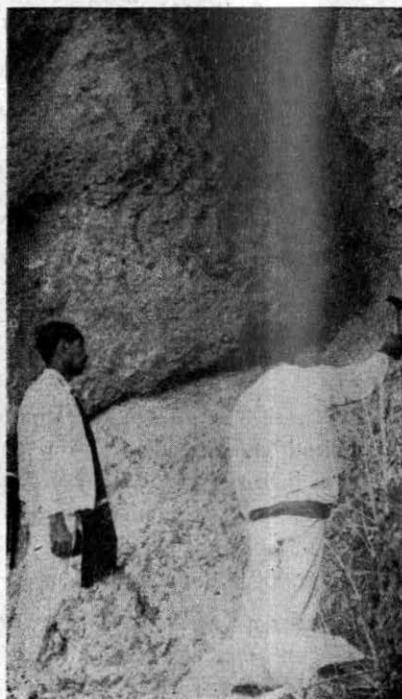
Ahora bien, de acuerdo con los análisis transcritos antes, estos materiales contienen 1,747% de nitratos en promedio, o lo que es lo mismo 17 gramos por kilogramo, o sean muy cerca de 34 kilogramos de nitratos por metro cúbico. Como se supone que el yacimiento de que se trata consta de 600,000 metros cúbicos, resulta que pueden extraerse de él, en números redondos, 20,400 toneladas de nitratos.

Debe advertirse que los cálculos anteriores son bastante conservadores, pues la zona rica que se ha tomado como base para el cálculo no presenta un espesor uniforme, sino que hay lugares en que éste es mucho mayor.

Hasta ahora estos yacimientos han permanecido poco menos que abandonados, pues solamente han sido objeto de una insignificante explotación, llevada en forma muy primitiva por algunos habitantes del lugar, cuyas actividades se reducen a obtener el nitrato necesario para la elaboración de cohetes y otros productos pirotécnicos.

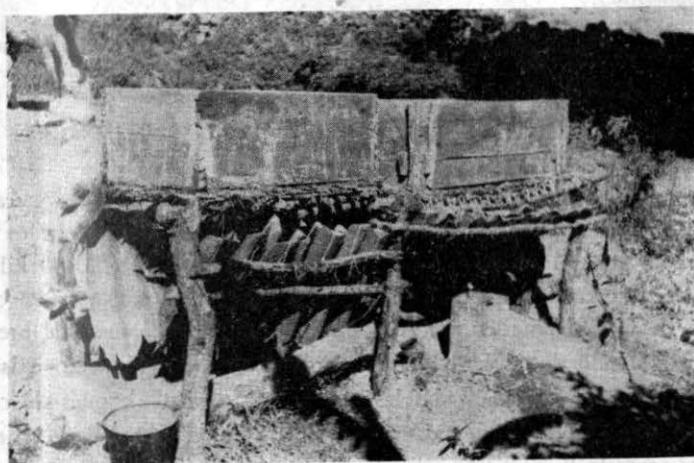


Fotografía número 18.—Separación del material brechógeno para extraerle el nitrato sódico que contiene.



Fotografía número 19.—Bancos de brechas basálticas que se explotan en el rancho de La Atarjea.

Al efecto, extraen el material brechógeno valiéndose de un pico (Fots. números 18 y 19) y lo reducen a fragmentos no mayores de un centímetro cúbico; en seguida le mezclan cenizas de madera en proporción que llega a ser hasta de una



Fotografía número 20.—Cajones de madera empleados en el rancho de La Atarjea para extraer el  $\text{NaNO}_3$  contenido en las brechas basálticas.

tercera parte, en volumen, del material tratado, y lo colocan en cajones de madera, a los que se les hacen algunas perforaciones en su parte inferior. Hecho esto, se vierte agua sobre la mezcla, hasta que empieza a escurrir a través de las aberturas de que se hallan provistos los cajones, recogiendo el líquido filtrado en toscos depósitos de madera o de piedra (Fot. Núm. 20).

Al circular el agua a través de la mezcla terrosa y de cenizas, disuelve las substancias nitrogenadas que impregnan al material brechógeno y se combina con el carbonato potásico contenido en las cenizas, para producir nitrato potásico; si las referidas substancias nitrogenadas se calculan como nitrato sódico, la reacción se efectuará de acuerdo con la siguiente ecuación:



La solución recogida en los recipientes de madera es finalmente evaporada a fuego lento en calderos de fierro, hasta que se forman costras en la superficie del líquido (Fot. Núm. 21). En seguida se separa del fuego y se deja cristalizar la sal formada, obteniéndose así una masa compuesta de grandes cristales de nitrato potásico más o menos impuro.

Para hacer todo este trabajo se emplean 7 hombres que realizan las siguientes labores:

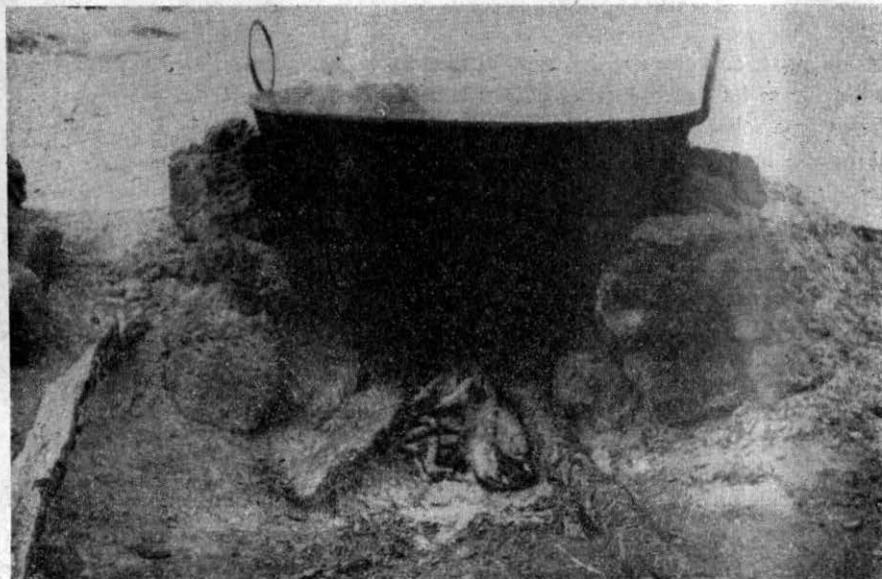
2 mozos desprenden y acarrear el material brechógeno. (2,000 kilogramos aproximadamente).

2 queman madera para obtener cenizas. (600 kilogramos aproximadamente).

2 atienden los filtros y calderos de evaporación.

1 acarrea leña.

Con estos 7 hombres, desempeñando las labores indicadas antes y trabajando todo el día, se obtiene una producción de 10 a 12 kilogramos de nitrato potásico y como por lo general se lixivian en este tiempo porciones de 2,000 kilogramos de tierra, puede estimarse que los coheteros de esta región sólo extraen de 5 a 6 kilogramos de nitrato potásico por cada 1,000 kilogramos de material brechógeno que trabajan, siendo de advertir que no aprovechan todo el nitrato existente en el material tratado, pues analizadas las tierras que quedan después de concluida la lixiviación se encontró que todavía contienen alguna cantidad de materias nitrogenadas como lo muestra el análisis que se transcribe en seguida:



Fotografía número 21.—Caldero de fierro en el que se evapora la solución de nitrato potásico en el rancho de La Atarjea.

Sales solubles en 100 grs. de tierra.....	1.521 grs.
Dichas sales contienen:	
Cloro (Cl) .....	0.090
Carbónico (CO <sub>2</sub> ) .....	0.012
Sulfúrico (SO <sub>4</sub> ) .....	0.369
Nítrico (NO <sub>3</sub> ) .....	0.506
Calcio (Ca) .....	0.023
Magnesio (Mg) .....	0.044
Sodio (Na) .....	0.085
Potasio (K) .....	0.267

La agrupación hipotética de los anteriores elementos puede ser la siguiente:

Cloruro de potasio.....	0.189
Sulfato de potasio.....	0.442
Sulfato de calcio.....	0.078
Nitrato de potasio.....	0.103
Nitrato de sodio.....	0.314
Carbonato de magnesio.....	0.014
Nitrato de magnesio.....	0.256

Aun cuando las brechas de La Carámica no acusan un contenido de nitratos tan elevado como los "caliches" de Chile, se considera, sin embargo, que estos yacimientos son susceptibles de producir cantidades apreciables de nitrato potásico, con resultados económicamente costeables.

*Sistemas aconsejables para la explotación de los yacimientos.*—Para efectuar la explotación de estos yacimientos en escala mayor de lo que se ha hecho hasta ahora, pueden seguirse cualquiera de los métodos empleados en la República de Chile para extraer el nitrato sódico que impregna los caliches de las regiones productoras de ese país, siendo de aconsejarse para los materiales de La Carámica un tratamiento que efectúe la lixiviación en calderos de agua hirviendo.

Al efecto, se hace hervir agua en un caldero de un metro cúbico de capacidad aproximada, o aún más grande, y se sumergen en el agua hirviendo cestos de tela de alambre llenos con el material brechógeno reducidos a fragmentos de pequeño volumen. Se repite esta operación varias veces, con material nuevo, hasta alcanzar la saturación del agua. Hecho esto, se hace evaporar el exceso de agua y se deja cristalizar el nitrato que se haya disuelto.

El nitrato sódico obtenido de este modo resulta bastante impuro debido principalmente a la presencia del cloruro sódico, sal que es necesario separar del nitrato, si se quiere obtener un producto aprovechable industrialmente.

Para esto conviene emplear el sistema de sucesivas recristalizaciones que se recomendó al tratar del nitrato sódico, aprovechando la distinta solubilidad que presentan estas dos sales en el agua fría y en la caliente, siendo las solubilidades respectivas las siguientes:

100 p. de agua a 15° C. disuelven 26 p. de  $\text{KNO}_3$ .

100 p. de agua a 15° C. disuelven 36 p. de  $\text{NaCl}$ .

100 p. de agua a 100° C. disuelven 247 p. en  $\text{KNO}_3$ .

100 p. de agua a 100° C. disuelven 39.2 p. de  $\text{NaCl}$ .

De modo que mientras el cloruro sódico en frío es más soluble que el nitrato potásico, a 100° C. sucede todo lo contrario.

Para emprender una explotación en escala aun más extensa de lo que puede lograrse con el método que se aconseja en las líneas anteriores, debe hacerse la lixiviación mediante vapor de agua y colocando las brechas en cestos de tela de alambre, dentro de lixivadores cerrados.

*Propiedades y usos.*—El nitrato sódico cristaliza en romboedros incoloros, anhidros, inalterables al aire seco, pero que al aire atmosférico se humedecen con facilidad. El peso específico de los cristales varía entre 2.1 y 2.3; tiene una dureza de 1.5-2.0 y funde a 313° C.

El nitrato sódico tiene bastantes aplicaciones industriales, pues sirve para usos medicinales; como abono mineral; para la obtención del nitrato potásico; del ácido nítrico, etc., pero es muy deliquescente y mezclado con materias oxidables deflagra con menos intensidad que el nitrato potásico. Por esta razón es conveniente transformar el nitrato sódico en potásico, ya que este último es más estable que el primero.

Dada la relativa facilidad y poco costo a que pueden obtenerse en la localidad las cenizas de madera, se aconseja seguir el método que se describió antes, empleado por los coheteros para obtener el nitrato potásico, que consiste en mezclar cenizas al material brechógeno, aunque en este caso sería más conveniente mezclarlas con el agua que llena el caldero.

No es posible fijar exactamente la cantidad de cenizas necesarias para lograr la conversión a nitrato potásico de todo el nitrato sódico que se halla en las brechas, toda vez que esto se lleva a efecto en función del carbonato potásico y la proporción en que se encuentra esta substancia en las cenizas de madera es muy variable, fluctuando entre 10 y 30%. Es preciso pues hacer frecuentes pruebas a efecto de lograr los mejores resultados posibles con la menor cantidad de ceniza, para lo cual hay que analizar la solución cualitativamente, añadiendo tanta ceniza como sea necesaria para hacer desaparecer toda traza de nitrato sódico.

Esta operación, que sería tan sencilla tratándose de mezclas en las que no existiera otra sal de sodio que el nitrato, resulta un tanto complicada por la presencia del cloruro sódico que, de acuerdo con los resultados alcanzados en los análisis respectivos, se halla en las brechas en proporciones no menores de 0.35%.

En realidad, como ocurre con el nitrato sódico, el nitrato potásico que se logra extraer de estos materiales brechógenos, también se halla contaminado con cantidades relativamente grandes de cloruro de sodio, sal que, como en el caso anterior, es necesario separar del nitrato potásico, si se quiere obtener un producto aprovechable industrialmente.

*Porvenir económico.*—El yacimiento de materiales nitrogenados de La Cárámica presenta un porvenir económico bastante halagador, tanto por lo que respecta a sus grandes proporciones como por la cantidad de sales nitrogenadas que contiene.

Casi todos los abonos nitrogenados que consume el país, así como los nitratos de que hacen uso abundante las fábricas de explosivos, se importan de diversos lugares del extranjero, muy especialmente de la América del Sur. Ahora bien, si se toma en consideración la evidente necesidad que hay en México de abonar las tierras de labor con substancias nitrogenadas que permitan obtener mejores y más abundantes cosechas y si se atiende al significado de independencia industrial que trae consigo la posibilidad de obtener en el propio país manufacturero la materia prima indispensable para las fábricas nacionales de cartuchos y demás pertrechos de guerra, se podrá percibir con mayor claridad la importancia que presenta la explotación de los yacimientos a que se viene haciendo referencia.



**CAPITULO II**

**MATERIALES PARA CONSTRUCCION**

CAPITULO II

MATERIALES PARA CONSTRUCCION

## CAPITULO II

### MATERIALES PARA CONSTRUCCION

Ninguna de las rocas ígneas efusivas encontradas en la región estudiada en el norte de Michoacán, puede ser considerada propiamente como auténtico mineral no metálico, ya que en realidad dichas rocas se componen de mezclas de dos o más de esos minerales. Por tal razón, se ha creído conveniente estudiar los materiales para construcción, independientemente de los yacimientos de minerales no metálicos, los que, si bien es cierto que guardan muy estrechas relaciones genéticas con las rocas volcánicas, de cuya alteración y desintegración se deriva la mayor parte de esos minerales, en cambio, su explotación industrial y su aprovechamiento con fines especulativos, son completamente diferentes.

En tal virtud, conviene examinar primero las rocas basálticas, por ser las más abundantes en la región recorrida, pudiendo después estudiar las andesitas, así como algunas tobas y otros materiales volcánicos producidos en el curso de los sucesivos períodos eruptivos.

*Basaltos.*—Las rocas basálticas entran en la constitución de la mayor parte de las eminencias que determinan el relieve topográfico del norte del Estado, encontrándose tanto en corrientes más o menos extensas, como en macizos aislados o estrechamente ligados unos con otros, formando cadenas montañosas o importantes serranías provistas de innumerables conos volcánicos, y hasta sierras enteras, en cuyos picos y crestas se destacan frecuentemente elevados cantiles basálticos, en los que se advierte la estructura ligeramente columnar, característica de esta clase de rocas.

Consideradas desde el punto de vista de su utilización como materiales para construcción, puede estimarse que dichas rocas presentan texturas y coloraciones muy diversas y corresponden a cuatro tipos diferentes, que son: basaltos macizos, semicompactos, porosos y vesiculares, siendo sus colores más comunes el negro, gris, rosado y rojo.

*Basaltos macizos.*—Es notable la abundante distribución de las rocas basálticas en toda esta región de Michoacán, siendo de observar que la mayoría de

CAPITULO II

MATERIALES PARA CONSTRUCCION

## CAPITULO II

### MATERIALES PARA CONSTRUCCION

Ninguna de las rocas ígneas efusivas encontradas en la región estudiada en el norte de Michoacán, puede ser considerada propiamente como auténtico mineral no metálico, ya que en realidad dichas rocas se componen de mezclas de dos o más de esos minerales. Por tal razón, se ha creído conveniente estudiar los materiales para construcción, independientemente de los yacimientos de minerales no metálicos, los que, si bien es cierto que guardan muy estrechas relaciones genéticas con las rocas volcánicas, de cuya alteración y desintegración se deriva la mayor parte de esos minerales, en cambio, su explotación industrial y su aprovechamiento con fines especulativos, son completamente diferentes.

En tal virtud, conviene examinar primero las rocas basálticas, por ser las más abundantes en la región recorrida, pudiendo después estudiar las andesitas, así como algunas tobas y otros materiales volcánicos producidos en el curso de los sucesivos períodos eruptivos.

*Basaltos.*—Las rocas basálticas entran en la constitución de la mayor parte de las eminencias que determinan el relieve topográfico del norte del Estado, encontrándose tanto en corrientes más o menos extensas, como en macizos aislados o estrechamente ligados unos con otros, formando cadenas montañosas o importantes serranías provistas de innumerables conos volcánicos, y hasta sierras enteras, en cuyos picos y crestas se destacan frecuentemente elevados cantiles basálticos, en los que se advierte la estructura ligeramente columnar, característica de esta clase de rocas.

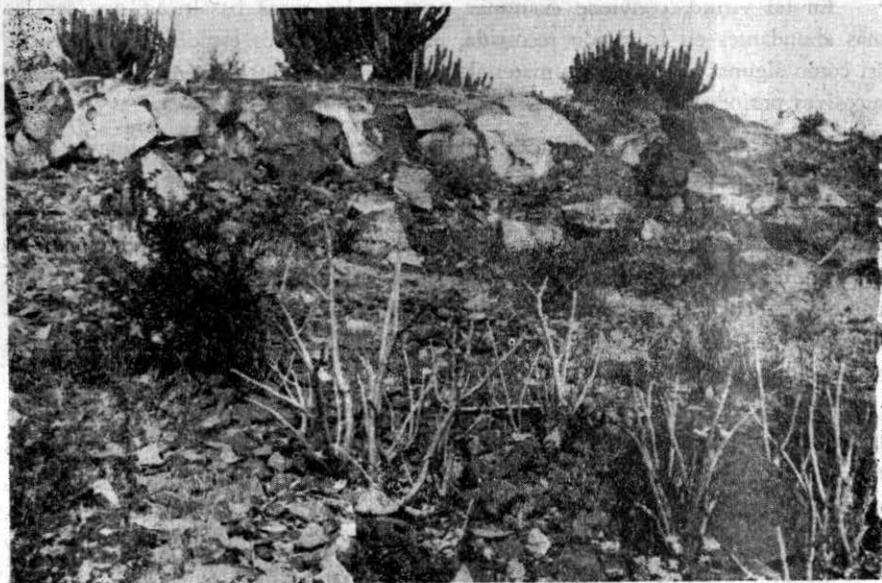
Consideradas desde el punto de vista de su utilización como materiales para construcción, puede estimarse que dichas rocas presentan texturas y coloraciones muy diversas y corresponden a cuatro tipos diferentes, que son: basaltos macizos, semicompactos, porosos y vesiculares, siendo sus colores más comunes el negro, gris, rosado y rojo.

*Basaltos macizos.*—Es notable la abundante distribución de las rocas basálticas en toda esta región de Michoacán, siendo de observar que la mayoría de

esas rocas corresponden al tipo macizo, excepto los basaltos que constituyen las lomas de Camécuaro y sus alrededores, así como los del cerro de San Francisco, inmediato a Jiquilpan, los del cerro de La Beata y algunas de las eminencias que se elevan al E. y SE., de Cojumatlán.

Todos los basaltos macizos a que se hace referencia, son bastante resistentes y poseen un grano muy uniforme, pudiendo ser empleados en basamentos, terracerías, etc. Sin embargo, sólo algunas de estas rocas pueden labrarse en bloques de tamaño suficientemente grande para hacer factible su utilización en trabajos de revestimiento o en puentes, edificios y otras construcciones, pues generalmente sus afloramientos se hallan surcados por juntas y diaclasas que los cruzan en todas direcciones, por lo que se resquebrajan fácilmente, separándose en fragmentos de pequeño volumen.

En la loma de Punta Grande, situada a poca distancia al N. de Sahuayo, a un lado del camino que conduce de esa población a la de Venustiano Carranza (San Pedro), se encuentra una roca que bien puede citarse como representativa del tipo de basalto compacto. (Fot. Núm. 22). Es una roca de color gris oscuro, que aparece en grandes bloques de aspecto macizo y que se halla desprovista de grietas o fracturas. Las favorables condiciones que presenta el afloramiento de estas rocas, permite obtener piezas de más de un metro cúbico de volumen y, por



Fotografía número 22.—Bloques basálticos en la loma de Punta Grande.

otra parte; la uniformidad de su textura facilita grandemente los ulteriores trabajos de talla o labrado.

*Basaltos semicompactos.*—Los basaltos semicompactos se caracterizan por su porosidad, un poco más desarrollada que la de los basaltos macizos, y se presentan en zonas más o menos extensas, de contornos muy irregulares y que se ligan con rocas basálticas de otros tipos, que pueden ser porosas o vesiculares, aunque son más frecuentes sus relaciones con lavas de rocas macizas.

Estos basaltos son de color gris claro, que pasa gradualmente a gris oscuro o negro y ocurren en masas relativamente grandes, que también se hallan surcadas por numerosas diaclasas o fracturas que interrumpen su continuidad, haciéndolas impropias para trabajos constructivos de alguna importancia. No obstante, en los cerros de San Francisco y en el de Buenos Aires, se encuentran extensos afloramientos de basaltos semicompactos de colores oscuros, de los que pueden obtenerse piezas de gran volumen desprovistas de grietas.

El cerro de San Francisco se localiza al S. de Jiquilpan, a unos 2 kilómetros de distancia, en tanto que el cerro de Buenos Aires se encuentra a poco más de 7 kilómetros al SE. de Cojumatlán. La circunstancia de que el cerro de San Francisco se halle tan cercano a Jiquilpan, favorece mucho las posibilidades de explotación de los basaltos que lo constituyen, tanto más, cuanto que dichas rocas, si bien no son muy convenientes para emprender obras de consideración, sí prestan valiosos servicios en trabajos de cimentación, guarnición de banquetas, basamentos de edificios, etc.

*Basaltos porosos.*—En muchos puntos del N. de Michoacán se encuentra una variedad de roca basáltica que, sin ser tan deleznable como el tezontle, posee, sin embargo, una textura cercana a la vesicular, pero que al mismo tiempo es bastante resistente para soportar por largo tiempo la acción del intemperismo.

El atractivo aspecto que presenta este basalto al labrarse en piezas de forma regular, ha generalizado su uso últimamente, habiendo encontrado su empleo más frecuente en trabajos de ornamentaría y en mamposterías relacionadas con basamentos de figuras escultóricas o piezas de ornato. A estas cualidades se añade la posibilidad de obtener dicha roca en bloques de gran tamaño, carentes de grietas o hendeduras y con estructura muy uniforme, por todo lo cual es muy estimada entre los arquitectos y constructores.

Aunque los basaltos de este tipo se encuentran en numerosas zonas distribuidas esporádicamente entre lavas de diferente textura, puede señalarse como afloramiento más extenso de esta roca el que se localiza en el cerro llamado de Los Ortiz, que se halla situado a 12 kilómetros, aproximadamente, al SE. de Cojumatlán, a un lado del camino que conduce de esa población a la de Sahuayo.

Las considerables dimensiones de dicho cerro y las magníficas condiciones de yacimiento que presentan las rocas basálticas que entran en su constitución, unido a la cercanía de las vías de comunicación, hacen posible el aprovechamiento industrial de estos materiales, con buenas perspectivas de prosperidad y éxito económico.

*Basaltos vesiculares.*—Siendo tan numerosas e importantes las erupciones basálticas ocurridas en esta porción del Estado de Michoacán, es de suponerse que existe una gran variedad y abundancia de tezontles o basaltos vesiculares, toda vez que dichas rocas son características de esta clase de emisiones. Sin embargo, aunque frecuentemente se encuentran brechas basálticas constituídas por pequeños fragmentos francamente vesiculares, en realidad son muy escasos los verdaderos tezontles que, además de su característica textura y variedad de colores, presenten las dimensiones convenientes para emplearse como materiales propios para trabajos de revestimiento o labores de carácter semiornamental. Por tal razón, no se halla en toda esta parte del Estado ningún edificio o construcción de índole profana o religiosa en que se haya utilizado ese material en alguna forma, y esto a pesar de que en dicha región existen viejas ciudades de vetusto historial, fundadas desde los albores de la Colonia, cuando se hallaba muy en boga el empleo del tezontle en las construcciones señoriales de la época.

En sustitución del tezontle podría emplearse un basalto de textura muy vesicular que se halla en diversos puntos del Estado, especialmente en las laderas septentrionales del cerro de La Beata, cercano a Zamora. No obstante, aunque dicho basalto presenta superior resistencia y mayor compacidad que el tezontle ordinario, no es de aconsejarse tal sustitución, debido a que el basalto de referencia posee unas características de permeabilidad semejantes a las que desmerecen al tezontle, sin que por otra parte ostente las bellas coloraciones y la facilidad de labrado que tanto han favorecido a esta última roca.

Los tezontles fragmentados de que se componen las brechas basálticas se emplean con gran ventaja para "rejonear" las construcciones de adobe, pues debido a su misma naturaleza esponjosa se adhieren muy fuertemente a las juntas arcillosas que quedan entre una y otra pieza de ese material de construcción. Esto no excluye la posibilidad de que los referidos fragmentos de tezontle se utilicen alguna vez con carácter ornamental, pues hay numerosas ocasiones en que dichas rocas, aun cuando se encuentran divididas en pequeños fragmentos, no presentan un verdadero obstáculo que impida su utilización con esos fines, sino por el contrario, su reducido volumen se utiliza intencionalmente para acentuar la delicadeza de ciertos adornos arquitectónicos, en los que se emplea a manera de mosaico, aprovechando la diversidad de sus coloraciones para obtener muy bellos motivos de ornato.

*Andesitas.*—Las andesitas son relativamente escasas en toda esta región y se encuentran en afloramientos poco variados, de los que sólo se mencionarán los del cerrito de La Cruz, a cuyo pie se halla la población de Venustiano Carranza, y el cerro de La Cantera, inmediato a Sahuayo.

Aunque estas eminencias no son las únicas en que aparecen las andesitas tienen, sin embargo, especial interés, debido a que las rocas que entran en su constitución representan los dos tipos de andesitas que existen en esta porción del Estado, esto es: andesitas de hiperstena y andesitas de hornblenda.

*Andesitas de hiperstena.*—El cerrito de La Cruz es una pequeña eminencia que se liga por el E. con los cerros de Los Avila y los de El Platanar, formando una barrera que si bien no es muy elevada, sí alcanza, en cambio, alguna extensión. En estos cerros se presentan las andesitas de hiperstena con textura y coloración bastante uniforme, por lo que presentan magníficas condiciones para ser aprovechadas como material para construcción.

Las rocas del cerrito de La Cruz son de textura maciza y color gris claro, debido a que se hallan salpicadas por innumerables manchitas blancas, producidas por pequeños cristales de feldespato, que se observan a simple vista y que le comunican un aspecto en cierto modo agradable.

A pesar de que en muchos lugares de estos cerros aparecen las citadas andesitas surcadas por diaclasas semejantes a las que se encuentran en los basaltos de tipo macizo, es de recomendarse se dé preferencia a su aprovechamiento industrial, y no a los basaltos, por ser estas últimas rocas menos resistentes a la acción del intemperismo. Además, en el cerrito de La Cruz se encuentran bloques bastante grandes sin fracturas de ninguna clase y, estando tan cercana la población de Venustiano Carranza, es posible efectuar su explotación a bajo costo y con buenos resultados económicos. A tal efecto convendría introducir su empleo en las construcciones de ese poblado, en el que hasta ahora se ha empleado casi exclusivamente el adobe, de cuya calidad y resistencia se muestran los habitantes del lugar, sumamente orgullosos, pero que, sin embargo, no puede compararse en modo alguno con el magnífico material para construcción que es posible obtener de esas rocas andesíticas que tienen al alcance de su mano y que indebidamente han sido desdeñadas.

*Andesitas de hornblenda.*—Las andesitas de hornblenda se encuentran en el cerro de La Cantera, hasta cuyo pie se extiende el caserío de la importante población de Sahuayo.

Esta roca es de color gris claro, en la que se destacan abundantes cristales de hornblenda, visibles a simple vista y que se distribuyen a través de toda la masa de material ígneo, como barritas de color negro que comunican a la roca un bonito aspecto.

El cerro de La Cantera se liga por el S. con la serie de eminencias basálticas que se dirigen hacia Jiquilpan, pero sólo en la extremidad septentrional de ese lomerío es donde afloran las andesitas a que se alude. Allí aparecen dichas rocas en grandes cuerpos macizos, separados unos de otros por largas juntas que, sin embargo, no afectan la importancia del yacimiento, porque no tienen como las diaclasas que aparecen en los basaltos, esas complicadas ramificaciones que tanto perjudican a las rocas, dividiéndolas en fragmentos de tamaño reducido.

No hace mucho tiempo que las andesitas de este cerro se aprovecharon para obtener el material con el que se construyó el puente monumental que cruza el río de Jiquilpan y algunas otras obras de esta población y de Sahuayo, pero a partir de entonces no se han vuelto a trabajar las canteras en que se explotaban dichas rocas, encontrándose en la actualidad en el más completo abandono. (Fots. números 23 y 24.)

Es de advertir que a pesar de encontrarse la población de Sahuayo al pie del cerro de La Cantera, no se han utilizado estas rocas, con la amplitud que era de esperarse, dada la facilidad y poco costo con que podría hacerse su labrado y acarreo. Es cierto que su empleo resulta inicialmente más costoso en relación con otros materiales de construcción muy comunes en ese lugar, como el adobe, tabique, etc., pero en cambio, su duración es muchísimo más prolongada, por lo



Fotografía número 23.—Explotación de la roca andesítica del cerro de La Cantera.



Fotografía número 24.—Antigua explotación de piedra en el cerro de La Cantera.

que finalmente viene siendo más económico su uso que el de otros materiales, como los citados antes, que de ningún modo pueden proporcionar las ventajas inherentes a estas rocas, entre cuyas características más notables cuentan su belleza y gran resistencia.

*Tobas andesíticas.*—El cerrito de Cotijarán es más bien una pequeña colina aislada, que se eleva al N. de la carretera nacional que pasa por Guarachita, rumbo a Jiquilpan. En este cerrito se encuentra una toba andesítica de bonito color rosado, de donde se obtiene una magnífica "cantera" que ha sido muy empleada en las construcciones importantes de las diversas poblaciones circunvecinas.

*Tobas. (Canteras.)*—Además de las rocas eruptivas que se han descrito hasta aquí, hay en la región otros materiales volcánicos que despiertan mucho interés entre los constructores debido a las múltiples ventajas que presentan. Estos materiales son las tobas andesíticas y dacíticas, tan empleadas en todas las construcciones del país, tanto por la belleza y uniformidad de sus coloraciones cuanto por la notable facilidad con que puede hacerse su labrado.

Dicha cantera es de grano bastante fino y su distribución es tan homogénea, que permite obtener de ese material, piezas de ornato de todas clases que pueden ser decoradas con finísimos labrados.

Aunque el cerrito de Cotijarán no ofrece un vasto campo de explotación, dadas sus pequeñas dimensiones, sí permite el desarrollo de una industria modesta que, sin embargo, puede ser bastante lucrativa debido al magnífico material de que está constituída la referida eminencia.

*Tobas dacíticas.*—Hacia el N. de Huandacareo se encuentran los cerros del Varal y Pitayo, de donde procede una hermosa "cantera" de color rosa violado, muy estimada en la localidad por sus magníficas propiedades para emplearse como material para construcción. Dichas tobas no sólo se encuentran en esos cerros, sino también en las barrancas del Zacate y de La Torre, que se localizan muy cerca de Huandacareo; pero en el lecho del Arroyo Blanco es donde se halla esta roca en condiciones más favorables para su aprovechamiento industrial, tanto por su abundancia cuanto por su proximidad a esa población.

En realidad no existen afloramientos de tobas en el arroyo de referencia, sino que las corrientes torrenciales que bajan por su cauce acarrear grandes bloques de las tobas que entran en la constitución de los cerros del Varal y Pitayo, situados más arriba y a corta distancia, por lo que se encuentra el lecho de ese arroyo sembrado de piezas de cantera de todas formas y tamaños.

El grano de esta cantera no es muy uniforme, debido a la presencia de innumerables cristales de feldespato y algunos de cuarzo que se distribuyen en su masa la que, por otra parte, se halla provista de poros o pequeñas cavernas diseminadas esporádicamente, dándole a la roca una apariencia de aspereza que, por lo demás, nada perjudica el buen aspecto de las piezas labradas.

Aunque esa roca ha sido bastante empleada en las construcciones de Huandacareo, es de desearse su adopción en forma más general, tanto por su magnífica belleza, cuanto por lo ventajoso de su explotación, pues además de encontrarse el material a la orilla misma de la población no hay necesidad de hacer ningún trabajo de desprendido, quebrado, etc., ya que, como se indicó antes, esa roca se encuentra en fragmentos de todos tamaños, a los que sólo hace falta labrar convenientemente, para adaptarlos a la forma requerida en las construcciones en que se emplean.

*Propiedades de las rocas.*—Toda roca que se desea emplear como material para construcción debe poseer ciertas propiedades, de las que depende su verdadero valor como elemento constructivo; y tomando en cuenta que la adopción de cualquier tipo de roca que se destina a esos fines está subordinada principalmente a sus propiedades físicas y mineralógicas, se comprende que hay que examinar dichas características lo más concienzudamente posible, si se quiere conocer con cierto grado de seguridad las posibilidades que presentan esas rocas, de ser aprovechadas y explotadas convenientemente.

Con tal objeto, se estudió la composición, textura, porosidad y gravedad

específica de los ejemplares que caracterizan a las diferentes clases de rocas existentes en toda la región michoacana a que se viene haciendo referencia, habiéndose alcanzado los resultados que se describen en las siguientes líneas.

*Composición.*—Las rocas volcánicas que se vienen estudiando consisten, esencialmente, de mezclas de dos o más minerales, los que a su vez se componen de diversos elementos químicos, combinados en proporciones definidas. La determinación de dichos elementos y las proporciones en que se encuentran en una roca, pueden lograrse recurriendo al análisis químico, pero por lo general se desdén esa práctica cuando se trata de materiales para construcción, porque si bien el referido análisis sirve para reconocer la íntima estructura de los elementos que integran los minerales de la roca no proporciona, en cambio, ningún dato que permita estimar su relativa dureza, la que, en realidad, no depende de su composición química, sino de su textura y de la dureza individual de cada uno de los minerales componentes.

Para tal fin es más útil el examen microscópico, porque con éste no sólo es posible identificar los minerales que entran en la composición del material que se estudia, sino que pueden observarse las condiciones en que se encuentran asociados su distribución y relativa abundancia, así como el grado de alteración que hayan experimentado; en una palabra, mediante dicho estudio microscópico es posible interpretar, hasta cierto punto, todos los accidentes y contingencias fortuitas a que ha estado sujeta la roca en el curso del tiempo, desde el momento en que se produjo su condensación, hasta la actualidad.

De acuerdo con estas ideas, no se efectuó ningún análisis químico de los materiales que se vienen estudiando, sino que se dió preferencia a su examen microscópico, con el que se reconoció la composición mineralógica de las rocas, así como su textura, matriz, etc., con todo lo cual se obtuvo el resultado que se muestra en el cuadro adjunto.

*Dureza.*—La dureza de una roca depende directamente de la dureza y textura de los minerales que entran en su composición y es complementada, frecuentemente, por la matriz en que se encuentran distribuidos. Así pues, en el cuadro siguiente puede estimarse que los basaltos, representados por las muestras números 1, 2 y 3, son las rocas más duras, pues si bien es cierto que se hallan constituídas por minerales semejantes a los de la mayoría de los ejemplares estudiados, en cambio, su textura es pilotaxítica y su matriz holocristalina o hipocristalina, lo que revela una distribución uniforme y abundante de cristales dispuestos en sistemas fuertemente entrelazados.

El reconocimiento de la dureza relativa de las rocas es de mucho interés para los constructores, porque esa propiedad determina la mayor o menor dificultad que ofrecen dichas rocas para lograr su conveniente labrado. Como, por otra parte, la dureza de un material no guarda ninguna proporción con respecto a su resis-

ESTUDIO PETROGRÁFICO DE ALGUNAS ROCAS ÍGNEAS DE LA PARTE SEPTENTRIONAL DEL ESTADO DE MICHOACÁN

No. de Muestra	Localidad	Clasificación	Textura	Matriz	M I N E R A L E S		
					Primarios	Secundarios	Accesorios
1	Loma de Punta Grande, Mun. Sahuayo	Basalto de olivino	Pilotaxítica	Holocristalina	Labradorita, Andesina	Magnetita	Hiperstena, Augita
2	Cerro de San Francisco, Mun. Jiquilpan	Basalto de olivino	Pilotaxítica fluidal	Hipocristalina	Labradorita Andesina	Zeloditas	Olivino
3	Cerro de los Ortiz, Mun. Cojumatlán	Basalto de olivino	Pilotaxítica fluidal	Holocristalina	Labradorita	Magnetita	Olivino Augita
4	Cerrito de La Cruz, Mun. V. Carranza	Andesita de hiperstena	Porfídica	Hipocristalina	Andesina, Labradorita	Magnetita	Hiperstena, Augita
5	Cerro de la Cautera, Mun. Sahuayo	Andesita de hornblenda	Porfídica	Hipocristalina	Andesina, Oligoclasa	Magnetita, Prolustita	Hornblenda en parte reabsorbida
6	Cerrito de Cotijarán, Mun. Huarachita	Toba andesítica	Porfídica	Hipocristalina	Andesina	Magnetita	Hornblenda reabsorbida
7	Alrededores de Huandacaro, Mun. de Huandacaro	Toba dacítica. (Hialodacita)	Porfídica	Hialina	Andesina, Oligoclasa, poco Cuarzo, Ortoclasa	Hematita, Arcilla, Cuarzo, Zeloditas, Magnetita	Hornblenda? reabsorbida

—El estudio petrográfico de las rocas ígneas que se mencionan en el presente cuadro fué practicado al microscopio y en lámina delgada por el Sr. Eduardo Schmitter, Jefe de la Oficina de Petrografía de este Instituto.

tencia, se comprende que a igualdad de tipo de material para construcción se prefiera siempre al menos duro, debido al bajo costo a que resulta su explotación y labrado.

Esta es la razón por la que se ha dado un uso tan extendido a las canteras, que son materiales muy suaves y de fácil labrado, a pesar de que los minerales que entran en su composición son semejantes a los que constituyen a sus respectivas rocas macizas. Véase, si no, la muestra número 6, que aparece en el cuadro referido, y se encontrará que los minerales y aun la textura y matriz de la toba andesítica son esencialmente iguales a los que componen a su correspondiente roca maciza, que se señala con el número 5.

No sólo la composición, textura y matriz de ambas rocas presentan ciertas analogías, sino que sus mismas relaciones geológicas pueden reconocerse fácilmente en el campo, ya que no se hallan separadas una de otra, sino por unos 7-8 kilómetros. Sin embargo, a pesar de su semejante composición mineralógica, el empleo que ha encontrado la cantera del cerrito de Cotijarán es notablemente más extenso, como puede comprobarse en las iglesias y principales edificios de Jiquilpan, en cuya construcción se ha hecho frecuente uso de dicha cantera, en tanto que la andesita de hornblenda del cerro de La Cantera, no obstante su innegable belleza y superior resistencia, apenas se empieza a aprovechar como material de construcción, y eso gracias a las modernas vías de comunicación y a las facilidades que ofrecen los magníficos instrumentos de trabajo de que se dispone en la actualidad.

*Textura.*—El examen de las características que determinan la textura de las rocas también es un punto de capital importancia, cuando se trata de materiales para construcción, como los que son aquí objeto de estudio.

La textura de una roca es definida por la medida de los granos de los minerales que entran en su composición, la disposición en que se encuentran distribuidos y su relativa uniformidad y abundancia, característica todas éstas, que si no son de tomarse en cuenta cuando se relacionan con rocas propias para terracerías, labores de cimentación y mamposterías en general, sí presentan mucho interés cuando se refieren a materiales que se destinan con fines ornamentales, pues en este caso se exige la mayor uniformidad posible, tanto en la medida como en la distribución de los granos, especialmente en todas aquellas rocas que se emplean en trabajos artísticos, monumentales, escultóricos, etc.

El contraste que se establece a veces en el color y dimensiones de algunos granos proporciona a las rocas pulidas un aspecto más o menos agradable, por lo que se aprovechan para obtener vistosos materiales para construcción. De este tipo es la andesita de hornblenda del cerro de La Cantera, a la que se le tiene asignada textura porfídica, en el cuadro a que se viene haciendo referencia, relativo al estudio petrográfico de las rocas. Dicha andesita ostenta sobre fondo claro

innumerables fenocristales de hornblenda, que se destacan como manchitas negras distribuidas aparentemente sin ningún orden y que son tanto más visibles cuanto más se pulimenta la roca. Es por esto que ese material no sólo puede emplearse en construcciones ordinarias de edificios o revestimientos de toda clase, sino también en aquellos trabajos semiornamentales que requieran rocas más o menos decorativas, con textura porfídica y provistas de granos de diversas coloraciones y tamaños.

*Duración de las rocas.*—Una roca que se emplea como piedra para construcción, debe poseer ciertas propiedades que le permitan resistir por largo tiempo la acción del intemperismo. La duración de la piedra en tales condiciones depende principalmente de los minerales que entran en su composición, así como de su textura y matriz. Aun estando en posesión de los datos relativos a sus características petrográficas, no es fácil determinar la probable resistencia que puede ofrecer cualquier material a la acción del intemperismo y, por otra parte, no siempre es el intemperismo el agente predominante en la desintegración o desgaste de la piedra empleada en las construcciones, sino que intervienen además otros factores que pueden ser de naturaleza química o física o simplemente que se relacionan con la posición asignada al material, en la referida construcción. Así, por ejemplo, la piedra empleada en escalinatas y pisos sufre mayor desgaste por concepto de abrasión que por intemperismo, aunque, en realidad, en este caso actúan ambos factores conjuntamente, lo que no ocurre en las paredes y muros en general, donde el intemperismo es el agente desintegrante casi exclusivo.

*Porosidad.*—El intemperismo ejerce su acción destructora sobre las piedras de los edificios, a favor de las lentas alteraciones que experimenta la composición química de sus elementos componentes, con el decurso del tiempo. Si bien es cierto que dicha alteración química se realiza indistintamente sobre todas las rocas que se encuentran en la superficie de la tierra, cualquiera que sea su composición y textura, hay, sin embargo, ciertas características físicas, tales como la porosidad, que favorecen en algunas piedras el desarrollo de los referidos fenómenos de alteración y reducen, en consecuencia, la duración de dichas piedras.

En efecto, la porosidad influye directamente sobre la resistencia que ofrece una roca a la acción del intemperismo, porque permite la infiltración del agua a través de sus poros.

Una vez infiltrado este líquido en el seno del material, ejerce sobre él doble acción destructora, pues al mismo tiempo que actúa como disolvente, realiza la alteración química de los elementos minerales de las rocas, operándose dicha alteración mediante el desarrollo de reacciones hidratantes o fenómenos de oxidación más o menos intensos, provocados por la intervención del oxígeno que se halla disuelto o que entra en la composición del agua.

Fundado en estas razones, se procedió a determinar la porosidad de las rocas

que se estudiaron antes petrográficamente, habiéndose alcanzado los resultados siguientes:

POROSIDAD DE DIVERSAS ROCAS ÍGNEAS DEL NORTE DE MICHOACÁN \*

Núm. de Muestra	Localización	Clasificación	Porcentaje de porosidad determinada con el porosímetro a base de Hg.
1.....	Loma de Punta Grande, Mun. Sa-huayo.....	Basalto de olivino	8.13
2.....	Cerro de San Francisco, Mun. Ji-quilpan.....	Basalto de olivino	13.38
3.....	Cerro de Los Ortiz, Mun. Cojuma-tlán.....	Basalto de olivino	20.23
4.....	Cerrito de La Cruz, Mun. V. Ca-ranza.....	Andesita de hiperstena	0.96
5.....	Cerro de La Cantero, Mun. Saha-yo.....	Andesita de horn-blenda	12.40
6.....	Cerrito de Cotijarán, Mun. Guara-chita.....	Toba andesítica	24.69
7.....	Alrededores de Huandacareo, Mun. Huandacareo.....	Toba dacítica	31.47

El cuadro anterior relativo a la porosidad efectiva encontrada en cada una de las rocas estudiadas, \*\* pone de manifiesto que la andesita de hiperstena procedente del cerrito de La Cruz, es el material menos poroso, pues sólo registra un 0.96% de porosidad. Esta roca es pues la que ofrece mayores garantías de duración y, como por otra parte no es muy dura, como lo comprueba su textura porfídica y su matriz hipocristalina, resulta, en conclusión, que dicha piedra presenta magníficas propiedades como material para construcción y que, al mismo tiempo, tiene características petrográficas que facilitan su explotación, pudiéndose efectuar su posterior corte y labrado a un costo relativamente más bajo que el que correspondería a cualquiera de los basaltos.

Después de la andesita de hiperstena, se halla en segundo lugar de baja porosidad, la roca procedente de la loma de Punta Grande, que representa a los basaltos de tipo macizo. Como esta roca es la más dura de cuantas se estudiaron petrográficamente, ya que posee textura pilotaxítica y matriz holocristalina, re-

\* Las determinaciones de porosidad que se citan en el cuadro adjunto, fueron realizadas en la Oficina de Petróleo de este Instituto, por el ingeniero José Rodríguez Cabo, Jr.

\*\* La porosidad efectiva es el cociente que resulta de dividir el volumen de espacios porosos o cavidades interconectadas entre sí, y el volumen total de la roca estudiada.

En lo que respecta a la determinación de la porosidad absoluta, se obtiene efectuando la misma operación que en el caso anterior, pero considerando tanto a los espacios porosos o cavidades intercomunicadas, como a los que se hallan independientes unos de otros.

sulta inconveniente su explotación como material de revestimiento, por el alto costo que alcanzaría su labrado, comparado con el de las andesitas o cualquiera de las otras rocas estudiadas, pero en cambio presenta propiedades de dureza que la hacen insustituible en ciertos casos en que se requiere un material que ofrezca resistencia a la abrasión, como cuando se destina para construir basamentos, escalinatas, pasillos y pisos en general.

La andesita de hornblenda acusa una porosidad poco menor que la correspondiente a los basaltos porosos, por cuyo motivo puede asignársele una duración semejante a unas y a otras rocas; pero la andesita de hornblenda posee la ventaja de ser más suave que los basaltos, por lo que en todo caso debe preferirse su explotación, tanto más cuanto que su textura porfídica y la presencia de las barritas de hornblenda le dan un aspecto mucho más atrayente que el del basalto.

Los basaltos vesiculares alcanzan una porosidad muy grande (20.23%), por lo que sólo pueden utilizarse en terracerías y otros trabajos que no requieran materiales con propiedades especiales. En cuanto a las tobas andesíticas y dacíticas que se señalan con los números 6 y 7, respectivamente, su porosidad es tan alta que sólo su belleza y la gran facilidad de su corte y labrado, ha hecho posible el extenso empleo que han encontrado dichas rocas como materiales para construcción.

*Gravedad específica.*—Hay todavía otra propiedad que debe tomarse muy en cuenta en las rocas que se pretende emplear como piedra para construcción; esta es la gravedad específica propia de cada tipo de material. A tal efecto puede consultarse el cuadro que se inserta a continuación en el que se transcriben los resultados obtenidos en la determinación de densidades y pesos específicos de las rocas que se han venido estudiando:

RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS DETERMINACIONES DE DENSIDADES Y PESOS ESPECIFICOS DE ALGUNAS MUESTRAS DE ROCAS IGNEAS \*

No. de Muestra	Peso en gramos	Volumen en cm. cúbicos	Densidad $\frac{P}{V}$	Peso específico determinado con la balanza de Jolly	Peso de 1 m <sup>3</sup> de roca
1-2.....	16.494	6.13	2.690	2.72	2.720 Kgs.
3-1.....	20.875	7.78	2.683	2.61	2.610 "
7-4.....	13.013	4.93	2.643	2.42	2.420 "
17-5.....	12.912	5.23	2.468	1.99	1.990 "
18-6.....	9.019	3.81	2.367	1.96	1.960 "
26-3.....	15.036	6.04	2.456	2.32	2.320 "
65-7.....	9.607	5.22	1.841	1.95	1.950 "

\* Las determinaciones de densidades y pesos específicos a que se refiere el cuadro adjunto, se efectuaron en la Oficina de Petróleo de este Instituto, por el señor ingeniero José Rodríguez Cabo, Jr.

Examinando las cifras marcadas en la última columna, que se refiere al peso correspondiente a un metro cúbico de piedra, se encuentra que las tobas son las rocas más ligeras y los basaltos las más pesadas, en tanto que las andesitas ocupan un lugar intermedio entre el peso de unas y otras rocas. La baja gravedad específica de las tobas es una de las razones que favorece el uso de las canteras, a pesar de su escasa resistencia y gran porosidad.

Obsérvese igualmente que el peso de la andesita de hornblenda, señalada con el número 5, es tan bajo que se acerca mucho al correspondiente a las tobas, por tanto, se insiste en que dicha roca posee magníficas cualidades para emplearla como material para construcción, y si además se toma en cuenta su relativa dureza, unida a su baja porosidad, se llega a la conclusión de que esa andesita presenta, en relación con las otras rocas estudiadas, las mejores expectativas respecto a su aprovechamiento y explotación industrial.

*Arenas volcánicas.*—Unido a las rocas que pueden ser de utilidad como materiales para construcción, son de mencionarse ciertos depósitos de arenas volcánicas producidas en el curso de los fenómenos paroxísmicos ocurridos en esta región de Michoacán y que se hallan depositadas en las laderas de algunos cerros.

*Características físicas y distribución.*—Dichas arenas son de color oscuro, casi negro, y consisten de pequeños fragmentos de roca con aspecto esponjoso, semejantes al tezontle. Sus depósitos son muy abundantes y alcanzan a veces dimensiones de consideración, como los que se hallan en la región de Tancítaro, de donde se ha extraído gran parte de la arena empleada en las construcciones de Morelia y poblaciones cercanas. (Fot. Núm. 25.)

Sin embargo, la explotación de estos depósitos se ha llevado en forma tan intensa que no sería remoto que pudieran agotarse en un futuro más o menos próximo, en cuyo caso habría que recurrir a nuevos yacimientos, aconsejándose al efecto, la explotación de otros depósitos de esta misma naturaleza que se encuentran en las laderas de diversos macizos basálticos, especialmente los que se localizan entre Huaracha y San Angel.

Hay otras depósitos de arenas que también son de índole volcánica, pero cuyo color es el blanco o el gris más o menos claro. Si bien tienen el mismo origen que el material piroclástico de color negro a que se hace referencia antes, su composición, en cambio, difiere por completo, pues no contienen ningún fragmento de naturaleza pétreo, sino que se componen exclusivamente de vidrios volcánicos finamente divididos, y con aspecto como de ceniza, por lo que se les conoce comúnmente con el nombre de "ceniza volcánica."

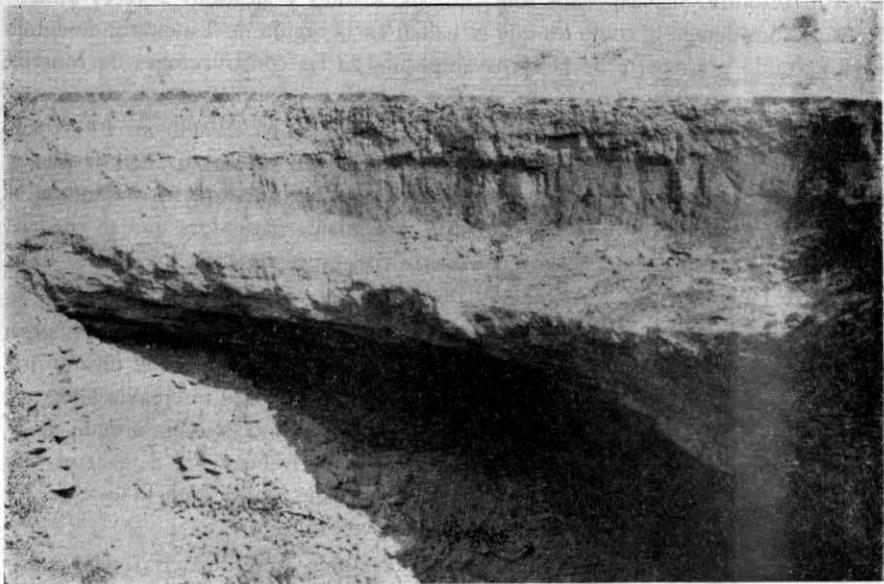
Aunque estas cenizas pueden utilizarse también como material para construcción, su empleo más conveniente es como abrasivo, siendo esta aplicación la que consume mayor cantidad de ese material y la que da lugar a una explotación

más remunerativa, por cuya razón se creyó preferible describir dichas "cenizas" en el capítulo que se ocupa de los minerales no metálicos.

*Arenas detríticas.*—Las arenas detríticas son poco empleadas como material para construcción, por ser mucho más abundantes las arenas de naturaleza volcánica. Sólo en una pequeña zona comprendida en la porción oriental de la región estudiada existen abundantes yacimientos de arenas detríticas, pero hasta ahora no han encontrado gran demanda en las construcciones locales.

Dichas arenas son de naturaleza francamente cuarzosa y pueden explotarse más provechosamente con otros fines industriales que no tienen ligas con los materiales para construcción, sino con los minerales no metálicos, por lo que son objeto de estudio en el capítulo respectivo.

*Porvenir económico.*—Sabido es que el empleo de la piedra en las construcciones modernas presenta cada día menos perspectivas, debido a la preferencia que encuentran para este objeto otros materiales para construcción, tales como el cemento, que reúne grandes cualidades relacionadas con su resistencia y facilidad con que se trabaja. Sin embargo, aunque esta preferencia es de tomarse muy en consideración en aquellas regiones del país que cuentan con fábricas de cemento establecidas en sus inmediaciones, no tiene ningún valor en aquellas localidades que carecen de esas ventajas y que además se encuentran relativamente apartadas



Fotografía número 25.—Explotación de un depósito de arena volcánica en la región de Tacúaro.

de los grandes centros manufactureros o que no disponen sino de escasas vías de comunicación.

En estas últimas condiciones se encuentra la mayor parte de la región recorrida en el N. de Michoacán, siendo por esto que hasta fechas relativamente recientes no se haya introducido el uso del cemento en las construcciones de las principales ciudades de esa porción del Estado.

Si se examinan los diversos edificios existentes en esas poblaciones, principalmente en Morelia, se notará en seguida que en sus construcciones, que generalmente son de tipo colonial, ha tomado la piedra una participación predominante. El transcurso del tiempo no ha logrado modificar aquí esa propensión que tienen los habitantes del lugar hacia el uso de la piedra y aun en las construcciones más modernas puede advertirse una abundante e inteligente distribución de bloques de piedra labrada.

Se ha podido observar que en la belleza de los edificios de ciertas poblaciones no siempre ha influido como factor predominante el gusto artístico de sus habitantes, sino que también interviene el problema económico que es el que determina, en realidad, la clase de material que debe emplearse en las construcciones, de acuerdo con las conveniencias individuales o colectivas. Independientemente de los gustos que puedan tener en materia de construcción los habitantes de toda esta porción de Michoacán, es indudable que los constructores locales se han visto en la necesidad imprescindible de utilizar en sus mejores construcciones la piedra y el tabique, con exclusión casi absoluta del cemento, debido al alto costo a que resulta ese material en la localidad.

El cemento que se emplea en Michoacán proviene, en su mayor parte, del Estado de Hidalgo, y como no existen líneas directas que comuniquen a estos dos Estados, hay necesidad de que el material de referencia se transporte a través de grandes distancias para lograr alcanzar al fin los mercados michoacanos.

Actualmente cuenta el país con la carretera nacional que conduce de México a Guadalajara y que atraviesa a Michoacán en toda su longitud, tocando las importantes poblaciones de Morelia, Zamora, Zitácuaro, Jiquilpan y otras. Esta carretera viene a resolver, en los tramos que recorre en ese Estado, algunos de los problemas creados por la escasez de comunicaciones, pero ni aún así ha sido posible lograr el abaratamiento del cemento, debido a los altos fletes que todavía hay que pagar por su transporte desde los centros productores hasta los diversos lugares del Estado en que se hace su consumo.

Como no es fácil que estas condiciones cambien en un futuro más o menos próximo, se puede creer que de no establecerse alguna fábrica de cemento en el propio Estado de Michoacán, no es de esperarse que sufra decaimiento alguno la industria que se ocupa de la explotación de la piedra, a pesar de que en otros

lugares del país el cemento la ha desplazado en muchas de sus aplicaciones como material para construcción; antes bien, puede advertirse claramente que esta industria presenta en Michoacán una importancia creciente, que guarda muy estrecha relación con el extraordinario desarrollo que últimamente están experimentando todas las poblaciones del Estado, especialmente las que poseen atractivos naturales o algún interés turístico.

#### MATERIALES MANUFACTURADOS

La desintegración de las rocas ígneas efusivas que entran en la constitución geológica de la región estudiada en el N. de Michoacán, así como la alteración química que han experimentado los elementos minerales que componen dichas rocas, debido principalmente a la prolongada acción del intemperismo, ha dado lugar a la formación de tierras más o menos arcillosas que ocupan la superficie de los valles y forman la mayor parte de los terrenos cultivables de toda esta comarca.

Sabido es que Michoacán es una entidad en la que abundan los lagos y depósitos con aguas más o menos persistentes, cuyas dimensiones varían considerablemente, encontrándose desde simples charcos o agujeros que ocupan una reducida extensión superficial, hasta verdaderos lagos, como el de Pátzcuaro, Cuitzeo, Sirahuén y otros. Todas estas cuencas lacustres son alimentadas por una o varias corrientes de agua que, al desembocar en el lago respectivo, dejan depositar al mismo tiempo todos los detritus y diversos productos de la alteración de las rocas circundantes y que son llevados en suspensión por esas aguas fluviales. Dichos productos consisten principalmente de materiales arcillosos mezclados con arenas, limos y otras sustancias de naturaleza mineral o vegetal y sus depósitos se acumulan en el fondo de cada una de las cuencas referidas, formando bancos de espesor y dimensiones muy diversas.

Asimismo, se hallan en muchos lugares de esta misma región de Michoacán, especialmente en los valles, hondonadas y otras depresiones del terreno, gruesos depósitos de barros y tierras arcillosas, cuyo origen se relaciona con la existencia de antiguos lagos o sabanas de agua actualmente desaparecidas.

Además de dichos barros lacustres, hay también tierras arcillosas producidas exclusivamente por la alteración química de los elementos minerales de las rocas subyacentes, en cuyo caso forman suelos residuales no muy gruesos, si bien hay ocasiones que sí alcanzan espesores de alguna consideración.

Todos estos barros y tierras arcillosas son objeto de una explotación muy activa, sobre todo los materiales que proceden de yacimientos formados en el fondo de extintos lagos o de lagunas y charcos actuales, pero cuyo régimen es de carácter temporal, desecándose durante los meses de estiaje. Evaporada el agua de esos

charcos, quedan al descubierto las tierras de su fondo, que consisten, como ya se indicó, en barros y limos más o menos finos, mezclados con algunas substancias minerales o vegetales, a veces en estado de incompleta descomposición.

Durante toda la temporada de sequía se extraen dichos barros muy activamente, fabricándose con ellos diversos productos, tales como adobes, tabiques, ladrillos, tejas y otros materiales que encuentran un empleo muy extenso en las típicas construcciones regionales de esta parte del país, en tanto que las tierras que contienen mayor proporción de arcilla se utilizan para elaborar artículos de loza corriente.

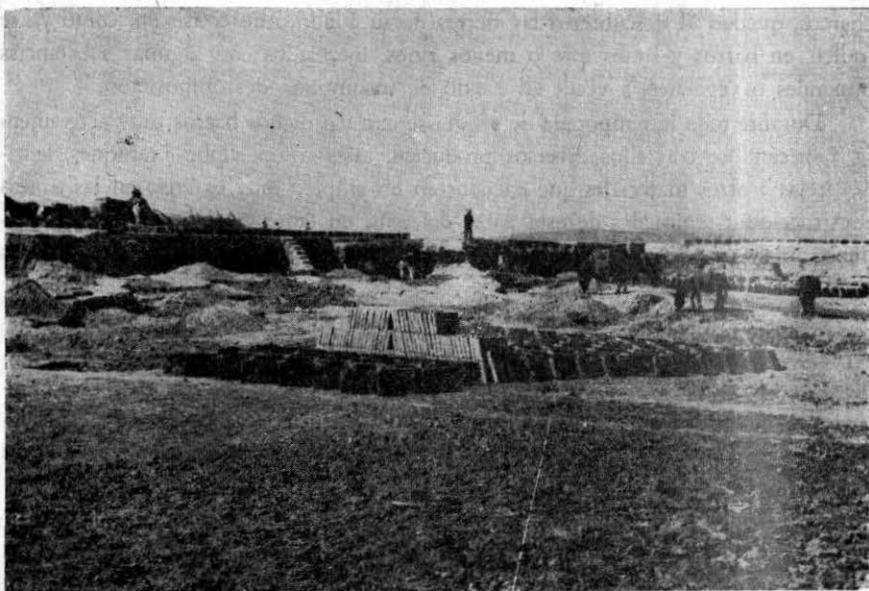
Como es de suponerse, las adoberas y demás fábricas de los citados materiales se localizan de preferencia en las inmediaciones de los poblados en que se emplean, y es así que en toda la región recorrida apenas si hay algún pueblo, rancharía y aun simples parajes, que no cuenten con una o más adoberas o ladrilleras establecidas en sus cercanías y que se encargan de satisfacer la demanda local de esos materiales para construcción.

Dada la gran importancia que ha alcanzado esta industria en la zona que se recorrió, conviene conocer más detalladamente sus métodos de trabajo, las materias primas empleadas en cada caso y los productos obtenidos, a fin de conocer sus verdaderas posibilidades industriales y su porvenir económico. Con tal objeto se hará en seguida una descripción de esas explotaciones, partiendo de las adoberas, que es la industria que emplea materias arcillosas más simples y abundantes y en la que se obtienen productos más corrientes, para pasar gradualmente hacia la fabricación de ladrillos, tejas, etc., hasta alcanzar la industria de la loza, que es el producto más elaborado que se fabrica con esta clase de tierras arcillosas.

*Adobes.*—La fabricación del adobe no exige barros de cualidades definidas, sino que se emplea cualquier tierra arcillosa que tenga la suficiente plasticidad para mantener su característica forma cuadrangular, sin disgregarse, aun cuando pierda completamente la humedad. Sin embargo, no siempre se emplea una sola clase de barro para elaborar el adobe, pues no es fácil encontrar, de una buena vez, un material que presente todas las propiedades requeridas para este objeto, sino que se emplean barros con diferente grado de plasticidad, a los que todavía se les mezcla otras substancias, tales como arena, tizar, estiércol, etc.

La explotación de las adoberas se realiza exclusivamente durante la temporada de sequía, suspendiéndose por completo al llegar las lluvias. Los adobes elaborados en esta porción de Michoacán, tienen todos  $35 \times 50$  centímetros de superficie, por 9-10 centímetros de espesor y son transportados en burros desde los lugares de producción hasta las obras donde se emplean.

En Venustiano Carranza (San Pedro), en un lugar situado al W. y muy cerca de la población, se halla un barro de color gris claro, con el que se ha fabricado



Fotografía número 26.—Adobera de Venustiano Carranza (S. Pedro).

todo el adobe empleado en las construcciones del lugar. Este barro es muy arcilloso, por lo que hay necesidad de añadirle una cuarta parte, aproximadamente, de "ceniza volcánica" para reducir un tanto su excesiva plasticidad.

Se dice que el aludido adobe de Venustiano Carranza es el mejor de cuantos se fabrican en la comarca tanto por su resistencia, que es bastante grande, cuanto por ser de peso relativamente bajo, debido a la gran proporción de "ceniza volcánica" que se le mezcla. Con tal motivo, la adobera de este lugar ha logrado alcanzar un gran desarrollo (Fot. Núm. 26) encontrándose en trabajo, sin interrupción, durante todo el tiempo que dura el estiaje.

En la elaboración de los referidos adobes se ocupan hasta 20 hombres, que ganan un jornal de \$ 1.50 por día y producen, en conjunto, alrededor de 300 piezas diarias. Todos estos hombres abandonan la adobera al iniciarse la temporada de lluvias y se dedican a labores agrícolas de carácter temporal.

También en la ranchería del Cerrito Pelón se fabrican adobes que gozan de buena fama por su calidad, habiendo encontrado demanda, ese producto, no sólo en la misma localidad en que se elabora, sino también en Sahuayo que se encuentra al NW. de la adobera, como a 2 kilómetros de distancia.

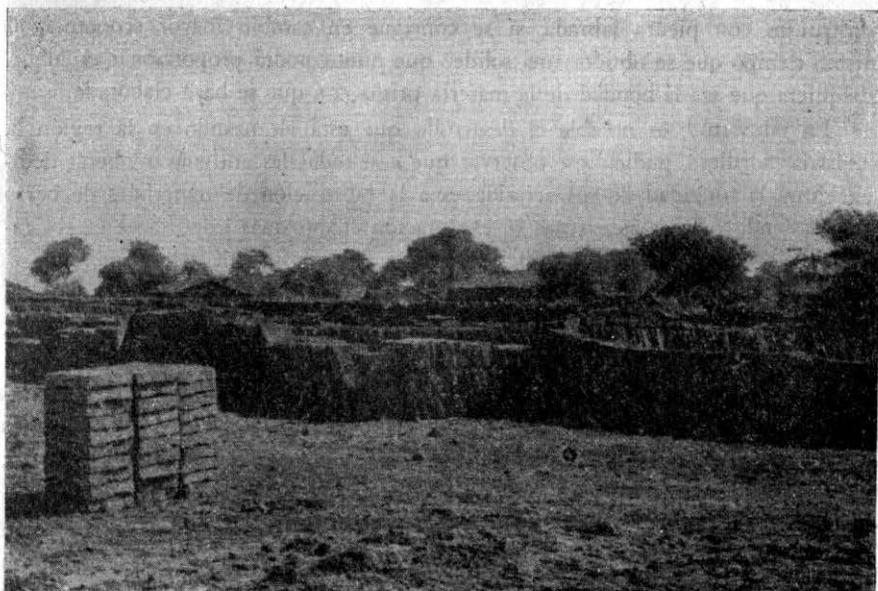
Esta ranchería se halla al pie del Cerrito Pelón, de donde toma su nombre, cerrito que más bien es una pequeña colina basáltica semejante a una loma no

muy alta y de forma bastante regular, que se distingue al E. y a corta distancia de la carretera nacional, entre Jiquilpan y Sahuayo.

El adobe que se fabrica en este lugar se asemeja en parte al de Venustiano Carranza, pero esta adobera no ha logrado un desarrollo tan considerable debido a que es bastante reciente la fundación del paraje en que se encuentra, y sí en la actualidad ya es una industria que presenta cierto interés (Fot. Núm. 27), es de suponerse que con el transcurso del tiempo alcanzará mayor importancia, cuando esa ranchería logre su natural progreso y se emprenda la construcción de mayor número de habitaciones.

*Tabiques, ladrillos, tejas, etc.*—Aunque la fabricación de tabiques y otras piezas de barro cocido es muy antigua en el Estado, no se había emprendido esa industria de modo tan activo como se lleva en la actualidad, debido a la preferencia que siempre había encontrado en las construcciones el empleo del adobe y de la piedra labrada.

En los tiempos que corren, el adobe está perdiendo rápidamente su antiguo e infundado prestigio, en tanto que la piedra labrada se utiliza cada vez menos, debido al alto costo que alcanza en la actualidad la mano de obra. En su lugar se está empleando el tabique, ladrillo, loseta, teja, etc., materiales que, si bien no se prestan para lograr con ellos las bellezas arquitectónicas que lucen los edificios



Fotografía número 27.—Adobera de Cerrito Pelón.



Fotografía número 28.—Hornos de la ladrillera de La Puentequita, Jiquilpan.

construídos con piedra labrada, sí se consigue en cambio mayor economía, al mismo tiempo que se obtiene una solidez que nunca podrá proporcionar el adobe, cualquiera que sea la bondad de la materia prima con que se haya elaborado.

En tal virtud, es notable el desarrollo que está alcanzando en la región la industria ladrillera, pudiéndose observar que casi todas las antiguas adoberas dedican ahora la totalidad de sus actividades a la fabricación de materiales de barro cocido, siendo tanto más extensa su explotación cuanto más importante es el centro poblado en cuyas inmediaciones se localiza la industria de referencia.

En Jiquilpan se hace más notable esta actividad porque se han concentrado todas las ladrilleras de la localidad en un solo barrio, situado al E. y en la orilla misma de la población. En este barrio, llamado de La Puentequita, se distinguen más de 20 hornos distribuídos sin orden alguno, en un espacio relativamente reducido, y como ocurre generalmente en las explotaciones de este género, esos hornos se hallan construídos sobre los mismos terrenos arcillosos que se explotan. (Fot. Núm. 28.)

La tierra que se emplea en este lugar como materia prima para la elaboración de productos de barro cocido, es un migajón arcilloso de color café claro, poco deleznable y que se encuentra en bancos hasta de 2 metros de espesor. A este barro se le añade alguna cantidad de "ceniza volcánica" o tizar y queda así listo

para moldearse en la forma que se desee obteniéndose, al cocerse, los diversos materiales de color rojo oscuro que tan eficazmente se han empleado en todas las construcciones urbanas o rurales de las cercanías.

*Métodos de trabajo.*—El orden en que se llevan a la práctica las labores relacionadas con la preparación, moldeo y cocido de las tierras utilizadas en la industria ladrillera de la región, es muy semejante a los métodos seguidos en todo el centro del país, pudiéndose advertir tan sólo algunas ligeras variantes en los sistemas generales de preparación y producción. Por lo demás, estas variantes, que forzosamente tienen que introducirse en esta industria, debido a las diferentes propiedades físicas inherentes a los diversos tipos de tierras propias de cada localidad, no afectan, en modo alguno, la calidad o la apariencia del producto finalmente obtenido.

Hecha la mezcla de tierra y demás sustancias que forman la pasta con la que se pretende elaborar los productos de barro, la primera operación que sigue es el amasado. Esta operación es muy laboriosa y cansada, pues se lleva a cabo pisando fuerte y repetidamente dicha mezcla, previamente humedecida con agua, hasta lograr una incorporación más o menos perfecta de todos los ingredientes utilizados en la preparación de la pasta aludida. (Fot. Núm. 29.)

Terminada la operación del amasado, se deja "madurar" la pasta durante un



Fotografía número 29.—Amasado de la mezcla de tierras para la elaboración de ladrillos, tejas, etc. Ladrillera cercana a Ixtlán de los Hervores.

lapso que oscila entre 12 y 24 horas. En seguida se pasa a los moldes, en donde se le da la forma deseada, y las piezas así obtenidas se dejan secar. Para lograr esto se apilan con cierto orden, cuando se trata de tabiques, de modo que se ventilen por todos lados, como lo ilustra la fotografía número 30, en tanto que cuando son tejas, ladrillos o losetas, se extienden bajo techados enramados, tal como se ve en la fotografía número 31, o simplemente al sol.

Ya bien secas las piezas, se cuecen en pequeños hornos de tipo intermitente, en los que se emplea como combustible boñiga de vaca u otro estiércol bien seco.

Tratándose de tabiques o losetas y ladrillos, se emplean hornos que se construyen y destruyen cada vez que se hace una hornada. Para esto, se principia por apilar las piezas sobre una especie de parrilla hecha con el mismo barro, y que consiste en varias hileras de adobes separadas, una de la otra, poco más de 50 centímetros. En seguida se cubre toda esa pila con adobes más pequeños encerrándola en una especie de caja, con paredes inclinadas, tal como se ve en la fotografía número 32. Construído así el horno y acomodados los tabiques de modo que se de paso entre ellos a los gases y demás productos de la combustión, se introduce el combustible por los espacios dejados entre las hileras de adobes que forman las parrillas y se enciende, procurándose conservar la combustión a la mayor temperatura posible, por espacio de 2 a 3 días.

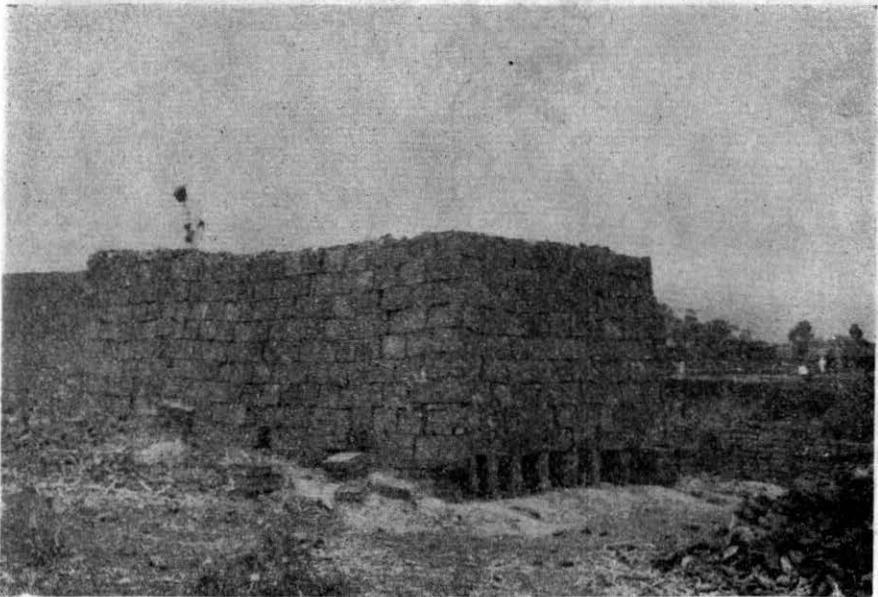
Como se comprenderá, no se lleva ningún control de la temperatura del horno, sino que se vigila la marcha que sigue la operación según el juicio de un hornero experimentado. Concluída la cocción, se deja enfriar el horno hasta que la temperatura baja suficientemente para poderse retirar las piezas ya cocidas, des-



Fotografía número 30.—Fábrica de tabique en Tangancícuaro. A la derecha puede observarse cómo se acomodan los tabiques para que se sequen, antes de ser llevados al horno.



Fotografía número 31.—Fábrica de teja en Penjamillo. Las piezas ya moldeadas se extienden para que se sequen.



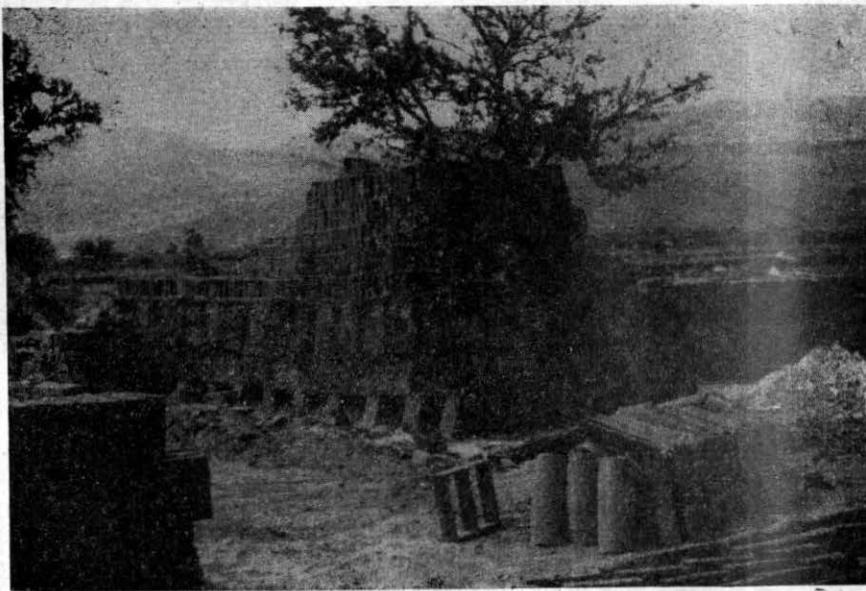
Fotografía número 32.—Construcción de un horno para tabiques en la ladrillera de Sahuayo.

truyéndose para esto las paredes que formaban el exterior del horno. (Fot. número 33.)

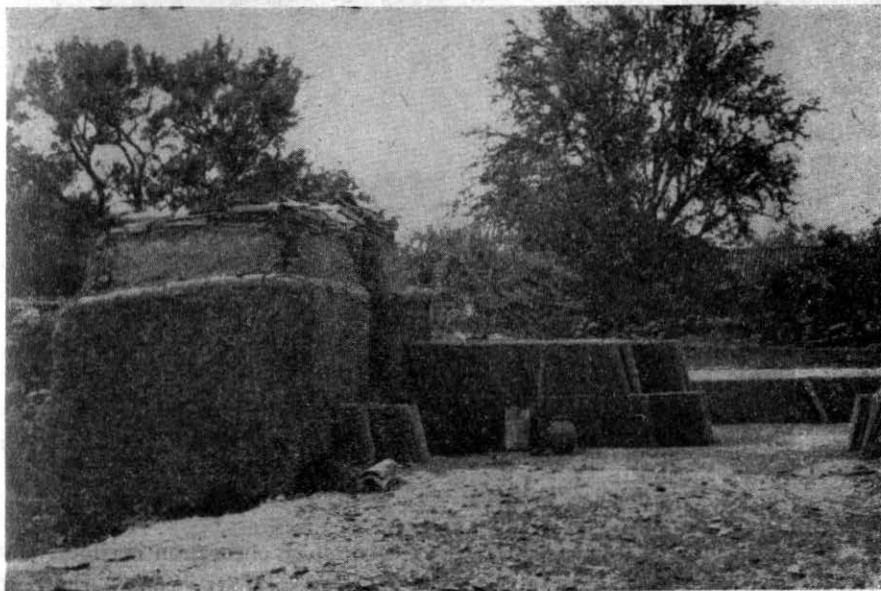
Los hornos que se utilizan en las fábricas de teja son también de tipo intermitente, pero se construyen con más solidez, recubriéndose con barro toda la parte exterior, como se ilustra en la fotografía número 34. Además, estos hornos no se destruyen cada vez que se trabaja en ellos, sino que duran bastante tiempo, sobre todo cuando se tiene cuidado de efectuar las reparaciones que periódicamente se van haciendo indispensables.

Es interesante notar que el establecimiento de las fábricas de teja y loseta, es anterior aquí a las de ladrillo y tabique, pues desde tiempos muy remotos se ha usado la teja para recubrir los techos de las casas, edificios y hasta algunas iglesias de la región (Fots. números 35 y 36), en tanto que los ladrillos y tabiques encontraron aplicación en las construcciones algunos años más tarde.

*Porvenir económico.*—Es indudable que la industria del adobe tendrá que decaer cada vez más, conforme se vaya generalizando la fabricación del tabique y ladrillo, pues el uso de aquel material presenta numerosos inconvenientes, entre los que se cuentan su escasa resistencia y el exagerado espacio que ocupa, debido al gran volumen que se acostumbra dar a las piezas de referencia, con el consiguiente aumento de peso.



Fotografía número 33.—Ladrillera de Cojumatlán.—Destrucción de las paredes del horno para retirar los tabiques cocidos.



Fotografía número 34.—Horno para teja en Penjamillo.



Fotografía número 35.—Casas con techado de teja en Tangancicuaro.



Fotografía número 36.—Casas con techado de teja en Zamora.

Por otra parte, en los materiales de barro cocido se encuentran notables ventajas respecto a su solidez y ligereza, que los hace insustituibles cuando se utilizan para cierto tipo de construcciones en las que se desea contar con un buen material, que al mismo tiempo resulte a un costo relativamente bajo.

En la gran mayoría de las fábricas de materiales de barro cocido que hay establecidas en el N. de Michoacán, se ha alcanzado un alto grado de perfección que difícilmente puede superarse en otras regiones del país, y si se toma en cuenta que todas las labores preparatorias, sin excepción alguna, se llevan a cabo a mano, y se cuecen los productos elaborados en hornos sumamente primitivos, se llegará a la conclusión de que esa industria no podrá alcanzar mayor desarrollo del que presenta en la actualidad, si no se implantan algunas innovaciones que tiendan a modificar fundamentalmente los sistemas de trabajo y de producción que se siguen allí, porque en nuestros tiempos son ya francamente anticuados y, por lo mismo, resultan completamente antieconómicos.

La más importante de dichas innovaciones consiste en introducir el uso de maquinaria para dar forma a los productos de barro, en lugar de hacerse este trabajo a mano. Hay muchos artículos de barro que no pueden moldearse debidamente valiéndose tan sólo de las manos y de moldes de madera más o menos imperfectos. La razón principal es que no es posible proporcionar a la pasta arcillosa la presión requerida en muchos casos, para obtener un buen resultado, a la vez que el tiempo empleado en las labores de moldeo, sea suficientemente corto, para hacer costeable la elaboración de esos artículos.

Desde luego se advierte en toda la región estudiada la falta de muchos pro-

ductos de barro cocido, que tienen bastante demanda y que, sin embargo, no se fabrican en ningún lugar del Estado, porque se elaboran a presión; tales son por ejemplo los tabiques huecos, con su peso grandemente reducido, las tejas planas y con figuras artísticas, los tubos para albañal, tazas para excusados, etc.

Todos estos productos y otros más se fabricarían con gran facilidad implantando el uso de la maquinaria especial para este objeto, pudiéndose obtener, asimismo, un sensible incremento en la producción sin aumentar para eso el número de brazos. Esto equivale a reducir el costo total de las maniobras de elaboración y, por otra parte, se fabrica un producto más bien moldeado obteniéndose en un tiempo menor que cuando se hace el trabajo a mano.

Es pues evidente el beneficio que experimentaría la industria ladrillera del Estado si se adoptara el uso de maquinaria para desempeñar las labores relativas al amasado y moldeo de las piezas de barro. Sin embargo, esta innovación no daría todo el fruto que fuera de esperarse si no se complementara el uso de dicha maquinaria con el empleo de hornos más convenientes y de construcción definitiva.

En efecto, ya se dijo que los hornos empleados en la industria ladrillera y sus anexos, son sumamente primitivos en toda esta región de Michoacán, y que además, hay que destruirlos, a lo menos parcialmente, para poder retirar los productos ya cocidos. A nadie se oculta que esta operación, llevada en la forma indicada, además de ser muy lenta y laboriosa, nunca podrá proporcionar como resultado normal una alta producción, y menos aún será posible lograr que los productos manufacturados resulten con una cocción uniforme. Para esto es preciso construir hornos de trabajo continuo o siquiera de tipo semicontinuo, en los que, además de aprovechar íntegramente el poder calorífico del combustible, es posible obtener, al mismo tiempo, un mejor control de la temperatura; lo primero se traducirá en un ahorro efectivo de combustible y lo segundo en uniformidad de cocción. A estas ventajas hay que añadir la facilidad y prontitud con que puede hacerse la carga y descarga del material, así como la voluntaria continuidad de las labores, por todo lo cual se deduce, en conclusión, que el buen éxito obtenido por estos modernos sistemas de trabajo se debe, principalmente, a la eficiencia y economía de su funcionamiento, siendo también estas razones las que han influido poderosamente para que dicho tipo de hornos se hayan adoptado en todos los grandes centros fabriles del país, en donde se elabora esta clase de productos de barro cocido.

#### MATERIALES PARA ORNAMENTACION

Algunos materiales que se hallan en diversos sitios de la región estudiada en el N. de Michoacán, presentan ciertas características de belleza que pueden aprovecharse para emplearlos ventajosamente en trabajos de carácter ornamental.

*Obsidiana.*—Uno de estos materiales es la obsidiana que se encuentra cerca de Zinapécuaro, a un lado del camino que conduce de Morelia a esa población. Es un vidrio riolítico que posee un hermoso color negro de azabache y cuyos fragmentos alcanzan a veces dimensiones de alguna consideración, aunque por lo general no exceden de 0.25 metros cúbicos.

La referida obsidiana podría emplearse en trabajos de joyería barata o para fabricar cubiertas para muebles, bases para figuras escultóricas, etc.

*Materiales calcáreos.*—Iguales o mejores cualidades de belleza se hallan en un material calcáreo localizado en una pequeña eminencia situada como a 4 kilómetros al S. de Cojumatlán. El color dominante de dicho material es el café claro, pero en realidad se compone de numerosas capitas de diversos colores y de contornos sinuosos, que se sobreponen unas a las otras, formando una roca de aspecto semejante al recali.

El origen de este material se debe a las sucesivas precipitaciones de sustancias calcáreas que se hallaban disueltas probablemente en aguas termales, en tanto que sus variadas coloraciones fueron producidas principalmente por los óxidos metálicos que se encontraban conjuntamente en la solución.

*Posibilidades de explotación.*—Este yacimiento no es de muy grandes dimensiones, pero podría aprovecharse para explotarlo aunque sólo fuera en pequeña escala, pues dada la notable belleza del material de que se compone es fácil que encontrara aplicación hasta en trabajos artísticos y escultóricos.

#### CAL

Una característica notable en la región estudiada en el N. de Michoacán, es la carencia completa de rocas calizas utilizables como materia prima para la elaboración del óxido cálcico empleado en las construcciones, siendo necesario recurrir a los productores de los Estados de Hidalgo y San Luis Potosí para satisfacer la demanda que hacen de este producto los constructores locales.

Tendiendo a resolver este problema, se buscaron con ahinco otras rocas que pudieran servir para este objeto, en sustitución de las calizas, habiéndose logrado encontrar en algunas localidades ciertos materiales calcáreos que son susceptibles de producir el citado óxido cálcico, aun cuando no siempre sea posible obtener con esos materiales un producto de primera calidad.

*Distribución de caliche.*—En tres de estas localidades existen precipitaciones calcáreas de las conocidas vulgarmente con el nombre de "caliche" y se encuentran en Jiquilpan, en La Piedad y en Jéruco, cerca de Cuitzeo.

El caliche de referencia es un producto que se forma como resultado de la descomposición de las rocas, en las que entra el calcio como uno de sus elementos constituyentes. Dicho calcio es disuelto por las aguas meteóricas o fluviales que

contienen  $\text{CO}_2$  en solución y se precipita posteriormente cerca de la superficie de los terrenos, al efectuarse la evaporación del agua, formándose entonces el caliche.

En tal virtud, el referido caliche representa, en realidad, un horizonte de precipitación de sales en el subsuelo y como la aludida precipitación se efectúa en presencia de otras sustancias, entre las que predomina la arcilla, se forman, en consecuencia, lechos más o menos duros que vienen a constituir verdaderos saxeam, compuestos de materiales muy variados en los que abunda el carbonato cálcico y la arcilla.

*Caliche de Jiquilpan.*—Al N. de Jiquilpan y muy cerca de esta población se encuentra una extensa formación calichosa que ocupa una superficie de más de 4 kilómetros cuadrados. El caliche de referencia es bastante arcilloso, pero no obstante contiene suficiente cantidad de carbonato cálcico para poderse utilizar en la elaboración del óxido cálcico que se busca, mediante la conveniente calcinación del material caléreo.

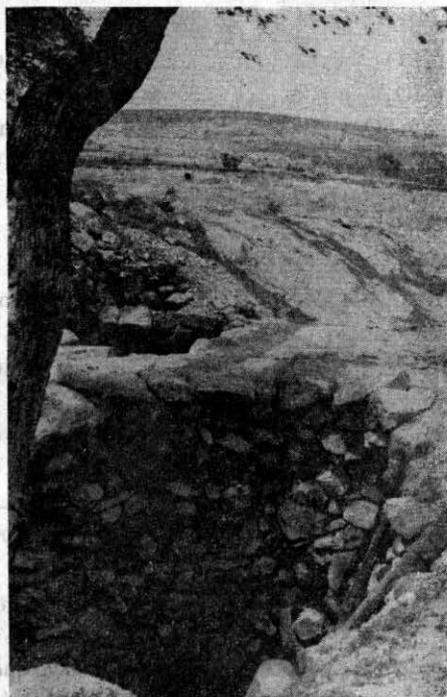
El análisis químico de este caliche produjo los siguientes resultados:

Agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) .....	0.31
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) .....	14.76
Sulfúrico ( $\text{SO}_3$ ) .....	no hay
Fosfórico ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) .....	0.19
Carbónico ( $\text{CO}_2$ ) .....	35.00
Alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) .....	3.10
Oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) .....	1.59
„ titánico ( $\text{TiO}_2$ ) .....	no hay
„ manganeso ( $\text{MnO}$ ) .....	0.02
„ cálcico ( $\text{CaO}$ ) .....	40.06
„ magnésico ( $\text{MgO}$ ) .....	3.15
„ potásico ( $\text{K}_2\text{O}$ ) .....	0.16
„ sódico ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) .....	0.67
	99.55

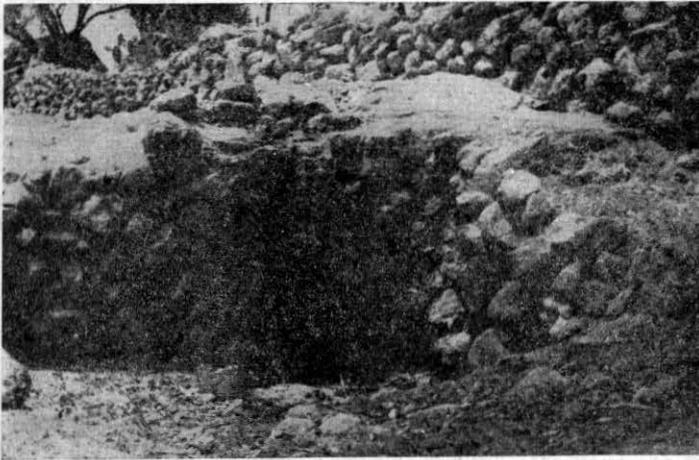
Como puede verse por el análisis que precede, el carbonato cálcico se halla en proporción cercana al 75.60%, cantidad que resulta sumando el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{CaO}$  y aun cuando haya que reducir la pequeña proporción de  $\text{CO}_2$  que se encuentra combinado con otros elementos, no por eso deja de ser bastante alentador el alto porcentaje de  $\text{CaCO}_3$  contenido en ese caliche.

Desde hace algún tiempo se hace en esta localidad la explotación del caliche a que se alude, realizándose al efecto su calcinación en pequeños hornos de forma circular y de construcción muy primitiva que no tienen más de 4 metros cúbicos de capacidad. (Fots. números 37 y 38.) Se apila el caliche en el horno hasta cubrirlo completamente y se calcina a temperaturas relativamente bajas, empleando como combustible ramas y hierbas secas. Se obtiene así una cal que si bien no es de buena calidad, debido principalmente a su alto contenido de arcilla, sí puede suplir a este producto en muchas de sus aplicaciones como material para construcción.

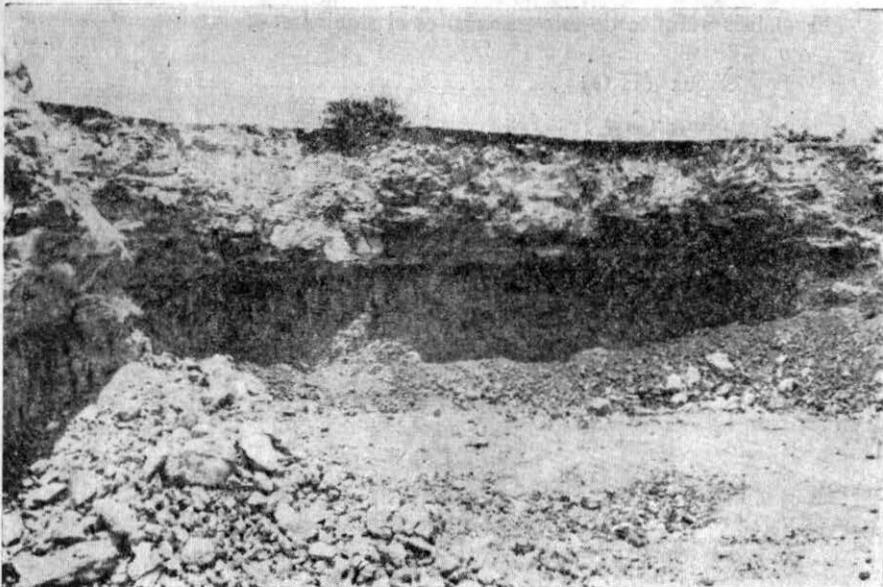
*Caliche de La Piedad.*—Cerca de La Piedad se halla un material calcáreo que difiere un poco del caliche típico, pero que también puede utilizarse para elaborar cal. Dicho material es una arena gruesa que contiene algunos fragmentos de roca y cantos rodados, con todo lo cual se forma una especie de conglomerado, en cuya cementación interviene principalmente el carbonato cálcico.



Fotografía número 37.—Horno para fabricar caliche en las cercanías de Jiquilpan.



Fotografía número 38.—Horno para calcinar caliche en las inmediaciones de Jiquilpan.



Fotografía número 39.—Capas de caliche en las inmediaciones de Jéruco.



Fotografía número 40.—Horno para fabricar cal en Jéruco.

El análisis químico de este material es el siguiente:

Agua ( $H_2O$ ) .....	2.62
Sílice ( $SiO_2$ ) .....	7.53
Sulfúrico ( $SO_3$ ) .....	huellas
Fosfórico ( $P_2O_5$ ) .....	0.05
Carbónico ( $CO_3$ ) .....	32.72
Alúmina ( $Al_2O_3$ ) .....	9.28
Oxido férrico ( $Fe_2O_3$ ) .....	3.51
„ titánico ( $TiO_2$ ) .....	0.20
„ manganeso ( $MnO$ ) .....	0.73
„ cálcico ( $CaO$ ) .....	39.51
„ magnésico ( $MgO$ ) .....	1.42
„ potásico ( $K_2O$ ) .....	0.49
„ sódico ( $Na_2O$ ) .....	1.79
	99.85

También este material es muy arcilloso, pues sumando la alúmina y la sílice que entran en la composición del silicato de alúmina hidratado que constituye a la arcilla, resulta un total de 16.81%. Además, los fragmentos detríticos no se alteran por la calcinación, resultando un óxido cálcico que puede llegar a ser hasta el 72.23% del material calcinado, pero que se hallará mezclado con elementos extraños que lo impurifican grandemente.

Sin embargo, dada la extrema escasez de cal de que se resiente en esta comarca, podría emplearse este producto para suplirla en aquellos casos en que no importe la presencia de los productos detríticos para su conveniente utilización, como es el caso en la elaboración de morteros en los que se hace necesario efectuar una mezcla de arena y cal.

*Caliche de Jéruco.*—Cerca del poblado de Jéruco, que se halla en las inmediaciones de Cuitzeo, se elabora la cal utilizando al efecto un caliche que se encuentra en los alrededores, donde a veces forma bancos de regular espesor. (Fot. Núm. 39.)

El análisis químico de este caliche produjo los siguientes resultados:

Agua (H <sub>2</sub> O) .....	2.98
Sílice (SiO <sub>2</sub> ) .....	8.31
Sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) .....	0.05
Fosfórico (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) .....	0.13
Carbónico (CO <sub>2</sub> ) .....	33.87
Alúmina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	6.49
Oxido férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	1.29
„ titánico (TiO <sub>2</sub> ) .....	0.11
„ manganeso (MnO) .....	0.02
„ cálcico (CaO) .....	42.90
„ magnésico (MgO) .....	1.06
„ potásico (K <sub>2</sub> O) .....	0.34
„ sódico (Na <sub>2</sub> ) .....	1.38
	98.93

Según el análisis transcrito, este caliche presenta un contenido de 76.77% de carbonato cálcico y una cantidad de arcilla que monta al 14.80%, por cuya razón no es posible obtener con este material una cal de buena clase. No obstante, como ocurre en los casos que se han mencionado antes, también con este caliche puede producirse un óxido cálcico utilizable como material para construcción, aun cuando sólo sea para emplearlo en aquellos casos en que no se requiera un producto de primera calidad.



Fotografía número 41.—Materiales travertinosos de La Calera.

Con este objeto se han construído cerca de Jéruco varios hornos muy semejantes en forma y capacidad a los de Jíquilpan (Fot. Núm. 40), y se obtiene en ellos toda la cal que se emplea en la mayor parte de las sencillas construcciones de la localidad.

En otros lugares de la zona estudiada se encuentran también formaciones calichosas que podrían explotarse en forma semejante a las citadas antes, pero sólo en las referidas localidades es donde se han aprovechado hasta ahora para la elaboración de cal.

*Travertino.*—Un material calcáreo que de explotarse sería de gran utilidad para la fabricación de cal, se halla en el paraje denominado La Calera situado al SE. y a corta distancia de Villa Hidalgo. Este lugar se caracteriza por la existencia de una vasta precipitación calcárea, de tipo travertino, en la que se han formado cavernas más o menos profundas provistas de estalactitas y estalacmitas.

Este material travertino procede de la precipitación en grande escala de soluciones calcáreas existentes en aguas termales que deben haberse manifestado en la región, en épocas pasadas, como resultado de fenómenos postvolcánicos. Al presente, se encuentra dicho material recubriendo las paredes internas de las citadas cavernas y también se halla en la parte exterior, donde forma una gran masa calcárea que abarca unos 1,200 metros cuadrados de superficie y más de 40 metros de espesor (Fot. Núm. 41).

Hecho el análisis químico del referido material, se encontró que en su composición entra el carbonato cálcico en cantidad preponderante, pues llega a ser hasta de 92.56%, en tanto que la arcilla sólo alcanza el 2.77%.

Los resultados completos del análisis aludido son los que se transcriben en seguida:

Agua (H <sub>2</sub> O) .....	0.58
Sílice (SiO <sub>2</sub> ) .....	1.89
Sulfúrico (SO <sub>3</sub> ) .....	no hay
Fosfórico (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) .....	huellas.
Carbónico (CO <sub>2</sub> ) .....	42.76
Alúmina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	0.88
Oxido férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	0.19
„ titánico (TiO <sub>2</sub> ) .....	no hay
„ manganeso (MnO) .....	0.01
„ cálcico (CaO) .....	49.80
„ magnésico (MgO) .....	3.03
„ potásico (K <sub>2</sub> O) .....	0.08
„ sódico (Na <sub>2</sub> O) .....	0.39
	99.61

Del análisis anterior se deduce que el material calcáreo de que se trata, es susceptible de producir una magnífica cal grasa, que bien puede estimarse entre los productos de primera calidad.

*Porvenir económico.*—Como ya se indicó en líneas anteriores, no es posible obtener una buena cal utilizando como materia prima caliches más o menos impuros, como los de Jiquilpan, La Piedad y Jéruco, razón ésta que no permite el establecimiento de una industria que se ocupara de explotar dichos materiales en escala mayor de lo que se hace al presente, sirviendo el producto que se obtiene en estos lugares tan sólo para suplir en parte al material calcáreo de superior calidad, que se importa de los Estados de Hidalgo y San Luis Potosí.

En lo que respecta al yacimiento de La Calera, las posibilidades de explotación presentan aspectos completamente diferentes, toda vez que en este lugar se dispone de una materia prima bastante pura, que puede producir mediante su calcinación,

una cal de primera clase. En tal virtud, conviene construir hornos de tipo continuo o semicontinuo, en los que se efectúe la calcinación del referido material calcáreo y, de ser posible, hacer las instalaciones necesarias para recuperar el  $\text{CO}_2$  que se genera simultáneamente con el óxido cálcico, al producirse la disociación del carbonato respectivo.

Es pertinente añadir que el yacimiento a que se alude cuenta además con la ventaja de encontrarse situado a menos de 500 metros de la carretera nacional México-Morelia, lo que facilita grandemente su explotación debido a las oportunidades que ofrece para transportar combustibles, maquinaria, etc., así como también hace posible la rápida distribución de los productos manufacturados.

#### CEMENTO

La carencia de rocas calizas en el N. de Michoacán no ha permitido el establecimiento de fábricas de cemento en esta parte del Estado, especialmente del cemento tipo Portland, que es el más usado en el país.

Este cemento es el producto que se obtiene calcinando hasta incipiente fusión, una mezcla artificial de algunos materiales que contienen compuestos de cal, sílice, alúmina y óxidos de hierro, en proporciones que no deben exceder ciertos límites. La masa semifundida resultante, llamada "clinker," se pulveriza muy finamente y queda terminada con esto la elaboración del cemento.

Las materias primas empleadas en la fabricación de este producto consisten, esencialmente, en calizas y arcillas. Para seleccionar correctamente estos materiales hay que tener presente que el contenido en carbonato cálcico total debe montar a una cantidad más o menos cercana al 75%. Los materiales aludidos no solamente deben tener una adecuada composición química sino que, además, es necesario que presenten características físicas convenientes.

Cuando las calizas contienen cantidades apreciables de magnesio, no deben emplearse en la fabricación del cemento, a menos que el contenido en óxido magnésico no exceda de 5 a 6%; también la sílice en forma de pedernal o de arena en granos más o menos gruesos, son impurezas que deben evitarse en tanto que los álcalis y sulfatos no deben exceder al 3%.

La arcilla seleccionada como materia prima para esta industria, si no es de naturaleza calcárea, no debe contener menos de 55% de sílice, ni exceder un 70% esta substancia; en cuanto a la alúmina y al fierro ( $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) deberán hallarse en proporción de 1:3, con relación a la sílice. Las arcillas que contienen una alta proporción de alúmina no son convenientes para la elaboración de cemento

Portland, porque al mismo tiempo que elevan la temperatura de vitrificación del "clinker," hacen más rápido el fraguado del cemento obtenido.

Según estos datos y de acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis de los materiales calcáreos que se describieron antes, resulta que los caliches de Jiquilpan y los de Jéruco, pueden ser de utilidad para emplearlos en la fabricación del cemento Portland. Empero, hay que recordar que, aunque estos materiales se encuentran en esos lugares en cantidades relativamente grandes, no son suficientes, sin embargo, para sostener una industria en escala tan grande como tendría que ser la del cemento. Para esto sería necesario utilizar el material travertinoso de La Calera, lo que no es de aconsejarse, dado que ese yacimiento presenta mayores expectativas aprovechándolo para la fabricación de cal, debido a su alto contenido en carbonato cálcico.

### CONCLUSIONES DE UTILIDAD PRACTICA

Resumiendo las ideas expuestas en este capítulo, se puede llegar a las siguientes conclusiones de utilidad práctica:

1ª Entre las diversas rocas que entran en la constitución geológica de la porción septentrional del Estado de Michoacán, pueden aprovecharse como materiales para construcción los basaltos y las andesitas, así como algunas tobas, siendo de recomendarse especialmente la explotación de las andesitas del cerro de La Cantera y las tobas del cerrito de Cotijarán y alrededores de Huandacareo.

2ª En la región de Tancitaro existen depósitos de arenas volcánicas de color oscuro, que se utilizan como material para construcciones, pero previendo su posible agotamiento, dada la intensidad con que se ha llevado su explotación, se aconseja el aprovechamiento de los yacimientos que se localizan entre Huaracha y San Angel, en los que se hallan materiales semejantes, en cantidades explotables industrialmente.

3ª En la proximidad de la mayor parte de las poblaciones que se hallan dentro del perímetro de la zona estudiada se fabrican adobes, ladrillos, tejas y otros materiales empleados en las construcciones, pero hasta ahora no se ha utilizado ninguna maquinaria para lograr este objeto, recomendándose su empleo para obtener mayor y mejor producción de todos estos materiales y algunos otros que no se fabrican en el Estado por requerir sistemas mecánicos para su elaboración.

4ª Los materiales travertinosos que se hallan en el paraje de La Calera, son susceptibles de explotación, pudiendo producir, mediante su calcinación, una cal

grasa de magnífica calidad, ya que los análisis químicos de estos materiales acusan un contenido de 92.56% de carbonato cálcico.

También los caliches de Jiquilpan, La Piedad y Jéruco pueden producir cal, pero el producto obtenible de ellos será de clase inferior, debido a que contienen cantidades relativamente altas de arcilla, en tanto que el carbonato cálcico se halla en proporción que sólo alcanza el 75.60, 72.23 y 76.77%, respectivamente.

5ª Los caliches de Jiquilpan y de Jéruco son utilizables en la fabricación de cemento Portland, pero dadas las dimensiones reducidas de los yacimientos respectivos, no podrán sostener una industria que trabaje en grande escala. Para este mismo fin puede emplearse el travertino de La Calera, pero no se aconseja esta aplicación para este material por considerarse que la fabricación de cal presenta en este yacimiento, expectativas más prometedoras.