

INSTITUTO DE GEOLOGÍA
Ciudad Universitaria
México 20, D. F.
MÉXICO



BIBLIOTECA

- 5 AGO 2013

Don Miguel M. Malpica E.

N-C-102

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
INSTITUTO DE GEOLOGIA



-5 AGO 2013

BOLETIN NUMERO 90

**ESPELEOLOGIA DE LA REGION
DE CACAHUAMILPA, GRO.**

POR
F. BONET

BIBLIOTECA PARTICULAR
ING. VICTOR M. MALPICA C.



MEXICO, D. F.
1971

CONTENIDO

INTRODUCCION	1
Antecedentes	1
Agradecimientos	2
I. Bosquejo geológico del valle de Ixtapan	5
Datos generales	5
Delimitación	5
Comunicaciones	5
Clima y vegetación	6
Fisiografía	7
Estratigrafía	8
División	8
Precámbrico	9
Mesozoico	10
Cenozoico	16
Geología histórica	18
Bibliografía geológica de la región	20
II. Espeleología de la región de Cacahuamilpa	23
Espeleología descriptiva	23
Sistema del cerro de La Estrella	23
Sistema del cerro de Acuitlapán o del Tepozonal	26
Sistema de Cacahuamilpa	26
Espeleogénesis	32
Teorías basadas en la acción de las aguas de infiltración	32
Teorías basadas en la acción de las aguas vadasas	35
Teorías basadas en la acción de las aguas freáticas	37
Análisis crítico de la hipótesis de Bretz sobre el origen de las cuevas de la región de Cacahuamilpa	39
Conclusiones	41
Bibliografía sobre el origen de las cavernas	44
III. Descripción de las cuevas	47
Enumeración general	47
Cueva de Coatepec Harinas	50
Gruta de La Estrella	52
Cueva del Suanche	57
Cueva de La Mariposa	59
Gruta de Cacahuamilpa	61
Gruta de Carlos Pacheco	71
Cueva de Agua Brava	74
Gruta de Acuitlapán	75
Cueva del Diablo	79
Bibliografía sobre las cuevas de la región	81
Apéndice. Itinerario geológico de Tenancingo a la Gruta de La Estrella, Gruta de Cacahuamilpa y Gruta de Acuitlapán	89

ILUSTRACIONES

Cuadros	entre
1 Estratigrafía del valle de Ixtapan	10-11
2 Equivalencia de las terminologías de Muelleried (1944) y Fries (1966)	16-17
Mapas	entre
1 Mapa índice	6-7
2 Fisiografía del valle de Ixtapan	8-9
3 Itinerario estratigráfico desde Tenancingo a Acuitlapán	12-13
4 Sistema de La Estrella	24-25
5 Sistemas de Cacahuamilpa y Acuitlapán	26-27
6 Alrededores de Cacahuamilpa	28-29
7 Cueva de Coatepec	50-51
8 Cueva de La Estrella	52-53
9 Cueva del Suanche	58-59
10 Cueva de la Mariposa	59-60
11 Cueva de la Culebra	48-49
12 Gruta de Cacahuamilpa	62-63
13 Gruta de Carlos Pacheco	72-73
14 Cueva de Agua Brava	74-75
15 Gruta de Acuitlapán	76-77
16 Cueva del Diablo	78-79
Láminas	
1 Gruta de La Estrella. a) Vestíbulo de entrada, b) Puente	101
2 Gruta de La Estrella. a) Salón J del piso superior, b) Represa a la salida del curso subterráneo del arroyo El Zapote	105
3 Cueva de La Estrella. Salida del curso subterráneo del arroyo El Zapote	105
4 Cueva del Suanche. a) Entrada, Cueva de la Mariposa, b) Salón	107
5 Gruta de Cacahuamilpa. a) Entrada, b) Pórtico	109
6 Gruta de Cacahuamilpa. a) Torre China, b) Salón de las Fuentes	111
7 Gruta de Cacahuamilpa. a) Salón de las Fuentes, b) Las Canastas	113
8 Gruta de Cacahuamilpa. a) Los Tronos, b) Portada de los Querubines	115
9 Gruta de Cacahuamilpa. a) Portada de los Querubines, vista posterior, b) El Panteón; fuente monumental	117
10 Gruta de Cacahuamilpa. a) El Panteón, b) Plaza de Armas	119
11 Gruta de Cacahuamilpa. a) Plaza de Armas; continuación de el Mantón de Manila, b) Estalagmita gigante	121
12 Gruta de Cacahuamilpa. a) El Mantón de Manila, b) El Oso y el Elefante	123
13 Gruta de Cacahuamilpa. a) Los Cirios, b) El Dante	125
14 Gruta de Cacahuamilpa. a) Puerto del Aire, b) Los Palmares	127
15 Gruta de Cacahuamilpa, Torres de los Palmares, a) Botella de Champagne, b) Arbol del Tule y Cataratas del Niágara	129
16 Gruta de Cacahuamilpa. a) Torres de los Palmares; Cataratas del Niágara, b) Paletas	131
17 Gruta de Cacahuamilpa. a) Las Canastillas (Coliflores), b) Pórtico de La Gloria	133
18 Gruta de Cacahuamilpa, La Gloria	135
19 Gruta de Cacahuamilpa. a) Salón de la Emperatriz, b) Gruta de Carlos Pacheco; dolina de entrada	137
20 Gruta de Carlos Pacheco, a) Talud de entrada, Curso subterráneo del río San Jerónimo, b) Púlpito	139

21 Curso subterráneo del río San Jerónimo, a) Fuente monumental, Curso subterráneo del río Chontalcoatlán, b) Fuente monumental	141
22 Dos Bocas, Dos aspectos de la resurgencia del río San Jerónimo desde el interior	143
23 Dos Bocas, a) Resurgencia del río San Jerónimo desde el exterior, b) Resurgencia del río Chontalcoatlán	145
24 Curso subterráneo del río Chontalcoatlán, "Resuello" del río, a) Colada estalagmítica de acceso, b) Lecho del río	147
25 Cueva de Agua Brava, a) Entrada, Gruta de Pilares, b) Entrada	149
26 Gruta de Acuitlapán, Dos aspectos	151

ESPELEOLOGIA DE LA REGION DE CACAHUAMILPA

POR

F. BONET

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objetivo general el reconocimiento de la geología regional del Valle de Ixtapan, situado en el borde septentrional de la depresión del Balsas y al sur del Nevado de Toluca; este imponente volcán forma parte del "Sistema Volcánico Transversal" que separa la Meseta Central de la depresión del Balsas.

El objetivo específico lo constituyen los fenómenos de erosión cárstica en los cerros calcáreos que forman el borde SE del Valle de Ixtapan y las calizas que forman el cerro de La Estrella situado en el centro del mismo y, en especial, las célebres grutas de Cacahuamilpa, de Carlos Pacheco, de la Estrella y Acuitlapán, así como la salida de los cursos subterráneos de los ríos Chontalcoatlán y San Jerónimo.

ANTECEDENTES

Existen varios estudios geológico-mineros referentes a los minerales de Tasco, Zacualpan, Sultepec y otros, desde el trabajo de Humboldt (1823), hasta los publicados durante el transcurso del siglo pasado y principios del presente, pero sólo interesan de una manera indirecta para el objeto de las presentes investigaciones; como ejemplo, pueden mencionarse el de J. Campa, sobre el distrito minero de Tasco (1932), y el de T. Flores, sobre los distritos de El Oro y Tlalpujahuá (1920); del mismo tipo, pero mucho más reciente y con datos de más valor estratigráfico, es el de Fowler, Herson y Stone (1948), sobre el distrito de Tasco.

Como obras más netamente geológicas, pero que en realidad se refieren a regiones vecinas, cabe citar la de Guzmán (1950) sobre la zona de NE de Gue

rrero; especialmente son de gran utilidad los estudios de Fries, sobre la geología del Estado de Morelos, publicados como Libretos-Guía de las Excursiones del 29º Congreso Geológico Internacional A 4 y C 2, A 9 y C 12 y C 9 (Fries, 1956) y en especial la monografía del mismo autor sobre el mismo tema (Fries, 1960).

Hay dos trabajos importantes que se refieren específicamente a la zona objeto de estudio: el de Müllerried (1944), titulado Geología, Estratigrafía y Paleontología de la región de Cacahuamilpa (México), y un corto estudio, pero muy interesante desde el punto de vista que nos ocupa, titulado Cavern-Making in a Part of the Mexican Plateau, de J. H. Bretz (1955). También hay que mencionar el Libreto-Guía de la excursión espeológica a la región de Cacahuamilpa celebrada con ocasión del 29º Congreso Geológico Internacional (Bonet 1956).

El presente trabajo es un resumen de las observaciones realizadas por el autor en trabajos de campo efectuados esporádicamente desde 1939 a la fecha.

AGRADECIMIENTOS

Debe indicarse el reconocimiento por la ayuda recibida de distintas personas e instituciones, que hicieron posible este trabajo, en primer lugar, el Instituto de Geología, en las personas de sus anteriores Directores el Ing. T. Flores ya fallecido, el Ing. Guillermo P. Salas, y el actual Ing. Diego A. Córdoba quienes proporcionaron recursos materiales para la ejecución de los trabajos. La Gerencia de Exploración de Petróleos Mexicanos, colaboró en las tareas topográficas previas proporcionando el servicio de un odógrafo manejado por el Sr. Francisco Pier de dicha Gerencia, quien actuó con gran empeño y eficiencia en la ejecución del levantamiento odográfico de la zona.

Varias personas participaron en las exploraciones de las cavernas, entre ellas los señores G. Halfiter, M. Trejo, A. Becerra, y las señoras N. Benveniste de Velásquez y C. Téllez de Alvarez.

Se debe también preciosa información sobre la estratigrafía y tectónica de la zona, al finado Dr. C. Fries, Jr., a quien se expresa aquí, de manera especial, el agradecimiento a que el autor se ha hecho deudor, entre otras cosas, por las sugerencias e ideas expresadas en las amistosas discusiones surgidas durante la elaboración del texto preliminar si bien debo reclamar la responsabilidad de todo lo expuesto en este trabajo, entre otras cosas, porque la redacción del boceto geológico es posterior al fallecimiento de tan excelente conocedor de la Geología de México.

Mención muy particular merecen los fundadores del Grupo Espeleológico Mexicano (GEM) y en especial el Sr. Jorge de Urquijo Tovar y su esposa la señora Alejandrina Pérez de Urquijo, así como a los señores Alberto Linaje y Cuauhtémoc Luna, quienes infatigablemente se han dedicado en los últimos diez años a la exploración de las cavernas de México, entre otras las de los Estados de Morelos y Guerrero. A ellos se debe por ejemplo la exploración de

numerosas simas utilizando equipo pesado. Estos espeleólogos tuvieron la amabilidad de comunicar para este trabajo los levantamientos de las galerías profundas de las grutas de La Estrella, Acuitlapán y Suanche, así como otros datos que se acreditarán debidamente en los lugares correspondientes. Gracias a ellos han podido ser completadas las descripciones y planos de grutas que de otra manera hubieran quedado truncos.

Por último, quiero expresar mi homenaje y agradecimiento al Dr. Cándido Bolívar, quien me inició en el estudio de las cavernas y con quien tantas expediciones espeológicas tuve la fortuna de compartir, tanto en el Antiguo Continente, como en México; entre otras, la que hace más de treinta años inició el desarrollo del presente trabajo, precisamente en las Grutas de Cacahuamilpa.

I. BOSQUEJO GEOLOGICO DEL VALLE DE IXTAPAN

DATOS GENERALES

Delimitación del área estudiada. La "Cadena Volcánica Transversal", de dirección predominante E-W, separa la Meseta Central al N de la depresión del Balsas al S; de ella parten en dirección meridional, alineaciones montañosas, que al quedar cortadas por otras, con arrumbamientos predominantemente E-W, originan una compartimentación de la gran depresión del Balsas.

Una de estas subcuencas (Mapa 2) presenta la peculiaridad de que todo su desagüe es subterráneo. Sin constituir en realidad una cuenca endorréica, los escurrimientos superficiales se reúnen en varios ríos, que afluyen a dos más importantes, los que traspasan los límites de la subcuenca, por sendos cauces subterráneos. Se trata del área comprendida entre el macizo del Nevado de Toluca al N, la serranía de Tasco al S, y limitada, a oriente y poniente, por dos alineaciones montañosas que corren aproximadamente, en dirección de los meridianos. Como hacia el centro de la zona está situado el pueblo de Ixtapan de la Sal, parece lógico denominar a toda ella Valle de Ixtapan, y así se hará en el presente trabajo.

Como las calizas sólo afloran en la mitad meridional del valle y son los fenómenos cársticos que en ella se desarrollan el objetivo fundamental de este trabajo, se dedicará atención preferente a esta parte, es decir, al área que abarca desde Ixtapan hacia el sur, comprendiendo los poblados de Tonalico, Piedras Negras y Chontalcoatlán, situados dentro del valle, así como los dos vertientes de las montañas calcáreas que limitan hacia el oriente la porción meridional del mismo. Es aquí, en efecto, donde los ríos Chontalcoatlán y San Jerónimo, fraguaron sus respectivos cursos subterráneos, para salir del valle, y donde se abre además, la gran gruta de Cacahuamilpa, así como las menos conocidas de Carlos Pacheco y de Acuitlapán.

Comunicaciones. En la actualidad, son bastante buenas (Mapa 1); la antigua carretera asfaltada, se separa de la Carretera México-Acapulco, en

Alpuyeca, Mor. (Km. 100) y conduce, directamente, a la gruta de Cacahuamilpa; tiene un desarrollo de 49 kilómetros, es decir, 149 en total a contar desde la ciudad de México. Otra, mucho más reciente, también asfaltada, se separa en Toluca de la carretera México-Guadalajara y, atravesando el borde de la meseta al E del Nevado de Toluca, penetra por Tenancingo al valle de Ixtapan, para recorrerlo por completo, de norte a sur, constituyendo su principal arteria de comunicación; sale del valle y continúa hasta el kilómetro 138 de la carretera México-Acapulco por Tasco.

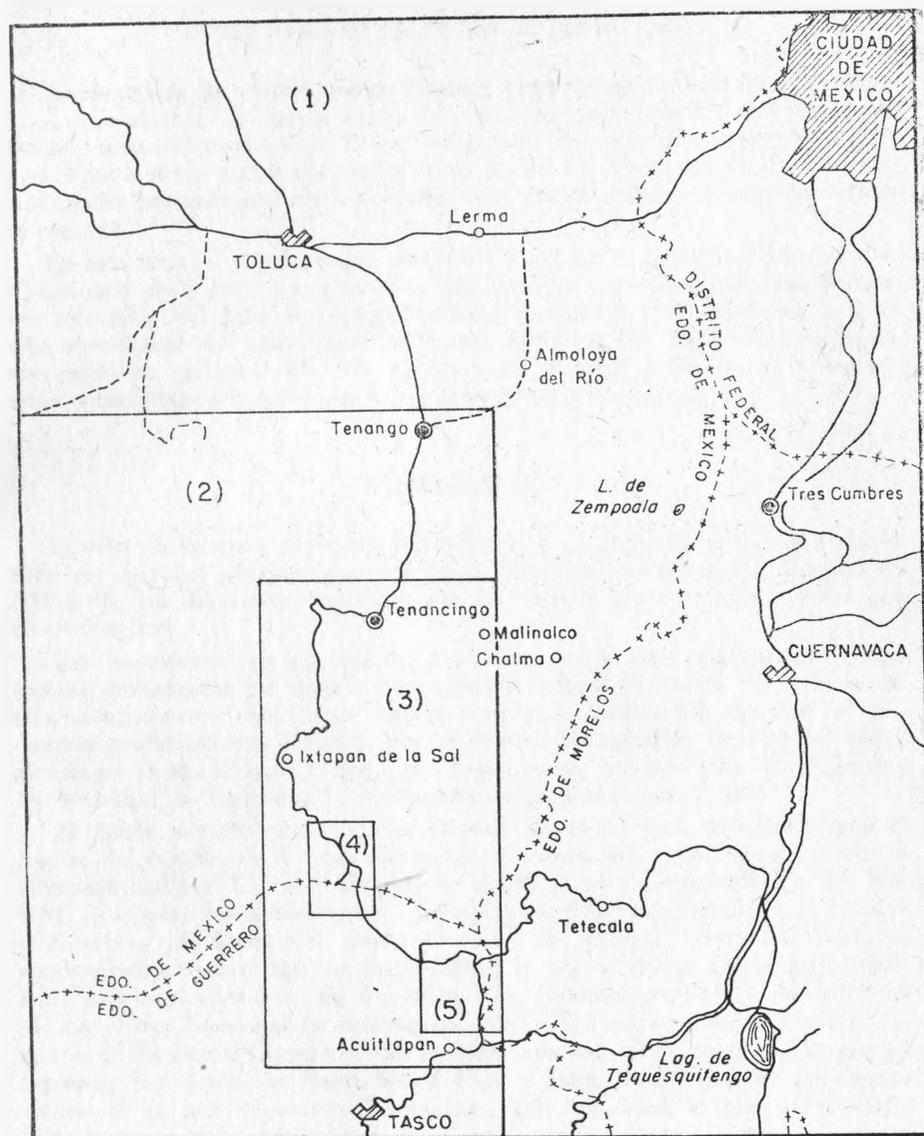
De ella, parten muchos otros caminos que la comunican con casi todos los pueblos del valle, pero que, por regla general, sólo pueden transitarse con vehículos de motor en época de secas (Mapa 3); entre otros, se cuenta el camino de Tenancingo a Zumpahuacán y San Gaspar, el de San Francisco a Totolmajac y Coatepec Harinas, el de Llanos de la Unión a Totolmajac, el de Ixtapan a Coatepec Harinas (asfaltado), con un ramal a Llano Grande. El antiguo camino minero de Almoloya de Alquisiras-Zacualpan-Tasco, que bordea el límite W del valle y que, en gran parte, va próximo a la línea de cumbres, solo es transitable para vehículos con doble tracción.

Otro camino, no asfaltado, penetra al valle por el S (Km 144 de la carretera México-Acapulco, por Tasco), pasando por Coapango, Chontalcoatlán y Teptipac.

Clima y vegetación.—Como consecuencia de las grandes diferencias de altitud entre las diversas porciones del valle, el clima y la vegetación varían considerablemente. En su porción más septentrional, el Nevado de Toluca, con sus 4 558 metros de altitud, alcanza la zona de la tundra alpina, con nieves casi permanentes y matorral bajo y abierto; toda la falda meridional de este macizo, está cubierta por bosques de pinos hasta bastante al S de la línea Coatepec Harinas-Villa Guerrero-Tenancingo, donde los contrafuertes montañosos del Nevado, mantienen altitudes entre los 2 600 y 2 000 metros sobre el nivel del mar. Aquí abunda el agua derivada de las nieves y lluvias que caen sobre el volcán; el clima es templado y relativamente húmedo (Tenancingo, a los 2 022 metros de altitud, tiene una temperatura media de 16° y una precipitación de unos 1 200 mm); gran parte de la vegetación original, ha sido alterada por cultivos principalmente de árboles frutales.

Hacia el S, la disminución de altitud del valle, es más regular y menos pronunciada; aumenta, correspondientemente, la temperatura y disminuyen algo las precipitaciones; así, en Ixtapan (1 870 m) y Tonatico (1 655 m), la vegetación se hace mucho más escasa y de poco monto; las llanuras están cubiertas por una pradera muy rala y baja, compuesta por hierbas, con escasos arbustos.

Desde aquí hacia el S, el nivel general del terreno sigue descendiendo hasta llegar a los 1 000 metros de altitud cerca de la gruta de Cacahuamilpa. La vegetación resulta bien diferente, pues está constituida por un bosque tropical de tipo monzónico, el "cuajitotal", llamado así porque sus árboles dominantes son los cuajotes (*Bursera* sp.) de la familia Burseráceas. Es un bosque de poco monto (unos 3-4 m en promedio), de estrato arbóreo abierto, pero el estrato arbustivo está muy desarrollado, con abundantes lianas y epifitas. En la época



MAPA INDICE

de lluvias, todas las plantas tienen hojas y presenta un aspecto bastante frondoso, pero durante la mayor parte del año (noviembre-abril), casi todos los árboles están desprovistos de hojas por escasez de humedad (tropoxerofitia), y el aspecto es de acentuada aridez. Uno de los árboles dominantes (*Pseudomodogium perniciosum*) tiene un latex fuertemente cáustico y conviene evitar su contacto.

En esta zona, el cuajiotal está confinado a los cerros calcáreos, pues su distribución se debe más bien a factores edáficos que a causas climáticas. Resulta por esto muy útil para las determinaciones geológicas a distancia en la porción meridional del valle, pues los cerros cubiertos por matorral (cuajiotal) son calcáreos, mientras que los cubiertos por hierbas gramíneas (zacates) están constituidos por filitas, lutitas u otras rocas no calcáreas.

FISIOGRAFIA

El valle de Ixtapan, cuya mitad meridional es el área objeto de este trabajo, tiene un contorno aproximadamente rectangular, con su eje mayor dirigido de NW a SE; sus dimensiones aproximadas son unos 40 kilómetros de anchura por 60 de longitud.

Está enmarcado por alineaciones montañosas cuya línea divisoria no queda cortada actualmente por ningún curso fluvial epigeo. El centro del valle es un área relativamente llana, pero con una marcada inclinación del NW al SE, estando profundamente disecada por el sistema hidrográfico interior del valle; en ella se elevan algunos cerros poco prominentes, que merecen el calificativo de "mendips" o "huérfanos", en el sentido preconizado por C. Hill.

El borde septentrional, el más elevado de todos, está delimitado por el macizo del Nevado de Toluca, que ocupa el ángulo NE y por sus estribaciones alineadas hacia el W, como las Sierras del Hospital y Temascaltepec. De NW a SE se alinean las elevaciones de Sultepec, La Culebra, Zacualpan (Coronas) y Nostepec, que forman el borde occidental del valle. La sierra de Tenerías, continuándose con el macizo del Huizteco, forma el borde meridional. Desde aquí, sale otra alineación en dirección S-N, formada por los cerros calcáreos del Caballete, Tepozonal (o Acuitlapán), de la Corona (o Cerro Grande), Temasol, de El Jumil, Gigante y San Gaspar; aún más al N, se continúa por los cerros de San Jerónimo, Santa María Pipil y Santa Ana y por fin, las elevaciones de los alrededores de Tenancingo, que completan el marco orográfico al enlazar con el Nevado.

La topografía preterciaria del centro del valle está, casi completamente cubierta por conglomerados paleógenos y una espesa capa de volcánicos y clásticos continentales plio-pleistocénicos, a través de los que emergen algunos pequeños cerros constituidos por rocas más antiguas, entre ellos el cerro de La Estrella, formado por calizas y lutitas cretácicas.

Así pues, el objetivo específico de este trabajo, fundamentalmente espeleológico, lo constituyen el mencionado cerro de La Estrella, junto con las monta-

ñas calcáreas que forman el límite meridional de la subcuenca; todos ellos muestran la topografía de solución, propia del tipo de erosión cárstica.

La red fluvial interior, está formada por un conjunto de corrientes recogidas por dos ríos principales, el río San Jerónimo, de dirección N-S, cuyo curso discurre próximo al borde oriental de la subcuenca y el río Chontalcoatlán, en el que se reúnen corrientes subsidiarias, de dirección NW-SE y W-E.

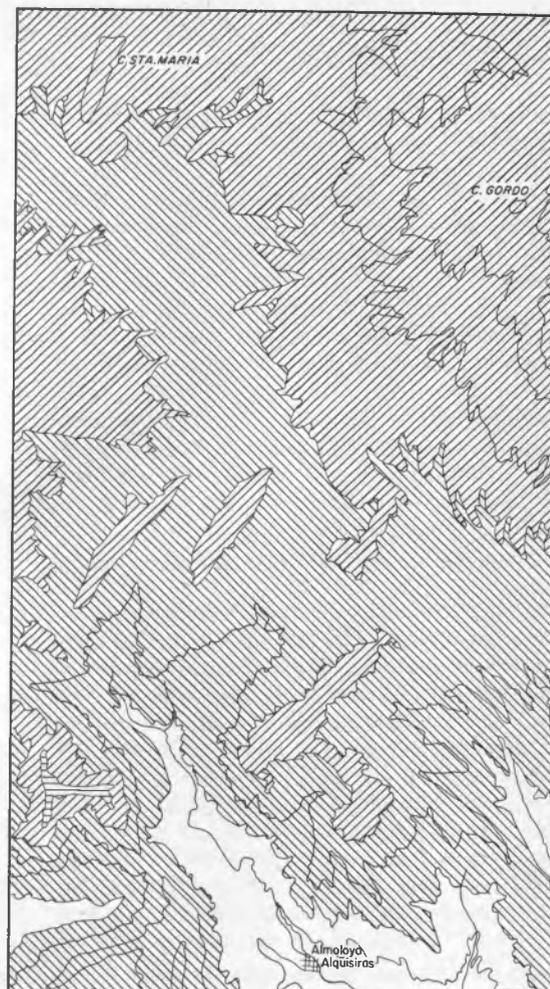
El río San Jerónimo, se forma por la confluencia de varios arroyuelos que bajan de las estribaciones del Nevado de Toluca, entre ellos, los ríos Trinidad, de Tenancingo, de El Salto, Santa Ana, Santa María e Ixtlaltongo; aguas abajo recibe su único afluente por la derecha, el río Calderón, formado entre otros por los ríos Tintojo y Malinalquito y que recibe, por su derecha, al río Nenetzingo y al arroyo San Diego. El río San Jerónimo no recibe otros afluentes por su izquierda, que el río Verde, puesto que su curso corre casi al pie de las montañas que forman el límite de la subcuenca.

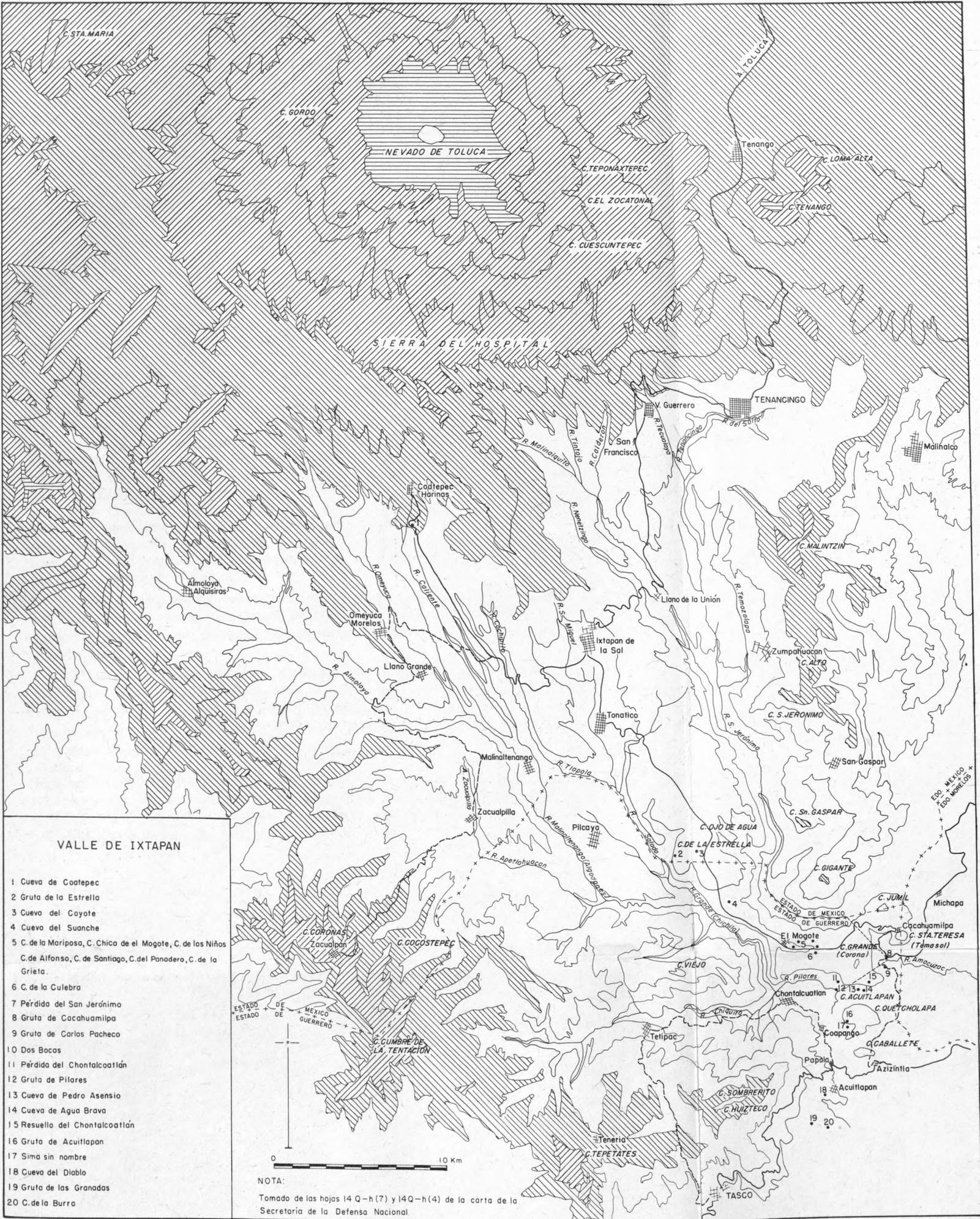
La red correspondiente al río Chontalcoatlán es más extensa; cerca de Ixtapan pasa el río Salado, que recibe las aguas salobres de Ixtapan y Tonatico; dirigiéndose al S, paralelo muy próximo al río San Jerónimo; recibe, por la izquierda, al arroyo El Zapote, cuyo cauce subterráneo atraviesa el cerro de La Estrella; más al S, se une con el río Malinaltenango, formado por la unión del río Cochípila y Tlapala, del río Grande y del río Almoloya que, junto con su afluente, el Apetlahuacán, reúne todos los escurrimientos que provienen de la porción NW del valle y, con el nombre de Salado o Grande, se une con el río Chiquito, que viene de Nostepec y Tetipac, en dirección W-E para formar ambos, el río Chontalcoatlán. Así pues, todas las corrientes de la subcuenca forman una red dendrítica que, desde el N, NW y W, convergen a modo de abanico, hacia el ángulo sudoriental del valle, donde se sumen formando dos emisarios subterráneos.

En efecto, el río Chontalcoatlán, que después de pasar por el pueblo de su nombre lo cambia por el de río de los Pilares, inicia su curso hipogeo y atraviesa el cerro de La Corona, saliendo de la subcuenca por la resurgencia llamada Dos Bocas. Análogamente, el río San Jerónimo atraviesa el mismo cerro, por un curso subterráneo distinto, que va a resurgir también en Dos Bocas, a pocos metros de la salida del río Chontalcoatlán; ambos se reúnen, fuera del Valle de Ixtapan, para formar el río Amacuzac, uno de los principales tributarios del río Balsas o Mezcala que, a su vez, desemboca en el Océano Pacífico.

ESTRATIGRAFIA

División. La estratigrafía de la región dista mucho de estar satisfactoriamente conocida; incluso en la parte más meridional, comprendida marginalmente en el trabajo de Fries, hay muchos problemas por resolver y no solo en cuestiones de detalle, sino incluso en la definición y edad de las unidades litoestratigráficas fundamentales. Esto es aplicable asimismo a las áreas de Morelos y norte de Guerrero situadas fuera del valle de Ixtapan.





VALLE DE IXTAPAN

- 1 Cueva de Coatepec
- 2 Gruta de la Estrella
- 3 Cueva del Coyote
- 4 Cueva del Suanche
- 5 C. de la Mariposa, C. Chica de el Mogote, C. de los Niños
C. de Alfonso, C. de Santiago, C. del Panadero, C. de la Grieta.
- 6 C. de la Culebra
- 7 Pérdida del San Jerónimo
- 8 Gruta de Cacahuamilpa
- 9 Gruta de Carlos Pacheco
- 10 Dos Bocas
- 11 Pérdida del Chontalcoatlán
- 12 Gruta de Pilares
- 13 Cueva de Pedro Asensio
- 14 Cueva de Agua Brava
- 15 Resuello del Chontalcoatlán
- 16 Gruta de Acuitlapan
- 17 Sima sin nombre
- 18 Cueva del Diablo
- 19 Gruta de las Granadas
- 20 C. de la Burra

NOTA:

Tomado de las hojas I4 Q-h(7) y I4 Q-h(4) de la carta de la Secretaría de la Defensa Nacional.

En el esbozo estratigráfico que se expone a continuación, esquematizado en el cuadro 1, se ha tomado como base la división expuesta por Fries en su memoria de 1960; trabajos de campo posteriores del propio autor, algunos de ellos publicados postumamente por De Cserna junto con sus propias observaciones, han modificado algunas de las conclusiones anteriores. Estos nuevos puntos de vista, junto con resultados inéditos de trabajos micropaleontológicos de Bonet, sobre muestras obtenidas por Fries y colaboradores, han sido incorporados en la siguiente discusión. También se han modificado ligeramente algunos de los términos empleados por Fries para ponerlos de acuerdo con el Código de Nomenclatura Estratigráfica, pero también a este respecto queda mucho por hacer; algunas de las unidades litoestratigráficas de Fries carecen de localidad típica, secciones típicas, etc. No creemos que sea esta la ocasión de cumplimentar estas formalidades ya que el escaso grado de control paleontológico y la falta de trabajos de campo semidetallados, cuando menos en áreas críticas, arroja dudas sobre la significación de una parte de las unidades propuestas.

Por estas razones toda prudencia es poca al tratar de correlacionarlas con las utilizadas en otras regiones de México.

Precámbrico. Las rocas más antiguas de la región, afloran en los macizos que bordean el valle por el S y W, es decir, en la sierra de Tasco (Huitzucó) y en la serranía arrumbada al NW, que se desprende de la anterior y llega hasta el NW de Almoloya de Alquisiras, constituyendo el límite occidental del Valle. Fueron incluidas en los *Esquistos Tasco* atribuidos por Fries (1956, 1960), al Paleozoico Superior, aunque sin base paleontológica, pero su edad es muy incierta; De Cserna (1965) los incluye con duda en el Triásico, indicando que este era también el punto de vista de Fries en esa época; posteriormente, el mismo De Cserna en comunicación personal, me indicó que hay una determinación geocronométrica basada en concentrados de zircón de los Esquistos Tasco que arroja una edad precámbrica. Lo cierto es que se está ante un complejo litológico-estratigráfico que, por el momento, es imposible descifrar por falta de datos precisos de todo orden.

Se trata de una potente sucesión de esquistos de clorita y esquistos sericíticos, que muestran un metamorfismo de bajo grado; están abundantemente intrusionados por cuerpos de rocas ígneas básicas y fueron afectados por fuertes plegamientos.

Afloran en los alrededores de la ciudad de su nombre y al E de Tasco Viejo. Posiblemente forman el basamento del valle de Ixtapan, pero en todo caso estarían cubiertos por rocas más modernas, de modo que no se conocen afloramientos; no obstante, es posible que mediante un estudio detallado de las profundas barrancas talladas por los ríos Malinaltenango y Tlapala, al W de Tonatico, así como del antiguo camino entre este pueblo y Coaxuco y en los cerros cercanos a Ixtapan puedan encontrarse pequeños afloramientos debajo de la roca efusiva verde, de la que se trata a continuación. También afloran en extensión no determinada en la serie de cerros que limitan por el W el valle de Ixtapan (Tenería, Zacualpan, Almoloya, etc.).

Mesozoico. En el área de afloramiento de los esquistos y sobrepuestos en discordancia con ellos, hay abundantes residuos de erosión de tobas y brechas cementadas por calcita, intercaladas con rocas efusivas; son casi todas andesíticas y ligeramente metamorizadas, de color verdoso. Fries les dio el nombre de "Roca Verde Tasco Viejo", designando localidad típica al E de dicho pueblo. Aflora, también, en la parte profunda de las barrancas, bajo depósitos clásticos más modernos, especialmente en las de Malinaltenango y Tlapala y al W de Tonicato. En los cerros cercanos a Ixtapan, hay varios afloramientos, algunos de los cuales, se mencionan en el itinerario (págs. 91 y 92). La edad tentativa de estas rocas volcánicas antiguas, según Fries (1956), es del Triásico Superior, basada exclusivamente en su posición estratigráfica y correlaciones litológicas ambas de un alto grado de imprecisión, especialmente en este caso.

No se conocen rocas atribuibles al Jurásico en la región estudiada. Las rocas cretácicas fueron agrupadas por Fries en las formaciones Acuitlapán (Neocomiano-Aptiano?), Xochicalco (Aptiano), Morelos (Albiano), Cuautla (Turoniano) y Mezcala (Senoniano).

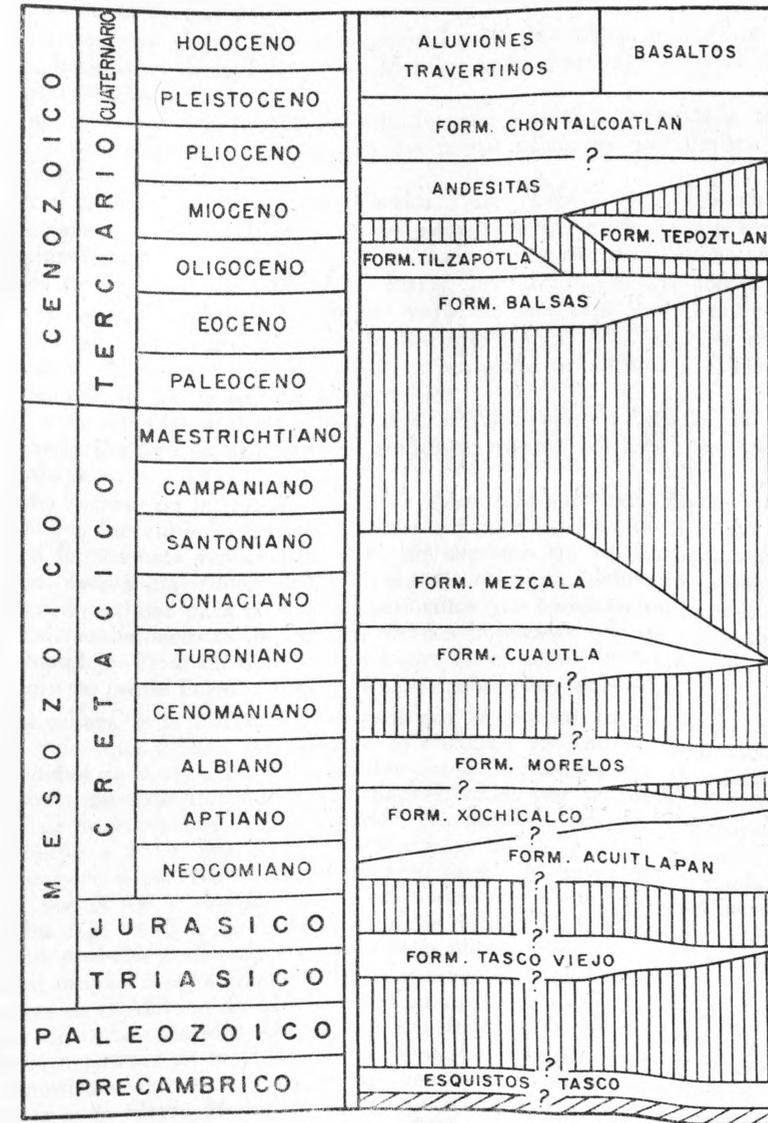
De la *Formación Acuitlapán* (Fries, 1956) sólo se conocen escasos afloramientos; tienen su localidad típica en la ladera suboccidental del cerro de Acuitlapán (véase itinerario, p. 97), situado al NE del pueblo del mismo nombre. Consiste en filitas calcáreas pizarrosas, interstratificadas con escasas calizas, todo ello en capas delgadas y fuertemente recristalizadas, de color gris oscuro, a veces casi negro.

No se conoce nada de fauna; su autor le atribuye una edad neocomiana, basándose en su posición estratigráfica que ciertamente es muy poco precisa; según él estarían cubiertas en su localidad típica por calizas de la Formación Xochicalco (Aptiano). En realidad estas últimas calizas tienen fauna albiana según he podido comprobar recientemente y corresponderían a la Formación Morelos en facies pelágica. Por esto es creíble la reciente hipótesis de De Cserna (1968: 13) que supone que las filitas Acuitlapán son un equivalente lateral de la Formación Xochicalco. De hecho, una muestra colectada por Fries a 900 m al E de Papala, contiene *Colomiella*, es decir corresponde al Aptiano; se impone una revisión detallada de las relaciones estratigráficas de estas rocas en toda la región alrededor de la localidad típica de la Formación Acuitlapán, por ejemplo, cerca de Coapango donde hay un afloramiento no cartografiado de lutitas filíticas. Existen rocas semejantes cerca de Zacualpan y en los alrededores de Ixtapan de la Sal-Tonicato (véase itinerario, p. 91 en el Apéndice); es probable la existencia de afloramientos en los cortes de las profundas barrancas de Malinaltenango y Tlapala, así como en el camino de Coaxuco a Tonicato.

La *Formación Xochicalco* (Fries 1956) consiste en calizas densas, dispuestas en estratos delgados a medianos, con abundantes capas intercaladas de pedernal de 1 a 15 mm de espesor, que a veces constituye más de la mitad del volumen de la roca. El color varía de gris a negro y se debe a materia carbonosa más o menos abundante. En láminas delgadas aparecen con una estructura criptocrystalina que pasa a gruesa por recristalización parcial.

CUADRO ESTRATIGRAFICO

VALLE DE IXTAPAN



No se han encontrado microfósiles pero si son relativamente abundantes ejemplares de *Colomiella mexicana* Bonet (tintínidos), junto con radiolarios silicificados y calcificados, así como globigerínidos de pared gruesa. La presencia de *Colomiella* señala una edad aptiana.

En la localidad típica, situada fuera del valle, no aflora la base de la formación; las calizas de la Formación Morelos están próximas, pero el contacto no ha sido estudiado.

Como se indicó anteriormente, esta formación está representada al E de Papala y probablemente también en los cerros calcáreos que limitan por el este al valle de Ixtapan.

Con el nombre de *Formación Morelos* Fries (1956), describió una sucesión de calizas y calizas dolomíticas de estratificación mediana a gruesa pero predominantemente con estratos de 20 a 60 cm de espesor. Contienen cantidades variables de pedernal en nódulos, y lentes, pero nunca o casi nunca, forma capas continuas. El color de las calizas varía de una capa a otra entre el gris cremoso claro y el negro; el color de intemperización dominante es el gris o gris azulado. Al microscopio las calizas varían entre calcilititas y calcirruditas, pero predominan las de textura calcarenítica.

En áreas situadas a cierta distancia al sur del valle de Ixtapan, en la base de la formación hay un miembro de anhidrita, que no interesa a los efectos de este trabajo.

Como la base de la formación reposa sobre una superficie fuertemente erosionada que fue cubierta transgresivamente y, por otra parte, su cima ha sido también fuertemente erosionada antes del depósito de las formaciones suprayacentes, resulta imposible calcular el espesor original. Incluso el espesor actual es difícil de estimar pues no hay afloramientos que comprendan todo el espesor, esto, independientemente de las dificultades impuestas por un tectonismo bastante complejo. Fries da 800 m de espesor en el cerro de Acuitlapán, pero en otros lugares puede llegar a 900 o alcanzar solamente unos 400.

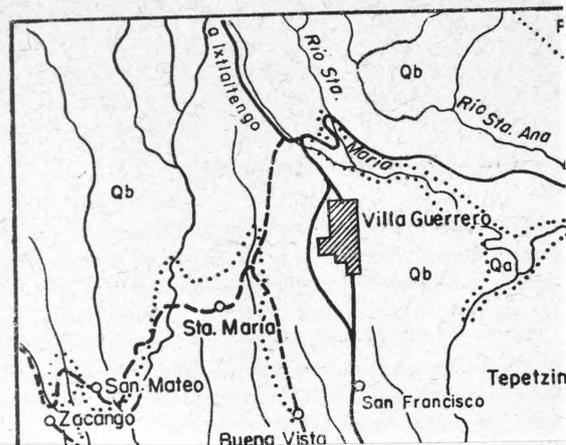
Las calizas de la Formación Morelos por lo general no son ricas en microfósiles y los que existen difícilmente se obtienen en buenas condiciones, dada la tenacidad de la roca. Los microfósiles pueden ser localmente abundantes, pero numerosas muestras no pueden ser diagnosticadas por la ausencia o deficiente estado de conservación de los mismos. No obstante, los datos paleontológicos permitieron a Fries una determinación cronológica y paleoecológica no muy precisas pero si confiables en sus grandes líneas. El autor del presente trabajo piensa que de las varias formas mencionadas por Fries, las significativas son, entre las microfósiles, los géneros *Praeradiolites* (?), *Actaeonella*, *Toucasia* y *Nerinea*, probablemente representados cada uno de ellos por más de una especie, pero en ningún caso se dispone de determinaciones específicas. Todos ellos son comunes en el Albiano de México pero su rango cronológico absoluto es mucho mayor en ambos sentidos. Quizás sea significativa en este contexto una característica negativa: en los biostromas faltan por completo los caprinidos, grupo que constituye el volumen mayor, de con mucho, en los arrecifes de rudistas albianos de la Sierra Madre Oriental, por ejemplo, en Laguna Colorada, Sierra del Abra y en general en la Formación El Abra.

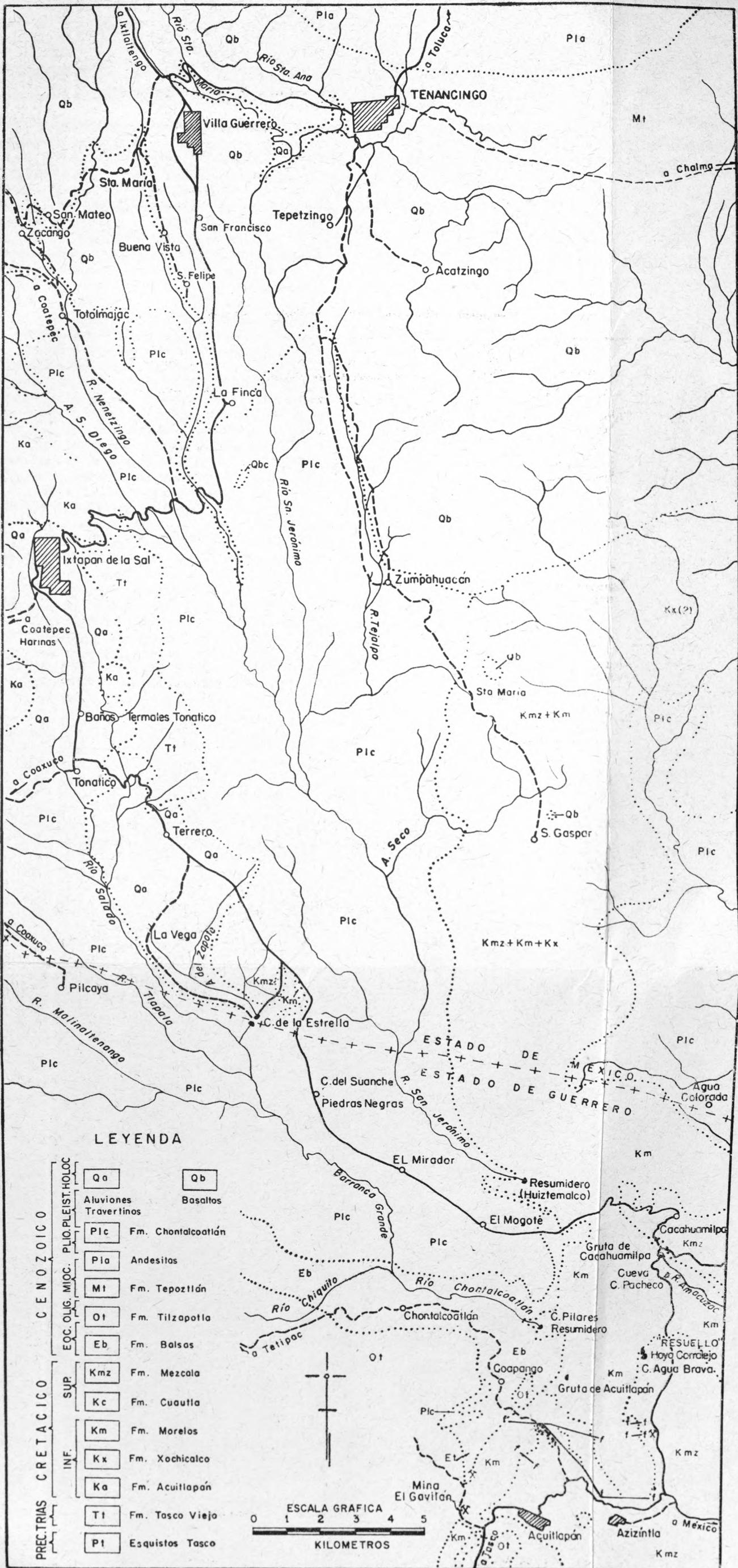
Algo similar ocurre con los microfósiles; de la larga lista de géneros mencionados por Fries sólo considero significativos desde el punto de vista cronológico a *Nummuloculina heimi* Bonet y *Cuneolina* sp. (o *Dicyclina*). Este último puede encontrarse desde al Albiano hasta bien entrado el Cretácico Superior, pero *N. heimi* se encuentra siempre en México y Texas entre el Albiano Medio y el Cenomaniano Inferior. También se encuentra ocasionalmente *Dictyoconus sunnilandensis* (= *Coskinolina sunnilandensis*) que confirma la determinación del Albiano (medio o superior) y que nunca se encuentra en el Cretácico Superior; fuera de la región estudiada, al sur de Guerrero, se ha encontrado el género *Orbitolina*, que en México indica Albiano Inferior y quizá también Aptiano Superior.

Todos los macro y microfósiles mencionados tienen la misma significación paleoecológica: indican fondos muy someros en mares cálidos, es decir, una facies de banco calcáreo, para emplear la terminología de Fries, en la que bancos calcáreos con miliólidos alternan con biostromas de gasterópodos (*Nerinea*, *Actaeonella*).

No obstante, hay también calizas atribuidas por Fries a esta formación y que, indudablemente, presentan una microfauna pelágica. Recientemente, muestras colectadas en el cerro de El Caballete por el Ing. López Rubio, presentan una microfauna de *Calcisphaerula innominata* Bonet, *Pithonella ovalis* Kaufman y *Stomiosphaera conoidea* Bonet, que en todo el oriente de México se encuentran en el Albiano Superior de facies pelágica. Esto significa que además de las facies de banco se desarrollaban simultáneamente fauna de aguas más profundas. El haber pasado inadvertida hasta ahora esta facies se debe al muy escaso control paleontológico; las muestras con fauna de que Fries dispuso en una formación tan extensa y potente como ésta no llegaron a veinte. Para conocer la distribución vertical y horizontal de las facies pelágicas y subarrecifales son indispensables muestreos sistemáticos y detallados; sólo así se llegará a conseguir una idea clara de las condiciones paleogeográficas y paleoecológicas correspondientes.

Las rocas de esta formación, afloran en una buena extensión de los estados de Morelos y Guerrero; en la región estudiada, forman la mayor parte de la alineación montañosa que limita hacia el E el valle de Ixtapan, desde poco más al S de la latitud de Zumpanhuacán, hasta Azizintla, en el extremo S del valle; comprende, de N a S, el cerro Pipil, situado al SW de Zumpanhuacán, los cerros de Santa María, San Jerónimo, San Gaspar y cerro Gigante (Huiztemalco), en la vertiente izquierda del río San Jerónimo; en los primeros, las calizas están coronadas en la cumbre, por piroclásticos en capas horizontales y separan este valle del curso del río Chalma; pueden estudiarse siguiendo el camino que desde Tenancingo, conduce a San Gaspar. Más al S siguen la misma alineación los cerros Temasol, Jumil, La Corona o cerro Grande, en el que se abren las grutas de Cacahuamilpa y de Carlos Pacheco, el cerro del Tepozonal con la cueva de Acuitlapán y el de la Silla o Caballete, ya en el ángulo SE del valle.





LEYENDA

CENOZOICO	E.C. OLIG. MIOC. PLIO. PLEIST. HOLOC.	Qa	Aluviones Traverfinos	Qb	Basaltos	
		Plc	Fm. Chontalcoatlán			
	Pla	Andesitas				
	Mt	Fm. Tepoztlán				
	Ot	Fm. Tilzapolla				
	Eb	Fm. Balsas				
	CRETACICO	SUP.	Kmz	Fm. Mezcala		
			Kc	Fm. Cuautla		
		INF.	Km	Fm. Morelos		
			Kx	Fm. Xochicalco		
Ka			Fm. Acuitlapan			
PRECRETARIAS		Tt	Fm. Tasco Viejo			
		P1	Esquistos Tasco			



Itinerario estratigráfico desde Tenancingo a Acuitlapan

En el centro del valle de Ixtapan, afloran, también estas calizas en los cerros próximos a la cueva de La Estrella: cerro Ojo de Agua Grande, cerro de la Estrella y cerro de la Puerta de Santiago, rodeados de clásticos terciarios.

Sobre la edad de las calizas de la región de Cacahuamilpa, se han publicado varias opiniones, resumidas por Mülleried (1944, pág. 470); según este autor, Bárcena (1874-1875) les asigna una posición de capas intermedias entre el Jurásico y el Cretácico, citando *Gryphaea*, *Crania*, *Nerinea geroglífica*, (sic!), *Vermetus* e *Hippurites mexicanus* Bárcena; Heilprin (1891), Félix (1899), Palmer (1928) y Burckhardt (1930), basándose únicamente en la cita de *Hippurites* de Bárcena, las consideran como del Turoniano, mientras que Urbina (1909), que encuentra solo *Nerinea* y *Actaeonella*, así como Flores (1910) y Salazar Salinas (1922), probablemente basados en Urbina, indican respectivamente, edad mesocretácica o simplemente cretácica.

En realidad, Bárcena sólo encontró en los alrededores de Cacahuamilpa lo que denominó *Gryphea*, *Crania* y *Nerinea* sp. (= *N. castilloi* Barc.), que, según Mülleried pudieran corresponder a *Chondrodonta*, *Toucasia* y *Nerinea* respectivamente, indicadores de edad mesocretácica. Su pretendida *Nerinea geroglífica* (sic!) por *hieroglyphica* es una especie diferente, *N. barcenai* Heilprin, y ella, tanto como su *Vermetus*, e *Hippurites mexicanus* Bárcena, provienen de Cocoyotla, una localidad situada a unos 15 kms más al E; si la determinación de *Hippurites* fuese correcta, estas últimas corresponderán a lo que hoy se conoce como Formación Cuautla del Turoniano. Debe recalcar al respecto, que la delimitación entre las Formaciones Morelos y Cuautla está prácticamente por hacer, especialmente en los cerros que sirven de marco al valle de Ixtapan. Mülleried (1944), bajo la denominación de "Serie Inferior" coincide en esencia con Urbina considerándolas como de edad albiano-cenomaniana; según Burckhardt (1925: 12 y 39) comprendería también estratos del Albiano Inferior, a juzgar por la presencia de *Uhligella mexicana* Burckhardt y *Acanthoplites* juv. cf. *A. bigoureti* (Seunes).

En la actualidad, no hay duda de que la mayor parte de las calizas que limitan por el este y sur al valle de Ixtapan, corresponden al Albiano (Formación Morelos), pero falta por averiguar en que extensión recubren restos de calizas aptianas (Formación Xochicalco) como hasta qué punto están cubiertas por calizas turonianas (Formación Cuautla). Ambas formaciones, Xochicalco y Cuautla, aumentan rápidamente de potencia hacia el este, pero en la región considerada están representadas por pequeños espesores o faltan por completo.

La localidad típica de la *Formación Cuautla* (Fries, 1956) la constituyen las serranías situadas al poniente de Cuautla; su autor engloba en esta unidad hasta tres litofacies distintas, además de las capas basales que comprenden clásticos y fósiles derivados de las calizas Morelos infrayacentes. La distinción en el campo entre ambas formaciones, no es nada fácil pues las características megascópicas en los afloramientos son muy similares; pueden apuntarse que en general, hay mucha menos dolomita en la Formación Cuautla, y que en esta faltan los miliólidos grandes tan comunes en las calizas Morelos, pero por lo demás, espesor de los estratos, abundancia de pedernal, caracteres texturales, etc., son muy similares. No obstante, esta unidad está separada claramente de

la Formación Morelos por una discordancia paralela muy notable, materializada frecuentemente por capas de clásticos basales hasta de 20 m de espesor, pero en afloramientos aislados, es muy difícil o imposible decidir entre las dos formaciones; a veces, pero no siempre, la fauna puede decidir la cuestión.

De las tres litofacies mencionadas por Fries, sólo lo que él llama facies de banco o "bahamita" presenta una fauna distintiva: varias especies de *Hippurites*, *Radiolites*, *Toucasia*, *Nerinea*, *Actaeonella* así como *Durania cornupastoris* (Des Moulins) Parona, silicificadas o no, arrojan una edad correspondiente a la mitad superior del Turoniano, a juzgar por el primer género y la especie mencionada en último lugar. Desgraciadamente no se estudiaron los microfósiles "en vista de la presencia de microfósiles diagnósticos". Pero fuera de esta facies, los microfósiles no existen o no son identificables. En su trabajo de 1960, Fries solo menciona la microfauna de tres muestras que por pertenecer a las capas clásicas basales solo presentan especies comunes en la Formación Morelos, que probablemente derivan de ella, y que, en todo caso, no sirven para el diagnóstico diferencial.

Con posterioridad a la publicación de su obra, el propio Fries y colaboradores remitieron para estudio al autor del presente trabajo, 16 muestras colectadas de todo el espesor de la formación en su localidad típica. Todas ellas contienen una fauna de *Calcisphaerula innominata* Bonet, *Pithonella ovalis* Kaufman y *Cuneolina* (o *Dicyclina*) sp. Este conjunto indica claramente un ambiente pelágico, pero su rango absoluto de edad es muy amplio, desde el Albiano Medio al Maestrichtiano, si bien en el Albiano suele estar acompañado de *Stomiosphaera conoidea* Bonet y *S. sphaerica*, mientras que en el Senoniano-Maestrichtiano a menudo se acompaña de *Heterohelix* y *Globotruncana*. Parece ser que la facies de banco, que Fries considera como la más importante de con mucho, ocupa más bien una extensión restringida en el conjunto de la formación. Es evidente la necesidad de reconocimientos detallados cuando menos en áreas clave, que permitan reconstruir las condiciones fisiográficas en la época en que se depositaron estas rocas.

Esta formación disminuye rápidamente en espesor desde un máximo de 750 m al E de Cuernavaca hasta solo unos 15 o 20 m en la región objeto de este estudio; debe indicarse que este adelgazamiento tan espectacular tiene lugar en una distancia de unos 25 kilómetros. La transgresión Cuautla no parece haber sobrepasado en ningún lugar la máxima extensión de la caliza Morelos, pero parece probable que en la región de Cacahuamilpa llegue a faltar, en cuyo caso la Formación Mezcala descansaría directamente sobre la caliza Morelos; no se sabe exactamente en que extensión ocurrió esto por la dificultad de distinguir en el campo la "facies occidental" de la caliza Cuautla de la Formación Morelos y de las capas basales de la Formación Mezcala. En efecto en los alrededores de Cacahuamilpa hay varios afloramientos de calizas oscuras de estratificación más delgada que en las calizas Morelos típicas. Afloran por ejemplo en la porción inicial de la carretera a Alpuyeca desde la de Ixtapan-Azintla, así como en el camino de acceso a la gruta de Cacahuamilpa entre los edificios de la administración de la gruta y el puente colgante. También existirían afloramientos discontinuos y de escaso espesor en los alrededores de Acuitlapán.

No presentan microfósiles y su microfauna es conocida por una sola muestra, estudiada por Applin, cuya fauna no presenta nada de significativo (capas de la "facies occidental" de caliza clástica de Fries), por lo que su atribución a la formación Cuautla es puramente tentativa. Parece ser que son estas calizas a las que Mülleried (1944) se refiere como "Serie Media", que asigna con duda al Albiano Medio y que, según él, en su parte basal contendrían *Orbitolina* sp. *Nodosaria texana* = *Haplostiche texanus* (Roemer) y *Nerinea austinensis* (Roemer (?)); de comprobarse la presencia de estos fósiles efectivamente estas calizas corresponderían al Albiano Medio o Inferior, pero hay motivos para dudar de estas determinaciones.

Si es dudosa la atribución de estos afloramientos a la Formación Cuautla, más que nada por el desconocimiento de la microfauna, todavía es más problemática la presencia de la facies de banco de esta formación en la región estudiada; las citas de Bárcena (1874 y 1875, p. 374) refiriéndose a *Hippurites mexicanus* Bárcena (= *H. resectus* var. *mexicana* Bárcena) en el cerro de San Gaspar y en Cocoyotla correspondería a esta facies, lo que también ocurriría con la de Villada (1888) referente a la barranca del río San Jerónimo a la altura de Zumpahuacán y la de Flores (1910) en Coatlán del Río. Todas estas localidades, dispuestas aproximadamente en dirección N-S, jalonarían el límite oriental de la formación. Es verdad que se trata de determinaciones muy antiguas y que no han sido confirmadas por hallazgos más recientes, pero la verdad es que nadie ha vuelto a coleccionar detenidamente en las localidades mencionadas.

La Formación Mezcala de Fries (1956), comprende en su base una secuencia de calizas, frecuentemente de color oscuro y que a veces están substituidas por lutitas calcáreas más o menos filíticas. El resto de la formación lo constituyen filitas, que alternan con areniscas, conglomerados y algunas lentes de caliza.

La edad de la Formación Mezcala, viene determinada por abundantes amonitas de los géneros *Barroisiceras* y *Otoscaphtes*, muy abundantes cerca de Zumpango del Río, Gro., bastante al S de la zona estudiada y descritos desde 1920 por Burckhardt (pág. 81-84); (véase también Burckhardt, 1930, pág. 236-237 e Imlay, 1944, pág. 1123) quién les atribuye una edad del Coniaciano Inferior. Las mismas especies de amonitas y además un bivalvo, *Didymotis trinidadensis*, han sido encontrados por C. Fries tanto en Zumpango como en localidades más septentrionales desde el Cañón de Lobos hasta el río Chinameca, al sur de Tlatizapán. Estas capas parecen comprender una buena parte del Cretácico Superior, aunque su alcance máximo es desconocido, pues la cima es una superficie de erosión.

Los microfósiles son escasos y en general, mal conservados; en las lutitas filíticas se encuentran con mucha frecuencia varias especies de *Heterohelix* (= *Guembelina*), varias especies de *Globotruncana* tales como *G. lapparenti lapparenti*, *G. fornicata*, *G. scheengasi* y *G. rosetta*, que en conjunto indican una edad coniaciana. En las calizas o lutitas calcáreas hay además *Calcisphaerula innominata* y *Pithonella ovalis*. La posible presencia de *Clavibergella* y *Hedbergella* en algunas muestras de la base de la formación, hacen sospechar que

en algunos puntos el depósito de estos sedimentos se inició ya al final del Turoniano. No hay evidencia de que la parte más alta conservada haya llegado al Campaniano-Maestrichtiano. Solo hay una biofacies en esta formación; se trata de una fauna pelágica en la que esporádicamente hay elementos bentónicos tales como *Durania* sp. y *Didymotis* sp. mencionados por Fries.

Sedimentológicamente se trata de un depósito de tipo flysch (De Cserna 1965, 1968), con sedimentación cíclica evidenciada por ciclotemas a veces bien definidos, la presencia ocasional de helmintoides y otros icnofósiles similares; es un flysch cretácico que anuncia desarrollos similares pero mucho más potentes en el Paleoceno-Eoceno de la antefosa de Chicontepec.

Las lutitas filíticas de esta formación en la región de Cacahuamilpa se presentan en los flancos de los cerros, donde han sido respetadas por la erosión, en tanto que en las porciones más altas, quedan al descubierto las calizas subyacentes (cerros de El Jumil, La Corona, y Temasol). Esto dio lugar a que algunos autores como Flores (1910), Villafaña (1922), Salazar Salinas (1922) y Wittich (1936), hayan creído, erróneamente, que estas rocas, llamadas por ellos "pizarras arcillosas" o "pizarras sericíticas", eran infrayacentes a las calizas.

Las calizas oscuras que afloran en el camino entre la explanada de la gruta de Cacahuamilpa y la entrada, que en páginas anteriores fueron tentativamente referidas a la Formación Cuautla, pudieran en realidad corresponder a la porción basal de la formación Mezcala.

Con seguridad corresponde a la Formación Mezcala la "serie Superior" de Mülleried (1944), formada por filitas y areniscas, con bancos o lentejones de caliza gris, más o menos oscura. Dicho autor adscribe con duda esta "Serie" al Cenomeniano, basándose en que los fósiles encontrados: *Apricardia*, *Birradolites* y *Actaeonella* "comienzan en el Cenomaniano", claro es que esto no excluye una edad más moderna, dentro del Cretácico Superior. La equivalencia aproximada entre la terminología de Mülleried (1944) y la de Fries (1956) puede verse en el cuadro No. 2.

Es norma general la existencia de amplios pliegues en las calizas Morelos y de plegamientos complejos en las filitas de la formación Mezcala; en general, los pliegues tienen una orientación NW-SE y N-S y son el resultado de la orogenia laramídica del Terciario Inferior; están perforados por algunas intrusiones básicas, pórfidos andesíticos y dioritas de escaso volumen; una buena parte de las vetas y filones de la zona minera de Tasco, arman en estas rocas.

Cenozoico. En el extremo sur del valle descansan discordantemente sobre rocas más antiguas gruesos depósitos de conglomerados continentales, de variada composición y que pueden presentar buzamientos hasta de 30 grados. Son los llamados "conglomerados rojos" tan abundantes en diversas regiones del México Central; para los de la cuenca del Balsas, Fries (1956), propuso el nombre de "Grupo clástico Balsas" transformado después en *Formación Balsas* (De Cserna 1965). Afloran en los alrededores de Coapango, entre este punto y Tetipac así como en las dolinas que se hallan al S de El Mogote y en los flancos de la barranca del río San Jerónimo, poco antes de comenzar su curso subterráneo. En las

F. MULLERIED		1944		C. FRIES		1956	
Cenomaniano	Serie Superior	Fm. Cuautla		Formación Mezcala	Senoniano	Turoniano	
Albiano Sup.	Serie Media			H i a t o	Cenomaniano		
Albiano Medio	Serie Inferior	H i a t o		Formación Morelos	Albiano Superior	Albiano Medio	
				Formación Xochicalco	Albiano Inferior		
		H i a t o			Aptiano	Barremiano	

Equivalencia de las terminologías de Mülleried (1944) y Fries (1956).

últimas localidades citadas, los clásicos son predominantemente calcáreos, pero en los alrededores de Tetipac abundan los cantos de rocas ígneas. Se les atribuye una edad del Eoceno Superior al Oligoceno Inferior. Es en esta formación en la que arman las cuevas del Suanche y de la Mariposa.

En el ángulo SW del valle, al occidente de Coapango y Acuitlapán, afloran rocas ígneas ácidas que fueron incluidas por Fries (1956) en su *Formación Tilzapotla*. Se trata de tobas soldadas dacíticas, cubiertas por tobas riolíticas soldadas y estas a su vez por lavas. La formación corresponde al Oligoceno tardío a juzgar por determinaciones de plomo alfa, basadas en zircón. Rocas similares de composición riodacítica afloran en el ángulo noroccidental del valle cerca de Almoloya de Alquisiras (De Cserna, comunicación personal).

La *Formación Tepoztlán* (Fries, 1956) presenta algunos afloramientos cerca de Tenancingo, especialmente en el camino que conduce a Malinalco y Chalma. Este parece ser el límite occidental de la formación que alcanza grandes espesores más al oriente, fuera del valle, en las cercanías de Chalma y Tepoztlán, donde puede alcanzar hasta 1000 m de espesor. Está formada por detritos volcánicos de naturaleza andesítica, dispuestos en capas horizontales o ligeramente inclinadas. Abundan los depósitos de lahar y hay lentes arenosas con estratificación cruzada. Se le atribuye tentativamente una edad de fines del Oligoceno al Mioceno inferior.

El Nevado de Toluca y sus estribaciones, que forman el límite N del valle de Ixtapan, así como los cerros situados desde los alrededores de Tenancingo hasta poco más al S de Zumpanhuacán, están constituidos, parcialmente, por andesitas del Plioceno, con sus respectivas tobas y aglomerados; en esta misma zona, abundan las efusiones basálticas del Plio-Pleistoceno, cuyo estudio detallado y su correlación con las series volcánicas establecidas por Fries poco más al E, está por hacer.

Todo el centro del valle, excepto el fondo de aquellas barrancas que han sido cortadas a suficiente profundidad por el sistema hidrográfico interior, está cubierto por depósitos aluviales y piroclásticos de la Formación Chontalcoatlán propuesta recientemente por De Cserna (1968); forma una llanura estructural inclinada, que se extiende desde el flanco meridional del Nevado, hasta el borde sur del valle. Esta superficie plana, está perforada por cerros de rocas más antiguas (alrededores de Ixtapan, cerros próximos a la gruta de La Estrella) y está profundamente tallada por las corrientes de agua que descienden del Nevado. En algunos puntos, está cubierta por coladas basálticas del Pleistoceno, por ejemplo, la del salto del Velo de la Novia, cerca de Tenancingo, otra, poco al S de San Francisco y la del salto de Tonatico. En esta formación, son frecuentes los depósitos de lahar, formados por coladas de barros volcánicos, como los que se ven en la carretera, inmediatamente al S de Tonatico. En los tejares de los alrededores de este pueblo, se encuentran con frecuencia osamentas de elefantes, algunos de los cuales corresponden al género *Cuvieronius* del Plioceno (Arellano, comunicación verbal), que puede servir para indicar la edad del depósito, pero no está excluido que sus capas superiores correspondan a la base del Pleistoceno.

Esta formación es equivalente desde todos los puntos de vista a la Fm. Cuernavaca (Fries) que se extiende ampliamente al oriente y sur del valle de Ixtapan. La llanura construccional de Michapa, situada por fuera del ángulo SE del valle, parece haberse depositado, al menos en parte, por el río San Jerónimo en su etapa de desagüe epigeo. Así mismo pudiera ocurrir con el llano de los Ajonjolines al S del río Amacuzac, posiblemente acarreada por el Chontalcoatlán epigeo. La atribución de estos depósitos a la Fm. Chontalcoatlán o a la Fm. Cuernavaca es convencional.

Son del Pleistoceno y Reciente, los escasos depósitos aluviales que se observan en el curso de los ríos y especialmente, la cubierta de travertinos y calizas lacustres con lechos arcillosos intercalados, que se encuentran en el centro del valle, desde Ixtapan hasta Tonatico, y aun más al S, en la cuenca del arroyo del Zapote cerca de la gruta de La Estrella. En las calizas abundan gasterópodos de agua dulce y oogonios de caráceas.

Como manifestaciones de volcanismo residual, pueden considerarse los manantiales hidrotermales de Ixtapan y Tonatico, que se utilizan en los famosos establecimientos balnearios de estas poblaciones. Las aguas de estos manantiales se explotan rudimentariamente, para la obtención de sal o para el consumo local (Mancera, 1943, pág. 70-71). La temperatura de estos manantiales oscila entre 40 y 35 grados y su alto contenido de boratos y anhídrido carbónico, demuestra su origen volcánico. Los canales que conducen estas aguas, producen depósitos de travertino con tanta rapidez, que sus bordes se elevan formando una pared, por cuya parte superior, continúa corriendo el canal, a modo de acueducto; restos de un muro de este origen, de cerca de 2 m de alto, puede verse al lado de la carretera. La composición del travertino, según Mancera, es de 85.2% de carbonato de calcio, 16.6% de carbonato de magnesio y 1.43% de óxidos de hierro y aluminio.

GEOLOGIA HISTORICA

No hay en esta región rocas de origen marino que puedan atribuirse al largo intervalo comprendido entre el Precámbrico y el Cretácico Inferior. Como por otra parte, parece probable que los depósitos de la Roca Verde Tasco Viejo sean continentales, la región habría permanecido emergida durante todo este tiempo. No se puede excluir la posibilidad de que la erosión hubiese hecho desaparecer los sedimentos del Paleozoico o del Mesozoico Inferior que pudieran haber sido depositados, pero este problema no puede ser adecuadamente tratado en un marco estrictamente regional.

La gran transgresión cretácica comienza probablemente en el Neocomiano y parece haber continuado durante una buena parte del Cretácico; en todo este tiempo, cesan los movimientos de compresión y no hay signos de volcanismo, al menos, en el territorio del valle actual. Hubo dos regresiones parciales una en el Aptiano Superior-Albiano Inferior y otra durante el Cenomaniano-Turoniano Inferior, e incluso hubo emersiones localizadas tal como la probable tierra emer-

gida durante todo el Albiano, situada a unos 15 km al SW de Cacahuamilpa (Fries).

Parece que el actual macizo de Tasco y su prolongación al NW (Península de Tasco de Fries), constituía en esta zona el límite occidental del mar cretácico, que se extendió considerablemente al N y al S, ocupando todo el oriente de México. Movimientos de la línea de costa, de escasa amplitud, explican el carácter transgresivo que la caliza Morelos tiene sobre los esquistos de los flancos de la "Península de Tasco".

Durante el Neocomiano, el carácter de los depósitos es predominantemente arcilloso, pues los depósitos terrígenos derivan de los esquistos Tasco, pero a medida que la erosión nivelaba las tierras próximas, disminuían los sedimentos pelíticos, de modo que ya en el Aptiano, dominan los depósitos de tipo calcáreo; estos son de carácter nerítico, aunque no necesariamente de mares profundos, durante el Cretácico Inferior; en el Cretácico Medio, los sedimentos calcáreos son más puros, es decir, disminuyen aún más los escasos aportes arcillosos, lo que permite suponer un relieve muy poco marcado en las tierras próximas. Al mismo tiempo, el mar se hace más somero, apareciendo biostromas de rudistas y gasterópodos de carácter subarrecifal, si bien, entre ellos, quedaron espacios con sedimentos de tipo nerítico. Después de una regresión que dura todo el Cenomaniano y el Turoniano Inferior, el mar vuelve a ocupar prácticamente las mismas áreas durante la mitad superior del Turoniano, reproduciéndose los biostromas, pero ahora con distinta composición faunística, que alternan con depósitos de aguas más profundas.

A principios del Coniaciano sobreviene un cambio radical en la naturaleza de los sedimentos que reciben aportes considerables de naturaleza pelítica. Este cambio, que por cierto ocurre simultáneamente a lo largo del emplazamiento en la actual Sierra Madre Oriental, traduce la iniciación de la orogenia y volcanismo concomitante que ocurre más a occidente desde Panamá hasta Arizona y aún más al norte. Recuérdese al efecto la sedimentación de tipo flysch de la Formación Mezcala y otras de la misma edad. Esta actividad orogenica, que se acentúa al comienzo del Cenozoico, perdura hasta bien entrado el Oligoceno. Se trata de la orogenia laramídica que originó los pliegues en las formaciones cretácicas que forman el borde oriental del valle. Los esfuerzos de compresión produjeron los anticlinales de dirección general NW-SE y N-S que, aún hoy, constituyen los altos topográficos; después del periodo de compresión, la descompresión subsecuente ocasionó el descenso vertical y progresivo de grandes bloques en el extremo sur del valle, posibilitándose así, la acumulación de los enormes espesores de clásticos continentales de la Formación Balsas, derivados de los bloques levantados y que se depositaron en las depresiones producidas por los hundimientos.

En el Oligoceno Superior, han cesado los movimientos orogénicos y los esfuerzos tectónicos se manifiestan, principalmente, por un volcanismo activo, que originó las extrusiones riolíticas de la Formación Tilzapotla, cerca del borde meridional del valle de Ixtapan.

Durante el Mioceno, hay escasa actividad volcánica en la cadena montañosa situada al W del valle, pero en el Plioceno, o poco antes, se reanuda la

actividad tectónica, principalmente por la elevación de bloques limitados por fallas; posiblemente, el cierre meridional del valle, tiene lugar en este periodo, al elevarse el macizo de la sierra de Tasco, mientras que en el extremo septentrional, las erupciones principalmente andesíticas, dan origen a la masa de clásticos de la Formación Chontalcoatlán que rellenan el fondo del valle, convirtiéndolo en una llanura construccional, inclinada hacia el sur.

La intensa actividad volcánica, que sobrevino en el Pleistoceno, acumuló la ingente masa de basaltos que constituyen el principal componente del Nevado de Toluca; el surgimiento de esta parte de la cadena volcánica transversal cierra por el norte del valle de Ixtapan. Comienza a organizarse la red de desagüe del valle y especialmente de su divisoria septentrional recientemente constituida, formándose una red dendrítica que se resumió en dos troncos principales, los antecedentes de los actuales ríos Chontalcoatlán y San Jerónimo entonces epigeos en toda su extensión. Al irse excavando sus cauces en el relleno de clásticos y a medida que avanzaba el proceso de erosión cárstica en los cerros del sur, sobrevinieron las capturas subterráneas que se indican en otro lugar de este trabajo.

Algunas coladas basálticas rellenan parcialmente algunos cauces de la parte septentrional del valle, probablemente en el Holoceno, y se originaron localmente lagunas someras donde se depositaron las calizas lacustres y travertinos que se encuentran en los alrededores de Ixtapan.

BIBLIOGRAFIA GEOLOGICA DE LA REGION DE CACAHUAMILPA

- BÁRCENA M. 1874. Viaje a la Caverna de Cacahuamilpa. Datos para la geología y la flora de los Estados de Morelos y Guerrero. *La Naturaleza* (1a. serie) 3: 75-92, 1 Lám. México.
- 1875. Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México, y sus fósiles características. *Bol. Soc. Geogr.* (3a. época) (7): 369-495. México.
- BURCKHARDT, C. 1919. Faunas jurásicas de Symon (Zacatecas) y faunas cretácicas de Zumpango del Río (Guerrero). *Bol. Inst. Geol. Méx.* 33 (1): 1-135.
- 1925. Faunas del Aptiano de Nazas (Durango). *Bol. Inst. Geol. Méx.* 45: 1-71, 10 lám.
- 1930. Etude Synthétique sur le Mésozoïque Mexicain. *Mem. Soc. Paleont. Suisse.* 49-50: 1-280.
- BURCKHARDT, C. und F. K. G. MULLERRIED, 1936. Neue Funde in Jura und Kreide Ost- und Süd-Mexicos. *Eclogae Geol. Helvetiae* 29 (2) : 304-324.
- CAMPA, J. 1923. El Distrito de Taxco de Alarcón, Gro. *Bol. Minero* 15 (1): 4-46. México.
- DE CSERNA Z. 1965. Reconocimiento geológico de la Sierra Madre del sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco, Estado de Guerrero. *Inst. de Geología. Bol.* No. 62, 76 págs.
- 1968. Summary of the Geology of the Region along the Route Mexico City-Cuernavaca-Iguala-Taxco-Ixtapan- Toluca and Mexico City. Field Trip Guidebook. *Geol. Soc. Amer.* 1968. Annual Meeting, 20 pags.

- DOLLFUS A. et E. DE MONSERRAT. 1867. Etude sur le district de Sultepec. *Arch. Comm. Scient. Mexique.* 3: 471-495. 3 láms. Paris.
- FÉLIX, J. 1899. Uebersicht über die Entwickelung der Geologischen Formationen in Mexico nebst einem Anhang über die Höhlendildungen dieses Landes. *Beitr. Geol. und Paleont. Mexico.* Theil II: 155-186, Leipzig.
- FLORES, T. 1910. La caverna de Cacahuamilpa. *Bol. Soc. Geol. Méx.* 6(2): 93-111.
- FOSHAG, W. F., J. GONZÁLEZ-REYNA y R. PÉREZ SILICEO. 1946. Los depósitos de fluorita del distrito minero de Taxco, Estado de Guerrero. *Bol. Minas y Petróleo* 7: 3-8 y 8: 3-7.
- FOWLER, G. M., R. M. HERNON y E. O. STONE. 1948. The Taxco mining district, Guerrero, México. *Congr. Geol. Intern., XVIII Session, Londres.* Mem. pt. 7: 1-12.
- FRIES, JR., C. 1956. Bosquejo geológico de las partes central y occidental del Estado de Morelos y áreas contiguas de Guerrero y México. *Congr. Geol. Intern. XX Sesión, México.* Libreto Guía de la Excursión C-9 (edición preliminar).
- 1956. Bosquejo geológico entre México, D. F. y Taxco, Gro. *Congr. Geol. Intern., XX Sesión, México.* Libreto-Guía Excursiones A-4 y C-2, p. 11-36.
- 1957. Bosquejo geológico de la región entre México, D. F. y Acapulco, Gro. *Congr. Geol. Intern. XX. Sesión. México.* Libreto-Guía Excursiones A-9 y C-12. *Asoc. Méx. Geol. Petr.* 9 (5-6): 287-333.
- 1960. Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, Región Central Meridional de México. *Inst. Geol. Bol.* 60, IX+236 págs.
- 1966 (póstumo). Resumen de la Geología de la Hoja de Cuernavaca, Estado de Morelos. *Inst. de Geología Carta Geológica de México.* Serie 1:100,000, hoja de Cuernavaca 14 Q-h (8).
- GUZMÁN, E. J. 1950. Geología del Noreste de Guerrero. *Bol. Asoc. Méx. Geol. Petr.* 2: 95-156.
- HEILPRIN, A. 1891. The Geology and Paleontology of the Cretaceous Deposits of Mexico. *Proc. Acad. Nat. Science Philadelphia,* 1890. 42: 445-469.
- IMLAY, R. W. 1944. Cretaceous Formations of Central America and Mexico. *Bull. Ass. Petr. Geol.* 28 (8): 1077-1195.
- MANCERA, O. 1943. Obtención de sal en Ixtapan de la Sal. *Ciencia* 4 (2-3): 70-71, México.
- MUELLERRIED, F. K. G. 1942. El Valle de Tixtla, cuenca de desagüe temporal en el Estado de Guerrero. *Revista Geográfica,* 2: 17-48.
- 1943. Paleontología y estratigrafía del Mesozoico en el Valle de Tixtla, Estado de Guerrero. *An. Esc. Nal. Cienc. Biol.* 3: 235-264.
- 1944. Geología Estratigráfica y Paleontología de la región de Cacahuamilpa (México). *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.* 3 (3-4): 463-482. México.
- PALMER, R. H. 1928. The Rudistids of Southern Mexico. *Occ. Papers, California Acad. Sc.* 14: 1-137, 18 láms.
- SALAZAR SALINAS, L. 1922. A la caverna de Cacahuamilpa en automóvil. *Instituto Geológico de México.* 17 pp. 27 lám. 3 mapas. México.
- URBINA, F. 1909. Notas sobre la Caverna de Cacahuamilpa, Distrito de Alarcón (Estado de Guerrero). *Bol. Soc. Geol. Mexicana.* 5: 151-155.
- VILLADA, M. M. 1888. Relación de un viaje a la Caverna de Cacahuamilpa. *La Naturaleza.* (2. ser.) 1 (4): 148-156.

II. ESPELEOLOGIA DE LA REGION DE CACAHUAMILPA

ESPELEOLOGIA DESCRIPTIVA

Los fenómenos de erosión cárstica pueden estudiarse en la alineación de cerros calcáreos que cierran hacia el este y sur el Valle de Ixtapan, así como en el cerro de La Estrella que, en el centro del mismo valle, emerge a través de los clásticos del Pliopleistoceno. En estos últimos (Formación Chontalcoatlán) hay numerosas cavernas de muy escaso desarrollo, que pueden verse en los cortes de las barrancas talladas por los ríos Tlapala, Almoloya, Río Grande y otros; también en los aluviones pliocénicos se abre la cueva del Suanche, en el fondo de un pequeño ponor, situado a unos cientos de metros al este de la carretera de Ixtapan, en el pueblo de Piedras Negras.

Hay varias torcas o dolinas que pueden visitarse fácilmente desde la carretera; dentro del valle, a la salida de El Mogote, en dirección a Cacahuamilpa, pueden verse dos pequeñas dolinas que tienen la particularidad de haberse originado por disolución de la Formación Morelos, por debajo de una capa de conglomerados de la Formación Balsas que aún recubren su fondo. Más adelante, entre la gruta de Cacahuamilpa y Azizintla, la carretera pasa muy cerca de dos ponors de mayor magnitud, denominados Hoyanco Grande y Hoyanco Chico, respectivamente. Una dolina de cerca de 1 kilómetro de diámetro y con el fondo recubierto de aluviones, es la llamada Hoya de Corralejo, en la que se abre la pequeña cueva de Agua Brava, y el "resuello" del río Chontalcoatlán.

Las grutas y ríos subterráneos que se estudian en este trabajo pueden distribuirse en tres sistemas independientes: el del cerro de La Estrella, situado en el centro del valle, el del cerro de Acuitlapan o del Tepozonal que se halla cerca del extremo sur del valle y el sistema de Cacahuamilpa, que comprende, además de la gruta de este nombre y la de Carlos Pacheco, los cursos subterráneos de los dos ríos, el sumidero del Chontalcoatlán, la cueva de Agua Brava y la cueva de Pilares.

Sistema del Cerro de La Estrella. (Mapa 4). Hacia el centro del valle de Ixtapan, a unos 7.5 kilómetros al SE de Tonatico, sobresalen de la llanura construccional formada por clásticos cenozoicos, tres pequeños cerros de calizas y lutitas calcáreas del Cretácico, forman una alineación irregular, con dirección general NE-SW y son, respectivamente, el cerro de la Puerta de Santiago,

el de Ojo de Agua Grande y el de la Peña de la Estrella. Sus características estructurales no son bien conocidas, pero están formados por calizas albianocenománicas (Formación Morelos), intensamente plegadas y recrystalizadas, sobre las que yacen lutitas calcáreas, también muy plegadas, e incluso ligeramente filíticas, del Turoniano-Senoniano (Formación Mezcala). Al N, S y W, los cerros están rodeados por el relleno plio-pleistocénico, pero su extremidad occidental está cortada por la profunda barranca del río Salado, cuyo fondo está cerca de 100 metros por debajo de la llanura.

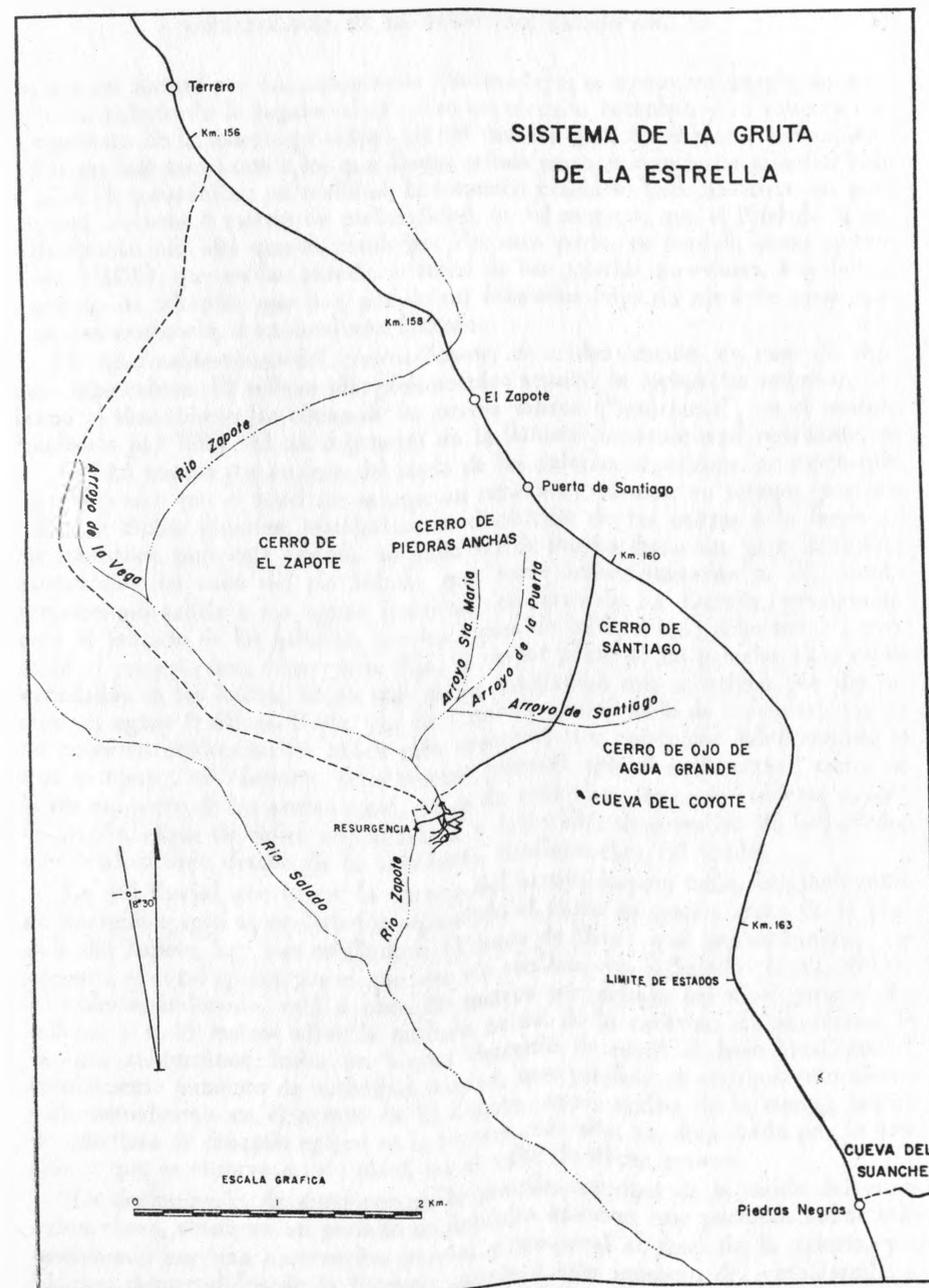
Al norte de los cerros, corren tres pequeños arroyos, el de los Sabinos, el de La Puerta y el de Santa María, que se unen para formar el arroyo del Zapote, al que se junta, poco después, el arroyo de La Vega; todos ellos, a pesar de su escasa longitud e insignificante caudal, han comenzado a tallar su curso en los clásticos, de tal manera, que el cauce principal del río del Zapote en su porción terminal, va encajado en una barranca de unos 60-70 metros por debajo del nivel general de la llanura, a pesar de que todos sus tributarios se originan a poco más de 2 kilómetros de distancia; aquí, el río se sume en la entrada de la cueva de La Estrella, situada en el contacto de las rocas cretácicas que forman el cerro de este nombre, con la cubierta de clásticos que cubren sus faldas.

La cueva de La Estrella se desarrolla en dos niveles bien distintos; el amplio túnel de entrada da origen a un complicado sistema de galerías, de curso ligeramente ascendente, desprovistas en la actualidad de corrientes de agua, pero cerca del comienzo de la principal existe un depósito de cantos rodados y gravas de origen fluvial indudable.

Este sistema superior de galerías corre, al principio, en las calizas Morelos, cerca de su contacto con las lutitas suprayacentes, pero a mayor profundidad, todas las galerías están labradas en lutitas que probablemente pertenecen a la Formación Mezcala, pero no puede excluirse la posibilidad de que correspondan ya a la Formación Acuitlapan, infrayacente a las calizas Morelos.

El río Zapote, poco después de su entrada en la cueva, atrinchera su curso en una garganta a unos 10 metros por debajo del nivel superior y pronto se precipita en tres cascadas sucesivas de otros 8-10 metros de desnivel agregado. El resto del curso subterráneo del río, de 240 metros de longitud, está constituido por una galería que termina en una resurgencia colgada en la pared oriental, casi vertical, de la barranca del río Salado, a unos 100 metros sobre el cauce actual de este último. Desde la entrada a la salida del curso subterráneo, hay una diferencia de nivel de unos 30 metros. Desde la boca de salida puede verse muy claramente, en la porción terminal de la galería, una terraza de aluviones transportados a través de todo el recorrido subterráneo en una etapa anterior y vueltos a excavar en todo su espesor, de unos 10 metros, pues el cauce subterráneo actual está labrado en la caliza. Hacia la mitad del curso subterráneo sale una galería en dirección SE; poco después se dilata en una gran cámara y se incurva pasando por debajo de dos de las galerías superiores para continuarse en un estrecho pasaje que termina muy cerca del acantilado; está recorrida por un tributario del curso subterráneo principal.

El trazado en zig-zag de una buena parte de las galerías del nivel superior,



sugiere un control por dos sistemas de diaclasas que se cortan en ángulo de unos 70°. La galería de la izquierda describe un circuito completo y se conecta con el comienzo de la galería principal, de tal manera que, en el plano, parece describir un lazo semejante a los que Davis, señala como evidencia de solución bajo el nivel de saturación; en realidad, la conexión citada se hace mediante un pozo vertical, de unos 8 metros de profundidad, de tal manera, que el final de la galería queda más alto que su comienzo. Por otra parte, es verdad, como apunta Bretz (1955), que en las paredes y techo de las galerías superiores, hay bolsas y grietas de solución, que han podido ser formadas bajo un nivel de agua más o menos estancada, o en conducto forzado.

El curso subterráneo del arroyo Zapote, es evidentemente, un caso de captura subterránea. El relleno plio-pleistocénico sepultó la topografía anterior, dejando al descubierto las cimas de los cerros calizos ("huérfanos", en el sentido empleado por Hill). El nivel general de la llanura construccional resultante, es de unos 60 metros por encima del suelo de las galerías superiores, de modo que cabe suponer que el nivel de saturación estuviese, durante un tiempo, por encima de dichas galerías, iniciándose la disolución de las calizas a lo largo de las fracturas; pero este periodo no pudo ser de mucha duración, pues la rápida excavación del valle del río Salado, que corre inmediatamente al W, pronto proporcionó salida a las aguas freáticas del cerro de La Estrella, prosiguiéndose el labrado de las galerías, por las aguas de infiltración; debe tenerse presente al respecto que, como ya se dijo, la mayor parte de las galerías altas están excavadas en las lutitas, hecho que no se compagina con su origen por disolución en aguas freáticas. Bretz (op cit.) indica que el suelo de las galerías altas no presenta evidencias de haber sido recorrido por corrientes subterráneas, lo que es cierto; no obstante, debe tenerse presente que el suelo actual, como en la mayor parte de las grutas secas, no es de roca viva, sino una cubierta gruesa de arcilla, capas de caliza estalagmítica y materiales desprendido de la bóveda, que ocultan todo detalle de la verdadera configuración del fondo.

La red fluvial que forma la cuenca del arroyo Zapote tenía, originalmente, un desagüe epígeo al río Salado; separando el curso de ambos, antes de la pérdida del Zapote, hay una ensilladura (Puente de Dios) que, probablemente, representa el curso epígeo por el que este río confluía con el Salado (Bretz, 1955). El lecho abandonado, está a unos 20 metros por debajo del nivel general del relleno, y a 45 metros sobre la entrada actual de la caverna. Al producirse la captura subterránea, hubo un brusco descenso de nivel de base local, con el consiguiente aumento de actividad erosiva, que produjo el encajamiento observado actualmente en el arroyo de El Zapote, aguas arriba de la cueva; testigo de esta fase de desagüe epígeo es la terraza más alta, ya desgastada por la erosión y que se observa a este nivel, en el valle de dicho arroyo.

La acumulación de aluviones en la porción terminal de la salida del curso subterráneo, atestigua un periodo de depósito anterior, que pudiera haber sido ocasionado por una obstrucción parcial y temporal al final de la galería, por bloques desprendidos de la bóveda; quizás a este episodio del embalsamiento corresponde el depósito de gravas y cantos rodados que se observa en la porción inicial de la galería superior y un resto de terraza situada inmediatamente

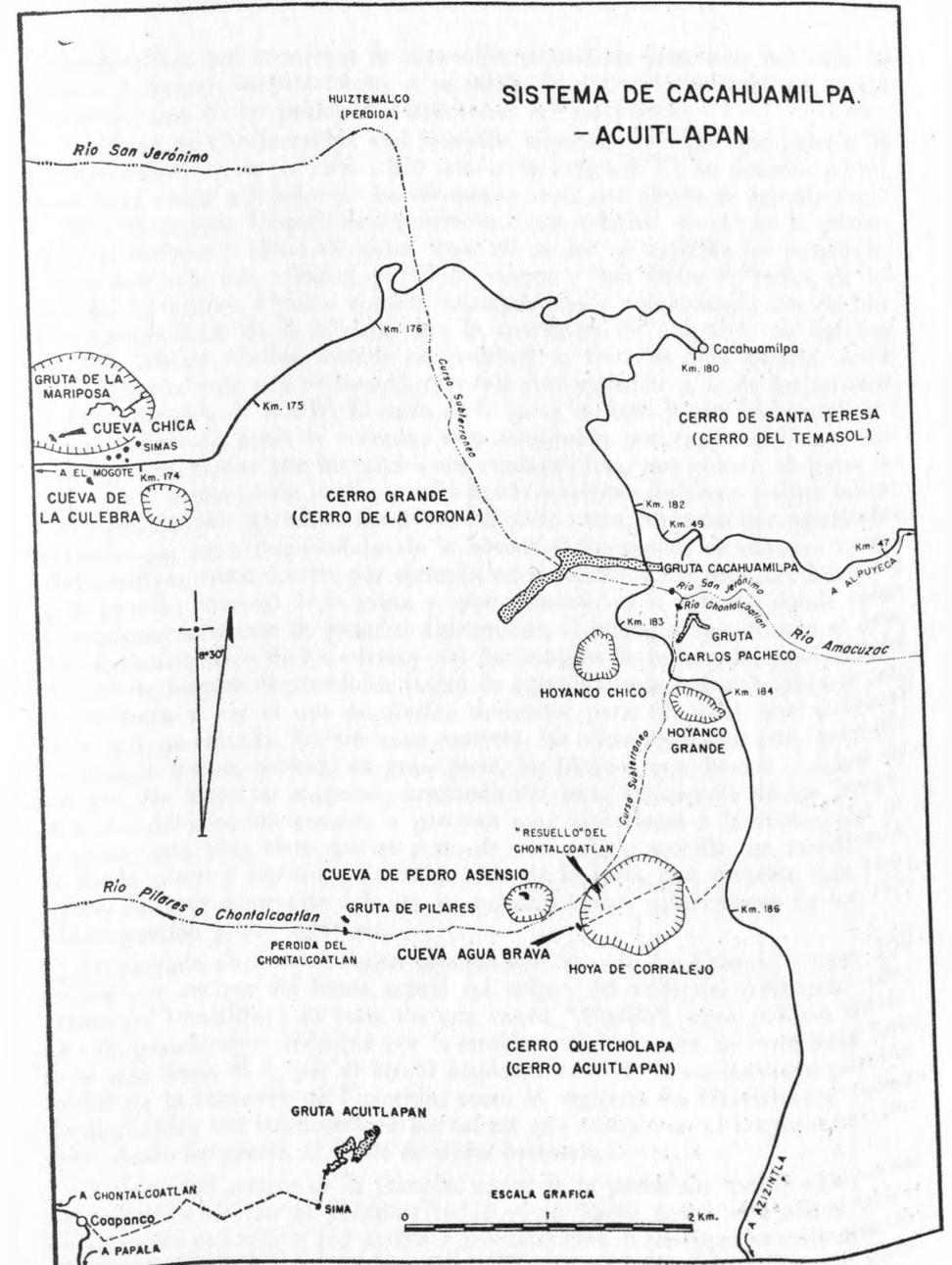
aguas arriba de la entrada de la cueva. En todo caso, el desnivel de unos 100 metros que se establece entre la resurgencia y el fondo del valle actual del río Salado, impide correlacionar tales depósitos con una época en la que el río subterráneo desembocaba a nivel del río Salado, antes de que este excavase el enorme volumen de clásticos que ha tenido que denudar, hasta llegar a su actual nivel.

En resumen, se cree que, sin negar una posible etapa inicial de disolución por aguas freáticas a lo largo de las fracturas, la excavación principal, por lo menos en la lutita, se efectuó por corrientes subterráneas de aguas de infiltración, lo que no excluye la existencia de tramos de inundación hasta el techo, en conducto forzado, que explique las peculiaridades apuntadas por Bretz; la galería inferior está todavía en curso de excavación por las aguas corrientes del arroyo, Zapote, que utilizó grietas preexistentes para la captura subterránea de la porción final de su curso.

Sistema del cerro de Acuitlapan o del Tepozonal. Este cerro calcáreo, es uno de los que forman la alineación montañosa que cierra, por el este, la parte meridional del valle de Ixtapan (Mapa 5); cerca de su cima se abre la gruta de Acuitlapan, labrada en las calizas Morelos (Albiano-Cenomaniano), a una altitud de cerca de 1 500 metros sobre el nivel del mar, es decir, unos 400 metros por arriba del cauce del río Chontalcoatlán, poco antes de iniciar éste su curso subterráneo. Las abruptas condiciones topográficas que prevalecen en la zona, y el estar situada la cueva cerca de la cima de un cerro, hacen prácticamente imposible conjeturar cuales hubiesen podido ser las características concretas del modelado en la época de formación de la cueva; con toda seguridad, el nivel de saturación, si es que existe, está actualmente muy por debajo de las galerías accesibles y las condiciones de incrustación de techo y paredes, así como la acumulación sobre el suelo de materiales desprendidos de la bóveda, han borrado toda huella de la existencia de aguas estancadas, o corrientes que pudieran haber intervenido en su formación.

Unos 170 metros en línea recta al SSW de la entrada de la cueva, existe una sima sin nombre, no explorada, que indica un desarrollo de cavidades mucho mayor que la porción actualmente accesible; sin embargo, no parece haber comunicación directa entre ambas aberturas, pues la cueva, a partir de la entrada, tiene una dirección general hacia el nordeste.

Sistema de Cacahuamilpa. Se desarrolla en la alineación de cerros calcáreos que cierra por el E el valle de Ixtapan; comprende de norte a sur, los cerros Gigante, Jumil y Cerro Grande o de La Corona, constituidos por calizas cretácicas (Formación Morelos) y lutitas calcáreas del Cretácico Superior (Formación Mezcala). Estructuralmente, se trata de pliegues arrumbados de N a S, flanqueados al E y W por el relleno plio-pleistocénico (Formación Chontalcoatlán), que cubre sus faldas, allí donde ha sido respetado por la erosión. Consta de dos pisos separados en la vertical, por cerca de un centenar de metros; el piso superior comprende las dos grutas secas de Cacahuamilpa y Carlos Pacheco, que abren en el flanco oriental del cerro de La Corona (Mapa 6); el inferior comprende los cursos subterráneos del río San Jerónimo y el del río



Chontalcoatlán, que atraviesan la alineación montañosa, para salir del valle de Ixtapan y formar, conjuntamente, a su salida del recorrido subterráneo, el río Amacuzac, uno de los principales tributarios del río Balsas.

La gruta de Cacahuamilpa está formada, esencialmente, por una galería de enormes proporciones, de unos 1 380 metros de longitud. En su primera mitad, la anchura oscila alrededor de los 60 metros, con una altura de bóveda entre los 20 y 30 metros. Después de un estrechamiento relativo, en el que la galería mide en anchura y altura de techo, unos 20 metros, se amplían las proporciones, adquiriendo una anchura de 80-100 metros y una altura de techo, de los 30 a los 70 metros. Algunos macizos estalagmíticos y amontonamientos de bloques desprendidos de la bóveda, dan la apariencia de una serie de enormes cámaras interconectadas, cuando en realidad, se trata de una galería única, no ramificada y de una orientación general perpendicular a la de los estratos, es decir, dirigida de E a W. El suelo de la cueva es llano y casi horizontal, con ligera inclinación hacia la entrada; esta constituido por capas arcillosas más o menos cementadas por incrustaciones estalagmíticas, que cubren el lecho de roca viva y ocultan toda huella que las aguas corrientes hubiesen podido labrar a su paso. Además grandes extensiones del suelo están cubiertas por montículos formados por rocas desprendidas de la bóveda y fragmentos de enormes masas estalagmíticas, como ocurre, por ejemplo, en el llamado "Pedregal del Muerto", en la porción terminal de la gruta y, especialmente, en la entrada, donde como es frecuente en cuevas de grandes dimensiones, el intemperismo acelera el proceso de descamación de los estratos casi horizontales de la bóveda, produciendo un caos de bloques desprendidos (talud de entrada), más o menos cubierto por concreciones y por el que es preciso descender para llegar al nivel original de la antigua entrada. En este caso concreto, las obras realizadas para permitir un cómodo acceso, ocultan, en gran parte, los bloques que forman el talud de entrada. De todas las maneras, prescindiendo imaginariamente de las irregularidades debidas, obviamente, a procesos muy posteriores a la excavación de la gruta, está bien claro que se trata de una galería sencilla, no ramificada, de fondo plano y ligeramente inclinado hacia la boca, que presenta una configuración muy semejante a la de los actuales cursos subterráneos de los ríos Chontalcoatlán y San Jerónimo.

La entrada abre en el flanco oriental del cerro de La Corona, a unos 100 metros por encima del fondo actual del valle del río Amacuzac (barranca de Limotitla); se trata de una cueva "colgada", cuya porción inicial ha sido grandemente reducida por la erosión; originalmente, se extendería bastante más hacia el E, por el actual emplazamiento de la explanada y porción inicial de la barranca de Limotitla, como lo sugieren los travertinos y bolsas de disolución, tan frecuentes en las calizas que afloran en el camino que conduce, desde las grutas, al fondo de dicha barranca.

A unos 400 metros de la entrada, cerca de la pared sur, puede observarse un montículo de gravas y cantos rodados; en buena parte, esta acumulación de aluviones está oculta por arcilla e incrustaciones y atestigua la existencia de una corriente de agua subterránea. Es interesante insistir sobre este dato, puesto que él, por sí solo, echa por tierra la hipótesis de que esta cueva no ha

sido ocupada por un río de origen exógeno. Bretz dice al respecto (p. 370): "The detrital floor nowhere shows any stream sand or gravel", lo que sólo demuestra lo sumario de su visita a la cueva, pues los aluviones están bien a la vista en el camino que forzosamente, siguen todos los visitantes de la caverna. La inspección más superficial muestra que muchos de los cantos rodados son de rocas ígneas, idénticos a los que forman el relleno del valle de Ixtapan. Como dicho relleno, según el mismo autor, jamás llegó a recubrir la parte superior de los cerros calcáreos, es forzoso inducir que fueron introducidos en la cueva por un río, de la misma manera que el actual San Jerónimo transporta dichos materiales por todo su recorrido subterráneo, depositándolos al exterior, en Dos Bocas. Por otra parte, el descubrimiento de aluviones dentro de la cueva, no es nada nuevo, pues data de 1879 y han sido mencionados por varios autores, como se indica en la descripción detallada de la cueva, que puede verse más adelante.

En la primera parte de la cueva, es decir, antes del estrechamiento a que se ha hecho referencia, se observa muy claramente, una marca de agua situada a unos 18-20 metros, conservando una perfecta horizontalidad; aparentemente, representa un episodio bastante tardío en la evolución de la cueva, durante el cual, las aguas corrientes o de infiltración, quedaron represadas a este nivel, posiblemente por los desprendimientos y acarreos que forman el talud de entrada; es interesante este dato porque, por sí solo, puede dar cuenta de las dos bolsas de disolución notadas por Bretz (loc. cit., pág. 37), en la parte inferior de la pared, y que él considera como "phreatic trait". Por otra parte, la regularidad y amplitud actual de la galería que constituye la cueva, hace altamente improbable, que pueda haberse formado sin la intervención de una corriente de agua, al menos de igual magnitud que el actual río San Jerónimo, en cuyo caso, toda traza anterior de disolución por aguas en conducto forzado o bajo el nivel freático, han tenido que desaparecer desde hace mucho tiempo.

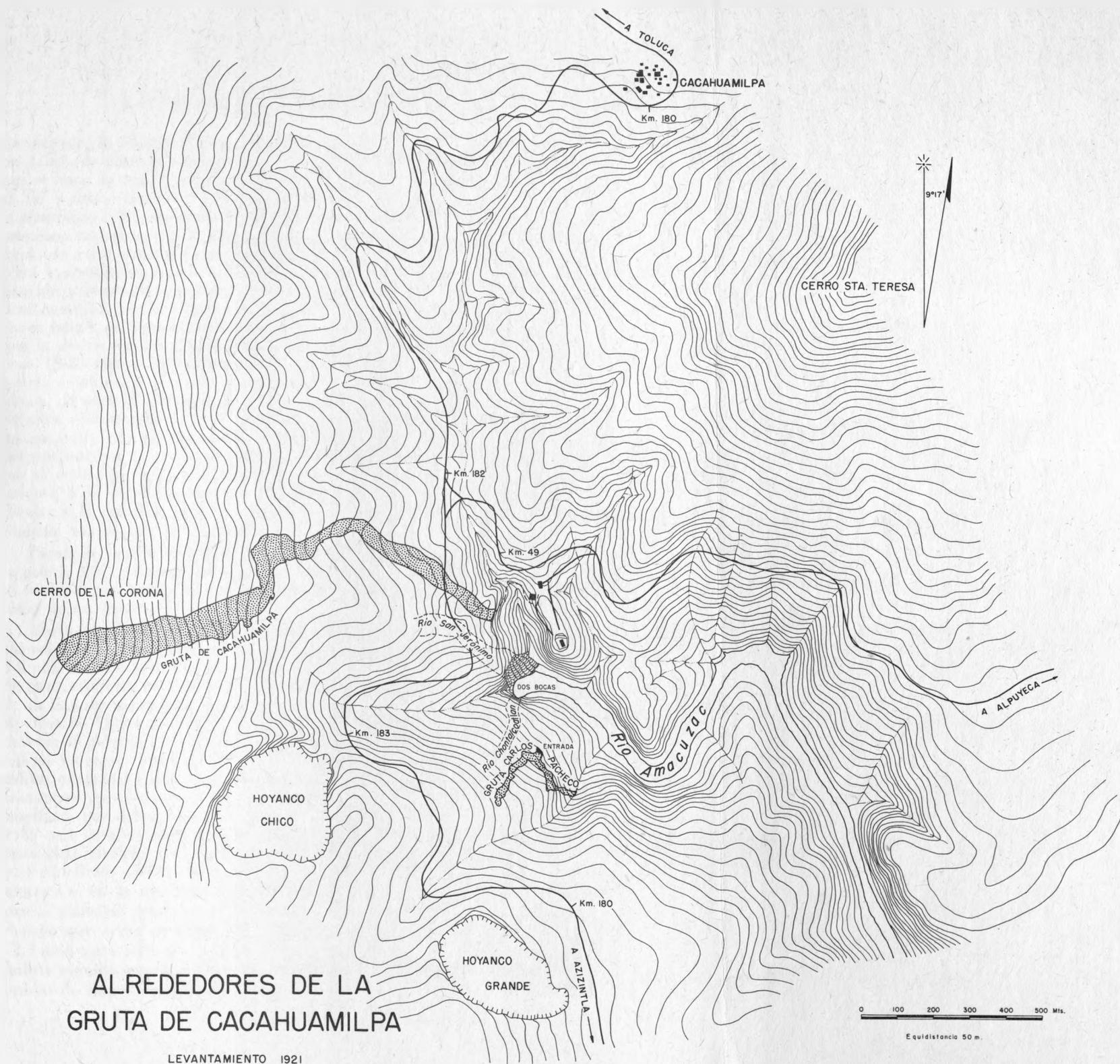
Parece claro que la aparente terminación actual de la gruta en fondo de saco, se debe al imponente amontonamiento de bloques desprendidos del techo y a las coladas estalagmíticas que cierra el acceso; en otras palabras, se supone que la parte accesible no es sino la porción terminal de un antiguo cauce subterráneo, que se extendía hacia el NW atravesando, posiblemente, todo el cerro de La Corona, pero no necesariamente en el nivel de la gruta actual.

Otra particularidad interesante, la constituye una enorme colada estalagmítica, de forma cónica, llamada "Puerto del Aire", adosada a la pared norte: mide unos 120 m de anchura, en su base, por una altura de cerca de 40 metros. En su cima, entre la estalagmita y la pared de la cueva, hay una grieta por la que sale fuerte corriente ascendente de aire, lo que permite suponer la existencia de una comunicación con niveles inferiores de la red subterránea.

La gruta de Carlos Pacheco abre en la misma ladera del cerro de La Corona en que se halla la de Cacahuamilpa, a unos 400 metros de distancia, en línea recta, y a la misma altura que esta última, de modo que también está "colgada" unos 100 metros por encima del fondo de la barranca de Limotitla.



ALREDE
GRUTA DE



ALREDEDORES DE LA
GRUTA DE CACAHUAMILPA

LEVANTAMIENTO 1921
CON ADICIONES DE 1969

0 100 200 300 400 500 Mts.
E quidistancia 50 m.

La entrada, se efectúa por un hundimiento de la bóveda, descendiendo por un talud de entrada semejante al de Cacahuamilpa. Consta de dos galerías que se unen en ángulo casi recto, cerca de la entrada: una de dirección general al SW y otra, orientada al SE. La configuración de cada una de las galerías, es semejante a la galería única de Cacahuamilpa, pero de dimensiones mucho menores; ambas tienen la misma longitud, esto es, 200 metros y terminan en fondo de saco, obturadas por coladas estalagmíticas. El suelo es, prácticamente, plano y situado, en ambas, al mismo nivel; está cubierto por arcilla de decalcificación y capas estalagmíticas que, como en Cacahuamilpa, ocultan la verdadera configuración del fondo rocoso. La galería dirigida al SSW presenta, hacia su mitad, un estrechamiento casi cerrado por grandes macizos estalagmíticos, que la divide en dos cámaras, cada una de unos 90 metros de longitud, por unos 18-20 metros de anchura; la cámara profunda, tiene el techo a unos 10 metros de altura y, cerca de su terminación comunica con una cavidad de disolución, de unos 10 metros de diámetro, por 2 de altura de techo; la cámara más próxima a la entrada es más irregular, con el techo algo más alto (ca. 15 m); en conjunto, esta galería parece seguir la dirección de una diaclasa vertical, perpendicular a la pendiente exterior de la ladera del cerro. La otra galería, por el contrario, es subparalela a las curvas de nivel del cerro y, por consiguiente, a la superficie; parece gobernada, también por una diaclasa perpendicular a la anterior; es más estrecha (ca. 8 m), y la altura del techo, ligeramente mayor que la anchura.

Parece ser que la corriente de agua habría penetrado por el fondo actual de la galería SW, prosiguiendo después de un recodo, por la galería SE para salir al exterior muy cerca del extremo de esta galería que se corresponde con el lecho de un arroyo actual.

El río San Jerónimo se forma en los alrededores de Tenancingo, por la confluencia de varios arroyos que descienden de las estribaciones del Nevado de Toluca; al principio, con el nombre de río de Tenancingo y, después, con el de San Jerónimo, recorre de N a S el valle de Ixtapan, paralelo y próximo al de la cadena montañosa que limita, por el E, dicho valle. En su recorrido de unos 30 kilómetros entre Tenancingo y El Resumidero, desciende unos 700 metros; al principio corre sobre rocas volcánicas, después abre su cauce en el relleno del valle; más al S (San Gaspar) sigue el contacto entre el relleno y las calizas cretácicas o está muy próximo a dicho contacto. En su porción terminal, transcurre por el fondo de una estrecha barranca, de unos 150 metros de profundidad, por debajo del nivel general del relleno, cortada en el fondo de un valle más antiguo, bastante más amplio que la barranca, pero de escasa profundidad; pueden verse restos de dicha terraza aguas arriba del Resumidero y, según Bretz (1952), este antiguo cauce habría sido excavado por el río, en una etapa en la que este salía del valle por un curso epígeo. Esta hipótesis parece plausible, pues este mismo autor señala la presencia de un cauce abandonado que cruza la alineación montañosa entre el cerro Gigante y el cerro El Jumil, para salir del valle de Ixtapan a la llanura de Michapa, por donde habría seguido rumbo al S, en un emplazamiento no lejano al actual cauce del arroyo de Santa Teresa, afluente, por la izquierda, del actual río Amacuzac.

Todavía dentro del valle de Ixtapan, la barranca actual ha cortado no sólo el relleno plioleistocénico, sino también los conglomerados rojos terciarios (Formación Balsas) infrayacentes hasta llegar a las calizas cretácicas.

El tramo subterráneo del río San Jerónimo, se inicia en El Resumidero o cueva de Huiztemalco, precipitándose las aguas en el interior de una grieta de unos 20 metros de anchura, en su base, por unos 50 metros de altura, que se abre al pie de un acantilado calcáreo, de unos 200 metros de altura. En el acceso al resumidero, puede verse el contacto de las calizas cretácicas que forman el cerro, con el relleno de clásticos cenozoicos suprayacentes, de modo que el curso subterráneo se inicia en el contacto de ambas formaciones, de manera análoga a lo que ocurre en la cueva de La Estrella.

Inmediatamente después de pasada la abertura de entrada, el cauce subterráneo se ensancha considerablemente, adquiriendo proporciones semejantes a las de la cueva de Cacahuamilpa; en la pared S, del mismo, hay una cornisa situada a unos 40 metros de altura, sobre el río y, más adelante, éste se precipita por un salto y rápidos, de difícil descenso. El curso subterráneo nunca ha sido objeto de estudio topográfico, a pesar de que cada año es varias veces en toda su longitud, durante la estación seca, por asociaciones deportivas, pero la exploración es muy penosa, pues requiere la permanencia constante, durante muchas horas, en aguas de corriente fuerte y relativamente frías; se trata de una galería, aparentemente sin ramificaciones, que en toda su longitud conserva dimensiones muy semejantes a las de Cacahuamilpa, pero en algunos sitios, el techo es lo suficientemente bajo, para que troncos de árbol, arrastrados por las aguas en la época de lluvias, queden empotrados en él; de todos modos, parece que ni aún en la estación lluviosa hay tramos en conducto forzado, pero la exploración resulta entonces imposible, a causa de la impetuosidad de la corriente. El recorrido subterráneo tiene, aparentemente, una longitud de alrededor de 6 kilómetros; su porción terminal es notablemente paralela y de las mismas dimensiones que la gruta de Cacahuamilpa, situada unos 100 metros más alta y casi en la misma vertical; la resurgencia tiene lugar en el comienzo de la barranca de Limotitla, a unos cincuenta metros de la emergencia del río Chontalcoatlán, de modo que el paraje recibe el nombre de Dos Bocas, y la confluencia de ambas corrientes constituye el origen del río Amacuzac. Dentro del amplio túnel de salida del río San Jerónimo, adosada a la pared izquierda (norte), hay una terraza de aluviones, situada a 25 metros por encima del cauce actual.

El río Chontalcoatlán sirve de desagüe a la mayor parte del valle de Ixtapan; se forma por escurrimientos que descienden de las estribaciones del Nevado de Toluca, y que convergen en dos afluentes principales, los ríos de Malinaltenango y Almoloya (Apetlahuacán), los que, poco después de su confluencia, reciben las aguas del río Salado y al que van a parar las aguas del río Zapote, después de su curso subterráneo por la cueva de La Estrella. Cerca de Chontalcoatlán, se unen el río Grande con el río Chiquito, que baja de la serranía de Tasco, para constituir el río Chontalcoatlán (río Pilares) el que, tras corto recorrido epigeo, inicia su curso subterráneo.

El resumidero del Chontalcoatlán se abre en el extremo norte del cerro de

Techolapa, a unos 5 kilómetros en línea recta del resumidero del San Jerónimo. De manera semejante a éste, también el cauce del Chontalcoatlán, aguas arriba del sumidero, presenta terrazas bien desarrolladas en los clásticos plioleistocénicos y probablemente, en los conglomerados paleógenos; el resumidero se abre, lo mismo que el del San Jerónimo y el del río Zapote, en el contacto de las calizas cretácicas con los sedimentos continentales. Parece claro también que, anteriormente, el río salía del valle en curso epigeo, bien por el emplazamiento del collado actual entre los cerros Techolapa y La Corona, o conjuntamente con el río San Jerónimo y que, asimismo, el curso subterráneo actual es consecuencia de una captura subterránea. Dicho curso subterráneo puede ser recorrido en toda su longitud durante la estación seca como el del río San Jerónimo; tampoco este ha sido objeto de levantamiento topográfico, pero parece tener una longitud de unos 5 kilómetros. Su anchura es bastante menor, de unos 20 metros y altura de bóveda de cerca de 25 metros. Después de atravesar el espolón del cerro de Techolapa, el curso subterráneo cruza por debajo del collado que separa los cerros y penetra en el cerro de La Corona para resurgir en Dos Bocas, casi al lado de la resurgencia del río San Jerónimo. Hacia la mitad del recorrido subterráneo, un hundimiento de la bóveda, permite el acceso al río, por el llamado "resuello" del Chontalcoatlán que se abre en el fondo de la dolina denominada Hoya de Corralejo. La claraboya sirve de sumidero a un pequeño arroyo que se origina en la dolina, y se abre cerca del techo de una enorme cámara de unos 70 metros de altura, por unos 200 de longitud, y unos 40 de anchura, en cuyo fondo corre el río; éste penetra, en uno de sus extremos, por un túnel que tiene una sección transversal de unos 20 x 20 m, y desaparece por otro túnel de análogas dimensiones; así pues, esta cámara representa una dilatación que rebasa mucho, en altura y anchura, a la sección normal del curso subterráneo; en ella se observa una terraza de aluviones, a unos 50 metros sobre el nivel del río, que indudablemente fue depositada después de que la cavidad había alcanzado sus dimensiones actuales, pues está muy por encima de la altura máxima del túnel. Parece ser que hay otras dilataciones semejantes del curso subterráneo, pues casi a un kilómetro del respiradero, existe una colada estalagmítica de proporciones gigantescas, muy semejante a la que sirve para descender hasta el fondo del "resuello".

En la misma dolina de Corralejo, se abre la cueva de Agua Brava que, en época de lluvias, no sólo queda completamente inundada, sino que en su boca se forma al exterior un extenso charco; sus demasías forman un arroyuelo que atraviesa el fondo de la dolina, para sumirse otra vez por el "resuello". Probablemente estas aguas están en comunicación, directa o indirecta, con algún tramo del río subterráneo, aguas arriba del "resuello".

La porción terminal del curso subterráneo del Chontalcoatlán, guarda un notable paralelismo, y es de la misma anchura que la galería principal de la gruta de Carlos Pacheco, situada unos 100 metros más arriba. Obsérvese que las mismas relaciones existen entre la porción terminal del curso subterráneo del río San Jerónimo y la gruta de Cacahuamilpa.

ESPELEOGENESIS

De las hipótesis propuestas para explicar el origen de las grutas del sistema de Cacahuamilpa, únicamente la expuesta por Bretz, en 1955, ha sido basada en observaciones sobre la geomorfología regional; parece pues oportuno exponerla con cierto detalle, para basar en ella la discusión sobre los nuevos datos aportados en este trabajo. Por otra parte, es precisamente Bretz (1942), el autor de la teoría mejor sistematizada, entre las que conceden papel fundamental a la disolución freática, en la génesis de las cavernas, así es que resulta fácilmente comprensible que su interpretación de los fenómenos observados en Cacahuamilpa, esté basada en su propia teoría. Por consiguiente, se considera oportuno comenzar con una exposición resumida de su teoría general, comparándola con las de otros autores.

Las teorías actuales sobre la formación de cavernas en terrenos calizos pueden agruparse en tres escuelas, de acuerdo con el tipo de aguas a que sus respectivos mantenedores atribuyen el papel principal o único. Para unos, no existiría una verdadera capa freática en las calizas y, por consiguiente, todo el trabajo de disolución y erosión subterránea, correspondería exclusivamente a las aguas de infiltración; otros suponen la existencia de una zona de inundación, más o menos permanente (aguas freáticas), por debajo de la zona de infiltración (aguas vadasas) y las opiniones se dividen entre los que atribuyen el papel principal a las aguas vadasas, y quienes piensan que son las aguas freáticas las que ejercen la acción decisiva. A continuación, se resumen los puntos de vista de las principales teorías de cada uno de estos grupos.

Teorías basadas en la acción de las aguas de infiltración.—Son las más antiguas, pues fueron popularizadas a fines del siglo pasado y principios del presente, por Martel (1894-1921) pero actualmente siguen siendo defendidas por autores de gran relieve, como Lehmann (1932), Bourgin (1947), Trombe (1952) y, en general, por quienes derivan su experiencia de las grandes exploraciones recientes en el Carso, Alpes y Pirineos, en algunas de las cuales se han logrado recorridos que suponen un desplazamiento subterráneo, en la vertical, del orden de los 400 a los 1 000 metros. Se resume, en lo fundamental, este punto de vista siguiendo especialmente a Trombe.

Los macizos calizos, después de su emersión, presentan varios sistemas de fisuras, resultado de los fenómenos tectónicos; las juntas, diaclasas y fallas, por un lado, y las superficies de estratificación por otro, forman una red tridimensional de fisuras, que segmentan la masa calcárea en bloques más o menos paralelepípedicos. El agua meteórica, cargada de anhídrido carbónico a su paso por el suelo, penetra profundamente en el sistema de grietas, disolviendo a su paso el carbonato de calcio (corrosión), lo que tiene como consecuencia la ampliación de las fisuras; más pronto o más tarde se producirán hundimientos subterráneos (dolinas, poljes, ponors), que actuarán como colectores de aguas superficiales en un área más o menos extensa. La acción de las precipitaciones acuosas sobre la superficie del terreno, se traduce en una disolución más intensa a lo largo de las grietas preexistentes, aumentando su anchura y profun-

didad, de modo que la superficie queda convertida en una especie de enlosado (limestone pavement); cuando la superficie entre las juntas es plana, o campos de lapiáz, si se forman crestas agudas y onduladas, separadas por grietas profundas y estrechas.

Inicialmente, las aguas meteóricas se introducen en el sistema de grietas, quedando regida su distribución por las condiciones topográficas; más adelante, cuando la ampliación de las juntas llega a cortar los planos de estratificación, se establece una red tridimensional de cavidades anegadas entre los bloques de caliza impermeable; aquí el agua está sometida a presión hidrostática, es decir, que cada partícula acuosa podrá desplazarse libremente en las tres direcciones del espacio, siguiendo la vía más fácil, de acuerdo con la distribución de las presiones. En tanto que no exista desagüe hacia la vaguada más próxima, todo el sistema está a presión, y las aguas se encaminarán, preferentemente, siguiendo la inclinación de los estratos, pero la presión hidrostática a que esta sometida, podrá hacerla remontar por las juntas más o menos verticales o, incluso, seguir un camino paralelo al arrumbamiento de las capas, si encuentra una fractura importante en esa dirección. En estas condiciones, la capacidad de disolución del CaCO_3 viene determinada en función de la temperatura y del CO_2 disuelto, pero la situación no es duradera. En cuanto la profundización de los valles, por erosión superficial, permita el desagüe de la red, se originará automáticamente, un sistema de colectores que, comenzando en las fisuras más finas, se van reuniendo en conductos cada vez más importantes, originando regatos que al reunirse con otros, forman arroyuelos, arroyos e incluso ríos subterráneos en su caso. Al mismo tiempo, penetra el aire en el sistema y el desplazamiento del agua queda sometido exclusivamente a la acción de la gravedad; los fenómenos de disolución (corrosión), pierden importancia y es entonces la erosión mecánica (corrasión), la que interviene fundamentalmente, en el labrado de las galerías. La velocidad y ensanchamiento de los conductos, es función del gasto o volumen de aguas desplazado por unidad de tiempo, de manera que las vías troncales tenderán a ensanchar más rápidamente que las afluentes. Se integra de este modo una red de avenamiento subterráneo, semejante a las epigeas, con un nivel de base local,¹ determinado por la cota del emisario principal; cada una de las corrientes subterráneas tenderá a excavar su lecho, aproximándose al perfil de equilibrio, pero este sólo será alcanzado muy rara vez. Las aguas de infiltración de esta primera red, penetran en profundidad por las juntas, formando, por debajo de ellas, un retículo tridimensional de aguas a presión, semejante al primero, que a su vez encontrará, más pronto o más tarde, salida al exterior, puesto que los valles epigeos tienden a profundizar mucho más rápidamente; se inicia, entonces, una segunda red de avenamiento, con un nivel de base local más profundo y las corrientes de la primera red serán capturadas por las de la

¹ Se emplea aquí el término "nivel de base", en el sentido usual en hidrografía y no como sinónimo de capa freática o capa de saturación, como lo han empleado algunos autores, por ejemplo, Martonne (1920, p. 476) y Trombe (1952), lo que no deja también de estar justificado, pues la superficie freática tiende a ser el nivel de base "local" para las aguas vadasas.

segunda, formándose cascadas y rápidos subterráneos, de tal manera que las galerías formadas primeramente, quedan en seco, convirtiéndose en una "red fósil". La circulación de aire en las galerías secas, determinará los cambios higrométricos y de temperatura, que a su vez condicionan los depósitos estalagmíticos, hundimientos o relleno de cavidades.

El proceso descrito se repite en tanto que siga profundizándose el valle epigeo o hasta que las aguas subterráneas se encuentren con una capa impermeable suficientemente resistente, dando como resultado un abatimiento progresivo de los niveles de base locales, que trae como consecuencia un descenso, también progresivo, de las redes subterráneas; esto explica la disposición en "pisos" superpuestos, de las cavidades naturales, tan frecuentemente observadas en los macizos calcáreos y que, se traduce al exterior, por el hecho de que las entradas de cuevas suelen estar "colgadas", a mayor o menor altura, sobre el fondo del valle, en tanto que las surgencias y resurgencias, por regla general, están a nivel del río epigeo. En un momento determinado de la evolución de un macizo cárstico, pueden encontrarse varios niveles de cuevas "fósiles", en distintas etapas de relleno por incrustación y hundimiento de bóveda, de los cuales, el más alto es el más antiguo, y una red activa, ocupada por aguas corrientes; por ejemplo, en la sierra de El Abra, hay dos niveles de cuevas secas y la red activa (Bonet 1953), pero como el proceso de captura por redes inferiores no es homogéneo, se puede dar el caso de que uno o varios de los sistemas superiores, puedan estar parcialmente activos.

El número de pisos que pueden coexistir, simultáneamente, es limitado: ya se dijo que el proceso termina en profundidad al encontrar las aguas una capa impermeable, que aflore en el flanco del macizo, o cuando cesa la excavación del valle epigeo, por haber alcanzado su perfil de equilibrio. Por otra parte, los procesos de erosión superficial, en la parte alta, van removiendo, lenta pero continuamente, capas de rocas, de modo que la superficie del terreno va cortando porciones de los elementos más antiguos del sistema de cavidades produciéndose así los elementos característicos del paisaje cárstico: dolinas, ponors, poljes, uvalas, valles cerrados, simas, sumideros, etc., cuyos mecanismos concretos de formación, pueden verse, por ejemplo, en Trombe (1952); un caso particular, que merece recordarse, es el de las pérdidas de corrientes epigeas que, a menudo, sufren la captura por la red de galerías subterráneas, fenómeno que ocurre con mucha frecuencia, en el contacto de capas impermeables, con los macizos calcáreos.

La interacción de las limitaciones mencionadas, en superficie y profundidad, permite distinguir ciertos tipos de macizos calcáreos, cuyas designaciones ya son clásicas. Por ejemplo, se llama "carso superficial", al resultado de la erosión de un espesor pequeño de capas calcáreas, en cuya base las aguas llegan a un nivel impermeable; por el contrario, el "carso profundo" o "holokarst", se caracteriza por un potente espesor de calizas, de profundidad desconocida, cuyas aguas no llegan a alcanzar un nivel impermeable; en el llamado "carso antiguo", la erosión ha provocado la destrucción y derrumbe de todos los niveles calcáreos (fase final del ciclo cárstico); es el caso opuesto al "carso juvenil". Hay también los tipos de "carso de transición" y "merokarst"; este

último se refiere a macizos calcáreos con intercalaciones de margas o lutitas, que dejan abundante residuo arcilloso al disolverse las calizas.

En ocasiones, los niveles inmediatamente superiores a la red activa quedan inundados; por ejemplo, en las crecidas fuertes, ciertos segmentos de galerías o pozos verticales pueden funcionar a tubo lleno (corriente forzada), como vertederos de demasías (trop plein). Aún en las galerías fósiles más antiguas el agua de infiltración puede formar charcos o lagos permanentes, a veces de gran profundidad; en la red activa los derrumbes y aluviones transportados pueden obstruir parcialmente el paso de las aguas, formando embalses de consideración. Es importante anotar que en estos casos pueden desarrollarse fenómenos de disolución secundaria que, en principio, es imposible distinguir de los que, según los mantenedores de otras teorías, originaría el agua freática. A este respecto cabe mencionar un mecanismo por el cual las galerías de redes fósiles pueden quedar inundadas por completo, originando algo semejante a una falsa capa freática; esto ocurre cuando la acumulación de aluviones en el valle epigeo llega a cubrir los emisarios de la red activa o aún de redes fósiles; no sólo quedan completamente anegadas las cavidades, sino que es posible un desplazamiento lento de las aguas que escapan como "underflow" o corriente subálvea en el espesor de los aluviones permeables del valle epigeo. En este caso, las galerías inundadas pueden adquirir características atribuibles a la disolución por aguas freáticas, pero en realidad, la excavación ha sido producida primeramente por erosión debida a aguas que fluyen en superficie libre.

Resumiendo los puntos esenciales de la teoría que se discute, puede llegarse a las siguientes conclusiones:

1º El desplazamiento en profundidad de las aguas subterráneas resulta de la disolución (corrosión), por aguas a presión, mientras que la ampliación y modelado definitivo de pozos y galerías accesibles al hombre, se debe, esencialmente, a erosión mecánica (corrasión), por aguas corrientes con superficie libre.

2º Como consecuencia, en las cavidades accesibles la erosión ha tenido que borrar todo trazo de la primitiva disolución a presión.

3º Las fisuras capilares no juegan papel alguno en hidrología cárstica.

4º El sistema de conductos subterráneos puede presentar zonas de flujo a presión en conducto forzado, pero en general, la carga hidráulica es local y temporal, la profundización progresiva de las aguas disminuye la zona de flujo forzado a beneficio de la zona de flujo libre.

5º En las zonas de flujo a presión pueden ocurrir fenómenos de disolución secundaria (corrosión) que, en principio, no pueden distinguirse de los que consideran como indicios de solución en la capa freática en las teorías que suponen la existencia de dicha capa.

6º No existen reservas hídricas en los terrenos cársticos, comparables con las constituidas por la capa freática en otros tipos de terrenos.

Teorías basadas en la acción de aguas vadasas.—Un excelente resumen de estas teorías puede encontrarse en Warwick (1953), quien cita como antecedentes a Dwerryhouse (1907), Simpson (1935), y Myers (1948). Davis (1930,

1931) distingue entre cuevas de "un ciclo" formadas de acuerdo con este grupo de teorías y cuevas de "dos ciclos", cuyo origen lo atribuye a mecanismos que encuadran en el tercer grupo de teorías que se exponen después. Se refiere a la intervención de uno o dos ciclos de erosión y, por esto, a las teorías del 1º y 2º grupo se las denomina "teorías de un ciclo" y a las del tercero, como "teorías de dos ciclos". Se seguirá al primero de los autores mencionados en la corta exposición que sigue.

Las aguas de infiltración penetran en la red de grietas de los macizos calcáreos descendiendo hasta acumularse en los niveles inferiores; allí forman un depósito continuo de líquido sometido a presión constituyendo un acuífero; esta es la llamada capa freática o zona de saturación, que viene a constituir un nivel de base subterráneo (Bourgin). Las aguas subterráneas, en tránsito entre la superficie y la capa freática, se mueven en corrientes con superficie libre y constituyen las aguas vadasas, únicamente sometidas en sus desplazamientos a la acción de la gravedad. Es decir, en los terrenos calcáreos lo mismo que en los constituidos por otras clases de rocas, las aguas de infiltración se distribuirían en dos zonas: zona vadosa y zona freática, separadas por la superficie freática ("water table").

Las aguas vadasas, no sometidas a presión, tienden a descender hasta la superficie freática siguiendo el camino más próximo a la pendiente máxima compatible con la irregularidad de los conductos. Por el contrario, las aguas freáticas se desplazan por diferencias de presión que pueden actuar en todas direcciones, incluso la vertical ascendente. La única diferencia que habría entre un acuífero calcáreo y un acuífero constituido por arenas o gravas, es que en este último, los espacios libres para el desplazamiento del agua están constituidos por la porosidad intergranular, que es del mismo orden de magnitud que los elementos sólidos, en tanto que en acuíferos calcáreos, el agua sólo puede desplazarse por las grietas abiertas entre los grandes bloques de caliza impermeable. En ambos casos la superficie freática no es un plano a nivel, sino una superficie convexa cuya mayor altura corresponde al centro del macizo, y sus cotas más bajas quedan determinadas por los ríos epigeos más próximos; el desnivel no es mucho, siempre inferior al que corresponde al 1% de pendiente. La carga hidráulica así creada, produce un flujo lento de las partículas acuosas, por todos los pasajes naturales, pero no necesariamente siguiendo la línea de pendiente, sino profundizando en el espesor de toda la capa freática, para volver a ascender al lecho del río, siguiendo trayectorias ascendentes próximas a la vertical.

De todas las maneras, los autores que propugnan estas teorías, suponen que las aguas, al atravesar las cavidades aireadas de la zona vadosa, pierden, por una parte, el exceso de CO_2 acumulado, a su paso por el suelo y, por otra, se saturan de CaCO_3 , de manera que no conceden importancia al poder de disolución del agua en la capa freática, y las cavidades se modelarían exclusivamente mediante erosión mecánica producida por aguas vadasas; así pues, por lo que respecta al origen de las cuevas, vienen a coincidir con los partidarios de las teorías del primer grupo, de manera que la existencia o ausencia de capa freática, no introduce diferencia esencial por lo que se refiere al origen de

las cavidades accesibles; al tratar de las teorías del primer grupo ya se explicaron los procesos correspondientes y por consiguiente, no se repitieron aquí. En cambio, sí puede ser importante el probar la existencia o no de aguas freáticas en otro tipo de problemas, como los de hidrología subterránea y, concretamente, en el origen de la fauna cavernícola acuática, que comprende tantos relictos ("fósiles vivientes" de Jeannel), de faunas desaparecidas en las aguas superficiales; pero este no es un asunto que pueda resolverse exclusivamente por métodos espeleológicos directos, es decir, por el estudio de las cavidades accesibles al hombre. A este respecto debe existir gran cantidad de información obtenida en la perforación de pozos profundos y en el estudio de la dinámica de flúidos (aguas, petróleo y agua) durante la explotación de hidrocarburos y agua potable albergados en rocas calcáreas; pero desgraciadamente, a pesar de los intentos de Moneymaker (1949), no parece haberse intentado una sistematización de estos datos, desde el punto de vista que nos ocupa.

La llamada teoría de la "invasión" propuesta por Mallot (1937), coincide esencialmente con los puntos de vista expuestos, pero considera necesario, para explicar el origen de las grandes cavernas, la captura subterránea de corrientes epigeas de alguna importancia por el sistema de cavidades abierto por las aguas vadasas. Gardner (1935), quien deriva su experiencia de la perforación de pozos petroleros, piensa que la masa principal de la capa freática es esencialmente estática hasta que los valles epigeos cortan a través de ella, provocando su desagüe parcial; las grandes cuevas se formarían por la erosión de las aguas vadasas ampliando los conductos ocupados primeramente por las aguas freáticas.

Cvijic (1918) y Swinnerton (1932), señalan la importancia de la "zona de fluctuación" situada entre las zonas vadosa y freática, que comprendería el espacio ocupado por la superficie freática en sus oscilaciones dependientes de la variación en el volumen de las precipitaciones. El primero considera que, en la zona vadosa, el recorrido de las aguas infiltradas es principalmente vertical, pero que la erosión de galerías horizontales se hace, casi exclusivamente, en la zona de fluctuación. Swinnerton piensa que las aguas freáticas son todavía capaces de disolver pequeñas cantidades de caliza, pero sin importancia si se considera el trabajo total de excavación llevado a cabo por las aguas vadasas; estas, al descargar en la superficie freática, crean irregularidades de carga, que se traducen en escurrimientos horizontales, de tal manera, que el desarrollo principal de galerías, tendría lugar justamente, en el límite de las aguas vadasas con las freáticas, inmediatamente por encima o incluso por debajo de la superficie freática.

Teorías basadas en la acción de las aguas freáticas.—La primera exposición sistemática del origen de las cavernas bajo la superficie freática es debida a Grund (1903-1910) seguido por Martonne (1920), pero la popularización de esta teoría se debe principalmente a autores estadounidenses que han trabajado principalmente en zonas en las que predominan calizas dispuestas en estratos casi horizontales. Ya se ha dicho que Davis (1930-1931), considera dos tipos de cuevas desde el punto de vista de su origen: las que denomina cuevas de un solo ciclo, originadas y desarrolladas exclusivamente por aguas vadasas

durante un ciclo erosivo y, por consiguiente, su explicación entraría dentro del grupo de teorías ya descritas. Pero según él, existirían además cavidades cuyo origen no sería explicable sino suponiendo que han sido formadas por disolución bajo la superficie freática; claro es que para que las galerías así formadas sean accesibles, han tenido que ser evacuadas por las aguas, lo que supone un abatimiento considerable del nivel freático; esto, a su vez, supone un rejuvenecimiento del sistema hidrográfico epigeo y, por consiguiente, la intervención de dos ciclos erosivos; de aquí el nombre de cavernas de dos ciclos dado por Davis y que después, se ha extendido para designar, en general, las teorías de este grupo.

La posible existencia de cavidades formadas en estas condiciones supone un aumento considerable en la edad atribuida a las cavernas; según las ideas corrientes las grutas actuales "no son, sin duda, más antiguas que tres o cuatro millones de años" y, por consiguiente, "no pueden ser más antiguas que el Plioceno" (Jeannel, 1949). Por el contrario Davis considera que las cuevas de dos ciclos pueden iniciarse tan pronto como las aguas dulces comienzan a substituir a las aguas marinas como consecuencia de la emersión; esto arrojaría una edad posible para las desarrolladas en calizas del Carbonífero, de unos 200 millones de años (Warwick, 1953), si bien, el desarrollo activo sólo puede tener lugar en los períodos durante los cuales las calizas estuviesen suficientemente próximas a la superficie para ser invadidas por las aguas freáticas.

Los movimientos ya explicados de las aguas freáticas tenderían a crear una compleja red tridimensional de galerías, más bien que sistemas desarrollados a un sólo nivel; el desarrollo consistiría en disolución de las paredes, coalescencia de conductos previamente separados, y por derrumbes del techo que posteriormente serían eliminados por disolución; resultaría indispensable la inauguración de un nuevo ciclo de erosión, a un nivel inferior, para explicar su presencia por encima de la superficie freática. Ya en la zona vadosa, los procesos de erosión mecánica, incrustación, derrumbes, etc., superpondrían su modelado peculiar al originado en la zona freática, por consiguiente, en las cavidades accesibles, se tendrían juntos los dos tipos de características, a modo de palimpsesto. Davis considera, como señal de solución en la capa freática, los "lazos" y "circuitos cerrados" de galerías desarrollados en un plano, pero fue Bretz (1943) quien amplió y sistematizó las características diferenciales de ambos tipos de erosión. Los indicios de formación por aguas freáticas, de acuerdo con este autor, serían los siguientes: 1º.—Textura esponjosa ("spongeworks"), 2º.—Anastomosis en superficies de estratificación, 3º.—Anastomosis en planos de juntas, 4º.—Tubos y semitubos, 5º.—Bolsas de disolución, 6º.—Cavidades desarrolladas en juntas, 7º.—Puentes y particiones, 8º.—Galerías en retículo ("networks") y 9º.—Cámaras horizontales en estratos verticales. Una descripción abreviada de tales peculiaridades puede verse en Warwick (1953). Para la mayor parte de ellas y, concretamente, las enumeradas del 1 al 6, nuestro punto de vista es que sólo son indicios de origen por solución, pero esta puede ocurrir también en aguas vadosas, por ejemplo, por aguas en conducto forzado, o por aguas corrientes represadas por desprendimiento de bóveda, entre otras causas (zonas de circulación a presión de las teorías basadas en aguas vadosas). En cuanto a las tres últimas características, hay que analizar

cada caso concreto y evaluar si su origen no puede ser explicado por hipótesis alternativas.

Las teorías de dos ciclos explican la formación de cavernas, tanto en las regiones montañosas, como en las de escaso relieve, a pesar de que en esta última resulta difícil admitir la intervención de aguas vadosas. Pero aún así, cada caso debe evaluarse por sus propios méritos. Por ejemplo, Davis se refiere varias veces a las cuevas y cenotes de Yucatán, en relación con las cuevas de dos ciclos; se trata, en efecto, de una llanura elevada solamente unos pocos metros sobre el nivel del mar, constituida por calizas en estratos horizontales, sin ninguna corriente de agua en la superficie y provista de numerosas cuevas y "cenotes"; estos son ponors de hundimiento, en cuyo fondo, hay un nivel permanente de aguas, probablemente conectadas por corrientes subterráneas; todo el desagüe se efectúa por resurgencias submarinas. No hay indicios de que esta masa calcárea haya sido rebajada de una manera significativa por la erosión, de los niveles más altos. Así pues, todo a primera vista parece indicar un origen de las cavidades subterráneas por disolución en la capa freática; en las condiciones actuales, es difícil imaginar como las aguas vadosas o de infiltración hayan podido excavar este gran sistema de cavidades. No obstante, si se tiene en cuenta que durante el Pleistoceno, el nivel del mar sufrió un considerable abatimiento eustático, cabe la posibilidad de que la actual red activa, subterránea, haya sido formada en la zona vadosa, y que las condiciones actuales sean el resultado de una elevación secundaria del nivel de base, consecuencia de la transgresión postpleistocénica.

Otra idea de Bretz (1953-1955), sobre el origen de las cuevas, es la etapa de relleno de cavidades por arcillas de decalcificación. A medida que avanza el proceso de reducción del relieve epigeo, la fracción arcillosa más fina de los elementos residuales dejados al disolverse las calizas, penetraría en las cavidades todavía llenas de agua, depositándose en suelo y paredes hasta terminar, en ocasiones, por llenar la cavidad; este sería un depósito de aguas estancadas, resultantes de la desaparición de la presión hidrostática, al avanzar el proceso de peniplanación. La invasión por aguas vadosas, subsecuente al abatimiento del nivel freático, tendería a eliminar el depósito arcilloso, pero, a veces, quedarían residuos en techo y paredes, testigos del anterior relleno de la cavidad. No siempre la presencia de arcillas en techo y paredes tiene esta significación: en la cueva de Agua Brava, techo y paredes están cubiertos de arcilla que es depositada por la surgencia de agua que ocurre cada temporada de lluvias, según se explica más adelante.

Resumiendo lo dicho sobre los tres grupos de teorías, puede concluirse que los mecanismos espeleogénicos postulados por los dos primeros son idénticos, exista o no una capa freática continua; que el tercer grupo postula un posible origen de cavidades en la capa freática cuya evidencia rara vez es inequívoca y que, en cada caso particular, debe evaluarse de acuerdo con las condiciones geomorfológicas presentes y pasadas, antes de llevar a conclusiones aceptables.

Análisis crítico de la hipótesis de Bretz sobre el origen de las cuevas de la región de Cacahuamilpa.—Este autor, en un notable trabajo publicado en 1955, describe el resultado de sus observaciones en la región de referencia. El que

esto escribe tuvo la suerte de acompañar al autor en una buena parte de su expedición, lo que le proporcionó la oportunidad de conocer, de viva voz, su autorizada opinión sobre este asunto y conocer, de primera mano las evidencias en que basa sus deducciones; observaciones posteriores, hechas en la misma zona, nos han llevado a conclusiones diferentes en algunos aspectos; por consiguiente, se cree oportuno entresacar de su trabajo, únicamente los datos primarios, cuya apreciación ha quedado modificada por las nuevas observaciones del autor de esta memoria que se mencionaron en el capítulo anterior. Después se resumirán las conclusiones generales de Bretz y las que se proponen aquí.

Refiriéndose a las cuevas de la región, indica (p. 364), "two lack any record that such streams ever used them"; por el contexto está claro que se refiere a Cacahuamilpa y Carlos Pacheco; pero ya se ha visto, en la página 39, que la primera presenta un depósito de aluviones de origen exógeno indiscutible y en las dos la capa arcillosa y estalagmítica que constituye el piso actual, oculta todo trazo que dichas corrientes hayan podido dejar en el suelo de roca viva primitiva.

Sobre los cursos subterráneos de los ríos Chontalcoatlán y San Jerónimo, dice (pág. 364): "they become tube full during the rainy season"; ya se indicó anteriormente, que hay en el recorrido algunos tramos de techo relativamente bajo pero puede afirmarse que aún en las más fuertes crecidas, la mayor parte del recorrido de ambos ríos se efectúa bajo bóvedas situadas a varias decenas de metros sobre el nivel máximo de los ríos subterráneos. Debe indicarse que Bretz no pudo penetrar en ninguno de estos ríos, pues su viaje coincidió con la temporada de lluvias. El resumidero del río San Jerónimo "is only a vertical slotlike opening... (the river) becomes definitely narrower as it disappears underground". No se cree necesario insistir en que el curso subterráneo es del mismo orden de magnitud que la cueva de Cacahuamilpa.

Bretz señala varios "freatic traits" en Carlos Pacheco y grutas de La Estrella, entre ellos "The complicated ground plan of branching and intersecting passages in the upper portion of Estrella", y las bolsas de solución en techo y paredes, así como un pilar rocoso (partición) en el centro de la cascada subterránea; el plano de la cueva es menos complicado de lo que dejan translucir las frases anteriores; muestra indicios de estar gobernado por dos sistemas de juntas y, especialmente, no debe olvidarse que las galerías superiores a las que se refiere, no están fraguadas en calizas, sino en lutitas en las que difícilmente pueden esperarse galerías formadas por disolución. En conexión con esto, cabe apuntar que al referirse a la etapa de relleno arcilloso dice: "only Estrella has yielded suggestions that it ever possessed a complete clay fill. The gray clay in Estrella may be a volcanic clay that has been worked down through crevices in the cave roof"; la arcilla de esta cueva resulta simplemente de la desagregación de las paredes lutíticas de las galerías, de modo que no representa residuos de una pretendida etapa de relleno.

Por último, cabe recordar que las señales de disolución presentes, pueden ser atribuidas tanto a disolución en la capa freática, como a la efectuada en conducto forzado en la zona vadosa (porción calcárea de la cueva de La Estrella), o aguas vadasas represadas (Cacahuamilpa y Carlos Pacheco).

Para Bretz, la secuencia de eventos que originaron el sistema de Cacahuamilpa, comprende dos episodios freáticos y dos vadosos. El primer episodio freático ocurrió durante el proceso de reducción de los pliegues laramídicos que afectaron las calizas "long before that range had taken on its prevolcanic relief and form. Cacahuamilpa, Carlos Pacheco, and Estrella date from this time. Probably lower caves now tied together to make the San Jeronimo and Chontalcoatlán underground routes date from the same time". Cuando los valles próximos (Ixtapan y Amacuzac), profundizaron por debajo de las cuevas, sobrevendría el primer episodio vadoso, quizá con depósitos estalagmíticos y, posiblemente, las cavidades fueron recorridas por corrientes vadasas; sobre este episodio Bretz indica: "The record for this is poor", sin comentar más. El relleno por clásticos pliocénicos de los valles antes mencionados, habría tenido como consecuencia, la elevación del nivel de la superficie freática y la inundación, de todas las cuevas, por aguas estancadas; "This event is almost wholly inferential; no know cave features of the region seem to record it", dice Bretz; en esto estamos completamente de acuerdo. La etapa actual representaría el segundo episodio vadoso, durante el que habría ocurrido la invasión de los ríos, por captura subterránea, al cortar sus cauces en el relleno que cubre los valles primitivos.

Puede verse claramente que esta complicada historia no está fundada en los hechos observados, si bien, estos tampoco la contradicen en su esencia. Más bien, resulta una consecuencia forzada, al postular para el origen y desarrollo de estas cuevas, una edad anterior al relleno de los valles. Por otra parte, la conformación y dimensiones actuales, tanto de los cursos subterráneos como de las grutas de Cacahuamilpa y Carlos Pacheco, parecen ser todo lo contrario de lo que cabría esperar, si su desarrollo definitivo se hubiera efectuado por disolución en la capa freática; en lugar de una red tridimensional de galerías, se trata de conductos sencillos, sin ramificaciones, como si su modelado definitivo hubiese sido efectuado por los ríos subterráneos que, aún hoy, corren por las galerías inferiores.

El notable paralelismo, así como las semejanzas de posición, amplitud y desembocadura entre la gruta de Cacahuamilpa y el Río San Jerónimo, por un lado, y entre la gruta de Carlos Pacheco y el río Chontalcoatlán, por otro, no parecen ser obra del azar; por el contrario, sugieren que en cada caso, las galerías superpuestas han sido labradas por el mismo río, en dos etapas sucesivas de profundización del nivel de base local, como es el caso general en las corrientes subterráneas.

Conclusiones.—Los puntos de vista propios, expuestos en los capítulos anteriores, pueden resumirse de la manera siguiente:

1.—Las erupciones volcánicas desde poco antes del Plioceno hasta comienzos del Pleistoceno dieron origen a gran cantidad de clásticos, que las aguas transportaron hasta rellenar, en gran parte, las depresiones de la topografía anterior, concretamente, los valles de Ixtapan y Amacuzac. Debe aclararse que estos clásticos no comprenden elementos del basalto pleistocénico que forma la masa del Nevado que actualmente cierra el valle por el norte; por consiguiente la for-

mación de esta barrera pleistocénica entre los valles de Toluca e Ixtapan, es posterior al relleno del valle de Ixtapan.

2.—Los clásticos pliocénicos enterraron las faldas de los cerros calcáreos, dejando al descubierto su porción superior. Es inútil especular cuales hayan podido ser las condiciones topográficas y fenómenos erosivos anteriores al relleno; sólo se sabe que los cerros calcáreos han estado emergidos desde fines del Cretácico y que la revolución laramídica fue el agente causal de las condiciones tectónicas actuales; durante el Eoceno-Oligoceno, hubo un primer relleno de clásticos continentales, semejante al de fines del Plioceno.

3.—Es de suponer que durante el largo período transcurrido desde la emergencia, ocurrieron fenómenos de erosión cárstica en los cerros calizos, que originaron un sistema de fisuras análogo al que presentan otros macizos calcáreos, pero sobre cuyas características específicas nada se puede asegurar en concreto. Para los efectos de la discusión que sigue, es indiferente que el sistema de fisuras haya sido ampliado e integrado por aguas de infiltración, por aguas vadosas o por aguas freáticas.

4.—Las galerías superiores de la cueva de La Estrella, no han podido originarse por solución, pues están excavadas en lutitas; parece claro su origen por erosión de aguas de filtración o vadosas. Las señales de disolución visibles en la parte calcárea de las mismas, puede explicarse por corrosión en conducto forzado.

5.—Al terminar el relleno del valle de Ixtapan, todos los ríos tenían un curso completamente epigeo y, específicamente, pueden reconocerse los cauces epigeos abandonados por los tres ríos que en la actualidad tienen cursos subterráneos: arroyo del Zapote, río Chontalcoatlán y río San Jerónimo; los dos últimos habrían constituido el desagüe superficial del valle de Ixtapan, confluyendo dentro del mismo para salir por el cauce abandonado (epigeo) situado en la cañada de Michapa cerca de Agua Colorada, o bien independientemente.

6.—Los tres ríos sufrieron posteriormente la captura subterránea de su curso epigeo y, como es normal en estos casos, la captura tuvo lugar, precisamente, en el contacto entre los clásticos y la caliza. La captura se efectuó a beneficio de las grietas preexistentes y, a partir de este momento, comenzó el modelado y ampliación de galerías, por la acción mecánica de las aguas y elementos transportados.

7.—La regularidad, relaciones de posición, paralelismo y, especialmente, la analogía de conformación, hace plausible la suposición de que la actual gruta de Cacahuamilpa representa la porción terminal del primitivo curso subterráneo del río San Jerónimo; el proceso normal de profundización de los cursos subterráneos, dejó seco, total o parcialmente, el curso subterráneo superior, para adquirir el actual que resurge en Dos Bocas, unos 100 m por debajo del antiguo nivel. La presencia de aluviones exógenos en Cacahuamilpa, es prueba

indiscutible de que esta cavidad sirvió de cauce a un río subterráneo, originado en el mismo valle de Ixtapan.

8.—Análogamente y por las mismas razones, cabe suponer que la gruta de Carlos Pacheco representaría la antigua porción terminal del curso subterráneo del Chontalcoatlán, que actualmente desemboca a un nivel inferior, pero, en este caso, no hay evidencia directa del paso de corrientes de agua por la gruta de Carlos Pacheco.

9.—Es probable que la captura subterránea del río Chontalcoatlán haya ocurrido en dos etapas, la primera al formarse la dolina de Hoya de Corralejo, por el llamado resuello del río, la segunda, por el actual resumidero; esto sería un ejemplo concreto de la regla general, según la cual, las pérdidas de corrientes epigeas, tienden a remontarse aguas arriba, (erosión remontante subterránea) mientras que las resurgencias se desplazan aguas abajo.

10.—Las señales de corrosión por disolución, que pudieran haber dejado las aguas freáticas, caso de que hayan existido, han debido desaparecer al ampliarse las galerías por el paso de las corrientes exógenas; los indicios de disolución que puedan apreciarse en la actualidad, muy escasos en Cacahuamilpa, algo más numerosos en Carlos Pacheco y porción calcárea de las galerías altas de La Estrella, son de origen secundario, es decir, formadas por aguas vadosas en conducto forzado o en estancamiento relativo. Las evidencias directas de erosión mecánica por corrientes de agua, en Carlos Pacheco y Cacahuamilpa, pueden estar ocultas bajo el relleno arcilloso y estalagmítico que, actualmente, constituye el suelo de dichas cuevas.

11.—El descenso del desagüe subterráneo, desde el nivel de las grutas secas a las actuales resurgencias, sólo pudo tener lugar al profundizar suficientemente la excavación del valle del Amacuzac. Como el volumen de excavación por unidad de tiempo, es proporcional al gasto, es claro que la profundización de este valle ha tenido que progresar mucho más rápidamente que el de sus tributarios Chontalcoatlán y San Jerónimo.

12.—El descubrimiento del nivel inferior de desagüe subterráneo, ha jugado el papel de un descenso brusco del nivel de base local, con el consiguiente rejuvenecimiento de la acción erosiva de los tributarios; esto explica la presencia de terrazas, aguas arriba de la porción subterránea de los ríos Chontalcoatlán y San Jerónimo.

*
* * *

No obstante lo anteriormente expuesto, no se cree que haya sido dicha la última palabra sobre este problema; la exploración detenida de los cursos subterráneos, que todavía no se ha llevado a cabo, puede proporcionar datos que modifiquen, substancialmente, la apreciación de muchos puntos oscuros. Incluso las cuevas de Cacahuamilpa y Carlos Pacheco, no pueden considerarse todavía como bien conocidas. Es necesario un estudio pormenorizado de muchos

Dr. Victor M. Malincha O.

trazos y señales, evaluándolos objetivamente, a la luz de las diversas teorías: se cree que excavaciones y sondeos sistemáticos del suelo de las grutas, pueden proporcionar datos capaces de modificar algo las conclusiones anteriores; concretamente, debe evaluarse, la importancia y extensión de los aluviones del interior de Cacahuamilpa, estudiando su estratigrafía detallada. Simplemente las enormes proporciones de las galerías, especialmente en Cacahuamilpa, hace muy difícil o imposible la observación de trazos significativos en el techo y parte alta de las paredes, que podrían estudiarse empleando equipo pesado de escalamiento, por ejemplo, mástiles con escalas. Otro punto que requiere atención para el futuro, es la estratigrafía fina de las potentes capas de aluviones situados en la desembocadura de los ríos subterráneos y en el respiradero del Chontalcoatlán. En otro orden de ideas, deben fijarse las relaciones entre los conglomerados eoceno-oligocénicos y las terrazas de los cursos del Chontalcoatlán y San Jerónimo, en fin, quedan todavía algunos puntos significativos por esclarecer y, en la discusión que antecede, se ha tratado solamente de confrontar hipótesis de trabajo, con los datos actualmente existentes.

BIBLIOGRAFIA SOBRE EL ORIGEN DE LAS CAVERNAS

- BONET, F. 1953. Datos sobre las cavernas y otros fenómenos erosivos de las calizas de la Sierra de El Abra. Memoria del Congreso Científico Mexicano, III. Ciencias Físicas y Matemáticas, Geología: 238-266. México.
- 1953. Cuevas de la Sierra Madre Oriental en la Región de Xilitla. *Instituto de Geología. Bol.* 57:97 págs.
- BOURGIN, A. 1945. La question du niveau de base. *Revue de Géographie Alpine.* 33 (1): 99.
- BRETZ, J. H. 1942. Vadose and phreatic features of limestone caverns. *Jour. Geol.* 50: 675-811.
- 1953. Genetic relations of caves to peneplains and big springs in the Ozarks. *Amer. Jour. Sci.* 5 (251): 1-24.
- 1955. Cavern-Making in a part of the Mexican Plateau. *Jour. Geol.* 63 (4): 364-375.
- CVIJIĆ, J. 1918. Hydrographie souterraine et évolution morphologique du Karst. *Rec. Trav. Instit. Geogr. Alpine.* 6 (4).
- DAVIS, W. M. 1930. Origin of Limestone Caverns. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 41 (3): 475-628.
- 1931. The Origin of Limestone Caverns. *Science.* 73: 327-333.
- DAVIES, W. E. 1960. Origin of caves in folded limestone. *Bull. Natl. Speol. Soc.* 22: 5-18.
- DWERRYHOUSE, A. R. 1907. Limestone caverns and Potholes and their Mode of Origin. *Yorkshire Ramblers Club Jour.* 2 (7): 223-228.
- GARDNER, J. H. 1935. Origin and Development of Limestone Caverns. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 46: 1255-1274.
- GRUND, A. 1903. Die Karsthydrographie, Studien aus Westbosnien. *Penks geogr. Abhandl.* 7 (3): 103-200.
- 1910. Beiträge zur Morphologie des Dinarischen Gebirges. *Penks geogr. Abhandl.* 9 (3): 200 pp.

- JEANNEL, R. 1949. Les fossiles vivants des cavernes. 5a. edition. Gallimard. 321 pp. París.
- KAYE, C. A. 1957. The effect of solvent motion on limestone solution. *Journ. Geology.* 65: 35-46.
- LEHMANN, 1932. Die Hydrographie des Karstes. *Encyclopädie der Erkunde.* Viena.
- MALOTT, C. A. 1937. The Invasion Theory of Cavern Development (reseña) *Proc. Geol. Soc. Amer.* 1936: 323.
- MARTEL, E. A. 1894. Les Abîmes. 579 pp. París.
- 1921. Nouveau traité des eaux souterraines. Doin. 838 pp. París.
- MARCONNE, E. 1920. Traité de Géographie Physique. 3a. edit. Colin XI+922 pp. París.
- MONEYMAKER, B. C. 1949. Limestone Cavities in the Papaloapan Basin. *Jour. Tennessee Acad. Science.* 24: 117-122.
- MYERS, J. O. 1948. The Formation of Yorkshire Caves and Potholes. *Trans. Cave Research Group Great Britain.* 1 (1): 26-29.
- SIMPSON, F. 1935. Notes on the Formation of the Yorkshire Caves and Potholes. *Proc. Univ. Bristol Spel. Soc.* 4: 224-232.
- SWINNERTON, A. C. 1932. Origin of Limestone Caverns. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 43 (3): 662-693.
- TROMBE, F. 1952. Traité de Spéléologie. Payot 376 pp. París.
- WARWICK, G. T. 1953. The Origin of Limestone Caves. En: C. H. D. Cullingford; *British Caving.* Routledge and Kegan Paul Ltd. 468 pp. Londres.

III. DESCRIPCION DE LAS CUEVAS DE LA REGION

ENUMERACION GENERAL

La región de Cacahuamilpa se considera aquí que comprende no solo el interior del valle de Ixtapan, tal como se delimitó al comienzo de este trabajo, sino también ambas vertientes de las montañas limitantes, especialmente, las de los cerros que cierran el valle por el sur.

En las paredes casi verticales de las profundas barrancas que los ríos del interior del valle han cortado en los clásticos de las Formaciones Chontalcoatlán y Balsas, pueden verse a distancia multitud de socavones o cuevas producidas por erosión diferencial de capas friables intercaladas entre estratos comparativamente resistentes; estas cuevas, muchas veces simples abrigos, carecen de nombre local y no se ha hecho el menor intento para censarlas; probablemente ninguna de ellas tenga importancia desde el punto de vista espeleológico, pero es muy probable que una exploración sistemática arroje datos de importancia desde el punto de vista antropológico. En otras regiones, por ejemplo en el NW de México, cuevas similares han servido de habitaciones humanas en escala considerable. Son sobre todo abundantes en las barrancas de Malinaltenango, Chontalcoatlán, San Jerónimo y Barranca Grande.

La cueva de Coatepec y la *cueva de La Estrella* están situadas en el interior del valle. Se describen formalmente más adelante.

La *cueva del Coyote*, está situada al SE de Tonicaco y a unos 2 Km al S de la Puerta de Santiago, en el mismo macizo que la cueva de la Estrella, a unos 1 500 m de altitud. Pequeña cueva de unos 15 m de profundidad. Referencias en Villa, Alvarez y Domínguez (1963) y Villa (1966).

La *cueva de Suanche* se describe formalmente más adelante, y se abre en los conglomerados de la Formación Balsas.

En los mismos conglomerados, en la dolina situada al E de El Mogote, municipio de Tetipac, abre la *cueva de la Mariposa* y la *cueva Chica de El Mogote*; la primera de ellas es objeto de descripción formal, más adelante. La segunda, ha sido mencionada por Fish (1966) y por Barr, Bolívar y Heindrich (1963).

El señor J. Urquijo, en comunicación personal, ha participado la existencia

de varias simas pequeñas exploradas por miembros del Grupo Espeleológico Mexicano (GEM) cerca de la misma dolina, a 50 m o menos al N del kilómetro 173.5 de la carretera Ixtapan-Azizintla, es decir, como a unos 600 m al E de la salida de El Mogote, y a unos 1 480 m sobre el nivel del mar. Estas simas son las siguientes:

Cueva de los Niños. A 50 m al N de la carretera. Sima vertical que a 25 m de profundidad se estrecha en una grieta infranqueable pero que permite ver un ensanchamiento a mayor profundidad. Fue explorada por J. de Urquijo y Rodolfo Rosas.

Cueva de Alfonso. Sima vertical situada a 50 m al N de la carretera. Tiene 18 m de profundidad. Explorada por J. García Weber.

Cueva de Santiago. Sima vertical de 45 m de profundidad situada a 30 m al N de la carretera. Explorada por J. García Weber y J. Ventura.

Cueva del Panadero. Sima vertical de 15 m de profundidad situada a 30 m al N de la carretera. Explorada por J. de Urquijo y J. A. Loza Hidalgo.

Cueva de la Grieta. Grieta vertical de 30 m de profundidad, situada a 6 m al N de la carretera. Explorada por J. de Urquijo.

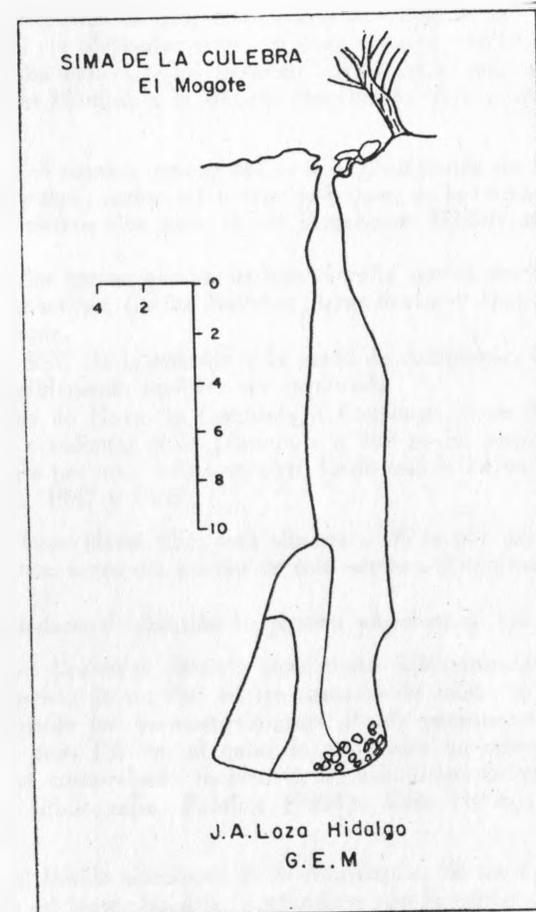
Cueva de la Culebra. Sima vertical de 25 m de profundidad situada a 60 m al S de la carretera. Esquema en la figura 11. Explorada por J. A. Loza Hidalgo.

Cueva del Diablo. Mencionada por Fish y Redell (1965) y Fish (1966) como situada en la dolina de El Mogote. Pudiera ser alguna de las anteriormente mencionadas. No debe confundirse con la cueva del mismo nombre situada cerca de Acuitlapán.

En la cañada de Michapa, o próxima a ella, situada en el marco SW del valle, está la *cueva de Michapa* mencionada por González Ochoa (1964).

Dos de las estructuras cársticas más prominentes de la región son los cursos subterráneos de los dos ríos; aunque visitados con frecuencia por equipos deportivos se carece aún de levantamientos topográficos o descripciones adecuadas de modo que poco puede añadirse a lo que de manera muy general se menciona en otros lugares de este trabajo.

El curso subterráneo del río *San Jerónimo* (láminas 20 y 21), ha sido denominado en trabajos antiguos, curso subterráneo del río Tenancingo o del Río Santiago; su pérdida se conoce simplemente como El Resumidero o también Gruta de Huitzemalco. Bibliografía: Hovey (1882), García Cubas (1888, I y II), García Cubas (1891, V), Puga (1892), Félix (1899), Villada (1906), Urbina (1909), Balarezo y Becerril (1910), Flores (1910), Salazar (1922), Galindo (1926), Salinas (1932), Salinas (1934), Zepeda (1934), Bolívar (1930), Anónimo (1946), Tamayo (1946), Tamayo (1949), Mohr (1950), Bretz (1955), Sloemaker (1955), Martín del Campo (1955), Bonet (1956), Peters (1957), Fries (1960), Moncada (1962), Evans (1963 a, b, c, d), Arenas (1964), Bridgemon (1966), Fish (1966), Anónimo (GEM, 1967). Mon-



dragón (1967 ?), Villegas (1967 ?), Anónimo (1968 a), Castell (1968), Moraflores (1968), Romero (1968).

El *curso subterráneo del Río Chontalcoatlán* (lámina 21) ha sido llamado antiguamente del río Malinaltenango; su comunicación con el exterior en Hoya de Corralejo se ha denominado "resuello" del río Chontalcoatlán (Lám. 24). La bibliografía es idéntica a la del río anterior de modo que no es necesario repetirla.

Dos Bocas es el nombre que se aplica a la resurgencia de los dos ríos anteriores (Lám. 22 y 23); ambas están muy próximas, en la barranca de Limotitla; de la unión de ambos ríos nace el río Amacuzac. Bibliografía idéntica a la de los ríos.

También en los cerros que encuadran el valle por el sur se encuentran las *grutas de Cacahuamilpa, Carlos Pacheco, Agua Brava y Acuitlapán* que se describen más adelante.

A 170 m al SSW de la entrada a la gruta de Acuitlapán hay una *sima sin nombre*, que posiblemente merezca ser explorada.

En el camino de Hoya de Corralejo a Coapango, poco después de transpuesto el borde occidental de la primera y a 500 m del respiradero del Chontalcoatlán, se pasa por otra dolina en cuyo fondo está la cueva de *Pedro Asensio* (Anónimo GEM, 1967 y 1968).

Gruta de Pilares (Lám. 25), está situada a 20 m por arriba del sumidero del Chontalcoatlán, cerca del pueblo de este nombre. Anónimo (GEM, 1967) y Villegas (1967 ?).

En los alrededores de Acuitlapán pueden mencionarse varias cavernas:

Cueva de Las Granadas. Situada unos cuatro kilómetros al SSE de Acuitlapán. Es la surgencia de un río; en las cascadas de salida se depositan travertinos. Muy conocida por los excursionistas. Puede penetrarse en el curso subterráneo hasta unos 150 m, al cabo de los cuales un sifón impide el paso. *Atención*: se ha comprobado incidencia de histoplasmosis entre los visitantes de esta cueva. Bibliografía: Palafox (1954), Villa (1966), Anónimo (GEM 1967 y 1968).

Cueva de el Diablo situada al S de Acuitlapán. Se da una descripción de esta cueva más adelante. No debe confundirse con la cueva del mismo nombre situada en la dolina de El Mogote.

Cueva de la Burra, a unos 4 Km al S de Acuitlapán. Mencionada por Anónimo (GEM, 1967 y 1968). *Atención*: se han registrado casos de histoplasmosis muy virulenta entre los visitantes de esta gruta.

Cueva de San Miguel Achintla, mencionada por Orozco y Berra (1855-1816: 55); pudiera ser una de las dos cuevas anteriores.

Cueva del Archipil. Cueva natural, en parte laborada como mina de plata, situada muy cerca de Tasco; Peters (1957) bajo el nombre de cueva del "Argepin", y Anónimo (GEM, 1968).

Cueva de Don Fernando. Sierra de Tenerías. Anónimo (GEM, 1968).

Gruta del Guano. Sierra de Tenerías. Más de 630 m de profundidad. Anónimo (GEM, 1968).

Cueva de Manhuanla, situada muy cerca de la anterior. Anónimo (GEM, 1968).

CUEVA DE COATEPEC HARINAS

(Mapa 7)

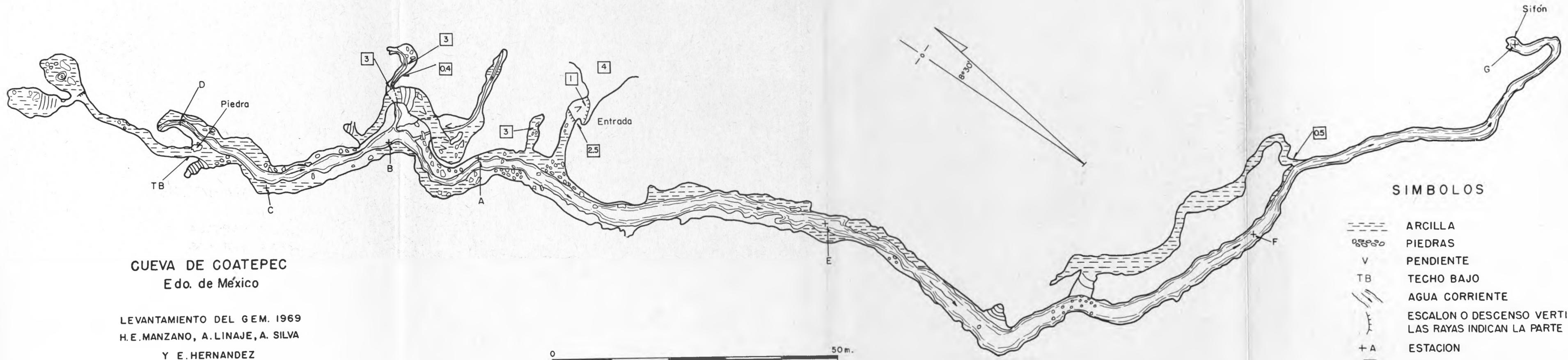
Situación y acceso. Está situada a 1 Km al SE del pueblo de Coatepec Harinas, Edo de México y a 1 250 m del kilómetro 18.1 de la carretera Ixtapan-Coatepec.

En este punto, situado poco antes de llegar a Coatepec Harinas, existe una ermita y un caserío en la última curva, que sirve de punto de referencia para dejar el automóvil y tomar una vereda que va al SE; caminando 50 m se desciende bruscamente hacia una cañada que corre paralela a la carretera; se bordea esta cañada sin cruzarla, por su lado W, durante algo más de un kilómetro, introduciéndose a otra cañada más pequeña, por la que corre un arroyo de N a S; en su vertiente W está la entrada de la gruta. A 35 m arriba cae una cascada de 6 m; arriba de la cascada hay varias grietas que absorben parte del caudal, que va a formar el arroyo subterráneo.

Antecedentes y sinonimia. Esta cueva, que también recibe el nombre de Camas por las gentes de la localidad, ha sido visitada unas cinco veces entre 1963 y 1969 por el grupo GEM que la utiliza como uno de los lugares de entrenamiento en su curso de espeleología. La presente descripción ha sido redactada por J. Urquijo y A. Pérez de Urquijo; el plano, fue levantado a fines de 1968 y principios de 1969 por el Ing. Héctor E. Manzano y los señores A. Linaje, E. Henández y A. Silva. Referencia: Anónimo (GEM, 1967).

Descripción. Entrada de 4 m de altura por 10 m de ancho, que al cabo de 10 m de recorrido se estrecha a 1.5 m de anchura; aquí se desciende verticalmente 2 m, se recorren 3 m en sentido inverso, encontrándose hacia el N un paso con bóveda muy baja (1 m), que comunica a un saloncito de 4 m de diámetro, de piso fuertemente ascendente; en su pared W hay un orificio por el que se descienden verticalmente 2.5 m y que conduce a un corredor de 2.5 m de ancho y 10 de largo; este, desemboca perpendicularmente en la galería principal de la gruta, donde corre un arroyo entre derrubios y cantos rodados; su eje va de NW a SE, que es el sentido en que corre el agua.

Yendo aguas arriba (NW) se sigue por una galería de 5 a 6 m de ancho en promedio. En su pared derecha se encuentran tres desviaciones perpendiculares, la primera de ellas, de una longitud de 8 m y una altura de 3, por 2 a 3 de ancho. La segunda está situada a 20 m de la primera; es un pasaje ascendente de 7 m de recorrido, al cabo del cual se bifurca en dos pasajes, el oriental, es una estrecha grieta de 15 m de longitud de la que brota una



CUEVA DE COATEPEC
Edo. de México

LEVANTAMIENTO DEL GEM. 1969
H. E. MANZANO, A. LINAJE, A. SILVA
Y E. HERNANDEZ

SIMBOLOS

- ARCILLA
- o o o o PIEDRAS
- v PENDIENTE
- TB TECHO BAJO
- /// AGUA CORRIENTE
- ┆ ESCALON O DESCENSO VERTICAL;
LAS RAYAS INDICAN LA PARTE BAJA
- + A ESTACION
- [3] ALTURA DEL TECHO

pequeña corriente de agua, que siguiendo la pendiente, desemboca en el cauce principal; volviendo al punto de bifurcación se escalan 3 m y se llega a una galería que continúa en forma ascendente y sinuosa y conduce a un pequeño salón de 2 m de diámetro cerrado por una colada que sólo deja una abertura impenetrable de 20 cms por la que se ve una continuación. La tercera, a 4 m de la segunda, es una galería de 1 m de ancho por 25 m de longitud, con dirección E, de la cual brota un pequeño arroyo que afluye al curso principal. Esta galería es una grieta que en sus primeros 7 m de recorrido tiene una altura de 3 m; bruscamente se encuentra una pared y la progresión se efectúa por un estrecho pasaje de 40 cms de altura y 0.5 m de longitud al cabo del cual vuelve a encontrarse la bóveda a 3 m de altura. La grieta continúa ascendiendo cuatro tramos casi verticales, de 0.5 m a 2 m de altura, y termina en un salón de forma irregular con gran cantidad de derrumbes. Sobre la pared E brotan chorros de agua que, lo mismo que los anteriores, desembocan en el arroyo.

El curso principal termina en un pequeño salón de contorno semicircular del cual brota bastante agua. Saliendo de este salón y a 10 m, en el lado NW, hay una galería seca de 35 m de longitud y un promedio de 1.5 a 0.3 m de ancho, a la que se llega transponiendo un paso bajo, de forma triangular, que se encuentra al lado de una gran piedra y que conduce a dos salones elipsoides, cada uno de 10 por 6 m.

Volviendo al punto de entrada a la galería principal y yendo aguas abajo, a 99 m de recorrido, se encuentra en la pared izquierda la entrada a un pasaje lateral de suelo arcilloso, el cual, al cabo de 55 m vuelve a desembocar al río por un paso estrecho de 0.5 de alto por 1 m de ancho. Prosiguiendo 50 m se llega a un lugar donde la bóveda casi se junta con el suelo; por esta abertura desaparece el agua del arroyo.

Esta cueva casi no tiene concreciones y por las marcas que ha dejado el agua, se ve que en tiempo de lluvias se inunda casi totalmente.

Longitud total de galerías, ca. 495 m. Distancia en línea recta entre los puntos más alejados entre sí 270 m.

Por la descripción que antecede puede deducirse que se está en presencia de un proceso incipiente de captura subterránea de un arroyo superficial.

Datos climatológicos. Temperatura en grados centígrados, humedad en % de saturación, tomadas a las 18 hrs.

Estación	Temperatura del aire	Humedad
Entrada	18°	54%
Estación A	18°	64%
" B	17.5°	71%
" C	16°	85%
" D	15°	96%
" E	20°	82%
" F	16°	87%
" G	20°	90%

Temperatura del agua, 15°C. Las lecturas de temperatura del aire correspondientes a los puntos E y G, parecen anormalmente elevadas; pudiera tratarse de error de observación.

GRUTA DE LA ESTRELLA

(Mapa 8. Láminas 1 a 3)

Situación y acceso. Está situada a unos 7.5 Km al SE de Tonatico y a 12 Km al SE de Ixtapan de la Sal, en el antiguo distrito de Tenancingo, estado de México; su entrada abre en la vertiente norte del cerro de La Estrella, en los terrenos de la antigua hacienda de Ojo de Agua. Puede llegarse cómodamente por la carretera que conduce de Toluca a las grutas de Cacahuamilpa y Azizintla (mapas 3 y 4), hasta el kilómetro 156.2, poco después de pasado el pueblo de Terrero, Méx., donde sale, a la derecha, un camino de tierra que pasa por La Vega y termina en el Puente de Dios, a unos 100 m del arroyo Zapote, donde está situada la cueva; otro camino más corto y más cómodo, también transitable por vehículos de motor, parte a la derecha de la misma carretera, en el kilómetro 159.9 y llega hasta unos 200 m del mismo arroyo del Zapote.

Atención: En los últimos años se han registrado casos de histoplasmosis entre los visitantes de esta cueva.

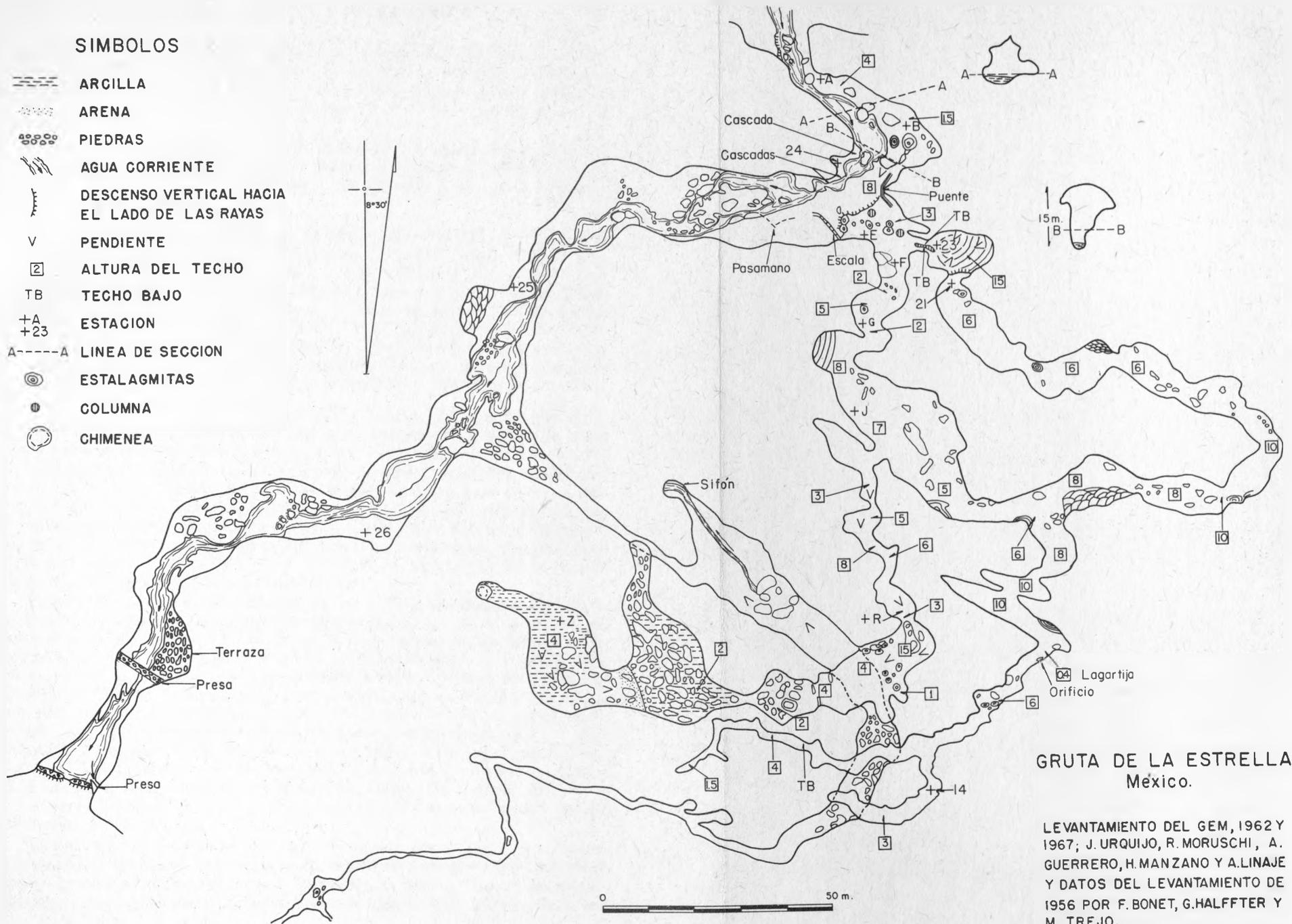
Antecedentes y sinonimia. La primera mención de esta cueva, bajo el nombre de caverna de Ojo de Agua, se debe a Dollfus y Monserrat, en 1867. Villada (1887), publicó una descripción de esta cavidad, bajo el mismo nombre, incluyendo un plano sumamente esquemático; el mismo autor reproduce esta descripción en 1899-1900, y un resumen de la misma en 1906 (pp. 497-498). Aparentemente Castel (1934), la describe con el nombre de cueva de La Estrella; solo se conoce este artículo a través de los datos que transcribe Wittich (1936, p. 11), por cierto que este último autor, a causa de la duplicidad de nombre, incluye también, en la misma página, un resumen de la descripción de Villada, en la creencia de que se trata de dos cuevas distintas; a esto se añaden los datos expuestos en el trabajo de Bretz (1955).

La descripción que sigue está basada, en parte, en las exploraciones, efectuadas por el autor, del 23 al 25 de junio de 1954, junto con A. R. V. Arellano, J. H. Bretz, R. de Saussure, A. M. Lansing y L. Chopin, así como las realizadas del 11 al 14 de febrero de 1955, con la colaboración de G. Halffter y M. Trejo, en ambas ocasiones, auxiliados por el guía y celador oficial de la cueva, señor Morelos Guzmán, del pueblo de Tonatico, a quien se debe la construcción del puente de madera que da acceso a las galerías superiores. En estas exploraciones se basó el plano esquemático publicado anteriormente (Bonet, 1956).

Con posterioridad varias personas han visitado la cueva con propósitos científicos por ejemplo: Bolívar y Hendrich, y Villa; el Grupo Espeleológico Me-

SIMBOLOS

-  ARCILLA
-  ARENA
-  PIEDRAS
-  AGUA CORRIENTE
-  DESCENSO VERTICAL HACIA EL LADO DE LAS RAYAS
-  PENDIENTE
-  ALTURA DEL TECHO
-  TECHO BAJO
-  ESTACION
-  LINEA DE SECCION
-  ESTALAGMITAS
-  COLUMNA
-  CHIMENEA



GRUTA DE LA ESTRELLA México.

LEVANTAMIENTO DEL GEM, 1962 Y 1967; J. URQUIJO, R. MORUSCHI, A. GUERRERO, H. MANZANO Y A. LINAJE Y DATOS DEL LEVANTAMIENTO DE 1956 POR F. BONET, G. HALFFTER Y M. TREJO.

xicano la ha utilizado para las prácticas de sus grupos de espeleología y a ellos se debe el descubrimiento de la galería que se desprende del curso subterráneo y que contiene un adoratorio a Tlaloc y vasijas para ofrendas lo que supone la ocupación de esta cueva en una época entre 700 y 1 000 años anteriores al presente.

El plano que acompaña este trabajo (mapa 8) fue levantado en 1962 por un equipo del GEM, constituido por los señores J. Urquijo, R. Moruschi y A. Guerrero. En 1967 los señores J. Urquijo, H. Manzano y A. Linaje cartografiaron la galería inferior.

Bibliografía: Dollfus y Monserrat (1867), Villada (1887), García Cubas (1889), García Cubas (1890 a), García Cubas (1890 b), Villada (1899-1900). Villada (1906), Galindo y Villa (1926), Castel (1934), Wittich (1936), García (1950), Hoffmann (1953), Rioja (1953), Luzuriaga (1954), Rioja (1954), Lansing (1954), Bretz (1955), Bonet (1956), Anónimo (1956), García (1956), Hoffmann (1960), Mulaik (1960), Evans (1963), Pons (1965), Bridgemon (1966), Villa (1966), Fish y Reddell (1966), Rainer y Russell (1966). Russell y Raines (1966), Fish (1966), Anónimo (1967 a), Bolívar y Hendrich (1967), Anónimo (1968 c), Barr, Bolívar y Hendrich (1968), Romero (1968).

Descripción: La entrada, orientada al NW, es un amplio arco de unos 12 m de anchura, a 1 508 m sobre el nivel del mar; está situada al pie de un acantilado calcáreo, localizado en la ladera noroccidental del cerro de La Estrella, en la barranca del Zapote. En la temporada de lluvias, el arroyo es de curso torrencial, lo que dificulta un tanto el acceso; en estas condiciones, puede entrarse por la orilla derecha, bajando por una pared, casi vertical, de unos 8 m, recomendándose el uso de cuerdas o escalas, para atravesar después el arroyo, en la misma entrada; en cambio, durante la temporada seca, el arroyo lleva poca agua y es más fácil entrar siguiendo la orilla izquierda, a cambio de un posible remojón en una pequeña cascada.

Se penetra en una amplia cavidad de unos 45 m de longitud, por 20-25 m de anchura máxima, fuertemente recurvada (Lám. 1); en ella, el río corre junto a la pared derecha (W) y, ya en la zona oscura, se precipita por tres cascadas sucesivas de unos 10 m de desnivel agregado, después de encajonarse en un cañón labrado por sus aguas; ambas paredes muestran los efectos de la abrasión fluvial y el techo, en su punto central, alcanza unos 15 m de altura, por desprendimientos de bóveda (corte A-A); más adelante, el perfil transversal (corte B-B), adquiere la forma de hongo, característica de los cauces tallados por corriente libre, después de una etapa de corriente forzada. Cerca del final de esta cámara, se inicia un puente de madera, adosado a la pared de la izquierda, que permite el paso al borde de un acantilado (Lám. 1).

A partir del final del puente, la cueva se desarrolla en dos pisos, con una diferencia de nivel de unos 15-20 m.

El piso superior se inicia al otro lado del puente, por un grupo de columnas estalagmíticas, frente al cual, después de transpuesto un paso bajo, que fácilmente queda inadvertido, se llega al fondo de un pozo de unos 8 m de profundidad, que representa la terminación de la galería más oriental, de la que

se tratará después. Pasado el conjunto estalagmítico se penetra a una cámara irregular, con abundantes incrustaciones y bolsas de disolución, y un depósito de aluviones, sobre la pared del fondo; en el centro de esta cámara, bajo una cubierta de incrustaciones y "perlas de cueva", encontró A. R. V. Arellano artefactos prehispánicos; un estrecho paso de comunicación con la cámara siguiente, representa el límite de las cavidades practicadas en la caliza, y al mismo tiempo, es el lugar donde se encuentran frecuentemente neblinas de condensación, por mezcla de masas de aire a distinta temperatura; las paredes se cubren entonces de gotas de agua y presentan las huellas de corrosión correspondientes.

En las cámaras y galerías más profundas, las paredes están, relativamente, poco incrustadas y son de color oscuro, pues están formadas, principalmente, por margas y calizas oscuras; sobre ellas, destacan fuertemente las incrustaciones calizas de colores muy claros. Presentan pequeñas fracturas rellenas por calcita, que también destaca en blanco. Hay primeramente, una gran cámara (estación J) de unos 45 m de longitud, 15 de anchura máxima y otros tantos de altura de techo (Lám. 2); todo el recorrido, hasta este punto, desde la entrada, es casi a nivel. De su pared SW, parte una estrecha galería, de dirección general hacia el S, que poco después de su iniciación, se hace descendente y presenta un fuerte declive que hace aconsejable el uso de cuerdas; sigue, después, con algunos cambios bruscos de dirección, hasta llegar a una cavidad en la que hay un gran amontonamiento de bloques desprendidos de la bóveda y que representa el punto más bajo en el recorrido del piso superior; más adelante, la galería se dirige hacia el este, ganando en anchura, pero con techo más bajo; el recorrido se hace ascendente y el suelo queda cubierto por grandes depósitos de arcilla, que proviene, en parte, de la desintegración de las margas que forman las paredes, pero ya cerca del final hay un escalón de unos 6 m de altura, formado por arenas que presentan claramente estratificación cruzada; la cámara terminal, de suelo fuertemente ascendente, está casi llena por grandes depósitos de arcilla fangosa y termina en una chimenea vertical, que comunicaba con el exterior; a esta abertura ya hace referencia Villada (1887: 84) pero se obstruyó hace algunos años. Esto da la clave de la presencia de las arenas antes mencionadas.

Al final de la gran cámara indicada al principio del párrafo anterior, se continúa por una galería que, poco después, se bifurca; una de las ramas presenta dos bruscos cambios de dirección, hasta llegar a un paso bajo, llamado paso de "La Lagartija"; en el recodo situado inmediatamente antes de este paso, tanto las paredes como el techo, presentan cristales de yeso de color gris oscuro. Transpuesto el "paso", la galería es de paredes casi rectilíneas y termina bifurcándose en dos ramas de escasa longitud; en la pared izquierda, a unos 2 m del suelo y muy cerca del "paso", se abre un agujero de unos 15 cm de diámetro, y, al parecer, otro tanto de profundidad, pero que debe estar en comunicación con niveles inferiores, pues en época de lluvias emite un sonido sordo, muy perceptible.

La otra rama de la bifurcación, es una amplia galería, con techo de 8 a 10 m de altura, suelo ligeramente ascendente y de recorrido recurrente, que

comunica con la iniciación del piso superior, mediante el pozo vertical ya mencionado, cerrando un circuito de unos 80 m de diámetro. Esta es la única galería representada, imperfectamente, en el plano de Villada.

El piso bajo, corresponde al curso subterráneo del río que se dirige hacia el W, para desembocar en la barranca del río Salado, en una pared casi vertical y a unos 100 m sobre el curso actual de este río. Después de transpuesta la primera cascada, al final de la cámara de entrada, el río prosigue su curso y se precipita en otra cascada de 8 m de alto, formándose una pequeña laguna de 3 por 2 m. La galería por donde corre el río tiene un promedio de 8 a 10 m de ancho por unos 25 de alto, con pequeños rápidos y dos cascadas más de 3 m cada una, la última casi desaparecida por haberse construido aguas abajo un muro de contención para aumentar o regular el agua utilizable para riego, ayudando a la pequeña presa (Lám. 2) construida en la resurgencia ya sobre la pared de la cañada del río Salado. A unos 30 m aguas arriba de la resurgencia y en la margen izquierda, precisamente donde está el muro de contención, hay una terraza aluvial a unos 10 m sobre el suelo (Lám. 3). La resurgencia, que como se ha dicho, abre en la pared casi vertical de la barranca del río Salado, formaba una cascada de casi 100 m de caída antes de construirse la presa de riego ya indicada.

A unos 100 m de la tercera cascada sale a la izquierda otra galería, cuya entrada es de grandes proporciones (25 m de ancho por otro tanto de alto), de forma triangular, y que se estrecha rápidamente; está orientada hacia el SE, y su suelo queda cubierto por grandes peñascos desprendidos de la bóveda, que casi obstruyen el paso, dejando sólo un estrecho corredor. Este desemboca en la pared derecha de una galería de proporciones parecidas a las del curso del río, también dirigida hacia el SE y ligeramente ascendente, de modo que un arroyito de unos 30 cms de ancho, la recorre en dirección NE y forma una laguna en el extremo NW cuyo techo baja bruscamente; es posible, pero no se ha comprobado, que el agua vaya a desembocar al río por un sifón impracticable.

Ascendiendo por esta galería, esto es, yendo en sentido inverso, se llega a un enorme desprendimiento de rocas por el que difícilmente pasa un hombre, para llegar a un salón circular donde el suelo está cubierto por grandes masas de piedras y el techo presenta estratos de grandes proporciones, casi desprendidos, lo que hace a este lugar muy peligroso, tanto, que en el intervalo, entre dos exploraciones hubo un derrumbe de un bloque con un tamaño aproximado de 6 por 2 por 1 m.

Esta cámara se continúa por un estrecho corredor dirigido hacia el S, de 10 a 12 m de largo; bruscamente termina la zona de derrumbes, para entrar a un pasillo dirigido hasta el W a veces muy angosto (hasta 30 cms.) y de 2 a 3 m de alto, de paredes totalmente lisas, de color obscuro, con pequeñas grietas e incrustaciones de caliza. Termina este ramal en una estrechísima grieta encontrándose ahí guano, por lo que se supone que comunica con el exterior, pero es impracticable para el hombre. La distancia de este punto a la pared de la barranca del río Salado es de muy pocos metros. En este lugar se encontró un adoratorio a Tlaloc, así como incensarios y vasijas para ofrendas en otros puntos de esta galería.

El desarrollo total de galerías del piso superior, es de 688 m; el curso del río subterráneo, desde la primera cascada hasta la resurgencia, mide 240 m y las galerías que salen de él unos 300 m de manera que el desarrollo total es de 1 228 m. La penetración máxima, es decir, en este caso, la distancia en línea recta desde la entrada a la salida del río es de 225 m. Casi la misma penetración (220 m) es la medida en línea recta entre la entrada y el punto más remoto alcanzado en la galería inferior.

Datos meteorológicos. A continuación se incluyen algunas observaciones termo-higrométricas, obtenidas en la cueva; la temperatura está expresada en grados centígrados y, la humedad, es un % saturación. Las estaciones van señaladas en el plano correspondiente.

Día 11-II-1955

Estación	A (entrada)	13 hs. 07'	21°	36%
"	A	16 hs. 40'	22°	—
"	B	13 hs. 30'	20°	36%
"	E	14 hs. 05'	18.5°	45%
"	F	14 hs. 15'	17°	80%
"	G	14 hs. 30'	18°	80%
"	J	15 hs. 15'	21°	94%
"	P	16 hs. 00'	21°	94%

Día 13-II-1955

Estación	A (entrada)	11 hs. 40'	15.5°	49%
"	A	15 hs. 30'	16°	58%
"	A	19 hs. 15'	15°	44%
"	R	12 hs. 30'	22°	92%
"	U	12 hs. 10'	21.5°	91%
"	Z	14 hs. 30'	23°	94%
"	14	16 hs. 10'	23.5°	94%
"	21	17 hs. 20'	22°	92%
"	23	18 hs. 05'	18°	64%

Puede observarse como las galerías profundas presentan una temperatura que oscila, localmente, entre 21° y 23.5°, con humedad del 91% al 94%. Cuando la temperatura exterior es igual o más alta (día 11), hay una corriente de aire muy perceptible en la entrada de la cueva, de afuera hacia adentro; este movimiento se origina por la diferente densidad del aire que, aún en igualdad de temperatura, es menor cuanto mayor es la humedad, pero que, indudablemente, es favorecida por el efecto de tromba de la corriente de agua que penetra en la cueva. Por el contrario, con temperaturas exteriores francamente más bajas que en el interior, la corriente de aire sopla en sentido contrario, siempre que la diferencia de densidades sea suficiente para con-

trarrestar el efecto de tromba, como pudo observarse claramente el día 13. La cámara G y el pozo 23, constituyen el límite entre las condiciones que prevalecen en el interior y las del exterior; es aquí donde se produce la mezcla de aires y donde se producen las neblinas de condensación, cuando penetra aire frío del exterior, como la observada el día 13. En el curso del río subterráneo, las características de humedad y temperatura son completamente distintas a las del piso alto; de una manera semejante a lo observado en los ríos subterráneos de Chontalcoatlán y San Jerónimo, la corriente de agua provoca una renovación continua del aire de modo que las condiciones de humedad y temperatura son similares a los del exterior. Así el GEM anotó las siguientes observaciones:

Día 15-XII-68

Estación 24	16°	50%
Estación 25	17°	60%
Estación 26	18°	60%

CUEVA DEL SUANCHE

(Mapa 9, Lám. 4)

Situación y acceso. La cueva se encuentra en el pueblo de Piedras Negras, Gro., situado a unos 20 kilómetros por carretera al S de Ixtapan de la Sal. Está a 340 metros al E de la carretera Toluca-Azizintla, en el fondo de una pequeña dolina.

Antecedentes. El 15-II-1955 fue explorada parcialmente por F. Bonet, A. Camacho, G. Halffter y M. Trejo, quienes levantaron un plano de la parte explorada, un esquema del cual, fue publicado en 1956.

Posteriormente fue visitada varias veces por el Grupo Espeleológico Mexicano cuyos miembros completaron la exploración de toda la porción accesible; J. de Urquijo, A. P. de Urquijo, A. Linaje y R. Schwartz levantaron el plano y cortes que se incluyen.

Bibliografía. Bonet (1956); Anónimo (GEM, 1967); Anónimo (GEM, 1968).

Descripción. La entrada (Lám. 4) está practicada en la pared oriental de una pequeña dolina producida por disolución del conglomerado calcáreo de la Formación Balsas que arrastró la delgada cubierta de clásticos de la Formación Chontalcoatlán. Parece ser que toda la cueva arma en conglomerados Balsas. Altura sobre el nivel del mar 1 530 metros.

La abertura principal es ovalada y mide unos 4 metros de altura por 8 de anchura, pero hay dos boquetes más, cada uno de 2 por 2 metros aproximadamente. La cueva está constituida por una estrecha galería, al principio de unos 2-3 metros de ancho por unos 8 metros de altura, pero que pronto se reduce

a una anchura de 1-2 metros conservándose la altura de techo entre 8 y 10 metros, de manera que la forma general es la de una grieta vertical que presenta varios cambios bruscos de dirección según se indica en el plano, pero dirigida en conjunto hacia el SE primero y después, hacia el NE.

A unos 35 metros de la entrada hay un paso relativamente bajo (1.5 m); el suelo es ligeramente descendente durante todo el trayecto, presentando un descenso casi vertical de unos 3 m a unos 75 m de la entrada; otro descenso vertical de 6.5 m se encuentra al cabo de 140 m de recorrido; la galería continúa con las mismas características aumentando luego de anchura; a los 40 m de traspuesto el escalón, se encuentra en la pared de la izquierda y a 1.5 m del suelo, un boquete que conduce a una cámara elipsoide de 13.5 por 5.5 m donde hay un esqueleto humano parcialmente enterrado en las arcillas y recubierto por una incrustación calcárea de medio cm de espesor.

Más adelante, la galería principal vuelve a estrecharse y bruscamente el techo desciende hasta 1 m del suelo, resultando un paso bajo de unos 5 m de longitud, al cabo de los cuales el techo se eleva a 2 ó 3 m del suelo para volver a descender hasta llegar a nivel del agua, que ocupa todo el suelo de esta porción terminal con una profundidad de 10 a 30 cm.

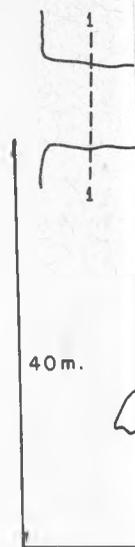
Los conglomerados que forman la pared (Formación Balsas) son bastante coherentes; sus elementos, en su mayoría bien redondeados, son predominantemente calcáreos. En el suelo abundan cantos rodados hasta de 30 ó 50 cm de diámetro que presumiblemente se soltaron del conglomerado, pero que, por lo menos, en parte, pudieran también derivar de la Formación Chontalcoatlán, cuyos elementos presumiblemente cayeron al formarse la dolina de entrada y todavía están siendo transportados desde los alrededores. Este es un punto que convendría aclarar en posteriores visitas.

En varios sitios, especialmente cerca de la entrada, las paredes están cubiertas por una concreción estalagmítica de 1-2 cm de espesor, cuya superficie libre está erizada de pequeñas concreciones botrioidales que le dan un aspecto musgoso.¹ En varios lugares hay filtraciones de agua más o menos abundantes, cuyos escurrimientos siguen el declive de la galería. A unos 300 m al E de la entrada de la cueva, en el exterior, puede verse el comienzo de la Barranca del Sabino, labrada en paredes casi verticales en el conglomerado; el agua de la cueva forma el aporte inicial del arroyo del Sabino, tributario del río San Jerónimo.

El desarrollo total de la galería única, sin contar la cámara elíptica ni el pórtico de entrada, es de 275 m; la penetración máxima o distancia en línea recta desde la entrada al punto más alejado de ella es de 200 m.

Datos meteorológicos. Observaciones efectuadas el 15 de febrero de 1955 y en marzo de 1968, estas últimas por el equipo GEM. Temperatura en grados centígrados y humedad en % de saturación.

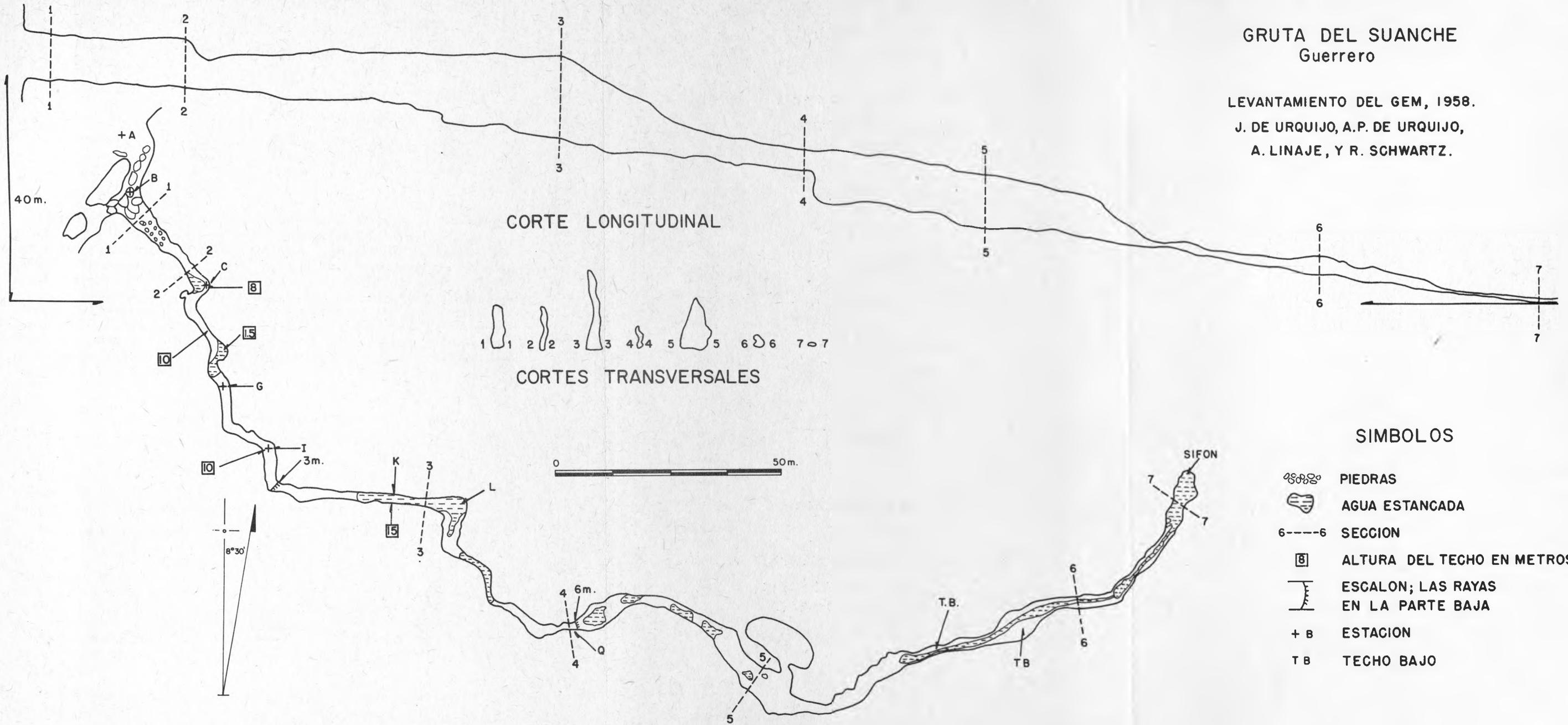
¹ Este tipo de concreciones ha sido descrito en detalle por Gradzinski y Unrug, quienes les denominan "fungoidal concretions". Véase Grandzinski, R. and R. Unrug. Remarks on the fungoidal concretions in limestone caves. *Ann. Soc. Geol. de Pologne* 30 (3): 273-287, láms. 32-35, Krakow, 1960.



GRUTA DEL SUANCHE
Guerrero

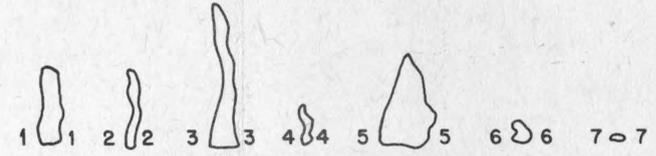
LEVANTAMIENTO DEL GEM, 1958.

J. DE URQUIJO, A.P. DE URQUIJO,
A. LINAJE, Y R. SCHWARTZ.



40m.

CORTE LONGITUDINAL



CORTES TRANSVERSALES



SIMBOLOS

- PIEDRAS
- AGUA ESTANCADA
- SECCION
- ALTURA DEL TECHO EN METROS
- ESCALON; LAS RAYAS EN LA PARTE BAJA
- ESTACION
- TECHO BAJO

<i>Estaciones</i>	<i>II-1955</i>		<i>III-1968</i>	
A (exterior)	18.5°	36%	25°	52%
B (vestíbulo)	—	—	22°	55%
C	16°	66%	—	—
G	—	—	21°	57%
I	16°	70%	—	—
K	—	—	20°	60%
L(laguna)	16°	80%	19°	64%
Q	17°	80%	17°	74%
Z (final)	—	—	17°	80%

La humedad es comparativamente baja teniendo en cuenta la abundancia de filtraciones; la temperatura es decididamente inferior a la que se encuentra en las grutas calcáreas de la región; por ejemplo la cueva de La Estrella. En cambio es semejante a las condiciones de humedad y temperatura que prevalecen en esta época del año en los cursos subterráneos de los ríos Zapote, Chontalcoatlán y San Jerónimo. Aquí la renovación del aire tiene que ser debida a otras causas; posiblemente su situación en el fondo de una dolina y su dirección descendente la convierten en una "trampa" para el aire frío más denso, que tiende a acumularse durante la noche, pero condiciones análogas se observan en la cueva de Agua Brava y ésta presenta temperaturas muy superiores a las de los ríos subterráneos.

CUEVA DE LA MARIPOSA

(Mapa 10, Lám. 4)

Situación y acceso. Está situada en el fondo de una dolina, a 200 m al NE del kilómetro 173.2 de la carretera Toluca-Azizintla, a unos 500 m al E del pueblo de El Mogote, municipio de Tetipac, Distrito de Alarcón.

Antecedentes y sinonimia. El nombre aquí empleado es el utilizado por los habitantes de la localidad. En la literatura se conoce también con el nombre de cueva de El Mogote. Parece ser que ya en 1940 fue explorada esta cueva (Rodríguez, 1961). Entre 1963 y 1969 el Grupo Espeleológico Mexicano la ha visitado repetidas veces. La presente descripción se debe a J. de Urquijo y A. Pérez de Urquijo. El levantamiento topográfico fue hecho en enero de 1969 por los señores J. de Urquijo, J. Flores, Javier H. Espejo y el Ing. J. Ventura.

Bibliografía. Rodríguez (1961 ó 1962?), Fish y Redell (1965), Bridgeman (1966), Fish (1966), Rusell y Raines (1966), Villegas (1967), Anónimo (GEM, 1967).

Descripción. La entrada se abre en la parte norte del fondo de la dolina, por una abertura que da acceso a un pozo vertical de 4 m; éste se continúa

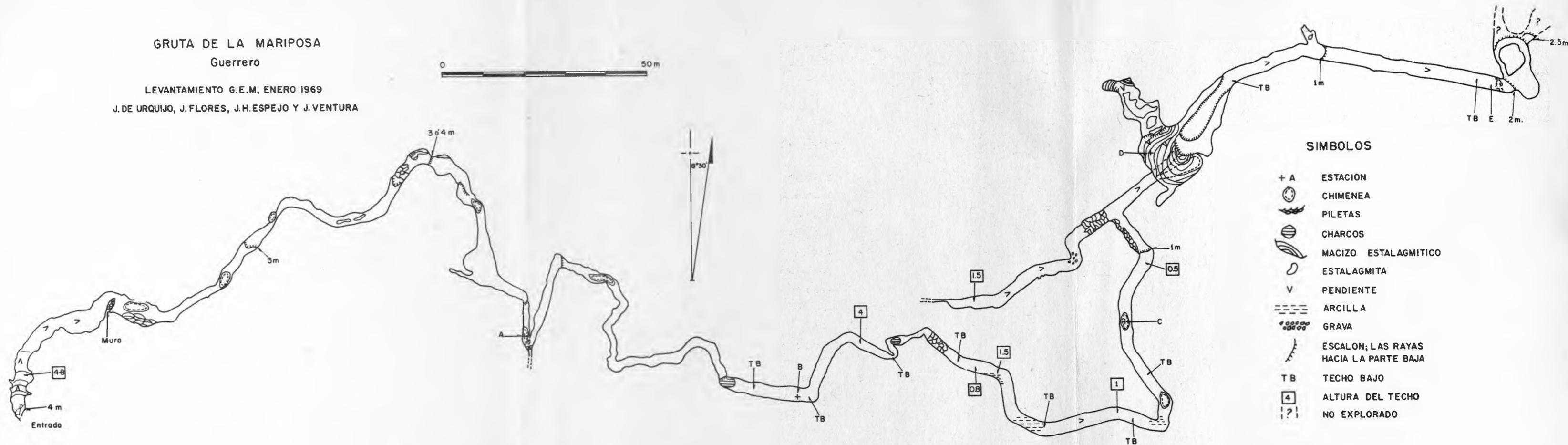
con una galería rápidamente descendente de 4 a 8 m de altura de techo, que conduce a un pasillo de 16 m de longitud donde comienza propiamente la gruta.

Esta consiste en un pasillo de unos 2.5 m de anchura que presenta las características de haber sido labrado en conducción forzada. El techo es bajo en buena parte de su desarrollo, pues presenta tramos hasta de 137 m de longitud con un promedio de 70 cm de altura por lo que la mayor parte del recorrido debe hacerse reptando. En contraste, abundan en el techo aberturas de conductos verticales a manera de chimeneas de altura considerable, pero indeterminada; no son visibles claraboyas de comunicación con el exterior. El suelo descende en toda su longitud presentando cuatro escalones de descenso vertical y de escasa altura. La cueva está excavada totalmente en el conglomerado calcáreo de la Formación Balsas y sus paredes presentan en general muy escasas incrustaciones. El suelo está cubierto en buena parte por cantos rodados desprendidos del conglomerado. Al comienzo de la cueva se observan pequeñas charcas que van aumentando en número conforme se avanza puesto que por las chimeneas hay escurrimientos que van aumentando el caudal; al pie de los escalones verticales hay pozas más profundas pero que en ningún caso llega a cubrir a un hombre. La parte más profunda de la galería tiene el suelo completamente inundado.

La porción inicial que se dirige al N y NE, ya se señaló que es fuertemente descendente; tras algunas sinuosidades, se llega a los restos de un muro de contención derruido, transpuesto éste, cambia de dirección al oriente y se llega a una colada estalagmítica (a la derecha); en el techo, abre una chimenea y poco después cambia la dirección al NE, con algunas sinuosidades hasta llegar a otra pequeña colada, esta vez a la izquierda; en este trayecto se encuentran tres chimeneas en el techo y un escalón. Cambia la dirección al SE encontrándose enseguida un escalón y una chimenea y poco después, se dilata la galería en una cámara casi circular de unos 7 m de diámetro. A continuación la galería presenta tres codos bruscos; del más agudo sale una grieta hacia el sur que no es penetrable, casi por debajo de una gran chimenea. Después de transponer otro escalón vertical y otra chimenea, se presentan varias sinuosidades hasta llegar a otro escalón a cuyo pie hay una poza de 1 m de profundidad. Aquí comienza una serie de pasos bajos y estrechos, algunas pozas y bruscos cambios de dirección hasta llegar a un lugar en que el suelo está cubierto por piletas; sigue otro trayecto de más de 100 m de longitud, con varios cambios de dirección; todo el techo es bajo y el suelo está parcialmente cubierto por depósitos arcillosos; después de un escalón, y unas piletas adosadas a la izquierda, desemboca perpendicularmente en otra galería dirigida de SW a NE, también descendente, y de techo bajo. Se inicia esta galería en una estrecha grieta impenetrable y se dirige hacia el NE casi en línea recta presentando unas piletas poco antes del entronque de ambas galerías; más allá de este entronque el techo presenta una amplia abertura accesible por una rampa arcillosa y que conduce a una amplia cámara de contorno irregular y situada encima de la galería. Su eje está orientado al NW y su suelo, es fuertemente ascendente presentando dos escalones fácilmente

GRUTA DE LA MARIPOSA
Guerrero

LEVANTAMIENTO G.E.M, ENERO 1969
J. DE URQUIJO, J. FLORES, J. H. ESPEJO Y J. VENTURA



SIMBOLOS

- + A ESTACION
- CHIMENEA
- ⊖ PILETAS
- ⊕ CHARCOS
- ⊖ MACIZO ESTALAGMITICO
- ⊖ ESTALAGMITA
- ∇ PENDIENTE
- ARCILLA
- ⊖ GRAVA
- ⊖ ESCALON; LAS RAYAS HACIA LA PARTE BAJA
- TB TECHO BAJO
- 4 ALTURA DEL TECHO
- ? NO EXPLORADO

negociables. Su ángulo NW comunica con otra cámara profusamente concrecionada donde abundan columnas de 1/2 metro de diámetro y 4 ó 5 de altura. El techo está cubierto totalmente por estalactitas mamelonares y acuminadas; hay gran número de estalactitas excéntricas, y otras cilíndricas huecas, de 1/2 cm de diámetro (Lám. 4).

La galería continúa con rumbo hacia el E; después de un paso bajo, presenta un divertículo a la izquierda y un escalón de un metro. Después de otro paso bajo, se presentan varios descensos verticales que conducen a una amplia cámara aparentemente dispuesta en dos niveles y aquí terminó la exploración, por presencia de CO₂ pero la galería continúa.

En total se recorrieron 670 m de galerías con una penetración en línea recta de 390 m y un descenso total de 35 m.

Datos meteorológicos. Temperatura del aire en grados centígrados; humedad en porcentaje de saturación.

8-XII-1968

Entrada (exterior)		23°	58%
Estación A		23°	62%
Estación B		24°	64%
Estación C		25°	70%
Estación D		25°	70%
Estación E		25°	70%

Desde el punto C, hasta el final de la galería explorada, la temperatura del aire es de 25° y la humedad del 70%. Temperatura del agua 22°.

GRUTA DE CACAHUAMILPA

(Mapa 12. Láms. 5 a 9)

Situación y acceso. Está situada en la vertiente oriental del Cerro de La Corona, sobre la barranca de Limotitla, a 2.6 kilómetros por carretera del pueblo de Cacahuamilpa, correspondiente a la antigua municipalidad de Tetipac y ex Distrito de Alarcón, Estado de Guerrero. Desde la ciudad de México pueden seguirse tres rutas asfaltadas que conducen a la gruta (Mapa 1); la de Toluca a Ixtapan y Azizintla que puede abordarse bien por la carretera de México a Guadalajara en la ciudad de Toluca o por la carretera federal de México a Tasco, en el kilómetro 138.2; en ambos casos debe tomarse una corta desviación que partiendo del kilómetro 182.1 conduce a la explanada donde está situada la Administración de las Grutas. Hay otro camino que parte de la misma carretera federal a Tasco en el kilómetro 100 (poblado de Alpuyecá) y que conduce a la explanada, pero es menos aconsejable. El recorrido total desde México por Toluca es de 183 kilómetros; por Azizin-

tla de 154 kilómetros si se utilizan las autopistas México-Cuernavaca y Cuernavaca-Amacuzac y 149.5 kilómetros por la carretera federal; por Alpuyec de 159 kilómetros utilizando la autopista México-Cuernavaca, 149 kilómetros por la carretera federal.

Antecedentes y bibliografía. Como se trata de una gruta conocida desde muy antiguo y una de las más famosas del mundo, no es de extrañar que la bibliografía sea muy voluminosa. Sin la menor pretensión de hacer un trabajo exhaustivo sino simplemente anotando los datos que buenamente se han encontrado, se logró reunir una lista bibliográfica que puede consultarse al final de este capítulo, pero muchos de ellos carecen de toda significación desde el punto de vista científico; en unos casos se trata de menciones más o menos ocasionales, en otras, descripciones de viajes, o de las impresiones producidas por la contemplación de las "maravillas" del mundo subterráneo y casi siempre descritas con la garrulería propia de la "literatura turístico-cavernaria" en general y de esta gruta en particular; al respecto, Velázquez de León, dice: "no sabemos por qué fatalidad casi todas las descripciones de uno de los más grandiosos monumentos geológicos de que puede envanecerse el Estado de México, en su ya famosa caverna de Cacahuamilpa, participan de un estilo más o menos aterrador y excesivamente poético, que produce en unos de sus lectores el pavor, y deja en otros las impresiones de una imaginación acalorada, extraviándose fuera del camino de la verdad y de la filosófica observación"; desgraciadamente estas palabras pueden aplicarse también a mucho de lo publicado en el lapso de más de un siglo transcurrido desde que fueron escritas. En vista de esto, sólo se comentarán aquí aquellos trabajos que puedan arrojar alguna luz sobre asuntos científicos; los demás pueden encontrarse en la lista bibliográfica que acompañan a este capítulo. En Flores (1910) puede encontrarse una reseña de los visitantes notables de la gruta, tomada de Robelo (1885).

Parece ser que esta cueva ya era conocida por las poblaciones prehispánicas a juzgar por los fragmentos de utensilios obtenidos por Bárcena en 1879 al practicar excavaciones en el suelo de la gruta (Bárcena 1985), dato que puede correlacionarse con los restos análogos obtenidos recientemente en la gruta de La Estrella. Aunque la existencia de la gruta siguió siendo conocida por los habitantes de Cacahuamilpa sólo se hizo pública su existencia en 1834 (Flores, 1910) y al año siguiente se organizó la primera exploración científica por el Barón de Gros, junto con Velázquez de la Cadena, R. Pedreauville e I. Serrano (Gros 1865). En 1846 visitaron la caverna los profesores de la Academia Nacional de Bellas Artes de San Carlos de cuyas observaciones da cuenta Velázquez de León en su trabajo póstumo (1881); da las dimensiones y orientación de la entrada, los buzamientos de la caliza cerca de la entrada y una descripción bastante aceptable en la que definitivamente desmiente versiones anteriores referentes a la comunicación con los ríos subterráneos; así mismo precisa que la forma de la cavidad es un cañón sencillo sin ramificaciones de importancia, datos que han sido olvidados por visitantes posteriores; desmiente así mismo la existencia de lagos o ríos en la caverna mencionados por otros autores, por ejemplo, uno de sus acom-



GI

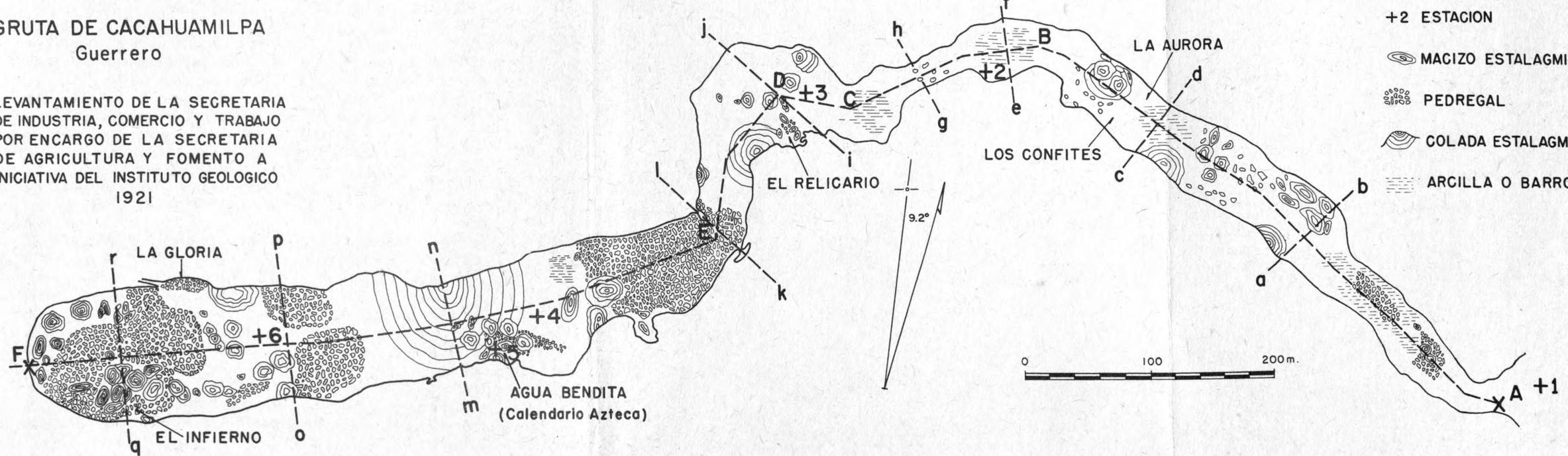
LE
DE
PO
DE
INI



- SIMBOLOS**
- +2 ESTACION
 - MACIZO ESTALAGMITICO
 - PEDREGAL
 - COLADA ESTALAGMITICA
 - ARCILLA O BARRO

GRUTA DE CACAHUAMILPA
Guerrero

LEVANTAMIENTO DE LA SECRETARIA
DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO
POR ENCARGO DE LA SECRETARIA
DE AGRICULTURA Y FOMENTO A
INICIATIVA DEL INSTITUTO GEOLOGICO
1921



pañantes en la misma expedición quién en su reseña (Landesio 1868) aconseja se lleven un bote o chalupa para poder atravesar el lago que le cortó a él el paso (vide Puga, 1892, p. 167). Las consideraciones sobre el origen de la caverna que hace Velázquez de León, resultan tan en desacuerdo con los conocimientos actuales que no creemos necesario resumirlas.

Bárcena (1874) efectuó una rápida exploración de la caverna a la que atribuye una longitud de unos 4 kilómetros; llama la atención sobre el escaso desarrollo de las estalactitas en comparación con los potentes desarrollos estalagmíticos y da una primera interpretación geológica de la región distinguiendo las calizas fosilíferas, en las que abre la cueva de las "pizarras arcillosas" suprayacentes (pág. 77); en otro lugar de este volumen ya se han indicado las implicaciones estratigráficas de los fósiles por él descubiertos. Atribuye el origen de la caverna al sistema de fracturas y cavidades que se originaron al plegarse las calizas, plegamientos que según él, ocurrieron al efectuarse la intrusión de los pórfidos traquíticos terciarios; estas cavidades serían después modificadas al disolverse las calizas por aguas de infiltración; no considera que los ríos subterráneos de Chontalcoatlán (= Zacualpan) y San Jerónimo (= Tenancingo), hayan desempeñado papel alguno en el desarrollo de la caverna, como ya entonces suponían "algunas personas" pero hace la salvedad de que son necesarios más amplios estudios para decidir la cuestión.

Precisamente fue el mismo Bárcena quién formando parte de la expedición organizada por el Ministerio de Fomento en 1879, descubrió la existencia de aluviones con cantos rodados en el interior de la caverna (Salón del Agua Bendita); refiriéndose a esto, Villada (1888, pág. 153) comenta: "El señor Mariano Bárcena ha encontrado en este lugar un dato importantísimo, cual es la existencia de un relleno bastante notable de boleo de pórfido, que demuestra con toda evidencia el paso de una gran corriente de agua... Esta formación de acarreo me pareció también verla en el salón de los Organos... Por lo dicho puede creerse más bien que la caverna se formó por el paso de las aguas como lo comprueban las mismas corrientes que en la actualidad existen, a un nivel mucho más bajo en la misma montaña". Por lo demás, Villada que visitó la cueva primeramente con Bárcena en 1879 y después en 1886, no aporta en su descripción nada nuevo, asignándole una longitud de 4 kilómetros.

En 1891 el Instituto Médico Nacional organizó una expedición que dio como resultado un trabajo de Herrera sobre la fauna cavernícola, dos análisis de agua del interior de la cueva (Lozano, 1892), transcritos después por Félix (1899) y Wittich (1936) y una prolija reseña del viaje y visita a la cueva (Puga, 1892) en la que únicamente podemos anotar como dato de cierto interés la observación de que en algunos puntos hay un cambio de rumbo en los estratos que coincide con el eje de la caverna; da una longitud estimada de seis kilómetros.

Reclus, en su *Geographic Universelle* (1891, vol. 17:218) menciona que de ella se han extraído restos de mastodonte, dato posiblemente basado en Phillips (1842), pero del cual no se ha encontrado confirmación (vide Urbina 1909, pág. 152).

En 1899 Félix publica una buena descripción poco extensa de la gruta totalmente basada en escritos anteriores; le asigna una longitud de 6 kilómetros y la considera modelada por la acción de un río subterráneo, a juzgar por los aluviones depositados, río que en la actualidad fluye 100 metros por debajo (río de Santiago = San Jerónimo).

Otra reseña seria y poco extensa es la de Urbina (1909) en la que incluye rumbos y buzamientos de las calizas, encontrando *Nerinea* y *Actaeonella* en el interior de la cueva; transcribe la longitud estimada por Bárcena de 4 kilómetros y acepta que su formación se debe a la existencia de un antiguo río subterráneo, posiblemente el actual río Tenancingo (= San Jerónimo).

Uno de los mejores compendios de lo publicado hasta la fecha sobre este tema y realizado con el sentido crítico necesario para no repetir las inexactitudes acumuladas en la literatura anterior, es la memoria que sirvió de guía a la excursión realizada por la Sociedad Geológica Mexicana en 1909 (Flores, 1910); en cambio su interpretación sobre la génesis de la caverna está influida por el concepto erróneo de considerar que las calizas sobreyacen a las "pizarras arcillosas". En resumen, supone que los esfuerzos de comprensión actuaron diferencialmente en ambos tipos de rocas; las calizas más rígidas se incurvaron en pliegues amplios produciéndose abundantes fracturas, en tanto que las lutitas filíticas, más plásticas, sufrieron un plegamiento mucho más acentuado, lo cual está de acuerdo con la realidad, pero supone también la aparición de huecos entre ambas formaciones que posteriormente serían agrandados por las aguas de infiltración que penetrarían por las diaclasas. No menciona la existencia de aluviones ni la intervención de los ríos en el modelado de la caverna. La reseña de esta misma excursión publicada por Balarezo y Becerril (1910) no contiene ningún dato de interés.

En 1922 Villafaña publica otra descripción de la caverna en términos parecidos; probablemente por confundirlas con los esquistos que afloran en las cercanías de Tasco, denomina a las lutitas filíticas Mezcala "pizarras sericiticas" y las considera como la roca más antigua (pág. 239); supone que la caverna ha sido formada exclusivamente por aguas de infiltración; menciona la existencia de conglomerados (aluviones) cerca de "El Bautisterio".

Del mismo año data el trabajo de Salazar Salinas que tiene el mérito de presentar el primero y único plano que se conoce de la caverna; incluye también un corte longitudinal y nueve cortes transversales, y es el mismo que se reproduce en el presente trabajo. Fue levantado en 1921 por el Departamento de Exploración y Estudios Geológicos de la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo por encargo de la Secretaría de Agricultura y Fomento, a iniciativa del Instituto Geológico de México del cual era director a la sazón el señor Salazar Salinas. Este plano fue levantado con teodolito y contiene información topográfica razonablemente exacta de acuerdo con su escala original de 1:2000. No se ha podido averiguar el nombre del autor que no figura en la documentación examinada al respecto.

En relación con las dimensiones de la cueva dice Salazar Salinas refiriéndose al plano: "Es como se vé, mucho menos extensa que lo que la acalorada imaginación de algunos viajeros ha supuesto, bajo la impresión que para las

personas no habituadas a la vida subterránea, produce el pasar varias horas en recorrer una cavidad de esta naturaleza". En efecto, la longitud total tomada en el eje de la galería no pasa de 1280 m pero esto no ha sido óbice para que en trabajos posteriores haya seguido actuando la imaginación y a veces de manera desbordante (Craun, en 1945, da una longitud estimada en ¡25 millas!). La descripción de Salazar Salinas está basada en una recopilación de trabajos anteriores principalmente los de Flores y Villafaña. Por lo que respecta al origen, Salazar Salinas se inclina a considerar como factor principal a las aguas de infiltración introducidas por las fracturas y diaclasas tan abundantes especialmente en la charnela del anticlinal, sin considerar necesaria la hipótesis de Flores sobre el despegue entre las calizas y las filitas; considera a estas últimas como más antiguas que las calizas y menciona la presencia de aluviones en el costado SE del "Pedregal del Muerto", cuya presencia la atribuye "a que por alguna abertura que tuvo la caverna por ese lado penetró la corriente de aluvión. Esto no podrá dilucidarse sino cuando se haga un estudio geológico de detalle de la región".

En Galindo y Villa (1926, págs. 393-404) pueden verse transcritos una buena parte de los trabajos de Puga, Salazar Salinas, Villafaña y posiblemente Flores; puede ser de utilidad su consulta a falta de los trabajos originales.

Wittich (1936-1937) da una recopilación de los trabajos anteriores reproduciendo muchos de los errores de sus predecesores, entre ellos los referentes a la longitud: "Die Gesmte Lange der Höhle wird zu 6 Km angeben; doch sind bis jetzt etwa nur 1,8 km für die Besuch des grossen Publikums hergerichtet". Sobre la participación de aguas fluviales en la génesis de la caverna dice: "das aber diese Wässer an der Bildung der Cacahuamilpahöhle beteiligt waren, darf man wohl mit Bestimmtheit annehmen".

En diciembre de 1939 se efectuó una detenida exploración por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas cuyo objetivo fue esencialmente biológico y estratigráfico (Bolívar, 1940); en ella Mülleried (1944) hizo un reconocimiento paleontológico y estratigráfico de los alrededores de la cueva que se ha comentado ampliamente en este mismo trabajo y en el que se establece definitivamente que las margas filíticas están superpuestas a las calizas.

En López (1942) puede verse una descripción de la cueva tomada de Orozco y Berra (1855) que a su vez transcribe la de Velázquez de León.

El trabajo de Bretz (1955) ha sido comentado ampliamente en otro lugar de esta memoria; ignora toda la literatura anterior hasta el punto de afirmar que no se conoce la existencia de aluviones de origen fluvial. Atribuye el origen de la cueva a disolución por aguas freáticas.

Existe una poligonal de precisión, tanto en planta como en perfil, levantada en septiembre de 1966 por el ingeniero Carlos Gómez Moncada, que contiene datos muy interesantes por lo que respecta a la altimetría y relaciones de la caverna con la topografía del exterior. El desarrollo de la poligonal en el plano horizontal es de 1536.8 m, dato que concuerda muy bien con el de 1560 m que es la longitud que arroja el plano de 1921 para la senda seguida por los visitantes. La longitud de 1380 m se refiere al eje medio de las galerías

(A-F) del plano de 1921. No se tiene noticia de que el levantamiento de 1966 haya sido publicado.

Esta árida reseña de la literatura puede cerrarse con un toque de humor mencionando algunas de las estupendas afirmaciones contenidas en una revista, órgano de la más importante sociedad espeleológica de Estados Unidos (Craun, 1945); sobre el tamaño de la cueva dice: "About two miles of Cacahuamilpa is shown to visitors... The cave has never been thoroughly explored but the length is estimated to be 25 miles... and at Taxco, 25 miles southwest... the same subterranean river bed has been reported". Refiriéndose al posible uso de la cueva por "Aztecs and Toltecs", dice: A major indication lends proof of this namely, the artificial closing of the mouth of the cave. Thousands of tons of debris, possibly coming from the interior of the cave, has been deposited in the mouth of the cave filling it to within 8 or 19 feet of the opening". Otros botones como muestra: "Another feature... are the fine marine floors" "Another unusual feature is the Paleozoic (sic!) river bed" ... "Its lakes and fountains are worthy of mention, and lend fine atmosphere to the surroundings".

No es necesario seguir transcribiendo tan geniales descubrimientos, pero he creído conveniente insertar una muestra de la literatura fantástica sobre el tema, pues explica los errores que se deslizan incluso en obras serias; por ejemplo, Trombe (1952, pág. 353) que asigna a la cueva una longitud de 5 a 10 kilómetros.

En resumen, la existencia de la cueva se conoce desde 1834, la primera expedición científica tuvo lugar en 1835. Su exploración completa se efectuó en 1846 y desde entonces son conocidas todas sus cavidades accesibles al hombre. Antes de efectuarse el levantamiento topográfico, los autores serios estimaron su longitud entre 4 y 6 kilómetros. En 1922 se publicó un plano completo y detallado de la cueva, quedando fijada definitivamente su longitud en 1 380 m.

Desde 1879 se conoce la existencia de artefactos prehispánicos. La sucesión estratigráfica en los alrededores de la cueva, bien interpretada por Bárcena en 1874, pasó por una etapa de confusión desde 1910 hasta 1939 en que Mülleried (1944) restablece la secuencia correcta. La existencia de aluviones en el interior de la cueva se conoce desde 1874, y ha sido después confirmada por numerosos autores.

Por lo que respecta a los mecanismos de formación, atribuyen el origen primario de las cavidades a causas tectónicas y su modelamiento posterior a las aguas de infiltración, Bárcena (1874) y Flores (1910). La consideran formada exclusivamente por aguas de infiltración gobernadas por diaclasas y fracturas, Villafañá (1922) y Salazar Salinas (1922). La hipótesis sobre la intervención de un río subterráneo (San Jerónimo) en el modelado definitivo es desde luego anterior a 1874 y entre sus mantenedores pueden citarse a Bárcena (1885), Villada (1888), Félix (1899), Urbina (1909) y Wittich (1936). Bretz (1952) la considera formada por disolución bajo la superficie freática.

En casi todas las descripciones reseñadas consta la enumeración y descripción de los "salones" en que puede considerarse dividida la cueva así como

descripciones sobre las incrustaciones estalagmíticas que más llaman la atención.

La descripción que sigue está hecha tomando como plano de base el de 1921 anteriormente mencionado y de acuerdo con las observaciones personales del autor hechas en numerosas visitas desde 1939 a la fecha.

Bibliografía. Anónimo (1838), Gondra (1838), Calderón (1843), Gondra (1844), Anónimo (1844), Mayer (1844, nov. ed. 1953), Clavé (1850), Arróniz (1853), Orozco y Berra (1855), Anónimo (1858), Bustamante y Cortina (1861), Taylor (1861), Gros (1865), Bilimek (1867), Landesio (1868), Bárcena (1874), García Cubas (1874), Rivera Cambas (1880), Hoovey (1882), Velázquez de León (1882), Bárcena (1885), Robelo (1885), García Cubas (1888), García Cubas (1890), Leyva (1890), Puga (1891), Reclus (1891), Herrera (en Puga 1892), Puga (1892), Duclós (1893), Bárcena (1895), Gama (1895), Anónimo (1897), Félix (1899), Nosari (1899), Anónimo (1900), García Cubas (1904), Flores (1906), Villada (1906), Cañas (1907), Robelo, Cañas y Franco (1907), Flores (1909), Urbina (1909), Balarezo y Becerril (1910), Flores (1910), Dil (1920), Tagle (1921), Salazar (1922), Anónimo (1923), Mistral (1923), Staub (1925), Galindo y Villa (1926), Henderson (1932), Iturbide (1932), Salinas (1934), Zepeda (1934), Wittich (1936), Wittich (1937), Toor (1938), Bolívar (1940), Mazoti (1940), Bolívar (1941), Chamberlin (1942), Anónimo (1943), Chamberlin (1943), Morgan (1943), Hoffman (1944), Mülleried (1944), Bonet (1945), Craun (1945), Anónimo (1946), Bonet (1946), Castillo (1946), Ontañón (1946), Tamayo (1946), Wygodzinski (1946), López (1947), Toor (1948), Muñoz Lumbier (1949), Tamayo (1949), Anónimo (1950), García (1950), Guzmán (1950), Mohr (1950), Davis y Russell (1952), Trombe (1952), Hoffman (1953), Mel (1953), Rioja (1953), Jiménez (1954), Lansing (1954), Rioja (1954), Bretz (1955), Martín del Campo (1955), Anónimo (1956), García (1956), Lukens y Davis (1957), Fries (1960), Mulaik (1960), García (1961), Moncada (1962), Hoffmann (1962), Evans (1963 b, c), González Ochoa (1963), Arenas (1964), Anónimo (1964), Russell (1964), Bolívar y Hendrich (1965), Raines, T., Raines, B. y Raines B. (1965), Bridgemon (1966), Fish (1966), Villa (1966), Russell y Raines (1966), Anónimo (GEM, 1967), Bolívar y Hendrich (1967), Rebollo (1967), Mondragón (1967), Villegas (1967), Anónimo (GEM, 1968), Anónimo (1968b), Anónimo (1968c), Barr, Bolívar y Hendrich (1968), Bolívar (1968), Bonet y Pérez de Urquijo (1968), Castell (1968), Moraflores (1968), Romero (1968), Ochoa (1970).

Descripción. La entrada (Lám. 5), orientada al E, es un amplio arco de unos 40 m de base por 12 de altura, situada a 980 m¹ de altura sobre el nivel del mar y a unos 100 m por encima del fondo del valle; da acceso a una

¹ Los datos altitudinales de esta gruta han sido tomados de la nivelación de precisión efectuada en 1966 por C. Gómez Moncada. En otras nivelaciones se dieron altitudes alrededor de los 1 095 m.

rampa descendente construida para salvar una diferencia de nivel de 20 m entre la altura actual y el piso original de la cueva, formada por la acumulación de bloques desprendidos de la bóveda que constituyen el talud de entrada, en gran parte oculto por las obras realizadas para permitir acceso cómodo a los visitantes.

En términos generales, la cavidad está constituida por una galería de enormes proporciones orientada aproximadamente en sentido E-W, en dirección casi perpendicular a la orientación general de los estratos. Varios estrechamientos relativos así como las obstrucciones parciales, debidas a los depósitos estalagmíticos y derrumbes de la bóveda, han dado pie para que tradicionalmente se consideren una serie de "salones" cuyos límites naturalmente son muy subjetivos y que han sido nombrados por las estalagmitas más vistosas que se encuentran en cada uno de ellos; su enumeración puede encontrarse en casi todos los trabajos anteriores. Aunque el número de salones varía según los autores entre 15 y 21, los nombres han gozado de cierta estabilidad en el curso del tiempo de modo que tienen cierto valor como puntos de referencia y pueden verse en el plano adjunto.

A excepción de la entrada y de la parte terminal toda, la cueva se desarrolla casi a un mismo nivel es decir, entre las cotas de los 955 y 960 m, y el suelo está cubierto por arcilla de decalcificación más o menos cementada por incrustaciones estalagmíticas así como por acumulaciones de bloques desprendidos de la bóveda y fragmentos estalagmíticos; éstos a veces forman montículos hasta de 10 m de altura, de modo que el gradiente que originalmente pudiera existir en el fondo rocoso ha quedado completamente borrado.

A partir de la entrada, la galería sigue una orientación al NW en una longitud de unos 440 m hasta el principio del salón de Los Tronos. Al comienzo de este trayecto (El Chivo, Lám. 5), la galería mide unos 30 m de ancho por 20 de altura, el suelo se encharca parcialmente durante la estación de las lluvias y los depósitos estalagmíticos son escasos y de pequeño tamaño; en esta sección los estratos calizos presentan arrumbamientos que varían entre el N franco y N 30°W con buzamiento entre 30 y 18° al NE. Más adelante (Las Fuentes, Láms. 6 y 7), la galería se hace más amplia (50-60 m de anchura por 30 de altura); adosada a la pared izquierda (S) hay una colada estalagmítica de unos 8 m de altura formada por varias piletas (gours) escalonadas y un grupo de grandes estalagmitas hasta de 15 m de altura; pasadas estas se llega a un punto que en las antiguas descripciones se designa con Salón de los Confites por la abundancia de "perlas de cueva" (pisolitas) ahora virtualmente desaparecidas. Después de pasar entre un grupo de 3 ó 4 enormes estalagmitas cilíndricas (una de ellas de 12 m de diámetro en la base y cerca de 20 m de altura) y una colada estalagmítica a la izquierda, se llega a un punto (La Aurora) desde el cual, cuando se apagan las luces del alumbrado artificial, puede verse la tenue claridad del día que penetra por la entrada, a unos 380 m de distancia.

Transpuestas dos enormes estalagmitas, que en conjunto miden en su base más de 30 m de diámetro, se llega al Salón de Los Tronos (Lám. 8), cuyo eje, dirigido de E a W, mide unos 100 m de longitud, con 50 de

anchura máxima y unos 20 de altura; aquí las calizas muestran un rumbo de N 56° W y un buzamiento aproximado de 45° NE; el suelo es plano. En este lugar se observa una marca de agua en la pared de la izquierda a unos 15 m sobre el suelo que conserva su horizontalidad perfecta durante varias decenas de m y sobre cuya significación ya se ha tratado en otro lugar de este mismo trabajo. Más adelante la galería toma una orientación al SW y alcanza las dimensiones mínimas de todo su recorrido: 22 m de ancho, por 16 de altura (Portada de los Querubines, Láms. 8 y 9).

A partir de este punto, la galería se ensancha hasta alcanzar los 100 m de anchura máxima y altura de 30 m; su eje describe un ángulo recto con un trayecto E-W de 120 m de longitud y otro N-S de unos 100. En esta porción hay varias estalagmitas notables, por ejemplo la Fuente Monumental (Láms. 9 y 10), de forma cilíndrica, cima plana, y paredes profusamente acanaladas, con una galería de gigantescas piletas (gours) alrededor de su base. Otras dos estalagmitas cilíndricas alcanzan los 25 m de altura (Láms. 10 y 12). En la concavidad del meandro (El Relicario), al lado del camino que siguen los visitantes, puede verse un montículo de gravas y aluviones de origen fluvial cementados por arcillas de decalcificación y capas de incrustación estalagmítica; también en este punto y adosado a la pared izquierda hay una gran colada estalagmítica de forma cónica (El Volcán); tiene su ápice cerca del techo, a unos 30 m de altura sobre el piso, y un diámetro en su base de unos 50 m.

Al final de esta porción, comienza el llamado Pedregal del Muerto, enorme amontonamiento de bloques que el camino debe trasponer pues ocupa todo el ancho de la galería y cuya altura sobre el suelo original es cuando menos de 10 m. Desde este punto hasta el final de la cueva, el eje de la galería es recto, orientado al WSW y de 550 m de longitud; al comienzo de esta porción la anchura es de unos 45 m, pero pronto adquiere las máximas dimensiones de todo el recorrido, llegando a alcanzar, cerca del final, más de 100 m de anchura. La altura del techo en esta parte es de unos 45 m llegando a 68 en el sitio denominado Los Palmares donde hay una cúpula formada por desprendimientos. Al comienzo del Pedregal, en la pared izquierda y a la altura del suelo, hay una cripta de disolución secundaria. Transpuesto el Pedregal, el suelo es otra vez horizontal; a la izquierda hay un grupo de grandes estalagmitas y entre ellas y la pared izquierda queda un paso estrecho (Agua Bendita) cerca de cuya entrada se observa, al lado del camino que siguen los visitantes, un montículo de gravas y aluviones de origen fluvial cementados por arcilla de decalcificación y capas de incrustación estalagmítica. En la porción estrecha del piso puede observarse una gran estalagmita rota y dispuesta horizontalmente (Piedra del Reloj o Calendario Azteca) en cuya sección pueden verse los anillos de crecimiento de este notable espeleotema. Una enorme colada estalagmítica, de forma cónica y adosada a la pared de la derecha, es el llamado Puerto de El Aire (Lám. 14) en cuya cima se abre un conducto vertical descendente por el que sale una corriente de aire muy perceptible; esta colada mide unos 25 m de altura por un diámetro en la base de unos 120 m. Frente al Puerto de El Aire, al pie

de la pared opuesta, hay otra bolsa de disolución (El Bautisterio), cerca de la cual también se han encontrado aluviones fluviales.

Pasado el Puerto de El Aire, a la derecha, hay una porción deprimida del suelo que aparentemente se encharcaba en las épocas de lluvias hasta una profundidad de 1 ó 2 m (Lagunillas, altura 949 m), dando pie a que en las descripciones más antiguas se mencionara la existencia de un lago convertido en río por la imaginación de algunos visitantes. El camino asciende entre dos enormes amontonamientos de bloques caídos y estalagmitas dejando a la izquierda un grupo de enormes estalagmitas (Las Torres de los Palmares), una de ellas, La Botella de Champagne (láms. 15 y 16), de 35 m de alto por cerca de 20 m de diámetro en su base y se llega después a la porción terminal de la cueva, amplio fondo de saco de más de 100 m de anchura cuyo suelo está cubierto casi en su totalidad por un gigantesco amontonamiento de bloques desprendidos (Lám. 19), y que presenta dos grupos de enormes estalagmitas que alcanzan individualmente hasta 40 m de altura por 20 o más de diámetro (Los Organos). El suelo de esta porción terminal está a unos 980 m de altitud, es decir al mismo nivel de la entrada y 31 m más alto que en Lagunillas. En esta parte, hacia la derecha (N), puede ascenderse con cierta dificultad hasta unos 20 m sobre el suelo de la parte central (La Gloria, láms. 17 y 18), donde hay un pasaje fangoso, muy estrecho, de techo muy bajo y fuertemente ascendente; en él había numerosos murciélagos y murcielaguina; a la izquierda (S) de la cámara final, el señor J. de Urquijo (comunicación personal) indica que hay otro pasaje estrecho, pues escasamente permite el paso de un hombre y que es fuertemente ascendente, continuándose con una chimenea vertical; dicho señor ha podido seguirlo unos 200 m y no está representado en el mapa adjunto. Estos dos pasajes, que por cierto no están abiertos al público, contienen *Histoplasma*; son ellos los que han dado lugar a la leyenda de que la caverna se continúa en una porción no explorada. Otro de los motivos que en ciertos "exploradores" de la cueva ha causado la impresión de un sistema complicado de galerías es el hecho de que el camino acondicionado para el paso de las caravanas de turistas, una vez que llega al fondo, vuelve para atrás junto a la pared sur, entre ella y un extenso grupo de estalagmitas (El Infiernillo), volviendo a juntarse con el camino principal cerca de la Botella de Champagne.

La longitud total de la cueva, tomada según el eje de la galería es de 1 280 m. Su penetración máxima, o sea la distancia en línea recta entre el fondo y la entrada es de 1 150 m; el camino recorrido por los turistas es de 1 560 de longitud.

Toda la gruta está acondicionada para su exhibición al público y está provista de alumbrado artificial desde fecha anterior a 1922, que hasta ahora no ha correspondido en calidad a lo que merece este magnífico monumento natural. Es propiedad del Gobierno Federal y su administración ha corrido a cargo de diversas instituciones; primeramente del Ministerio de Fomento por intermedio del Instituto de Geología de México, después de la Secretaría de Economía Nacional; posteriormente estuvo a cargo de Petróleos Mexicanos en cuya época se efectuaron los trabajos de acondicionamiento de la expla-

nada donde está el edificio de la administración y el camino que conduce a Dos Bocas; después dependió de la Secretaría de Gobernación y en la actualidad del Departamento de Turismo. Esta última entidad durante el pasado año de 1968 ha construido un amplio camino pavimentado acondicionado para el paso de pequeños vehículos y que alcanza hasta poco antes de llegar al Pedregal del Muerto; desde aquí el camino pavimentado prosigue pero con menor amplitud y destinado exclusivamente al tránsito de peatones; al llegar al final, se incurva en sentido recurrente a lo largo de la pared S, por detrás de El Infiernillo, hasta juntarse con la porción principal cerca de la Botella de Champagne. En estos días, (fines de febrero, 1969) se anuncia la inauguración de un nuevo sistema de iluminación.

Datos meteorológicos. A continuación se incluyen algunas observaciones hechas el día 18 de febrero de 1955, indicando la hora, temperatura en grados centígrados y la humedad en % de saturación:

1	Entrada	16 hs. 40'	27°	26%
1	Entrada	18 hs. 50'	26.5°	26%
2	Los Tronos	15 hs. 50'	20°	86%
3	Fuente Monumental (El Panteón)	16 hs. 05'	20°	91%
4	Puerto de El Aire (parte baja)	16 hs. 20'	21°	91%
5	Calendario Azteca	16 hs. 45'	21°	91%
6	Los Palmares	17 hs. 00'	21°	78%

Es interesante la disminución de humedad anotada en el salón de Los Palmares, posiblemente debida a mezcla con aire procedente del exterior, pero este dato debe ser comprobado por observaciones posteriores. La temperatura parece conservarse todo el año entre los 20 y 22° lo que contrasta vivamente con la temperatura del aire en el curso subterráneo del río San Jerónimo que varía con la del aire exterior; a pesar de estar 90 m por debajo de Cacahuamilpa se ha anotado en el 14 de diciembre de 1939 una temperatura de 15° y el mismo día en Cacahuamilpa 21°.

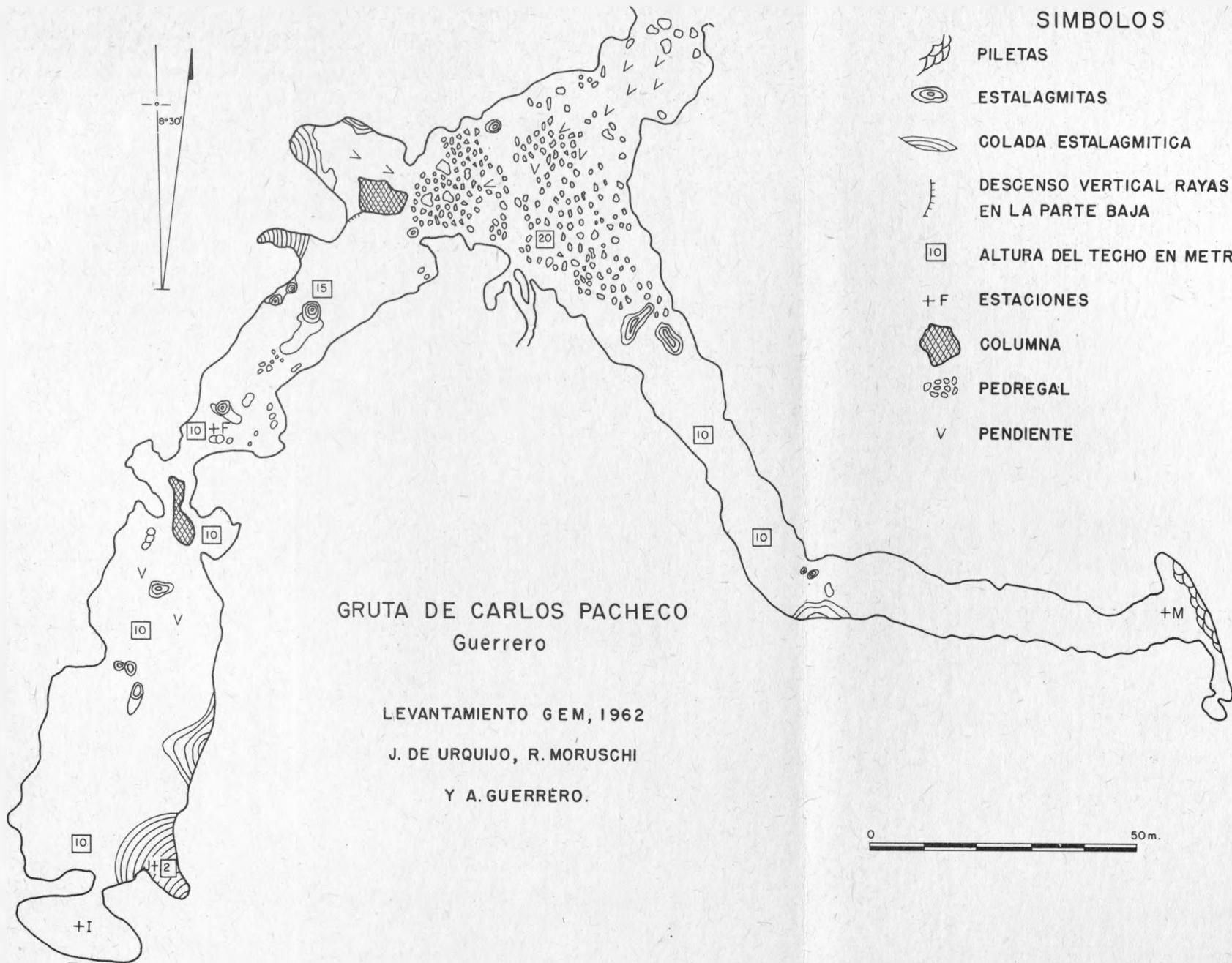
GRUTA DE CARLOS PACHECO

(Mapa 13. Láms. 19 y 20)

Situación y acceso. Está situada a 400 m en línea recta al SSE de la Gruta de Cacahuamilpa, en la vertiente oriental del Cerro de la Corona; los demás datos de situación general y acceso son los mismos que los de la Gruta de Cacahuamilpa (p. 61). Partiendo de la explanada de las grutas se va por un corto ramal que conduce a la carretera de Alpuyeca, se gira a la izquierda por esta misma carretera hasta su entronque con la de Toluca-Azizintla y se sigue por esta última, también a la izquierda, hasta el kilómetro 183 de-

SIMBOLOS

-  PILETAS
-  ESTALAGMITAS
-  COLADA ESTALAGMITICA
-  DESCENSO VERTICAL RAYAS
EN LA PARTE BAJA
-  ALTURA DEL TECHO EN METROS
-  ESTACIONES
-  COLUMNA
-  PEDREGAL
-  PENDIENTE



altura sobre el nivel del mar de 1 015 m.¹ Es un amplio orificio originado por hundimiento del techo, desde el cual se desciende hasta el suelo por un talud de entrada de unos 45° de inclinación constituido por rocas sueltas que provienen del hundimiento. La cámara inicial (Salón de los Pebeteros), ocupada en gran parte por el talud de entrada, posee estalactitas (Lám. 20) y cortinas estalactíticas con "paletas"; en la pared derecha hay un notable desarrollo de helictitas; tiene una altura de techo de unos 20 m. Hay en ella tres aberturas; la de la izquierda es el comienzo de la galería SE, la del centro, más estrecha, da paso a la galería principal dirigida al SW, mientras que la de la derecha conduce a una cámara lateral, de suelo ascendente, que desemboca en la porción inicial de la galería principal por amplia abertura abierta en su pared derecha, a bastante altura sobre el suelo; esta cámara (Salón de la Dama Blanca) presenta un grupo estalagmítico notable.

El resto de la cueva está constituido por dos galerías cuyos ejes se cortan casi en ángulo recto. La de la izquierda, es un túnel bastante regular, de una anchura en promedio de 8 a 10 m y una altura de 10; su suelo es horizontal. Después de un tramo inicial de 80 m de longitud cambia ligeramente de dirección al este por otros 80 m; en esta porción terminal el suelo presenta varias piletas y está cubierto por abundantes pisolitas (perlas de cueva).

La galería principal tiene una orientación general al SSW, y mide en total unos 150 m de longitud; consta de un tramo inicial de 60 m con una anchura variable, próxima a los 15 m y otros tantos de altura; su contorno es algo irregular y hacia el centro hay un grupo estalagmítico (salones de El Monje y el Pabellón). En su pared derecha y a bastante altura sobre el suelo, hay un boquete, ya mencionado, que comunica con el Salón de la Dama Blanca. En algunos lugares puede verse un profuso crecimiento de helictitas. Se pasa después por unos pasajes estrechos, casi obstruidos por grandes bloques y estalagmitas, de unos 20 m de longitud y que comunican a la izquierda con una cámara de contorno irregular y unos 10 m de diámetro por otros tantos de altura de techo; éste es probablemente el lugar en que Puga encontró un gran depósito de agua que no existe en la actualidad. Siguiendo de frente y tras un paso muy estrecho, se llega a la porción terminal de la galería, cuyo suelo desciende al principio unos 15 m haciéndose después casi horizontal; esta parte mide unos 80 m de longitud por 18 a 30 de anchura y 10 de altura de techo (salón de la Silla); cerca del fondo y a la izquierda hay una cavidad de disolución de unos 10 m de diámetro por 2 m de altura, en cuyas paredes pueden verse abundantes cortes de *Toucasia texana*; este salón presenta abundantes incrustaciones de gran belleza, especialmente cortinas estalactíticas cerca del fondo; en la pared izquierda de la galería principal hay una abertura, a bastante altura sobre el suelo, que ha sido explorada por el GEM y termina después de unos 5 m de desarrollo.

El desarrollo total de galerías, incluyendo el túnel de entrada, puede calcularse en 400 m; la penetración máxima, o distancia en línea recta desde la entrada al punto más alejado de ella es de 215 m.

¹ La base de nivelación es la de Gómez Moncada, 115 m. más baja que la de otras nivelaciones.

Parece lícito suponer que esta gruta formó parte del cauce subterráneo hoy abandonado, del río Chontalcoatlán, que actualmente corre, por otro cauce subterráneo unos 100 m más abajo. La corriente de agua penetraría por la terminación de la galería SW, haría un recodo en ángulo recto en la actual cámara de entrada y proseguiría por la galería SE; su salida, hoy obstruida, estaría al final de esta galería que coincide con el lecho de un arroyo epigeo actual. La entrada presente, es un hundimiento de bóveda, precisamente en el lugar de cambio de rumbo. Nótese el paralelismo entre esta disposición y el llamado "resuello" del río Chontalcoatlán; también se trata de un desprendimiento de bóveda y precisamente en un cambio de rumbo del cauce subterráneo actual.

Bretz, que como se sabe, no concede importancia a los ríos en el origen de estas cavernas, indica formalmente que no existe abertura en la ladera. De conservarse actualmente alguna traza de la surgencia anterior del río, cosa altamente improbable, debe buscarse en el cauce del arroyo actual que corre al E de la entrada, en dirección perpendicular a la galería suboriental. La entrada actual nada tiene que ver con la salida del río, pues se insiste, es un desprendimiento de bóveda.

Datos meteorológicos. Observaciones efectuadas el día 16 de febrero de 1955, indicando hora, temperatura en grados centígrados, y humedad en % de saturación.

Entrada (exterior)	18 hs. 50' 23° 28%
Final de la primera parte de la galería principal (SW)	15 hs. 00' 19° 82%
Fondo de la galería principal (SW)	16 hs. 30' 20° 78%
Cavidad de disolución al fondo de la galería principal	16 hs. 35' 20° 91%
Fondo de la galería SE	18 hs. 00' 20° 52%

Puede verse que la galería SE, es mucho más seca que el resto de la cueva, cosa que se aprecia a primera vista por el estado de desecación de las paredes e incrustaciones.

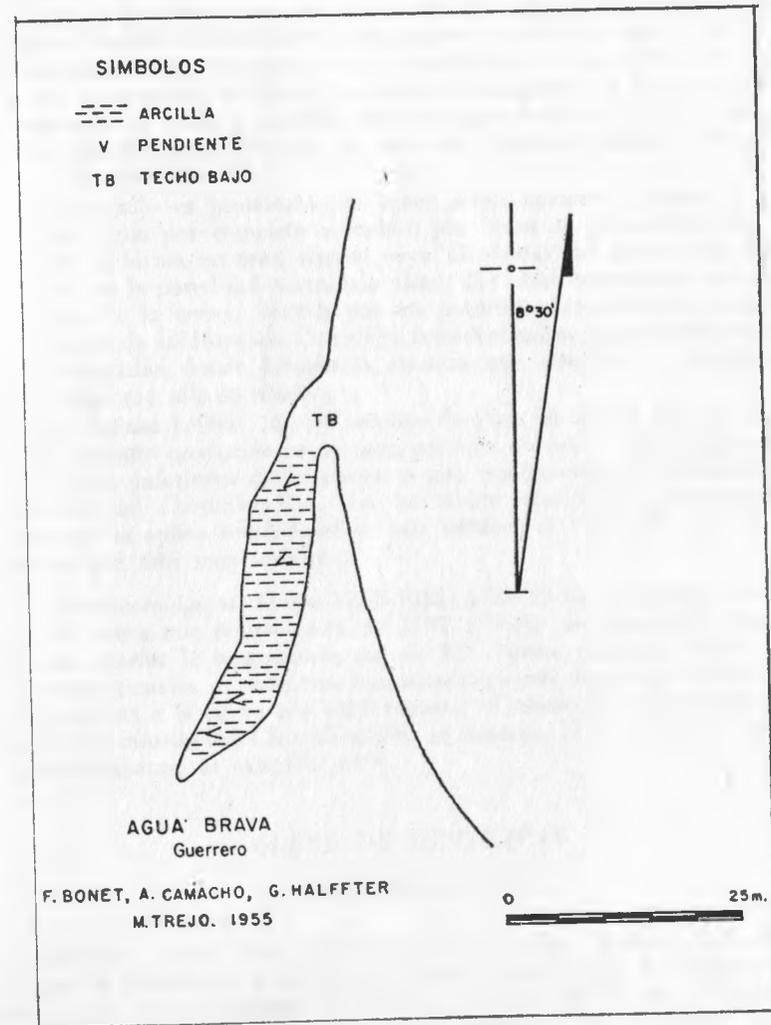
CUEVA DE AGUA BRAVA

(Mapa 14. Lám. 25)

Situación y acceso. Su boca abre al pie del acantilado que constituye la pared occidental de la dolina denominada Hoya de Corralejo. Esta queda a menos de 1 Km al W del kilómetro 185.7 de la carretera de Toluca a Azizintla.

Antecedentes. Esta cueva está mencionada por Salinas (1934). El esquema y descripción subsiguientes están basados en los trabajos de campo efectuados por el autor el 17 de febrero de 1955 con la colaboración de A. Camacho, G. Halffter y M. Trejo.

Bibliografía. Salinas (1934), Bonet (1956), Anónimo (GEM, 1967).



Descripción. La entrada es una grieta horizontal que mira hacia el E, situada al pie de un acantilado calizo de unos 40 m de altura por 70 de longitud; arma en calizas de la Formación Morelos, de facies nerítica; unos 50 m al N de la entrada aflora un biostroma de gasterópodos sumamente rico en fósiles (*Nerinea*, *Actaeonella*). Altura sobre el nivel del mar: 1 000 m.

La cavidad consiste simplemente en una galería de unos 40 m de longitud por 6 a 7 de anchura, de suelo fuertemente descendente y cubierto de fango lo mismo que el techo y paredes. Está dirigida hacia el S y la altura del techo es variable pues el suelo no solo está inclinado hacia el fondo sino también a la derecha (W).

La cueva sólo es practicable en época seca; durante la estación lluviosa se llena de agua por completo e incluso por fuera de la entrada, al pie del acantilado, se forma un gran charco cuyo nivel máximo queda bien marcado todo el año en la pared del acantilado (lám. 25). Las demasías de este charco, procedentes de la cueva, vierten por un pequeño arroyuelo que cruza hacia el N el fondo de la Hoya de Corralejo, introduciéndose por el respiradero del río Chontalcoatlán donde forman la cascada que originó la notable colada estalagmítica que allí se observa.

Según Salinas (1934: 35) el nombre de Poza de Agua Brava se debe al burbujeo violento producido en la poza por una corriente de aire que procede de los niveles inferiores de la cueva y que posiblemente proviene del curso subterráneo del Chontalcoatlán; no he tenido ocasión de observarlo. Frecuentemente se aplica indebidamente este nombre al "resuello" del río Chontalcoatlán que está muy próximo.

Datos meteorológicos. El día 17-II-1955, a las 15 hs. se registró en el interior de la cueva una temperatura de 21°C y 92% de humedad; simultáneamente, al exterior la temperatura era de 26°. Nótese que esta cueva, a pesar de su escaso tamaño, se comporta normalmente a este respecto, es decir de una manera opuesta a la de los ríos subterráneos; el mismo día a las 15 hs. 30', en el fondo del resuello del Chontalcoatlán, se anotaba 17°C y 72% de humedad y simultáneamente, al exterior, 24°C.

GRUTA DE ACUITLAPAN

(Mapa 15. Lám. 26)

Situación y acceso. Está situada cerca de la cima y hacia el extremo norte del cerro de Techolapa, en el paraje llamado Potrerillos, o El Tepozonal. Para llegar a ella, puede utilizarse la carretera federal, de México a Tasco, hasta el lugar denominado Papala, Gro., en el kilómetro 142 de dicha carretera; aquí, se toma el camino de tierra que conduce a Chontalcoatlán y Tetipac, hasta un punto situado a 1.8 kilómetros y señalado por un nicho de mampostería, de donde parte una senda de unos 2 kilómetros de longitud que debe recorrerse a pie, y que conduce a la gruta; también pueden dejarse los vehículos en el poblado de Coapango (Km 5), de donde parte otra senda que se une

con la anterior; en ambos casos, el recorrido es, prácticamente, de la misma longitud y fuertemente ascendente.

Antecedentes y sinonimia. También se conoce esta cueva con los nombres de Potrerillos o de El Tepozonal. Wittich (1937: 17), posiblemente tomando como base un artículo turístico aparecido en la revista Mapa en noviembre de 1935, indica que fue descubierta en este año por el Sr. L. Quinto. Ha sido visitada repetidas veces, para el estudio de la fauna cavernícola, teniéndose noticias concretas de la expedición de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas efectuada el 7 de noviembre de 1943 por C. Bolívar, B. F. Osorio Tall, D. Peláez, J. Alvarez y C. Téllez.

La descripción que sigue, de la primera parte de la cueva, se basa en las observaciones efectuadas por el autor con la colaboración de G. Halffter, A. Camacho y M. Trejo el 24 de febrero de 1955 y con G. Halffter, M. Trejo, A. Becerra y N. Benveniste el 24 de febrero de 1956, es decir, exactamente con un año de diferencia.

Resultado de estas observaciones fue el plano esquemático de la primera mitad de la cueva publicada por Bonet (1956).

En años posteriores los miembros del Grupo Espeleológico Mexicano (GEM) efectuaron varias visitas y reconocimientos de los que resultó la descripción y cartografía de la segunda porción de esta caverna. La descripción de esta parte se debe al Sr. Jorge de Urquijo y el levantamiento correspondiente, a los señores A. Linaje, A. Silva y J. Flores.

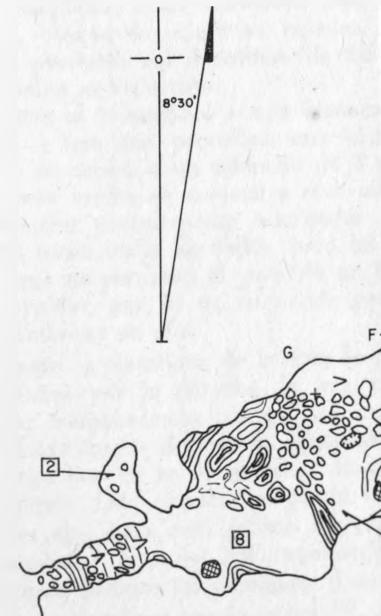
Bibliografía. Anónimo (1935), Wittich (1937), A. Hoffmann (1944), García (1950), Bonet (1956), Hoffmann (1957), Halffter (1959), Gertsch (1960), Mulaik (1960), Beier (1963), Hoffmann (1963), Bolívar y Heindrich (1965), Fish (1966), Villa (1966), Russell y Raines (1966), Anónimo (GEM, 1967 a), Anónimo (1967 b), Villegas (1967 ?), Bolívar y Heindrich (1968), Barr, Bolívar y Heindrich (1968).

Descripción. La entrada es un pequeño orificio, de poco más de 2 m de anchura, a 1470 m de altura sobre el nivel del mar, que tras un escalón de un metro, conduce a un estrecho pasadizo de suelo descendente; este comunica, a la izquierda, con un divertículo de unos 8 m de diámetro, por 2 m de altura y, de frente, conduce a una gran sala, de 45 m de largo, por 20 de anchura y 8-12 m de altura de techo; su suelo es descendente y, en su mayor parte está cubierto por un enorme montículo de bloques desprendidos del techo y macizos estalagmíticos, entre los que quedan complicados pasajes, de aspecto laberíntico. El fondo de la cámara está cerrado por un potente macizo estalagmítico, en el que parece terminar la caverna, pero ascendiendo por una colada estalagmítica que cubre su ángulo derecho, se llega a una estrecha fisura en la que puede penetrarse, no sin algún trabajo y, después de transponer una escalón de unos 2 m de altura, se llega a la parte alta de una amplia galería, cuyo eje es casi perpendicular al de la cámara anterior.

Esta galería tiene unos 55 m de longitud, anchura muy variable, de 5 a 12 m y una altura de techo que llega, en unos sitios, a los 15 m; se desciende, al principio, por una gran colada estalagmítica, que presenta algunos macizo-

GRUTA DE ACUITLAP, Guerrero

LEVANTAMIENTO DEL GEM,
A. LINAJE, A. SILVA Y J. FLORES

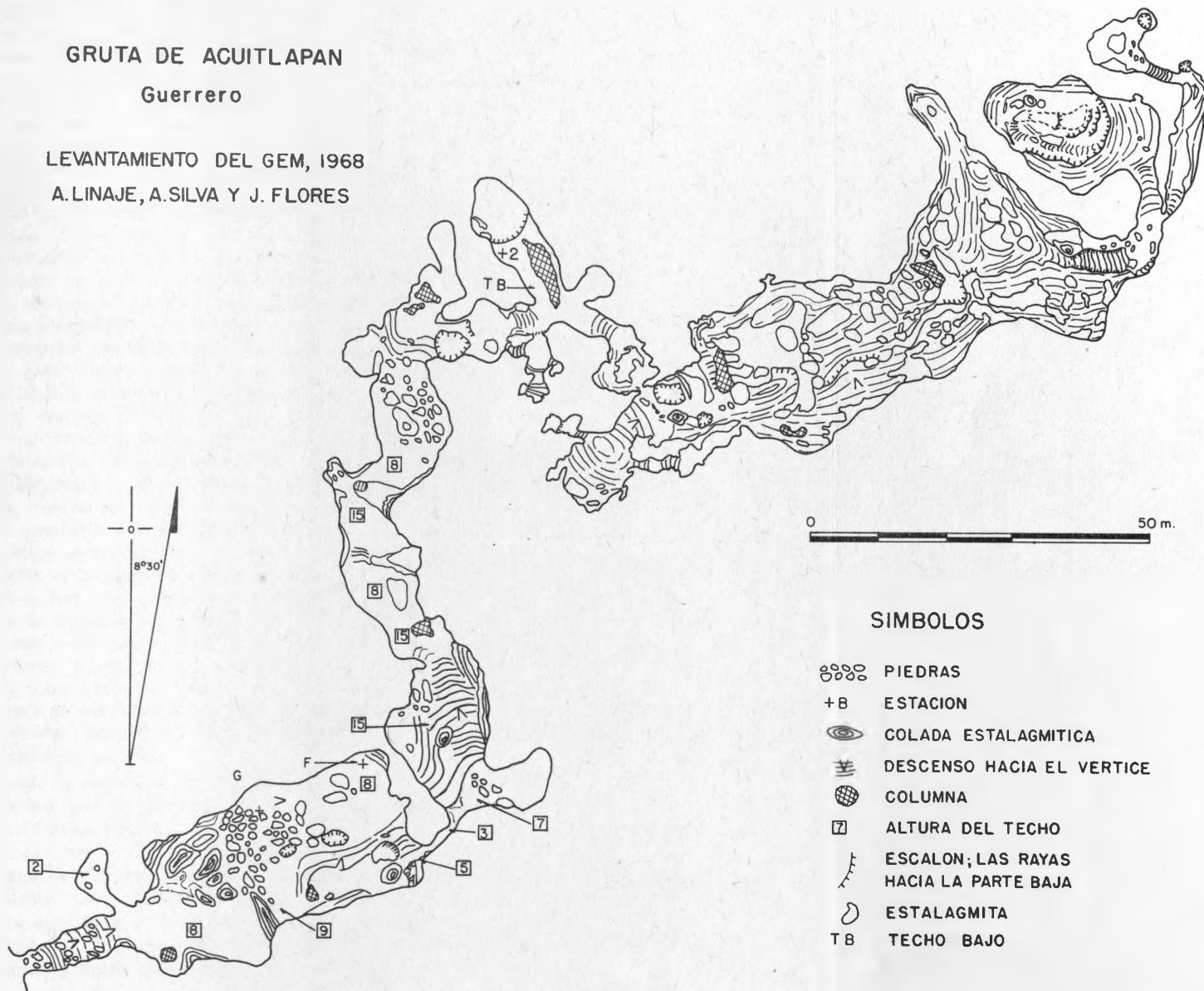


GRUTA DE ACUITLAPAN

Guerrero

LEVANTAMIENTO DEL GEM, 1968

A. LINAJE, A. SILVA Y J. FLORES



SIMBOLOS

- ⊗ PIEDRAS
- + B ESTACION
- ◉ COLADA ESTALAGMITICA
- ≡ DESCENSO HACIA EL VERTICE
- ⊗ COLUMNA
- 7 ALTURA DEL TECHO
- ┌ ESCALON; LAS RAYAS HACIA LA PARTE BAJA
- ◐ ESTALAGMITA
- T B TECHO BAJO

y columnas estalagmíticas; después, el suelo es horizontal y queda cortado por unos bloques estalagmíticos caídos, que forman un escalón de 3-4 m, pero a la izquierda, hay un estrecho pasadizo que permite un descenso fácil; más allá, se continúa la galería por otros 25 m, con las mismas características generales, prolongándose, al final, por pasajes estrechos, limitados por pilares, con una pequeña cámara de unos 6 m de diámetro, que parece continuarse, después de un estrechamiento, con el pozo que se indicará. A la derecha, antes de llegar a las porciones estrechas, sale una cámara de contorno vagamente romboidal y de eje dirigido al E, de unos 14 m de longitud y 10 de anchura máxima; pasado un estrechamiento, se continúa en la misma dirección, con otra camarita de unos 5 m de diámetro, el suelo de la cual, está ocupado por un pozo de 4 m de profundidad y de paredes verticales. A la izquierda (NW), hay un paso bajo ocupado, en buena parte, por una partición rocosa de unos 10 m de longitud, que termina en las paredes verticales de un pozo de unos 4 m de profundidad, por 6 de diámetro, y que, aparentemente, termina en fondo de saco. A la derecha (E), se continúa por una grieta de suelo fuertemente ascendente y unos 10 m de longitud; hacia el frente, un paso estrecho comunica con una cámara de contorno circular y 5 m de diámetro. Esta camarita tiene dos estrechos pasos bajos, uno a su lado izquierdo y otro al lado derecho que comunican, ambos en semicírculo, con otra pequeña cámara, también circular, de 3 m de diámetro; en su pared E, en el techo, se abre una claraboya de 50 cm de diámetro, a una altura de 4 m, la que se escala para descender del otro lado a una galería profusamente concrecionada, totalmente diferente a las anteriores, pues en ella se conjuntan en abigarrada asimetría, cientos de columnas, coladas, estalactitas, estalagmitas y enormes peñascos producto del derrumbe de las bóvedas, que hacen bastante difícil y laberíntico su recorrido.

Hacia el S, conduce a una cámara de piso fuertemente ascendente que da acceso a tres más pequeñas, una al SW, otra al E y una más al W; esta última da acceso a un saloncito de 3 m de diámetro, y en la misma dirección 3 m más arriba se encuentra otro aún más pequeño; todos estos salones se encuentran profusamente adornados y se advierte continuidad tanto hacia arriba como hacia los lados, pero las columnas dejan pasos sumamente estrechos que no permiten el paso de un hombre. El salón, que da al E sigue por un corredor, por 30 m, corriendo paralelo a la galería principal hasta volver a desembocar en ella.

Desde la claraboya de acceso, la galería sigue al NE, subiendo 3 m entre derrumbes por la derecha de una colada estalagmítica de enormes proporciones; transponiendo éste por un espacio libre de 4 m de ancho, se llega a la cámara mayor de toda la gruta, con unas dimensiones aproximadas a 60 m de largo por 20 m de ancho y 30 m de alto, con sus mayor dirigido hacia el noreste. Esta cámara, se puede bordear por su pared SE, o directamente por su eje; para esto último hay que descender entre enormes derrumbes, adosándose a la pared NW; aquí se encuentran varios pasillos laberínticos que terminan siempre en chimeneas impracticables.

A media altura por la pared SE, se facilita el recorrido, ya que esta pared

está mucho más concrecionada que la opuesta y no es vertical, lo que permite zigzaguear entre estalagmitas y columnas, sirviéndose de éstas como apoyo, hasta llegar a la parte más profunda de este salón, bajando entre enormes derrumbes y arcilla hasta un pequeño saliente del salón que da al NW donde se encuentra la imagen de una virgen; a un lado de ésta se encuentra un pequeño pozo de 3 m de profundidad que termina en fondo de saco.

Volviendo a subir hacia el NE, se encuentra un pasadizo dirigido hacia el N, de 5 m de ancho, que conduce a una rampa descendente por la que se llega a uno de los dos salones terminales; uno de ellos, de forma circular, se asemeja a un gigantesco embudo de 20 m de diámetro y otros tantos de profundidad, pudiéndose bajar al fondo entre las rocas desprendidas del techo, hasta llegar a una pequeña cámara de 4 m de diámetro, socavada en el fondo de este salón y que termina en una grieta de 30 cms de ancho en su parte más baja. En el fondo oriental del embudo y separado de él por una pared estalagmítica de 10 a 12 m de altura y de espesor variable, hay un corredor estrecho de 22 m de largo y una anchura entre 4 y 6 m. Al fondo de éste, a la izquierda (W), se sube una rampa de arcilla de 8 m de largo que desemboca a un salón semicircular de 6 por 8 m.

No se puede asegurar que esta gruta esté totalmente explorada; dado lo laberíntico de su configuración, habría que romper columnas en muchos sitios y escalar en otros para encontrar la posible continuación de galerías accesibles que parecen vislumbrarse entre las columnas.

El desarrollo total de galerías exploradas es de unos 400 m. Su penetración máxima o sea la distancia en línea recta desde la entrada al punto más remoto es de 220 m.

Datos meteorológicos. Observaciones efectuadas en los días que se indican, las estaciones designadas por letras, van señaladas en el plano adjunto; se incluye: hora de la observación, temperatura en grados centígrados y humedad en % de saturación.

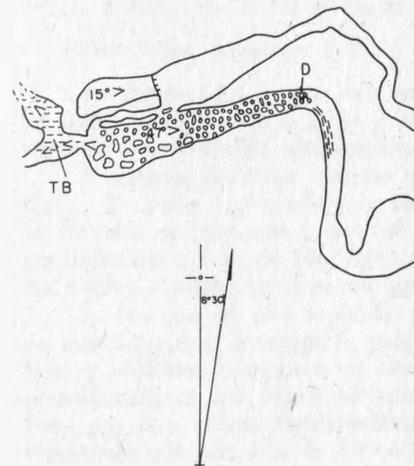
Día 24-II-1955

Entrada (exterior)	17 hs. 07'	30°	—
" "	19 hs. 10'	30°	—
" (interior)	17 hs. 20'	23.5°	88%
Estación G	18 hs. 30'	23°	91%

Día 24-II-1956

Estación F	14 hs. 30'	23°	91%
" N	15 hs. 40'	23°	91%
" Z	17 hs. 20'	24°	100%

Nótese que esta cueva, a pesar de estar cerca de 400 m más alta que las de Cacahuamilpa y Carlos Pacheco, presenta temperaturas francamente más elevadas, probablemente por estar muy próxima a la superficie del cerro.



CUEVA DEL DIABLO

(Mapa 16)

Situación y acceso. Está situada a unos 500 m al SE del pueblo de San Miguel Acuitlapán, en el Km 144 de la carretera México-Tasco, Mpio. de Tetipac, Dto. de Alarcón.

Desde el pueblo de San Miguel Acuitlapán se toma una vereda descendente que conduce a un pequeño collado; desde ahí se asciende por la ladera del cerro y a 1 640 m sobre el nivel del mar, se encuentra la boca de la caverna, más o menos a la misma altura del pueblo (1 630 m).

Antecedentes. Varias cuevas con este mismo nombre existen en distintos puntos del país; en particular, no debe ser confundida con la que, según referencias, se encuentra cerca de El Mogote. La situada cerca de Acuitlapán debe ser frecuentada por excursionistas a juzgar por las numerosas inscripciones de sus paredes. Los señores J. de Urquijo y A. P. de Urquijo redactaron la presente descripción. El plano adjunto fue levantado en febrero de 1968 por J. Urquijo, A. P. de Urquijo, B. Ruiz y C. Luna.

Bibliografía. Anónimo (GEM, 1968), Barr, Bolívar y Hendrichs (1968).

Descripción. La cueva está constituida por una galería ascendente, de anchura variable de 3 a 10 m y una altura de 1.50 a 7 m, dividida en varias porciones por coladas estalagmíticas.

La entrada, de 2.5 m de alto por 4 m de ancho, da acceso a un vestíbulo plano, de suelo incrustado por una capa estalagmítica en cuyo fondo, y a la derecha, se encuentran dos coladas que dejan un pequeño corredor de 50 cm de ancho y 3 m de alto, ligeramente ascendente, y pasado el cuál, la galería vuelve a tomar las dimensiones de la entrada.

Al principio de esta segunda porción de la cueva, se encuentran rastros de murciélago. Prosigue la galería por unos 25 m, con paredes totalmente lisas y uniformes; su suelo es arcilloso y en su parte terminal se forma una pequeña charca que inevitablemente hay que cruzar. Al fondo se estrecha el paso por otra colada estalagmítica situada en el lado derecho, frente a un minúsculo salón de 4 m de diámetro y de 2 a 3 de alto.

Se asciende fácilmente por la colada que forma escalones naturales, y se prosigue casi horizontalmente durante 160 m, cambiando varias veces el rumbo; en cada recodo abre en el techo una chimenea que ha producido, con sus escurrimientos, concreciones estalagmíticas. A los 103 m de este recorrido y en la pared N, se encuentra una chimenea de unos 70° de inclinación que deposita arcilla en el suelo. Subiéndola (23 m), se llega a un pequeño corredor en su lado derecho, que comunica con un salón circular de unos 4 m de diámetro, de acceso difícil, pues aparte de la arcilla que dificulta el escalamiento de la chimenea, en la entrada, hay pequeñas columnas por entre las cuales hay que abrirse paso no sin dificultad. En su lado superior izquierdo se encuentra una abertura a la altura de un hombre, que da acceso

a otro salón de forma irregular, profusamente concrecionado; en su parte media existen grandes masas de estalactitas caídas y soldadas entre sí por incrustaciones estalagmíticas. Este salón difiere notablemente del resto de la cueva por su abigarrada filigrana calcárea y por el color, blanco puro o ligeramente rosado en su mayor parte, donde no existen trazas de arcilla. Sus dimensiones son de 8 m de largo, 3 a 5 m de ancho y 6 m de alto; termina en una grieta impenetrable.

Volviendo al curso principal, al final de este recorrido, se encuentra una tercera colada estalagmítica, de forma semicircular, que casi cierra el paso a la continuación de la galería; ésta muestra aquí la mayor anchura de todo el recorrido, pero pronto vuelve a estrecharse a unos 4 m; en el lado izquierdo se encuentran grandes bancos de arcilla hasta de 1 m de espesor; las paredes son lisas y la cueva presenta las características de haber sido labrada en conducto forzado. Bruscamente se encuentra un derrumbe de grandes proporciones, rápidamente ascendente y de 33 m de longitud, por el cual se llega a unas chimeneas casi verticales que se estrechan en su parte superior; en su extremo W y descendiendo entre rocas, se llega a un estrechísimo pasadizo que conduce a un salón de bóveda muy baja (1 m), el cual desciende en la misma dirección durante 5 m más y reptando otros tantos por un piso totalmente cubierto de arcilla, se baja bruscamente 8 m hasta que es imposible proseguir, pues en este lugar el techo tiene de 30 a 40 cms de alto; a unos cuantos metros más, se une al suelo con el techo.

Desde la parte más alta del derrumbe, sale hacia el N un estrecho corredor ascendente de 30 a 40 cms de ancho, cuyo techo se ve a unos 15 m de alto. Este corredor desemboca en un pequeño salón de 20 m de largo por 4 de ancho que se comunica por varias grietas totalmente verticales con el derrumbe antes descrito; se continúa con una galería de curso más o menos paralelo a la galería principal pero de sentido retrógrado; al comienzo es de unos 6-7 m de anchura, pero después se hace más estrecha, bifurcándose para dar una rama ascendente, de direcciones NNE, que termina en una pequeña cámara y otra al sur que parece comunicarse con la galería principal a nivel de la última colada estalagmítica. Esta porción recurrente de la cueva parece tener una longitud total de unos 100 m.

El recorrido total de galerías exploradas es de 410 m; la penetración en línea recta, desde la entrada al punto más remoto, 200 m.

Datos meteorológicos. Temperatura del aire en grados centígrados; humedad en % de saturación.

Día 17-II-1968

Entrada (exterior)	30°	52%
Estación A	24°	79%
" B	20°	80%
" C	20°	89%
" D	20°	90%
" E	20°	89%

BIBLIOGRAFIA SOBRE LAS CUEVAS DE LA REGION

En la lista que sigue se han incluido todas las referencias que se han podido encontrar sobre las cuevas estudiadas; no pretende ser completa y desde luego contiene muchas citas que no ameritan su inclusión en una bibliografía científica, pero si se ha procurado comprender lo que de alguna significación se ha escrito sobre la materia. De los innumerables artículos aparecidos en diarios, revistas deportivas y de información general, solo se ha incluido lo que buenamente se ha encontrado, sin esforzarse por reunir ni siquiera la mayor parte de lo publicado; tampoco se han verificado algunas citas de segunda mano que aparecen incompletas en esta lista.

- ANÓNIMO, 1838. La Gruta de Cacahuamilpa en Méjico. *Semanario Pintoresco Español*, 3: 557-563, Madrid.
- 1844. Gruta de Cacahuamilpa. *Museo Mexicano*, 3: 145-152. México.
- 1897. Ein Ausflug nach den Höhlen von Cacahuamilpa. *Aus Allen Weltheilen*, 1897: 783-791. Berlín.
- 1900. Ueber die Höhlenbildungen in Mexico. *Zeitschr. für praktische Geologie*, 1900 (August): 262, Berlín.
- 1923. Catálogo Sistemático de Especies Minerales de México y sus aplicaciones industriales. *Bol. Inst. Geol. México*, 40: 1-290 (V. pág. 232).
- 1924. Cacahuamilpa. En: Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo-Americana, Hijo de I. Espasa Edit. t.X, p. 226. Barcelona.
- 1935. Acuitlapán. *MAPA, Revista de Turismo*, 2 (20): 3236.
- 1943a. Partial Index to All the Known Caves of the World. *Bull. Nat. Geol. Soc.* 5: 3-13.
- 1943b. Las Grutas de Cacahuamilpa y la cañada de Dos Bocas. *Boletín del Club de Viajes Pemex*, 1 (100 B): 2.
- 1946. Exploraciones espeológicas en México. *Ciencia* 7 (4-6): 140-141.
- 1956. Fichas para una Bibliografía Espeológica Mexicana. *Bol. Bibliogr. de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público*, 66: 6-7.
- 1964. Mexico's Caves and Caverns. Pemex Travel Club, edit. 32 págs.
- 1967a. Zona de Cacahuamilpa (plano). *Boletín del Grupo Espeológico Mexicano, A. C. (GEM)* 1 (1): sin número de página
- 1967b. La Espeología rama técnica del excursionismo. *México en el Deporte*, 31 jul.
- 1968a. Las Grutas de Cacahuamilpa, lugar de leyenda y gran belleza que se renueva para el turismo. *Diario Esto* sección A, (14 sept.) pág. 12.
- 1968b. En las Grutas de Cacahuamilpa. *Proyección de México*, 1 (2): 4-5.
- 1968c. Actividades del GEM. *Boletín del Grupo Espeológico Mexicano*, 1 (2): 22-25.
- AGUILAR, R. 1908. Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana completada hasta el año de 1904. *Bol. Inst. Geol. Mex.* 17: I-XIII, 1-330 págs.

- ARENAS, R. 1964. Fabulosa belleza de un río subterráneo. *Magazine de Novedades*, págs. 1, 8-11.
- ARRIAGA, J., J. URBINA y R. REBOLLAR. 1893. Expedición a la Gruta de Cacahuamilpa. Dictamen que presenta el Jurado para calificar los trabajos efectuados por los Miembros del "Instituto Médico Nacional", con motivo de la excursión científica a las Grutas de Cacahuamilpa. *El Estudio*. 4 (8): 264-267, México.
- ARRONIZ, M. 1853. A la caverna de Cacahuamilpa. A mi amigo Félix María Escalante (Poesía). *La Ilustración Mexicana*, 4: 55-58.
- 1858. Enciclopedia Popular Mexicana. Manual del Viajero en México o Compendio de la Historia de la Ciudad de México con la descripción e historia de sus Templos, Conventos, Edificios Públicos, las costumbres de sus habitantes, etc., y con un plano de dicha ciudad. Librería de Rosa y Bouret. París. 298 págs.
- BALAREZO, M. y L. G. BECERRIL. 1910. Excursión a la Gruta de Cacahuamilpa (Crónica). *Bol. Soc. Geol. Mex.* 6: 57-62.
- BÁRCENA, M. 1874. Viaje a la Caverna de Cacahuamilpa. Datos para la Geología y la flora de los Estados de Morelos y Guerrero. *La Naturaleza*. (1a. serie) 3: 75-92, 1 lám. México. También en: Imprenta del Gobierno, 31 págs., 1 lám., México.
- 1885. Tratado de Geología. Tip. Secretaría de Fomento (V. pág. 382).
- 1895. El Hombre Prehistórico en México. Congreso Internacional de Americanistas. XI reunión en México (V. pág. 75).
- BARR, T., JR. 1966. Mexican Cave Beetles of the family Carabidae. *Newsletter, Association for Mexican Cave Studies*. 2 (6): 182-185.
- BARR, T., JR. C. BOLÍVAR PIELTAIN y J. HENDRICH. 1968. Nota sinonímica sobre *Agonum (Platynus) bilimeki* Bolívar y Hendrich *Ciencia*. 26 (3): 107-108.
- BEIER, M. 1963. Eine neue Art der Pseudoscorpioniden-Gattung *Albiorix* aus Höhle Acuitlapán, Gro. México. Una nueva especie del género *Albiorix* de Pseudoscorpiones de la cueva de Acuitlapán, Gro. México. (Arachn). *Ciencia*. 22 (5): 133-134.
- BELTRÁN Y PUGA, G. (Véase: PUGA, G. B.).
- BILIMEK, D. 1867. Fauna der Grotte Cacahuamilpa in Mexico. *Verhandl. Zool. Bot. Ges. in Wien*. 17: 901-908.
- BOLÍVAR PIELTAIN, C. 1940. Exploración de la caverna de Cacahuamilpa (Guerrero, México). *Ciencia*. 1 (3): 125-126.
- 1941. Estudio de un Ricinulideo de la Caverna de Cacahuamilpa, Guerrero, Méx. (Arachnida). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 2 (2-3): 197-210.
- 1968. Estudio de un Ricinulideo de la Caverna de Cacahuamilpa. *Boletín del Grupo Espeleológico Mexicano*. 1(2): 3-13.
- BOLÍVAR PIELTAIN, C. y J. HENDRICH. 1965. Los Carabidae de la Gruta de Cacahuamilpa (México), con descripción de *Agonum (Platynus) bilimeki*. *Ciencia*. 23 (6): 225-232, 1 lám.
- 1970. Los Carabidae de la Gruta de Cacahuamilpa (México) con descripción del *Agonum (Platynus) Bilimeki*. *Boletín del Grupo Espeleológico Mexicano*. 1 (1): sin número de página.
- BONET, F. 1945. Nuevos géneros y especies de Hipogastrúridos de México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 6 (1-2): 13-45.

- 1946. Relación de los géneros y especies nuevos descubiertos por el personal del Laboratorio de Zoología. *Boletín de Información de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. 4: 111-117. México.
- 1953. Datos sobre las cavernas y otros fenómenos erosivos de las calizas de la Sierra del Abra. *Memorias del Congreso Científico Mexicano*. III, Ciencias Físicas y Matemáticas, Geología: 238-266.
- 1956. Espeleología de la Región de Cacahuamilpa, Gro. Libreto Guía de la Excursión C-14. Congreso Geológico Internacional. XX Sesión, México (edición preliminar).
- BONET, F. y A. P. DE URQUIJO. 1968. Bibliografía sobre las grutas de Cacahuamilpa. *Bol. Grupo Espel. Mexicano*. 1(2): 28-32.
- BRETZ, J. H. 1955. Cavern-Making in a part of the Mexican Plateau. *Journ. Geol.* 63 (4): 364-375.
- BRIDGEMON, R. y CH. R. PEASE. 1966. Bibliography to Mexican speleology 1838-1966. *Arizona Caver*. 3 (6).
- BUSTAMANTE, B. y J. GÓMEZ DE LA CORTINA. 1861. La Caverna de Cacahuamilpa. *Bol. Soc. Geográfica* (1a. época) 1 (3a. edic.): 87-95.
- CALDERÓN DE LA BARCA, MARQUESA DE. (Erskine, Francis). 1843 (1959). La vida en México durante una residencia de dos años en ese país. 2 vols. México, 1959 (Trad. esp. de Teixidor). Vide vol. 2, págs. 337-342 (Cacahuamilpa).
- CLAVE, P. 1850. Dibujo de la entrada a la gruta de Cacahuamilpa tomado del natural el año de 1846. *Bol. Soc. Geografía*. 1a. época.
- CASTELL, D. 1934. Gruta de la Estrella. *Mapa, Revista de Turismo*, Octubre, 1934.
- 1968. Prodigio de los ríos subterráneos de Cacahuamilpa. *México en la Cultura*. 3a. época No. 1010, 28 julio, págs. 1 y 5.
- CRAUN, V. S. 1945. Cacahuamilpa Cave, México. *Bull. National Speol. Soc.* 7: 42-44.
- CHAMBERLIN, R. V. 1942. On Centipeds and Millipeds from Mexican Caves. *Bull. Univ. Utah*. 33 (4): 1-19.
- 1943. On Mexican Centipeds. *Bull. Univ. Utah*. 33 (6): 1-55.
- DAVIS, W. B. and R. J. RUSSELL. 1952. Bats of the Mexican state of Morelos. *Journ. Mammal.* 33 (2): 234-239.
- DIL, M. 1920. Un viaje a Cacahuamilpa (2a. ed.). México, 67 pp.
- DOLLFUS, A. et E. DE MONSERRAT. 1867. Etude sur le district de Sultepec. *Arch. Comm. Scient. du Mexique*. 3: 471-496, 3 láms París.
- DUCLÓS, A. 1893. The Riches of Mexico. Edition of the World's Fair Exposition. St. Louis. Nixon edit. 509 pp.
- EVANS, T. R. 1963a. "Report of the Second SSM Field Trip" *The Texas Caver*. 4 (1).
- 1963b. The speleological Survey Mexico's. First report of the caves of Mexico.
- 1963c. A Brief Check list of the caves of Mexico arranged by states.
- EVANS, T. R. 1963d. "Report of the 3rd SSM Field Trip". *The Texas Caver*. 4 (2).
- 1963e. Dos Bocas Cacahuamilpa Caves. *Speleo Digest*, 1963 (1): 267-268.

- FÉLIX, J. 1899. Uebersicht über die Entwicklung der geologischen Formationen in Mexico nebst einem Anhang über die Höhlenbildungen dieses Landes. *Beitr zur Geol. u. Pal. Mexico*, II Theil: 155-186, Leipzig. Referata in: *Globus* 77: 134 y *Zeitsch. Prakt. Geol.* 8: 262 (VIII-1900).
- FISH, J. 1966. Trip Reports, Caves of Guerrero and Morelos. *Newsletter, Association for Mexican Cave Studies*, 2 (5): 111-123.
- FISH, J. y J. REDDELL. 1965. Trip Reports, States of Hidalgo, Veracruz Guerrero, *Newsletter, Association for Mexican Cave Studies*, 1 (8): 73-76.
- 1966. Trip Reports, Xilitla, S. L. P. and Guerrero, *Newsletter Association for Mexican Cave Studies*, 2 (4): 82-87.
- FLORES, M. 1906. Mis impresiones de un viaje a las Grutas de Cacahuamilpa. *An. Mus. Nac.* 2 (época 3): 507-522.
- FLORES, T. 1909. El hundimiento del Cerro de Sartenejas en los alrededores de Tetecala, Estado de Morelos. *Pareg. Inst. Geol.* 2 (9): 372-373.
- 1910. La caverna de Cacahuamilpa. *Bol. Soc. Geol. Mexicana*, 6 (2): 93-111 y XXVII.
- FRANCO, G. 1906. Mis impresiones de viaje a las Grutas de Cacahuamilpa. *An. Mus. Nac.* (2a. época) 3: 507-522.
- FRIES, C. 1960. Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México. *Inst. Geol. de Méx. Bol.* n. 60 (9): IX + 236 págs. (Véanse págs. 9, 24 y 39).
- GALINDO Y VILLA, J. 1926. Geografía de la República Mexicana. T. 1 (Geografía Física) XXXII + 449 pp. México (V. págs. 393 y 405).
- GAMA, M. 1895. Cacahuamilpa. *Congreso Int. de Americanistas, Actas de la XI Reunión*, México. págs. 532-535.
- GARCÍA, R. 1950. Rincones y pasajes del México maravilloso. 452 págs. México.
- 1956. Flores de Piedra. *Bol. Club Viajes Pemex*, 15 (338-B): 2-3.
- GARCÍA CUBAS, A. 1874. Escritos diversos de 1870 a 1874. 442 pp. México.
- 1888-1891. Diccionario Geográfico, Histórico y Biográfico de los Estados Unidos Mexicanos, t. I, 467 pp. 1888; t. II, 502 pp. (V. p.: 13-16), 1888; t. III 408 pp. (V. p. 280), 1889; t. IV, 480 pp. (V. p. 211), 1890; t. C, 568 pp. 1891. México.
- 1890. Descripción de la Gruta de Cacahuamilpa. Memoria del Gobierno del Estado de Guerrero, 1890, págs. 178-185.
- 1904. Una excursión a la Gruta de Cacahuamilpa (1874) En: El libro de mis Recuerdos, págs. 618-628. México.
- GARCÍA GARCÉS, J. 1961. Cierran en las Grutas de Cacahuamilpa las Cavernas Peligrosas. Pasó el peligro. *El Universal*, 2a. sección A, 1 julio 1961. págs. 1 y 23.
- GERTSCH, W. J. 1960. Descriptions of American Spiders of the family Symphytognathidae. *Amer. Mus. Novitates*, 1981: 1-40.
- GONDRA, I. R. 1838. La Gruta de Cacahuamilpa. Descripción. *Calendario para las Señoritas megicanas para el año 1838*.
- 1844. Gruta de Cacahuamilpa, *El Liceo Mexicano*, 1: 371-377.

- GONZÁLEZ OCHOA, A. 1963a. Relaciones entre el habitat del murciélago y el *Histoplasma capsulatum*. *Rev. Inst. Salubr. Enferm. Trop.* 23 (1-2): 81-86, México.
- 1963b. Epidemiología de la Histoplasmosis Primaria en México. *Rev. Inst. Salubr. Enferm. Trop.* 22 (1-2): México.
- 1964. Realizaciones de la investigación científica en México para la Salud Pública, III Histoplasmosis *Gaceta Med. de Méx.* 94 (10): 981-986.
- GROS, BARÓN DE. 1865. Renseignements destinés aux voyageurs qui auront a étudier les monuments anciens situés dans les environs du Mexique. *Arch. Commun. Sci. Mexicaine*. 1: 137-146.
- GUZMÁN, E. J. 1950. Geología del Noreste de Guerrero. *Bol. Asoc. Geol. Petr.* 2 (2): 95-156.
- HALFFTER, C. 1959. Etología y Paleontología de los Scarabeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). *Ciencia*, 19 (8-10): 165-178.
- HENDERSON, J. 1932. Caverns, Ice Caves, Sinkholes, and Natural Bridges Par. I. *Univ. Colorado Stud.* 19 (4): 359-406.
- HERRERA, A. L. 1892. Fauna Cavernícola, en: Puga, 1892, Reseña de una excursión a la Caverna de Cacahuamilpa y a la Gruta de Carlos Pacheco, organizada por el Instituto Médico Nacional. *Mem. Soc. Antonio Alzate*, 5 (1891-92): 218-220.
- 1893. Fauna Cavernícola de Cacahuamilpa. *El Estudio*, 4 (8): 268-281, láms. 14-15, México.
- HOFFMANN, A. 1944. Los Ectoparásitos de los Murciélagos mexicanos. Tesis UNAM, México, D. F., 150 págs.
- 1953. Estado actual del conocimiento de los estréblidos mexicanos (Diptera: Pupipara). *Mem. Congr. Cient. Mex. VII Ciencias Biológicas*, págs. 175-173.
- 1960. Contribuciones al conocimiento de los Trombicúlidos mexicanos. *Acta Zool. Mex.* 4 (4) 1-11.
- 1962. Monografía de los Ixodoidea de México. I parte. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 23: 191-307.
- HOVEY, H. C. 1882. Celebrated American Caverns, especially Mammoth, Wyandot and Luray together with historical, scientific and descriptive notices of caves and grottoes in other lands. 224 + 12 págs. Cincinnati.
- ITURBIDE, T. E. 1932. Taxco y la Gruta de Cacahuamilpa. *Bol. Soc. Mex. Geogr. y Est.* 43: 185.
- JIMÉNEZ, V. 1954. Rumbo al Trópico. *Bol. Club Viajes Pemex*, 13 (314-B): 8-12.
- LANDESIO, E. 1868. Excursión a la Caverna de Cacahuamilpa y ascensión al cráter del Popocatepetl. Imp. del Colegio de Tecpan. 71 págs. 4 láms. México.
- LANSING, A. 1954. A wild cave. *Colliers Magazine*, 1-10-1954: 65-69.
- LEYVA, C., E. GENCHI y J. M. LÓPEZ. 1890. Descripción de la Gruta del Encanto, ubicada en el Coquillo, perteneciente a la Municipalidad de San Marcos del Distrito de Tabares. Memoria del Gobierno del Estado de Guerrero, 1890. pp. 185-187.
- LOPEZ, H. F. 1942. Diccionario Geográfico, Histórico, Biográfico y Lingüístico del Estado de Guerrero. 459 págs. México. D. F.

- LOZANO Y CASTRO, M. 1892. Expedición a la Gruta de Cacahuamilpa. Ligero estudio químico sobre las aguas de la gruta de Cacahuamilpa, del pueblo del mismo nombre, Tecuala y Jojutla. *El Estudio*, 4 (11): 455-461. México.
- LUBENS, P. W. y W. B. DAVIS. Bats of the Mexican State of Guerrero. *Journ. Mam.* 38 (1): 1-14.
- LUZURIAGA, J. G. 1954. Grutas de la Estrella en Tonalico. *Novedades*, 3-X-1954.
- MARTÍN DEL CAMPO. 1955. Chontalcoatlán, maravilla de la naturaleza. *La Prensa*, 27-julio 1955, pág. 16.
- MAYER, B. 1844 (1953). México, lo que fue y lo que es. 518 pp. México, 1953 (Trad. esp. de Delpiane, 1a. ed. inglesa, 1844a. Cacahuamilpa, págs. 254-257).
- MAZZOTTI, L. 1940. *Ornithodoros coprophilus* Mc Intosh, en el Estado de Chiapas, México. *Ciencia*, 1 (9): 405-406.
- MEL, S. DE. 1953. Las Grutas de Cacahuamilpa agujeros de milagros. *Bol. del Club de Viajes Pemex*, 12 (205-B): 2-4.
- MISTRAL, G. 1923. Poesía a Cacahuamilpa. *Maestro*, 1923: 421-424, México.
- MOHR, CH. E. 1950. México's "Carlsbad Caverns" is Grutas de Cacahuamilpa. *Nat. Speleol. Soc. News*, 8 (4): 4-5.
- MONCADA, R. 1962. Una aventura bajo tierra. *La Prensa, Suplemento Dominical*, 3, junio.
- MONDRACÓN, C., R. 1968. Hace falta un censo de Grutas en todo el país. *La Prensa, Suplemento Dominical*.
- MORAFLORES, A. 1968. Fabulosos tesoros en las grutas de Cacahuamilpa. *La Prensa*, 19-VIII-68.
- MORGAN, R. 1943. "Caves in world history". *Nat. Speleol. Soc., Bull.* 5: 10-16.
- MULAİK, S. B. 1960. Contribución al conocimiento de los Isópodos terrestres en México. (Isopoda, Oniscoidea). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 2 (1): 79-220, I-XXXVI láms.
- MULLERRIED, F. K. G. 1944. Geología, Estratigrafía y Paleontología de la región de Cacahuamilpa. *An. Esc. Nat. Cien. Biol.* 3 (3-4): 463-484.
- MUÑOZ LUMBIER, M. 1949. Las siete maravillas de México. *Bol. Club Viajes Pemex*, 8 (162-B): 5-12.
- OCHOA, C. E. 1970. Obras en las Grutas de Cacahuamilpa que ya podrán ser admiradas por el turista. *Novedades*, 10-VIII-1970, p. 12.
- ONTAÑÓN, E. 1946. Cacahuamilpa, el palacio bajo tierra. *Boletín Club Viajes Pemex*, 4 (128-B): 1-15.
- OROZCO Y BERRA, M. (editor). 1855-56. Apéndice al Diccionario Universal de la Historia y Geografía. Colección de Artículos referentes a la República Mexicana. Tomo I (VIII del Diccionario), 1855, III + 778 págs. (V. págs. 415-418).
- PACKARD, A. S. 1888. The cave fauna of North America, with remarks on the Anatomy of the Brain and Origin of the Blind Species. *Mem. Nat. Acad. Sci.* 4 (1): 1-15, 77 láms. (V. págs. 81-89).
- PALAFON, L. F. 1954. Las Granadas. *Mapa* (2a. época), 16: 6-7.
- PECK, B. 1968. A new cave Catopid beetle from Mexico, with a discussion of its evolution. *Psyche*, 75 (2): 91-98.

- PETERS, D. 1957. Caving Expedition to Mexico. *Nat. Speleol. Soc. News*, 15 (11): 129-132.
- PHILLIPS, J. 1842. Notices of a great cavern, of the remains of elephants, and of a well sunk in pumice, etc., in Mexico. *Geologist*, 1842: 168-169. *Proc. Geol. Soc. London*, 3: 705-706 (1842).
- PONS DE HERNÁNDEZ, M. 1965. Secciones Gráficas de Geografía Física y Humana, Edit. Patria. 332 págs. México.
- PUGA, G. B. 1892. Reseña de una excursión a la Caverna de Cacahuamilpa y a la Gruta de Carlos Pacheco, organizada por el Instituto Médico Nacional. *Mem. Soc. Antonio Alzate* (1891-92), 5: 113-224, 3 láms. Edic. separada *Soc. Antonio, Alzate*, 106 págs.
- RAINES, T. (W.), B. RAINES and B. (W.) RAINES. 1965. The exploration of Sótano de Tlamaya. *Nat. Speleol. Soc. News*, 23 (6): 62-65.
- RAINES, T. W. y B. (W. H.) RUSSELL. 1966. Trip Reports. Cacahuamilpa y Huautla. *Newsletter, Ass. Mex. Cave Stud.* 2 (6): 156-163.
- REBOLLEDO, J. 1967. La Gruta de Cacahuamilpa. *Bol. Grupo Espeleol.* 1 (1): sin número de página.
- RECLUS, E. 1891. Géographie Universelle. La Terre et les Hommes. XVII Indes Occidentales. Paris, Hachette. 952 pp.
- REDDILL, J. R. 1965. The status of the Mexican Cave Biology. *Newsletters of the Assoc. for Mexican Cave Studies*, 1 (1): 6-7.
- 1966a. Mexican Cave Biology: Annotated Bibliography *Newsletter, Assoc. Mex. Cave Stud.* 2 (4): 102-104.
- 1966b. The order Ricinulei in Mexican Caves. *Newsletter, Assoc. Mex. Cave Stud.* 2 (4): 99-101.
- RIOJA, E. 1953. Los extraños pobladores del mundo subterráneo. *Univ. Mèx.* 8 (2): 9-11.
- 1954. Estudios Carcinológicos XXXI. Algunas especies de armadillos de las cuevas de México. (Isópodos Terrestres). *An. Inst. Biol.* 25 (1-2): 275-288.
- RIVERA CAMBAS, M. 1880-1884. México Pintoresco, Artístico y Monumental. Imp. de la Reforma, 2 Vols. México.
- ROBELO, C. A. 1885. Geografía del Estado de Morelos. Imprenta del Gobierno del Estado. Cuernavaca (Mor.).
- ROBELO, C. A., E. CAÑAS y G. FRANCO. 1907. Las cavernas de Cacahuamilpa. Tip. Cuahuahuac, 46 pp. Cuernavaca (Mor.).
- RODRÍGUEZ, C. 1961. Exploración de las Grutas de la Mariposa. *Diario Esto*.
- ROMERO, P. 1968. El maravilloso mundo subterráneo. El Amacuzac, Las Grutas de Cacahuamilpa. La Gruta de la Estrella y los Viejos Caminos que van a Taxco. (*Diario Novedades*). *México en la Cultura*, (3a. época), 1030: 6.
- RUSSELL, W. H. 1964. The Caves of Mexico. *Nat. Speleol. Soc. News*, 22 (11): 155.
- RUSSELL, W. H. y T. W. RAINES. 1966. Recent additions to the knowledge of Cave distribution in Mexico. *Newsletter, Ass. Mex. Cave Stud.* 2 (6): 173-180.
- SALAZAR SALINAS, L. 1922. A la caverna de Cacahuamilpa en automóvil. *Inst. Geol. Mex.* 1-17 pp. 27 láms. 3 mapas.

- SALINAS, L. 1932. El Amacuzac. *MAPA. Revista de Turismo*.
- 1934. Una curiosidad geográfica. El nacimiento del río Amacuzac. Edit. Cultura, México, 42 págs., también en *Bol. Soc. Mex. Geogr. Est.* 45: 403-413 (1936).
- SLEMAKER, C. 1955. "Calif group plans Mexico Trips". *Nat. Speol. Soc. News.* 13 (1): 5.
- STAUB, W. y H. BREHME. 1965. Picturesque México. the Country, the People and the Architecture XIX págs. + 256 láms. Publishers Erns Wasmuht A. C. Berlín, (V. págs. 168 y 169).
- STOOM, M. 1926. Down to the sunken rivers of Mexico. *Travel.* 47: 21-25.
- TAGLE, A., D. 1921. La Caverna de Cacahuamilpa con sus hermosas grutas, México, D. F.
- TAMAYO, J. L. 1946. Datos para la hidrología de la República Mexicana. *Inst. Panamericana de Geogr. e Hist. Publ.* 84, 448 págs. México, D. F. (V. pág. 290).
- 1949. Geografía General de México. Geografía Física. VIII + 628 y 583 (2 Vol.). México (V. pág. 357).
- TAYLOR, E. B. 1861. Anáhuac. Mexico and the Mexicans, ancient and moderns. London.
- TOOR, F. 1938. Toor's Guide to Mexico. Frances Toor Studios. Edit. México (V. págs. 134 y 171).
- 1948. New Guide to Mexico (V. págs. 144).
- TROMBE, F. 1952. *Traité de Speleologie.* Payot, 376 pp. París (V. pág. 353).
- URBINA, F. 1909. Notas sobre la caverna de Cacahuamilpa, Distrito de Alarcón (Estado de Guerrero). *Bol. Soc. Geol. Mex.* (1908). 5: 151-155, 2 láms. 5: 11.
- VELÁZQUEZ DE LEÓN, J. 1882. La Caverna de Cacahuamilpa (Trabajo póstumo). *Min. Mex.* 8 (50): 607-610.
- VILLA, R., B. 1966. Los murciélagos de México. *Inst. Biol., Univ. Nal. Aut. Méx.* XI + 491 págs. México.
- VILLADA, M. M. 1897. La Caverna de Ojo de Agua (Dto de Tenancingo, Edo. de México). *La Naturaleza* (2a. sec.). 1: 81-85. *Bol. Inst. Cient. y Lit. Toluca.* 2 (9-10) (Dic. 1899 y enero 1900).
- 1888. Relación de un viaje a la Caverna de Cacahuamilpa. *La Naturaleza* (2a. ser.) 1 (4): 148-156.
- 1906. Breve noticia de un viaje de exploración a la gruta de "Nindo-Da-Gé" o Cerro de Agua Crecida, de la Municipalidad de San Antonio Eloxochitlán, Dto. de Teotitlán del Camino, Estado de Oaxaca. *An. Mus. Nac.* (2a. época) 3 (11): 485-506, 9 láms., 1 croquis. México.
- VILLAFANA, A. 1922. Reseña para los excursionistas a la Gruta de Cacahuamilpa. *Mem. Soc. Antonio Alzate.* 40: 231-241.
- VILLEGAS, E. 1966. Espeleología. Audaz recorrido de un río subterráneo. *Impacto*, No. 898 (1967?), págs. 30-34.
- WITTICH, E. 1936. Hölen und Karsterscheinungen in Mexico (Zweiter Teil). *Mitteilungen über Höhlen und Karstforschung*, Jahrg. 1936. 1-6, 's. Gravenhage edit.
- WOLF, B. 1934-1938. *Animalium Cavernarum Catalogus.* W. Junk edit., Der Haag. XXIII + 1642 págs., 3 volúmenes.
- WYCODZINSKI, P. 1946. Sobre *Nicoletia (Anelpistina)* Silvestri 1905 e *Prosthecina* Silvestri 1933 (Insecta, Lepismatidae) *Ciencia.* 7 (1-3): 15-23.
- ZEPEDA, T. 1934. Geografía y Atlas de la República Mexicana. 136 pp. México, D. F.

A P E N D I C E

ITINERARIO GEOLOGICO-ESPELEOLOGICO
DESDE TENANCINGO A LAS GRUTAS DE LA ESTRELLA,
CACAHUAMILPA Y ACUITLAPAN

Con objeto de facilitar la visita a las grutas de la región, se ha preparado el siguiente itinerario, en el supuesto de que se parte de la ciudad de México por carretera para hacer el recorrido México-Toluca-Ixtapan de la Sal-Cacahuamilpa-Azizintla-Papala-Coapango (Mapa 1), regresando por Amacuzac y Cuernavaca. Con las debidas modificaciones puede usarse aún cuando se utilicen otras vías de penetración o sea las de México-Alpuyeca-Tetecala-Cacahuamilpa o bien la más cómoda de México a Cuernavaca-Amacuzac por las carreteras de peaje, y de este punto a Azizintla por la carretera federal a Tasco. El circuito completo, tal como se indica al principio, es de unos 340 kilómetros. Para la visita a las cavernas puede hacerse centro en Ixtapan, Tonalico o Tasco donde hay buenos alojamientos.

En febrero de 1969, en que se efectuó la última revisión del kilometraje, se encontró que entre el Km 180 (excluido) y el final de esta carretera, los postes kilométricos muestran un error por exceso de 2.5 Km exactos; como se supone, que más pronto o más tarde, este error tenga que ser corregido, en esta parte del itinerario se indica el kilometraje verdadero, independientemente de lo que marcan los postes kilométricos.

Kilometraje

- 110.6 Comienza Tenancingo, Méx. Monumento a la bandera.
- 113.3 Termina Tenancingo, Méx. Altitud 2 022 metros.
Desde este punto se puede visitar la cascada del Velo de la Novia, altitud 2 002 metros. Una corriente basáltica intercalada entre piroclásticos friables, ha resistido a la erosión, originando la caída de agua. Vuelta a Tenancingo.
- 114.5 Afloramiento de clásticos del Pleistoceno continental.
- 114.8 Altitud: 2 018 m. A la derecha, Río Santa Ana. Aluviones.
- 114.9 Rocas ígneas muy descompuestas, probablemente basaltos.

Kilometraje

- 115.1 Comienza Santa Ana, Méx. Altitud: 2 082 m.
 117.0 Termina Santa Ana.
 117.7 Rocas basálticas intemperizadas como las del afloramiento anterior. Estas rocas se continúan con escasas interrupciones hasta el km 122.9.
 119.1 Puente de Santa María. Altitud: 2 190 m. Afloran rocas volcánicas intemperizadas.
 119.2 A la derecha, cantera de arena.
 121.7 A izquierda, desviación a Villa de Guerrero, Méx. (Tecualoya). Altitud, en la plaza del pueblo 2 140 m.
 123.7 A la izquierda, desviación a Villa de Guerrero.
 123.8 Comienza San Francisco, Méx. Altitud: 2 072 m.
 125.0 Termina San Francisco.
 125.4 Comienza Zacango, Méx.
 126.2 Termina Zacango.
 129.0 Altitud: 1 947 m. Desde este punto puede verse la mitad septentrional del valle de Ixtapan, así como las serranías que lo limitan a derecha e izquierda.
 130.2 La Finca. Altitud: 1 880 m.
 131.0 Vivero piscícola y ranario.
 132.5 Comienza a observarse el relleno de las depresiones, por clásticos fluviales y piroclásticos del Pleistoceno.
 133.3 Al E, se ve el corte de una profunda barranca, con una colada basáltica que ha dado origen a una cascada semejante a la observada cerca del pueblo de Tenancingo.
 133.4 Altitud: 1 727 m. Afloramiento de clásticos de la Formación Chontalcoatlán (Plioceno), constituida por gravas, bloques, arenas y cenizas volcánicas, que muestran, a trechos, estratificación cruzada. Como en esta formación alternan capas resistentes a la erosión con otras friables, son muy frecuentes las cuevas de poca extensión, formadas por erosión diferencial. Algunas de ellas se ven en esta misma barranca.
 134.9 Puente sobre el río Calderón. Altitud: 1 674 m. Continúan los afloramientos de la Formación Chontalcoatlán hasta el kilómetro 135.8.
 135.8 Comienza Llano de la Unión. Altitud: 1 738 m. La carretera corre sobre una planicie inclinada hacia el S, que representa una superficie construccional formada por el relleno pliocénico (Formación Chontalcoatlán), que aflora 100 metros más allá.
 136.4 Termina Llano de La Unión.
 136.7 Desviación a Totolmajac.
 136.9 Afloramiento de la Formación Chontalcoatlán.
 137.2 Puente de Nenetzingo. Altitud: 1 717 m. El río de este nombre corre por una barranca semejante a la anterior, cortando grandes espesores de clásticos. Afloramiento de la Formación Chontalcoatlán que, después de algunas interrupciones, prosigue hasta el kilómetro 138.4.
 139.6 Arroyo y pueblo de San Diego. Altitud: 1 730 m.

Kilometraje

- Afloramiento de la Formación Chontalcoatlán que, aquí, contiene bloques de roca ígnea verde.
 140.6 Afloramiento de roca ígnea verdosa, fuertemente intemperizada, correspondiente a la llamada por C. Fries, Rocaverde Tasco Viejo atribuida al Triásico.
 140.7 Sobre la roca ígnea se observan filitas satinadas, atribuibles, según C. Fries, a la Formación Acuitlapán de supuesta edad neocomiana. El afloramiento se prolonga unos 2 Km, con ligeras interrupciones.
 142.8 Afloramiento de la Rocaverde Tasco Viejo.
 143.2 Reaparecen las filitas de la Formación Acuitlapán.
 143.5 La erosión de las filitas ha dejado al descubierto la roca verde, que asoma en varios lugares, desde aquí hasta el kilómetro 143.9.
 143.9 Aflora la cubierta de travertinos que cubre el cerro de Ixtapan, en el que está edificada la Colonia Nuevo Ixtapan. Estos travertinos han sido depositados por las aguas mineralizadas que se aprovechan en los baños termales de este balneario.
 144.1 Comienza Nuevo Ixtapan, Méx.
 145.8 Altitud: 1 870 m. Salida de Nuevo Ixtapan. A la izquierda, entrada al pueblo de Ixtapan, Méx.
 146.2 Altitud: 1 843 m. A la derecha, carretera a Zacualpan y a Coatepec de Harinas, Méx. (20 Km), este último con la cueva de su nombre.
 147.2 En el camino se han visto muchos afloramientos de travertino, que prosiguen hasta más adelante. A izquierda y derecha, se ven algunos cerros próximos, constituidos por filitas de la formación Acuitlapán. Se ve la mitad meridional del valle de Ixtapan, con las dos sierras que lo limitan a derecha e izquierda; también comienza a percibirse al frente la sierra de Tasco que cierra por el S el valle; al N se sigue viendo la mole del Nevado de Toluca, que constituye su límite septentrional.
 149.8 Los travertinos y arenas del Pleistoceno y Holoceno, siguen formando una delgada cubierta a los clásticos pliocénicos de la Formación Chontalcoatlán; poco más allá y a la izquierda, hay un balneario.
 150.1 Entrada a Tonicato, Méx. Altitud: 1 655 m.
 151.4 Salida de Tonicato.
 151.8 Afloramiento de roca verde igual a la observada en el N. de Ixtapan.
 152.7 Altitud: 1 610 m. Comienza un gran corte del camino que exhibe un afloramiento de arenas y travertinos de unos 15 metros de espesor; estos sobreyacen a un depósito de lahar (colada de barro volcánico), con elementos muy mal clasificados por tamaños; comprende desde bloques de un metro de diámetro hasta gravas, arenas y arcillas (Formación Chontalcoatlán).
 153.5 Arroyo de Los Muertos.
 153.9 Arroyo de Los Mangos o de Los Limones. La cubierta de travertino oculta a la roca eruptiva que reaparece unos 500 metros más allá.
 154.2 Altitud: 1 600 m. Afloramiento de la Rocaverde Tasco Viejo; esta

Kilometraje

- roca presenta una textura porfídica con fenocristales de feldespato alterados en calcita y los del elemento ferromagnésico reemplazados por óxidos de hierro; la masa principal está fuertemente serpentini-zada y a esto se debe el color verde.
- 154.7 Depósitos de lahar (Formación Chontalcoatlán) cubiertos por travertinos y arenas del Pleistoceno.
- 155.2 Rocaverde Tasco Viejo.
- 155.3 Comienza Terrero, Méx. En un trayecto de unos tres kilómetros, la carretera bordea por el E una llanura cubierta por calizas lacustres pleistocénicas, muy ricas en gasterópodos de agua dulce, ostrácodos, oogonios de caráceas y diatomeas. Bajo esta cubierta existe una capa de clásticos pliocénicos de la Formación Chontalcoatlán. Esta llanura queda delimitada hacia el W por la profunda barranca del río Salado, llamado así por recoger el avenamiento procedente de las fuentes salobres de Ixtapan y Tonalco. Hacia el S, la llanura queda delimitada por unas lomas de dirección NE-SW, en las que afloran rocas cretácicas. En el centro de esta llanura asoman los cerros de El Jaral y El Zapote, a través de la cobertura plio-pleistocénica, constituyendo ejemplos de lo que Hill denomina "huérfanos".
- 155.9 Termina Terrero.
- 156.2 Desviación a la derecha a la Viga y cueva de La Estrella.
- 158.2 Arroyo El Zapote. Altitud 1599 m. Este riachuelo se dirige hacia el SW, recogiendo al arroyo de la Vega; después cambia de curso, tomando dirección al SE y recibe un conjunto de arroyuelos como el Santa María, el arroyo de La Puerta y el de Santiago; poco después de la confluencia de éstos, se pierde en la gruta de La Estrella.
- 159.9 Altitud: 1601 m. Se abandona la carretera, para tomar un camino a la derecha, de unos 2 kilómetros de longitud y que lleva hasta cerca de la gruta de La Estrella. Este camino bordea, por el W, al cerro de la Puerta de Santiago, en el que afloran lutitas filíticas del Cretácico Superior (Formación Mezcala). Fin del camino practicable para vehículos. Altitud 1570 m. Debe recorrerse a pie el resto del camino a la gruta. La vereda desciende por una cuesta bastante fuerte, hasta el cauce del arroyo El Zapote, el que se recorre por unos 30 metros, hasta llegar a la entrada; en el camino se pasa por una pequeña terraza, testigo de un nivel de base local, ligeramente superior al actual. En las galerías superiores de la cueva, se podrán estudiar los conglomerados aluviales, dejados por el río, cuando su curso se desarrollaba en un plano superior al actual. Hay huecos de erosión en techos y paredes, indicio de circulación forzada, en las galerías actualmente accesibles. (Atención. en la Gruta de La Estrella se sabe que hay *Histoplasma*). Desde La Puerta, puede bajarse por la ladera, casi vertical de la barranca del río Salado, para visitar la salida del río El Zapote, colgada a más de 100 metros arriba del actual nivel del fondo de la barranca.

Kilometraje

- 160.3 Altitud: ca. 1595 m. A la derecha cerro de La Puerta de Santiago: en su ladera N, afloran lutitas filíticas del Cretácico Superior (Formación Mezcala); en el flanco E, se ve un campo de lapiaz formado por calizas del Albiano-Cenomaniano (Formación Morelos); este cerro se continúa hacia el SW, con el cerro de La Estrella, en el que está la gruta de este nombre.
- 161.3 Altitud: 1557 m. A la derecha, el cerro de Ojo de Agua Grande, en el que afloran lutitas filíticas, del Cretácico Superior (Formación Mezcala).
- 162.2 Antigua Hacienda Ojo de Agua Grande.
- 163.3 Límite de los Estados de México y Guerrero. Altitud: 1550 m. A la izquierda, corre la barranca ocupada por el río San Jerónimo, que sigue paralelo al camino, con dirección general SE; a la derecha, también corre paralelo al camino el río Salado, que después de unirse con el río Malinaltenango y el Tlapala, forma la llamada Barranca Grande, que se verá poco más al S.
- 164.9 Entrada a Piedras Negras, Gro. Altitud: 1542 m. 300 metros al E de la carretera está la cueva de El Suanche, que se abre en los clásticos de la Formación Balsas (Paleógeno).
- 166.6 Salida de Piedras Negras.
- 167.1 Altitud: 1522 m. Vista sobre Barranca Grande de Malinaltenango. Amplio panorama sobre una barranca cortada en los depósitos pliocénicos de la Formación Chontalcoatlán, y en conglomerados del grupo Balsas (Eoceno-Oligoceno-Inferior). En la pendiente opuesta, se ven los pequeños poblados de Cuitlapa, El Limón, Tecuanipa y Chontalcoatlán. Hacia el frente y un poco a la izquierda, la planicie construccional de llanos de El Lobalar; esta forma un espolón, que se intercala entre el río de Barranca Grande y el río Chiquito que, confluyen frente a Chontalcoatlán, para formar el río de este nombre.
- 168.5 El Mirador. Altitud: 1507 m. Punto de vista sobre la misma Barranca Grande. En este lugar, la carretera corre en una estrecha divisoria entre la cuenca del San Jerónimo y Barranca Grande, que apenas están separadas unos 50 metros. Al frente se ve el cerro de Tetipac Viejo, con tres cumbres bien delimitadas, formado por rocas volcánicas; en la cima hay una estación arqueológica. El río Chontalcoatlán, formado como se dijo antes, se dirige hacia el SW, atravesando la base del cerro de La Corona, para salir fuera del valle de Ixtapan.
- 170.8 Entrada a El Mogote, Gro. A la izquierda, hay una escotadura de la cadena de montañas que limita al valle por el W (Cañada de Michapa); se supone que por aquí desaguaba anteriormente el río San Jerónimo, posiblemente junto con el Chontalcoatlán, antes de sufrir ambos las capturas que originaron sus cursos subterráneos. En días claros se ve el Popocatepetl a través de esta garganta.
- 172.9 Salida de El Mogote, Gro. Al frente se ven los cerros que cierran hacia el S el valle de Ixtapan; a la derecha, el cerro Huizteco, sobre el que

Kilometraje

- se asienta Tasco, Gro., y a la izquierda, el cerro Grande o de La Corona, de naturaleza calcárea y en cuya falda oriental se abren las cuevas de Cacahuamilpa y la salida de los ríos Chontalcoatlán y San Jerónimo (Dos Bocas).
- 173.3 Altitud: ca. 1515 m. Aflora conglomerado calcáreo del Eoceno-Oligoceno Inferior (Formación Balsas); se trata de depósitos continentales muy extendidos en las cuencas interiores de México. El manchón actual se extiende por las laderas de la barranca del río San Jerónimo, entre la Formación Chontalcoatlán que le sobreyace y las calizas Morelos situadas más abajo en la secuencia; posiblemente entre ambas haya intercaladas lutitas de la Formación Mezcala.
- 173.5 Dolina pequeña y profunda, a la izquierda (N), en la que se abre la cueva de La Mariposa, y cerca de ella, la cueva Chica de El Mogote y cinco pequeñas simas: las llamadas cuevas del Panadero, de los Niños, de Alfonso, de Santiago y de la Grieta; a la derecha de la carretera (S), hay otra pequeña sima, la cueva de la Culebra. La primera de estas cavidades abre en la Formación Balsas.
- 174.1 A la derecha, una dolina pequeña, poco más allá comienzan las calizas de la Formación Morelos que constituyen el cerro Grande o cerro de La Corona, situado enfrente de la carretera y que limita por este lado el valle de Ixtapan. Este cerro es atravesado por los ríos San Jerónimo y Chontalcoatlán, para salir fuera del valle, para ello, utilizan sendos cursos subterráneos. Comienzan el bosque tropical, llamado cuajotial, propio de los cerros calcáreos.
- 176.4 Altitud: ca. 1540 m. Vista sobre la barranca del río San Jerónimo, en el que éste comienza su recorrido bajo tierra. Hacia el otro lado de la barranca, al E., se ve el Cerro Gigante o Coatepequito, formado por un anticlinal arrumbado hacia el NE y recostado al SE, el cerro del Zapote (Jumil) y entre ambos, la cañada de Michapa, por donde salía del valle el río San Jerónimo, posiblemente junto con el Chontalcoatlán antes de las capturas subterráneas. Más hacia el S, asoma el cerro del Temasol.
- Desde este punto se inicia la senda que desciende abruptamente por la pared meridional de la barranca y que conduce a la pérdida del río.
- 177.0 Comienzan los afloramientos de lutitas filíticas de la Formación Mezcala, que sobreyacen a las calizas Morelos; a partir de este punto, la carretera va muy próxima al contacto de ambas formaciones, de tal manera, que hay algunos cambios de una a otra formación.
- 177.2 Contacto lutitas Mezcala-Calizas Morelos.
- 177.9 Contacto caliza Morelos-lutitas Mezcala.
- 178.1 Contacto lutitas-calizas.
- 178.3 Contacto calizas-lutitas.
- 179.2 Comienza Cacahuamilpa, Gro. Altitud (En la iglesia): 1276 m.
- 180.2 Termina Cacahuamilpa. Siguen las lutitas Mezcala.
- 180.3 Panorama sobre el valle alto del río Amacuzac. A la derecha se per-

Kilometraje

- cibe la serie de cerros calcáreos que, en dirección S, se extienden hasta el cerro de Azizintla y que, estructuralmente, representan el miembro oriental de un anticlinal asimétrico ligeramente reclinado hacia el W, en su extremo meridional; todos ellos están constituidos, principalmente, por calizas Morelos, aunque en el flanco oriental conservan restos de la Formación Mezcala, y posiblemente también de la Formación Cuautla. A la izquierda los cerros de El Jumil y de Santa Teresa, muestran análoga constitución. Puede verse el lugar de reaparición de los dos ríos (Dos Bocas), así como las dos dolinas nombradas Hoyanco Grande y Hoyanco Chico. Al fondo y a lo lejos, el llano de Los Ajonjolines, planicie construccional formada por la Formación Cuernavaca (o Fm. Chontalcoatlán).
- 182.1 Vuelta a la izquierda por la carretera que conduce a Alpuyecá. Contacto de la Formación Mezcala con las Calizas Cuautla (?) que se continúan unos cincuenta metros por la izquierda de la carretera; después aflora la Formación Mezcala.
- A medio kilómetro desde su comienzo, se deja la carretera de Alpuyecá, para tomar la desviación a la derecha que en 200 metros más conduce a la explanada de las grutas, donde se dejan los vehículos.
- Hasta este punto siguen aflorando las lutitas Mezcala. En el recorrido a pie desde los edificios de la administración de las grutas, hasta el puente colgante, afloran, a la derecha, calizas oscuras parecidas a las que se encuentran en la iniciación de la carretera a Alpuyecá, y que, posiblemente, representan la Formación Cuautla. Antes de pasar el puente afloran ya las calizas Morelos, en las que arma la gruta. Después de un paso excavado a través de estas calizas, se desprende a la izquierda un camino que desciende rápidamente para llegar a Dos Bocas, o sea a la resurgencia de los ríos San Jerónimo y Chontalcoatlán; este camino cruza unos 100 m de calizas Morelos. De frente prosigue el acceso a la entrada de las grutas.
- Regreso al kilómetro 182.1 de la carretera Toluca-Azizintla.
- 182.5 Poste kilométrico que marca Km 185.
- 183.0 Dolina (o poner) llamado Hoyanco Chico; a la izquierda puede verse la llanura construccional llamada llano de Los Ajonjolines, en la que se abre la cueva de Agustín Lorenzo, en clásticos de la Formación Cuernavaca (o de la Formación Chontalcoatlán); el río Amacuzac ha cortado dichos clásticos, formando una profunda barranca. A la izquierda (E) de la carretera se desprende un sendero que conduce a la cueva de Carlos Pacheco.
- 183.8 A la derecha, poner desbocado hacia el E, denominado Hoyanco Grande. Durante todo este recorrido, siguen aflorando las calizas de la Formación Morelos.
- 184.0 Se cruza una rambla; aluviones. Después siguen las calizas Morelos, y desde un poco más allá, hasta Azizintla, las lutitas filíticas de la Formación Mezcala afloran casi sin interrupción.

Kilometraje

- 185.5 Poste kilométrico que marca Km 188.
- 185.7 Se dejan los vehículos para proseguir a pie la senda que, dirigiéndose al W. conduce a la Hoya de Corralejo. Esta es una dolina de contorno casi circular y como de un kilómetro de diámetro, cuyo fondo plano, está cubierto por aluviones, con cultivos de arroz y maíz. Se atraviesa la dolina en dirección E-W, hasta llegar a su límite occidental, donde al pie de un acantilado, se abre la pequeña cueva de Agua Brava, que sólo en época seca es accesible; es una galería fuertemente descendente, con suelo y paredes cubiertos de arcilla y que, a los 40 metros de recorrido, se estrecha hasta impedir el paso. Durante la temporada de lluvias, funciona como vertedero de demasías (trop plein) de un curso de agua subterráneo; quizás está en conexión con el del río Chontalcoatlán, y se inunda por completo, formándose un gran charco por fuera de su entrada, al pie del acantilado. La caliza Morelos, en este punto, muy fosilífera y presenta biostromas de gasterópodos, predominando especies del género *Nerinea*. Desde aquí, se atraviesan de nuevo el fondo de la dolina, esta vez en dirección N, hasta llegar al centro de la pared septentrional. Aquí se abre el llamado "resuello" del río Chontalcoatlán; se trata de una enorme claraboya, que conduce al curso subterráneo del río que en este punto, forma una cámara de uno 70 metros de altura y, en cuyo fondo, se percibe un meandro del río; puede descenderse hasta la orilla por una gran colada estalagmítica formada por el arroyuelo superficial que se precipita al interior por la claraboya, pero en la época de lluvias el descenso es muy molesto por la cantidad de agua que se precipita formando cascadas sobre la vía de acceso; nótese la terraza de aluviones colgada en las paredes, a unos 50 metros sobre el curso actual del río. Regreso a la carretera, que desde aquí hasta su empalme con la de México a Tasco, transcurre por las faldas orientales del cerro de la Silla o del Caballete, aflorando a ambos lados las filitas de la Formación Mezcala.
- 187.5 Poste kilométrico que marca Km 190.
- 190.3 Empalme con la carretera México-Tasco en su kilómetro 138.2. Se sigue por esta carretera en dirección general hacia el W por el extremo meridional del Cerro de la Silla antes mencionado, que según Fries representa el miembro oriental de un anticlinal reclinado hacia el E y constituye el bloque levantado de un sistema de fallas que lo limitan hacia el W y S. Precisamente la carretera sigue paralela y muy próxima a la falla que limita el cerro por el sur y en casi todo el recorrido afloran lutitas filíticas de la Formación Mezcala cubiertas parcialmente por las tobas riolíticas Tilzapotla; entre las capas Mezcala y las calizas Morelos hay intercalados unos cuantos metros de caliza de la Formación Cuautla (?).
- 139.4 Comienza Azizintla. Gro.

- 139.7 Termina Azizintla.
- 142.0 Papala, Gro. Altitud: 1 462 metros. Kilómetro 0.0 de la carretera a Tetipac, Gro. Se toma esta carretera, no revestida, que hasta el punto siguiente transcurre en lutitas filíticas de la Formación Mezcala. Según Fries, una falla de dirección NW, sigue casi paralela al camino y constituiría el límite occidental del bloque levantado que representa el cerro de La Silla o del Caballete, que se ve a la derecha. Según esto, aflorarían, de W a E, partiendo de la falla, filitas de la Formación Acuitlapán, que constituyen la localidad típica de la formación; sobrepuestas hay calizas de la Formación Xochicalco (Aptiano) y, sobre éstas, calizas de la Formación Morelos; estos datos deben ser confirmados. Desde el kilómetro 142 se puede seguir por dos kilómetros más la carretera en dirección a Tasco hasta llegar al pueblo de Acuitlapán, Gro., desde donde pueden visitarse la cueva del Diablo, la de las Granadas y la de la Burra. (Atención: en estas dos últimas se sabe que hay *Histoplasma*).
- 1.8 Nicho. Altitud: 1 462 metros. A la derecha sale uno de los caminos que conducen a la cueva de Acuitlapán. Aquí la carretera sigue el trazo de la falla antes mencionada; a la izquierda (SW), siguen aflorando las lutitas filíticas de la Formación Mezcala (bloque caído); a la derecha (bloque levantado), aflora la formación Acuitlapán, constituida por filitas y algunas capas de areniscas y calizas; estas últimas, que forman las capas más gruesas y competentes, han sido fragmentadas a consecuencia del deslizamiento y aparecen como lentejones aislados.
- 2.8 Contacto fallado entre las calizas de la Formación Xochicalco (Aptiano) y las de la Formación Morelos (Albiano-Cenomaniano).
- 3.3 Afloramientos de la Formación Balsas, constituidos por enormes bloques de conglomerados y tobas riolíticas que provienen de derrumbes.
- 3.6 Altitud: ca. 1 390 metros. Punto de vista sobre el valle de Chontalcoatlán. Al frente y a la izquierda, se ven las últimas estribaciones del cerro Huizteco (donde se asienta Tasco); en sus faldas se ven restos de la Formación Balsas, la mayor parte de los cuales han sido erosionados. A la derecha, el cerro de Techolapa, o Acuitlapán donde se abre la gruta: este se continúa con cerros calcáreos que se dirigen al N, hasta Cacahuamilpa, cerrando el paso al río Chontalcoatlán. De aquí hasta Coapango, siguen viéndose grandes bloques desprendidos de clásticos Balsas.
- 5.1 Coapango, Gro. Altitud: 1 319 metros. En este punto se dejan los vehículos para emprender a pie el camino a la gruta de Acuitlapán. Con dirección al E, se atraviesan, primero, la barranca de Juicuilco, y después, el arroyo de Zacualtepec, en el que afloran filitas (Formación Acuitlapán ?) para ascender después al cerro de Techolapa. A media ladera se cruza el contacto de los clásticos Balsas con las cali-

zas Morelos, en las que se abre la gruta. Desde la entrada de la cueva, puede verse un amplio panorama, que abarca buena parte de los puntos visitados anteriormente. Al frente (SW), el cerro Huizteco, más hacia el N, los cerros de Tetipac el Viejo, el cerro de Las Palomas, y la desembocadura de la Barranca Grande (San Pedro), en el valle de Chontalcoatlán; puede verse, asimismo, la llanura de El Lobalar, El Mogote y los cerros de los alrededores de Cacahuamilpa. Desde Coapango, se puede seguir por la misma carretera hasta el pueblo de Chontalcoatlán, punto de acceso a la gruta de Pilares y a la pérdida del río Pilares (Chontalcoatlán).

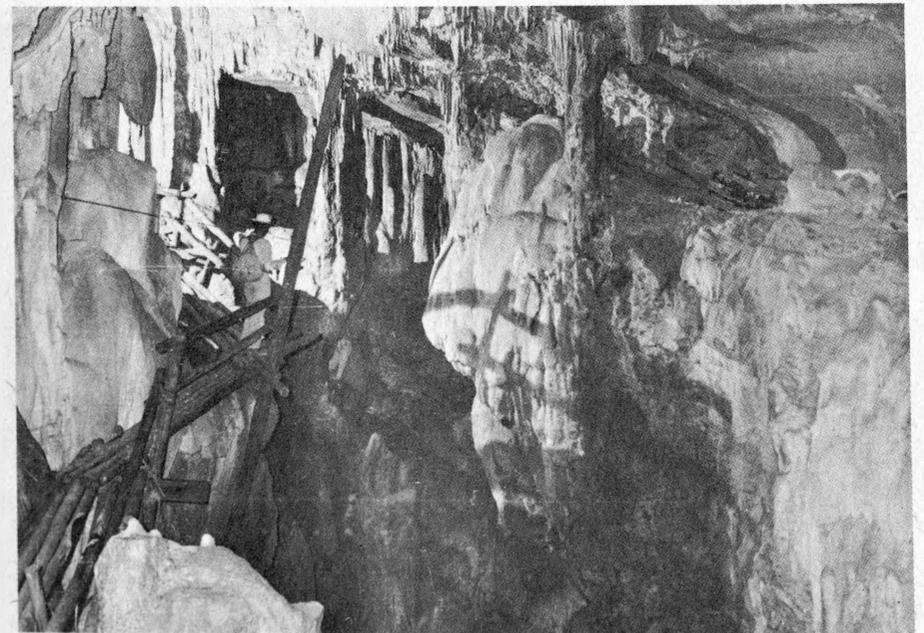
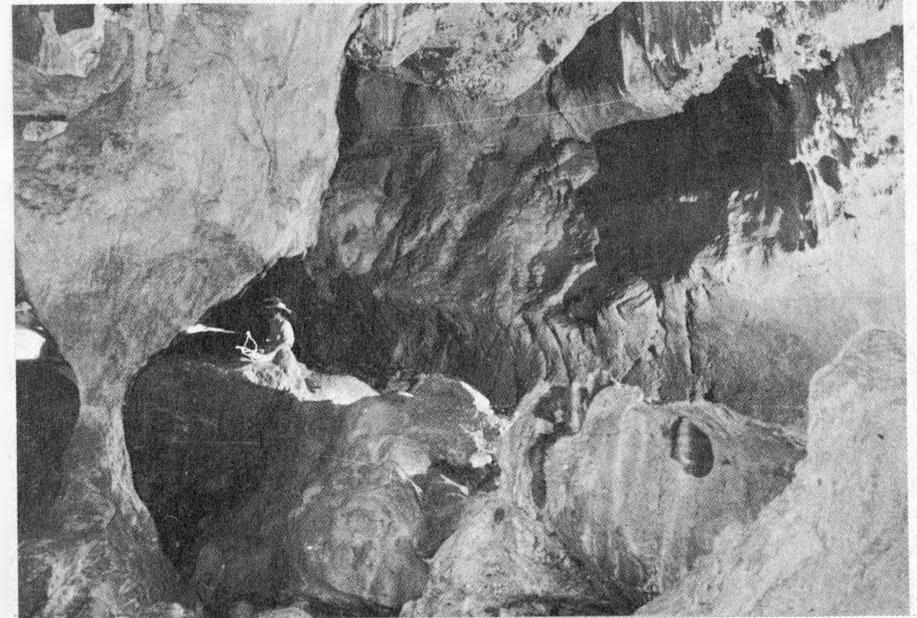
EXPLICACION DE LAS LAMINAS

LAMINA I

CUEVA DE LA ESTRELLA

a) Vestíbulo de entrada. Obsérvese la erosión de las paredes, tallas en semicilindro, típica de un episodio de circulación forzada anterior a la excavación del cauce actual.

b) Puente que comunica al vestíbulo de entrada con el resto de las galerías del nivel superior.

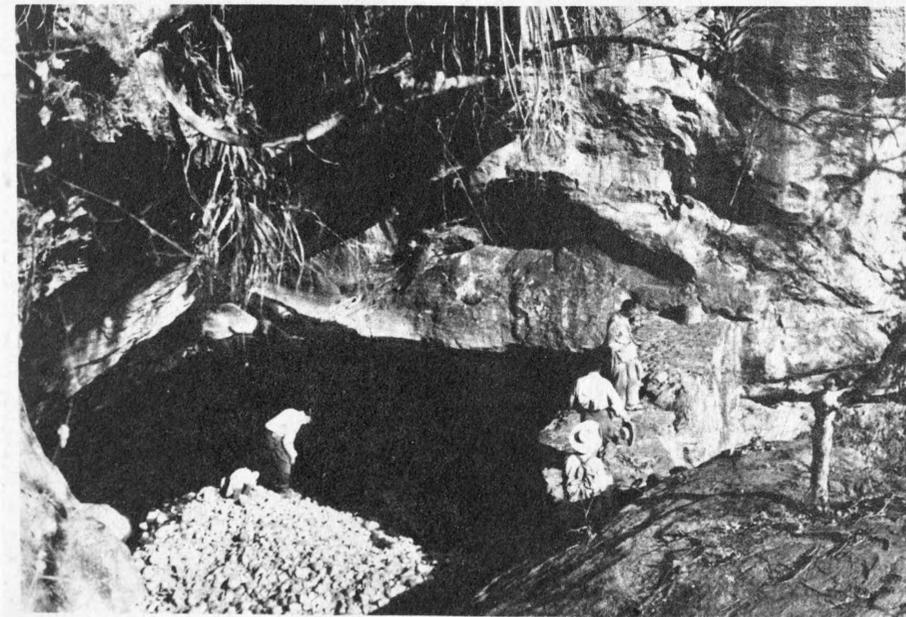


LAMINA 2

CUEVA DE LA ESTRELLA

a) Vista parcial del salón J del piso superior; paredes de lutita calcárea con algunas concreciones a la izquierda.

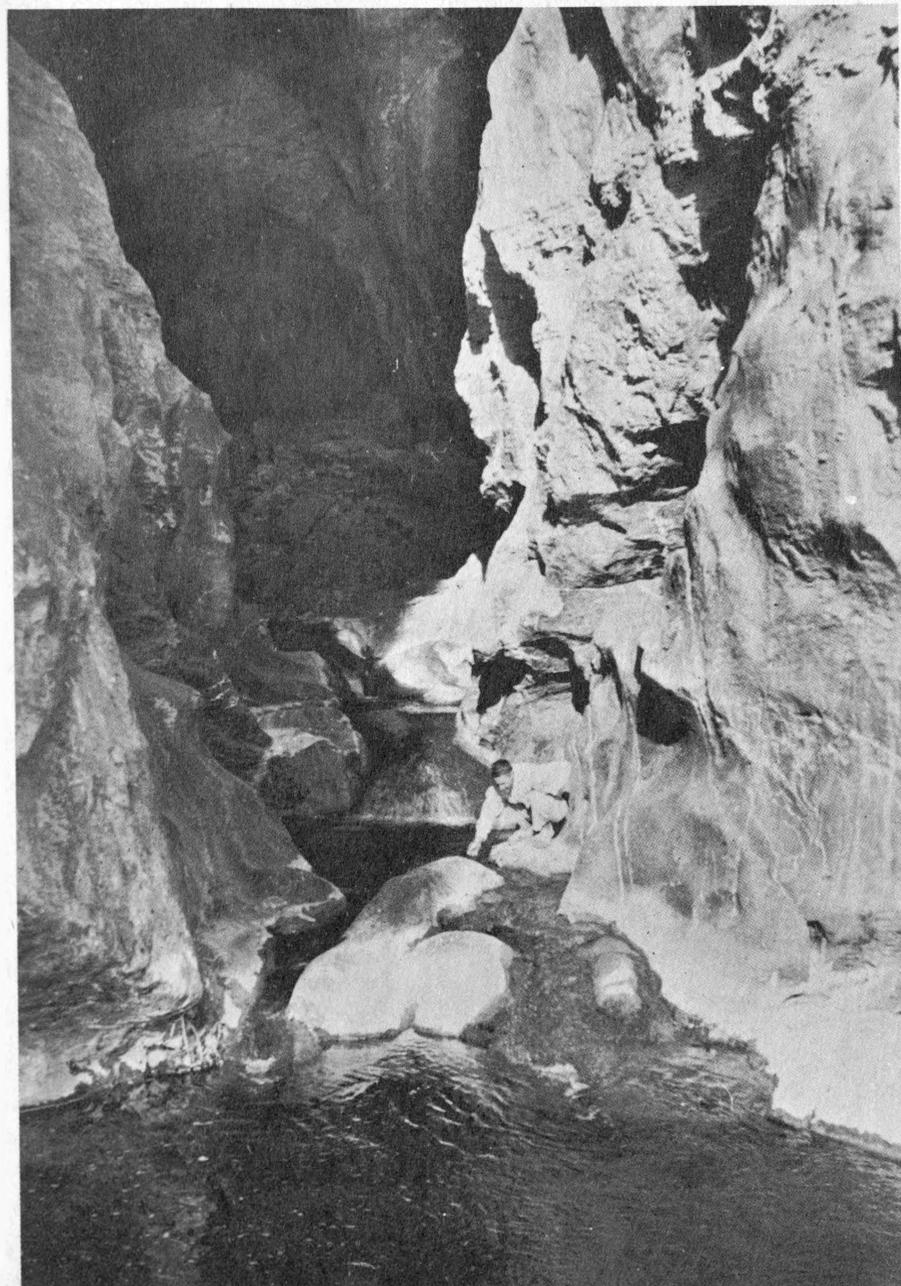
b) Embalse a la salida del curso subterráneo del Arroyo del Zapote.



LAMINA 3

CUEVA DE LA ESTRELLA

Resurgencia del arroyo del Zapote, al final de su curso subterráneo; en el fondo puede verse la terraza de aluviones depositados en un nivel superior al del curso actual.



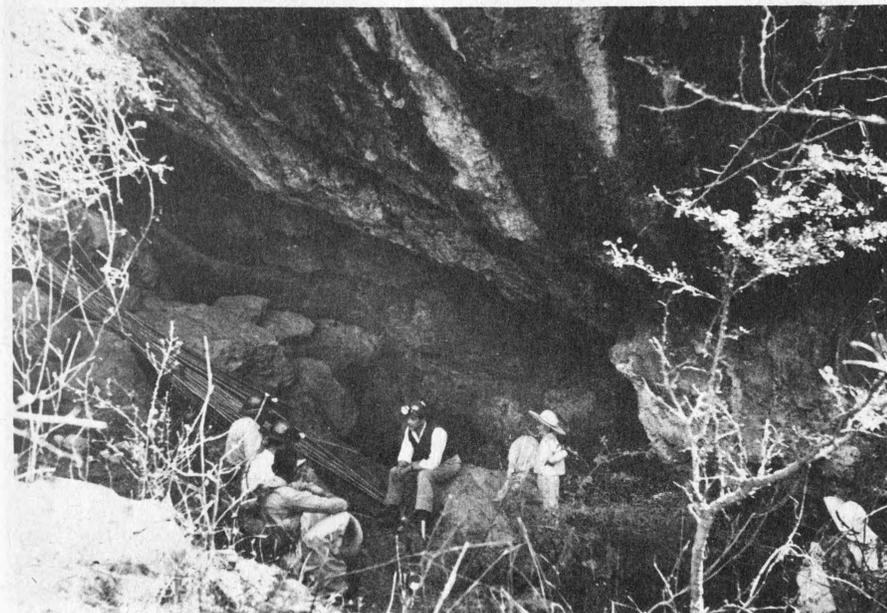
LAMINA 4

CUEVA DEL SUANCHE

a) Entrada, al fondo de una pequeña dolina.

CUEVA DE LA MARIPOSA

b) Estalactitas en el techo de la cámara concrecionada (Foto GEM).

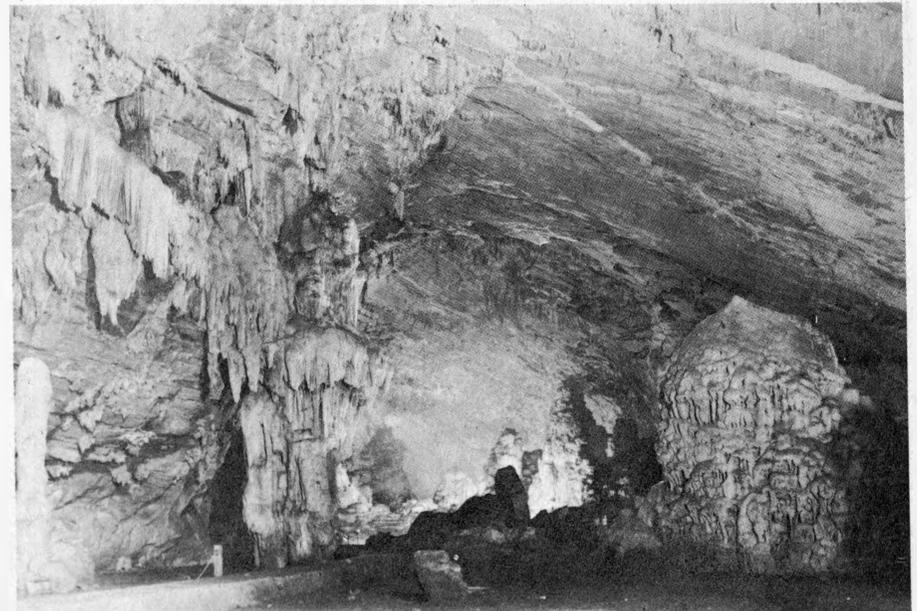
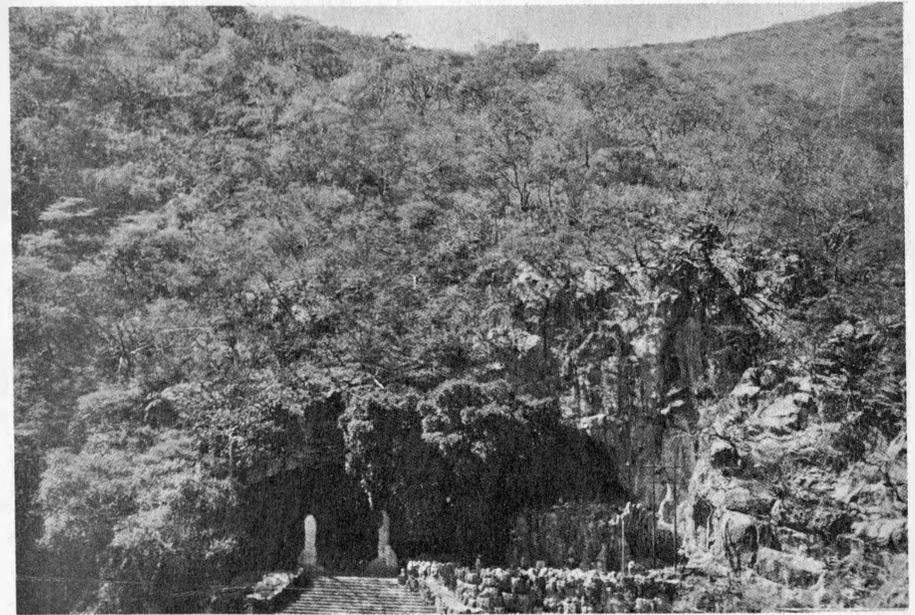


LAMINA 5

GRUTA DE CACAHUAMILPA

a) Entrada en el flanco oriental del cerro de la Corona (1939).

b) Vestíbulo; al centro y primer término, El Chivo (La Gallina); a la derecha, estalagmita de los Borregos.

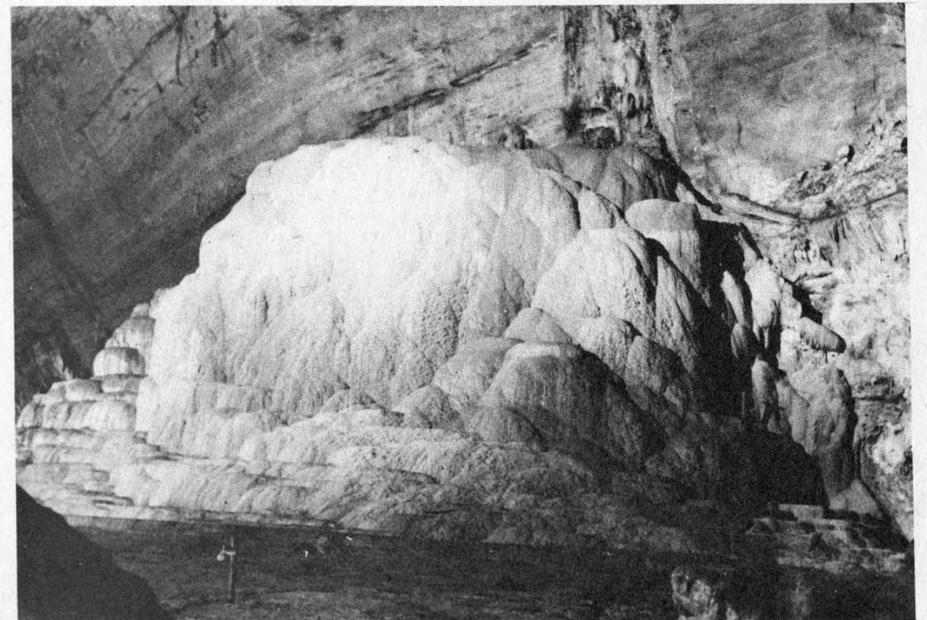
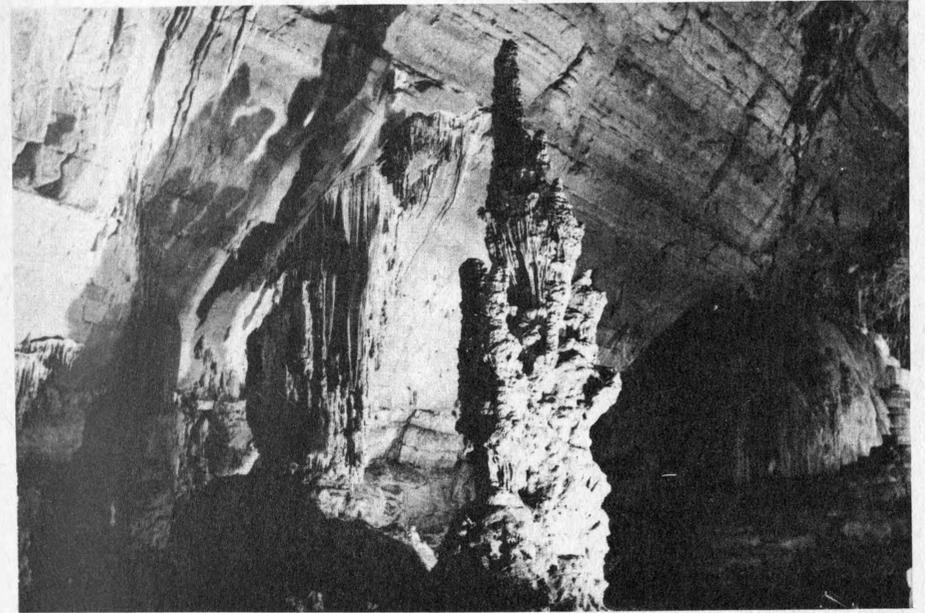


LAMINA 6

GRUTA DE CACAHUAMILPA

a) Torre China (Obelisco); al fondo fuente monumental. Puede verse la estratificación en las paredes desprovistas de incrustaciones.

b) Salón de las Fuentes; fuente monumental de unos 20 m de diámetro en su base.

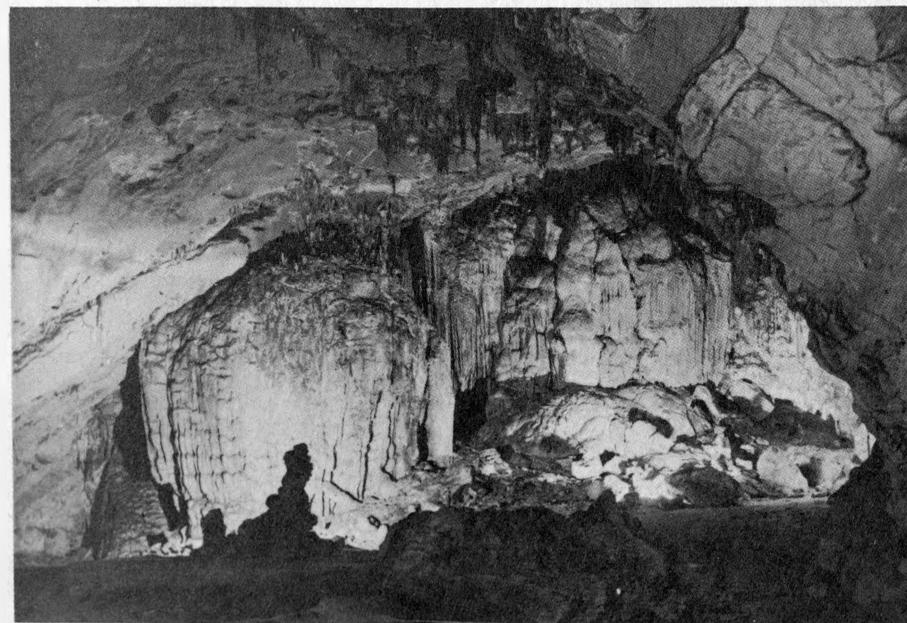
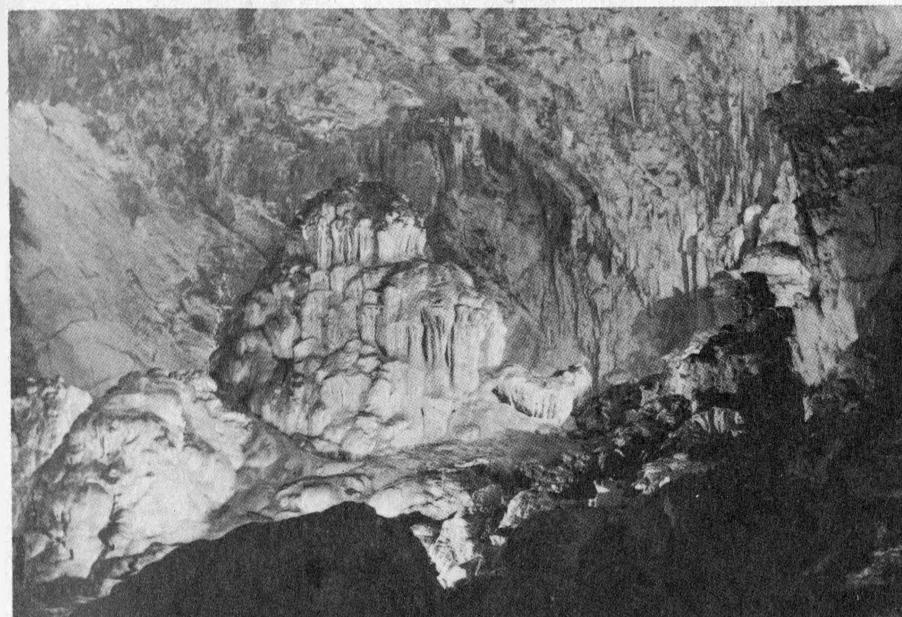


LAMINA 7

GRUTA DE CACAHUAMILPA

a) Salón de las Fuentes, pared norte.

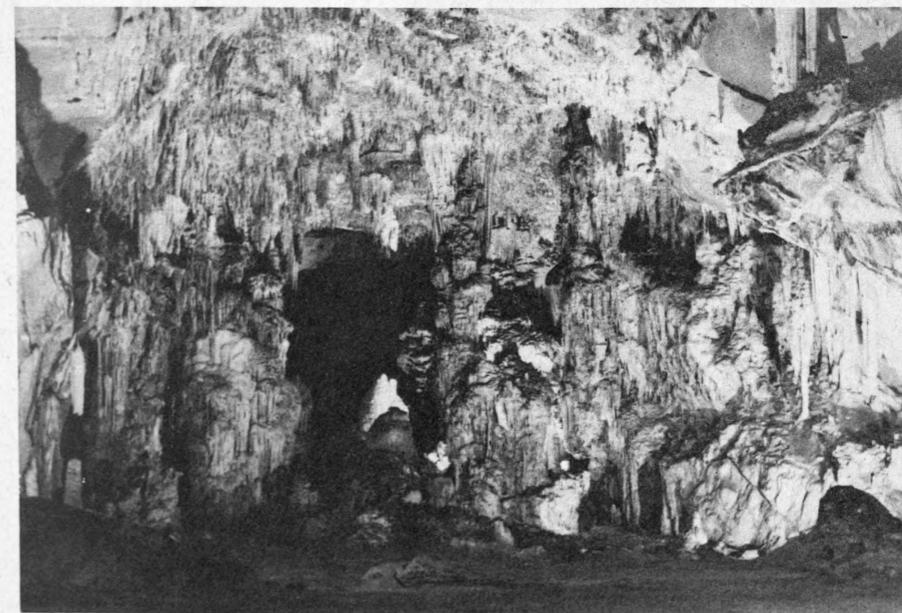
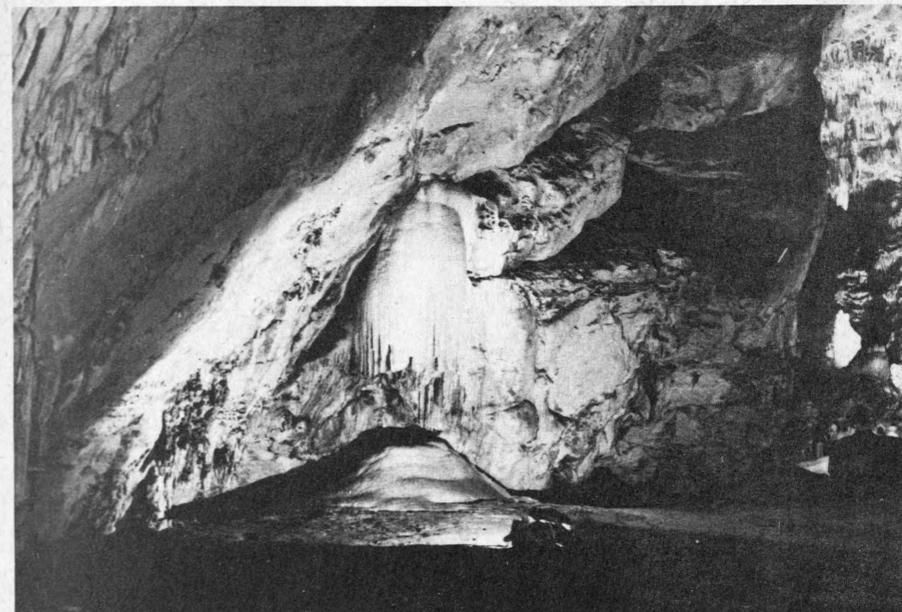
b) Las Coronas (Las Canastillas).



LAMINA 8

GRUTA DE CACAHUAMILPA

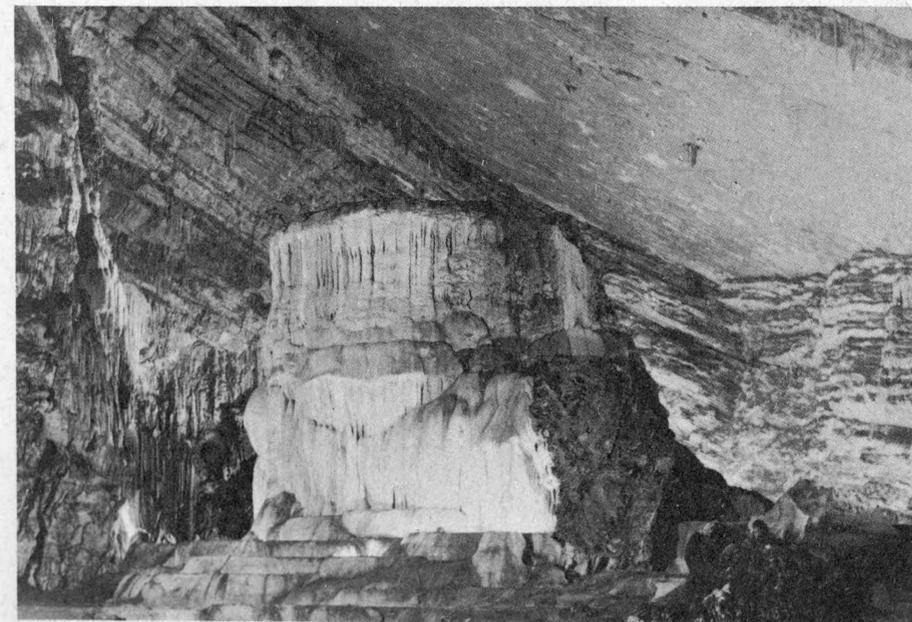
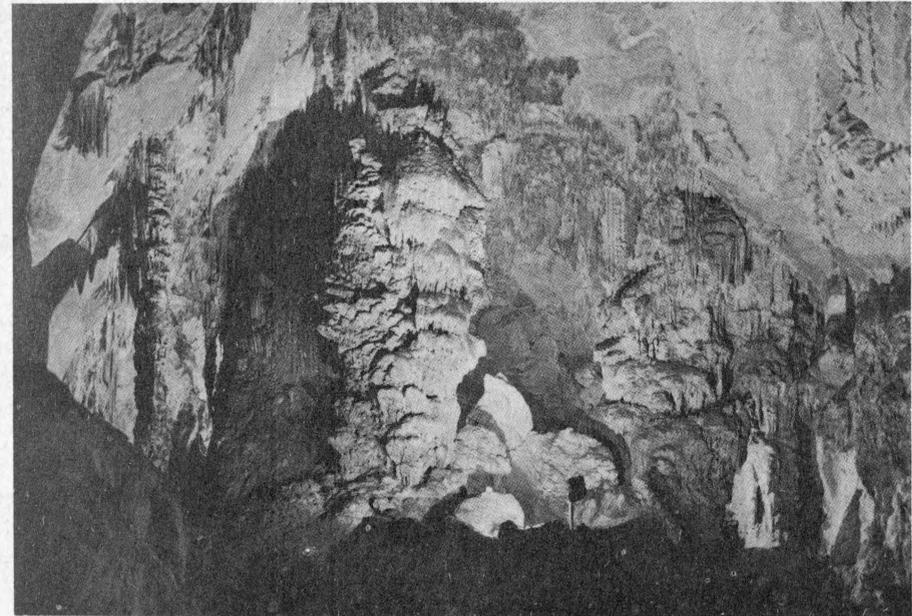
- a) Salón de los Tronos: trono de la Reina.
- b) Portada de los Querubines, desde el este.



LAMINA 9

a) Portada de los Querubines, desde el oeste.

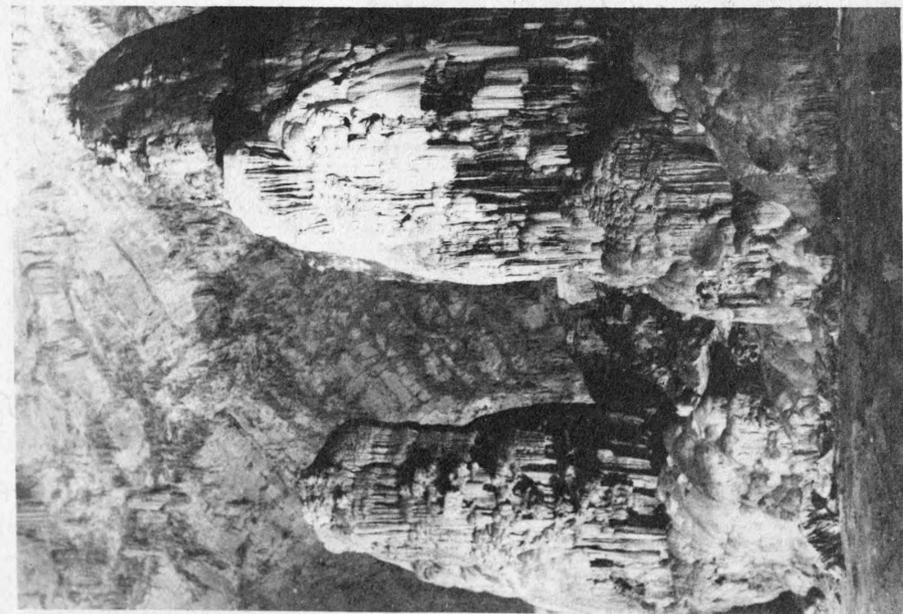
b) El Panteón; fuente monumental, en forma de cilindro casi perfecto, de unos 10 m. de diámetro por otros tantos de altura. En esta fotografía y en las láminas 10 y 12 puede verse el techo de este salón (Plaza de Armas) de unos 80 x 100 m constituido por un plano de estratificación.



LAMINA 10

GRUTA DE CACAHUAMILPA

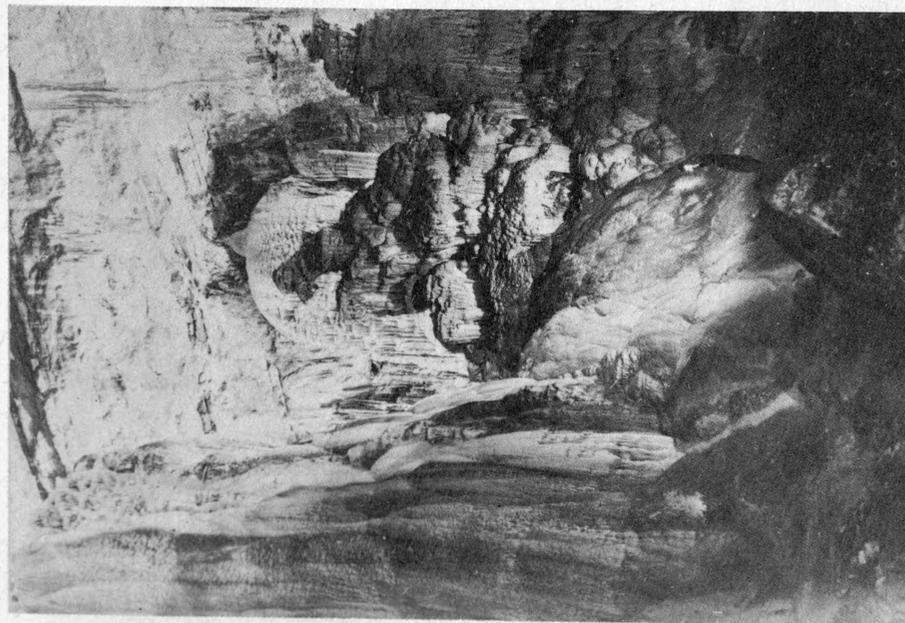
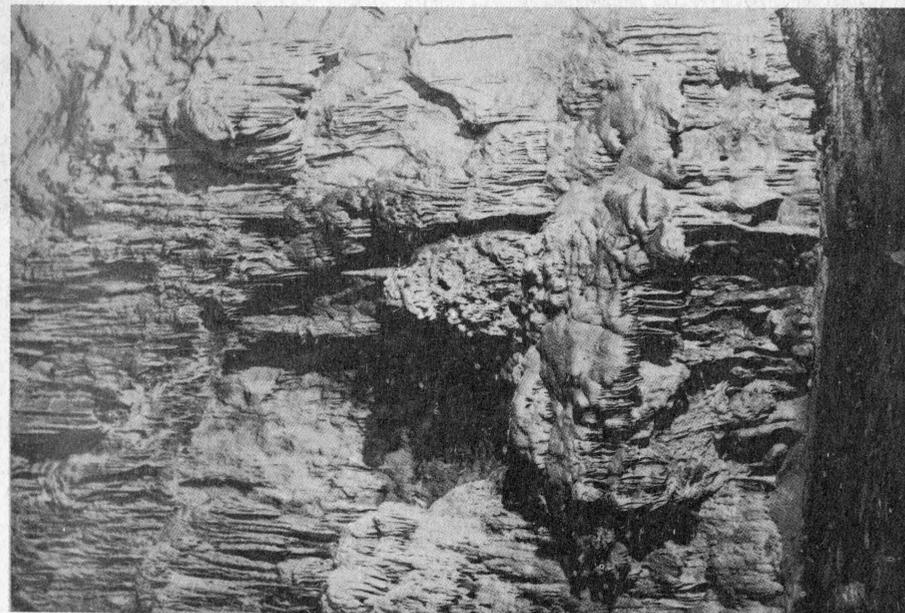
- a) Salón de la Plaza de Armas, vista de conjunto.
- b) Plaza de Armas; Torres de Catedral (Los Hornos); dos estalagmitas de unos 25 m de altura.



LAMINA 11

GRUTA DE CACAHUAMILPA

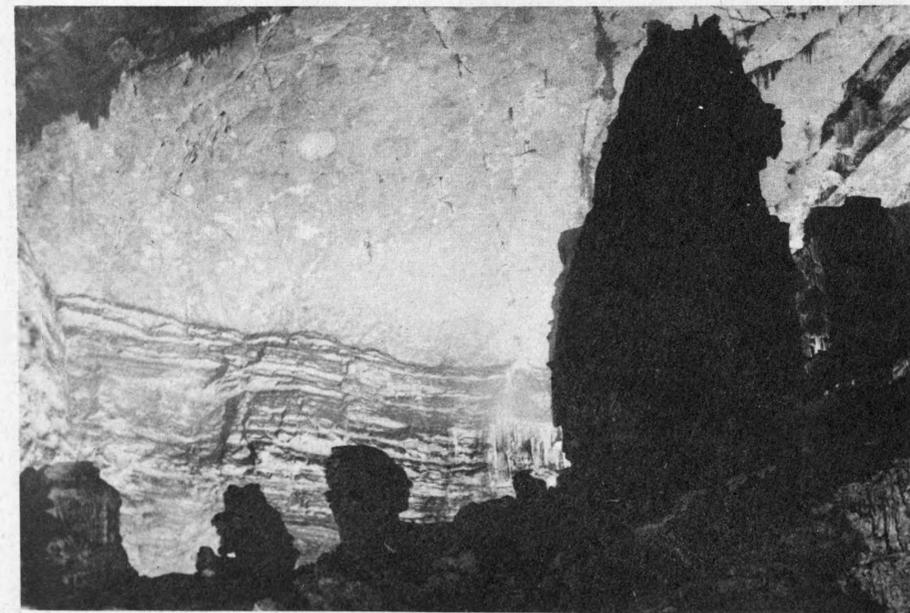
- a) Colada estalactítica continuación del Mantón de Manila.
- b) Estalagmita gigante.



LAMINA 12

GRUTA DE CACAHUAMILPA

- a) Colada estafáctica llamada el Mantón de Manila
- b) Vista del salón Plaza de Armas desde su extremo oeste (El Volcán); las dos grandes estalagmitas, el Oso y el Elefante son las mismas Torres de Catedral, en otro aspecto.

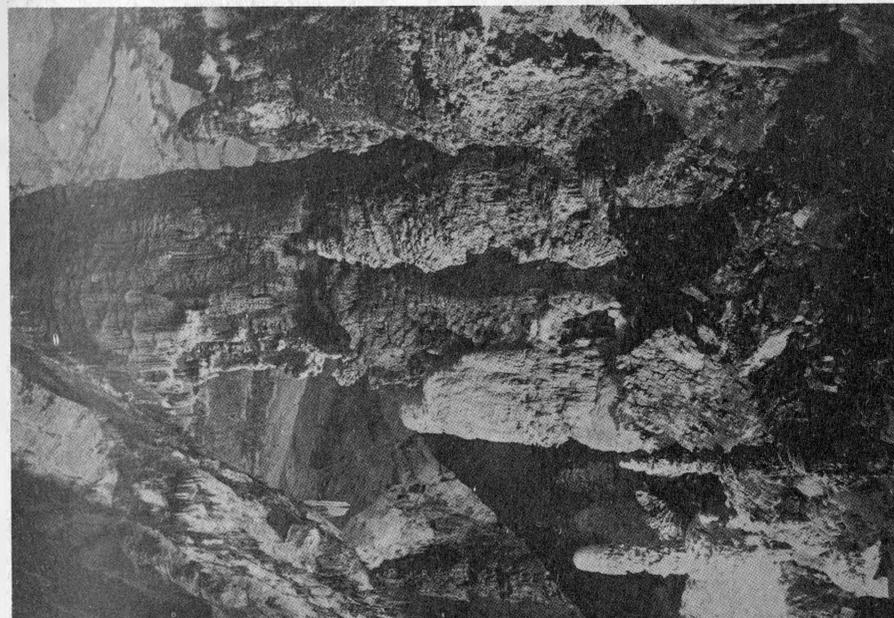


LAMINA 13

GRUTA DE CACAHUAMILPA

a) Los Cirios

b) El Dante.

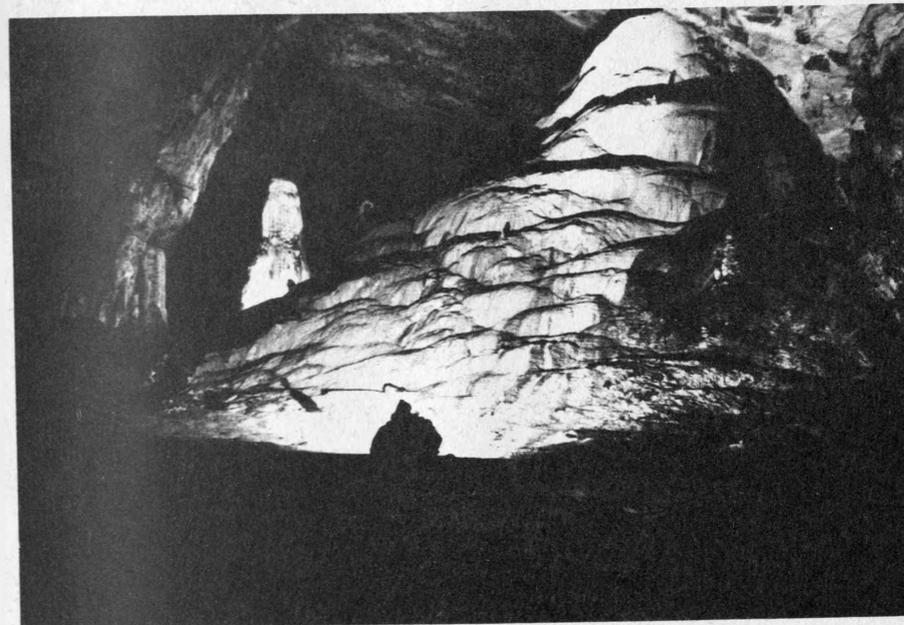


LAMINA 14

GRUTA DE CACAHUAMILPA

a) El Puerto del-Aire; enorme estalagmita cónica cuya base tiene un diámetro de unos 120 m y una altura de 25 m.

b) Conjunto de pequeñas estalagmitas cilíndricas, los Palmares (Reyes Magos).



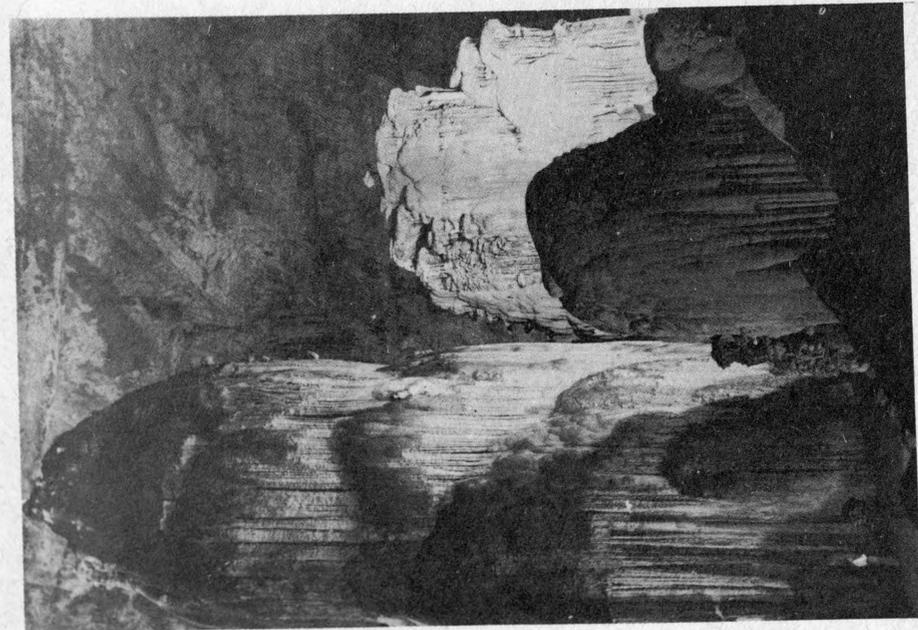
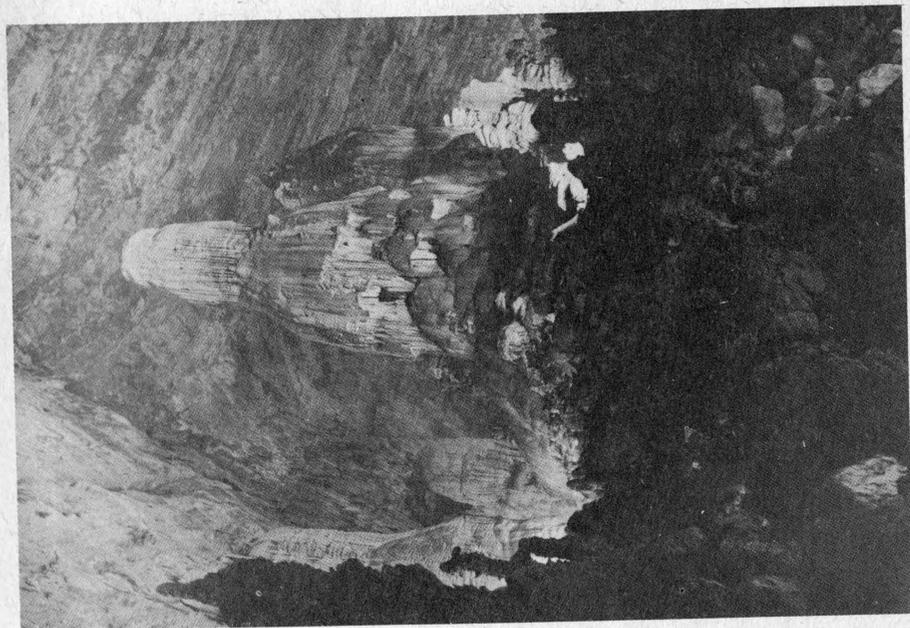
Ing. Victor M. Malpica C.

LAMINA 15

GRUTA DE CACAHUAMILPA

a) Torres de los Palmares; conjunto de enormes estalagmitas 'cilindroideas entre 25 y 35 m de altas. La primera es la llamada Botella de Champagne.

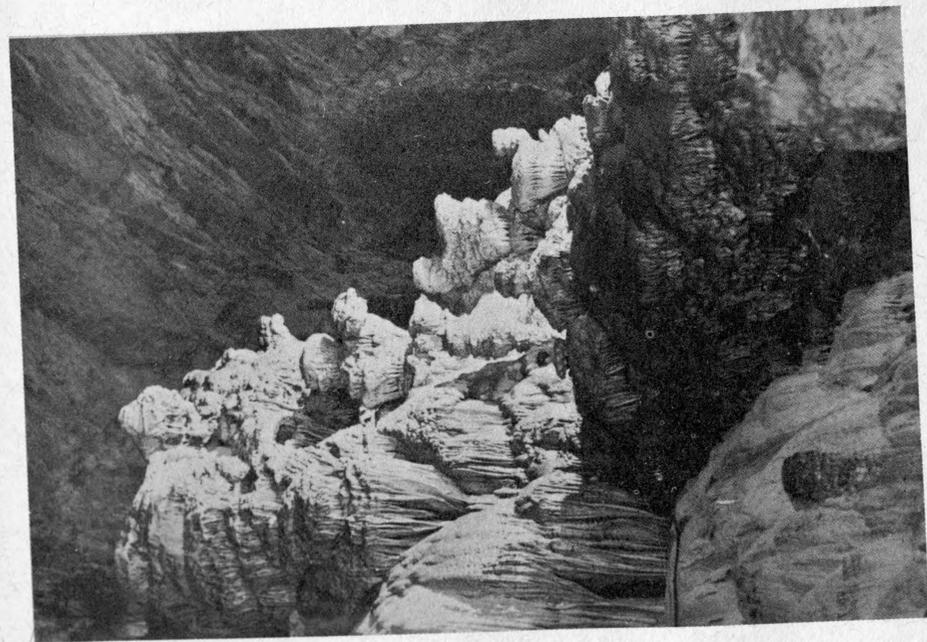
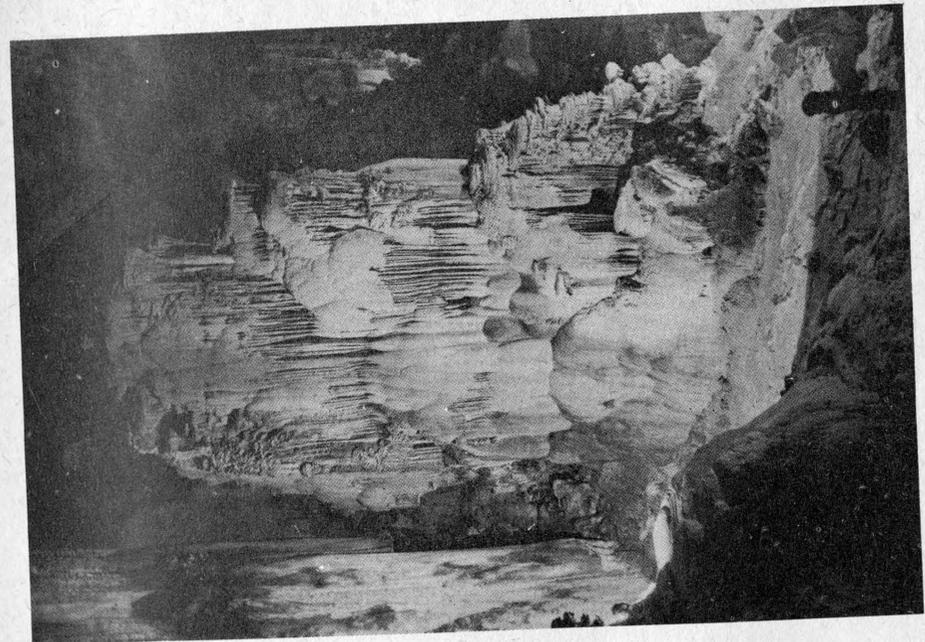
b) Otras dos "Torres": El Arbol de Tule y Las Cataratas.



LAMINA 16

GRUTA DE CACAHUAMILPA

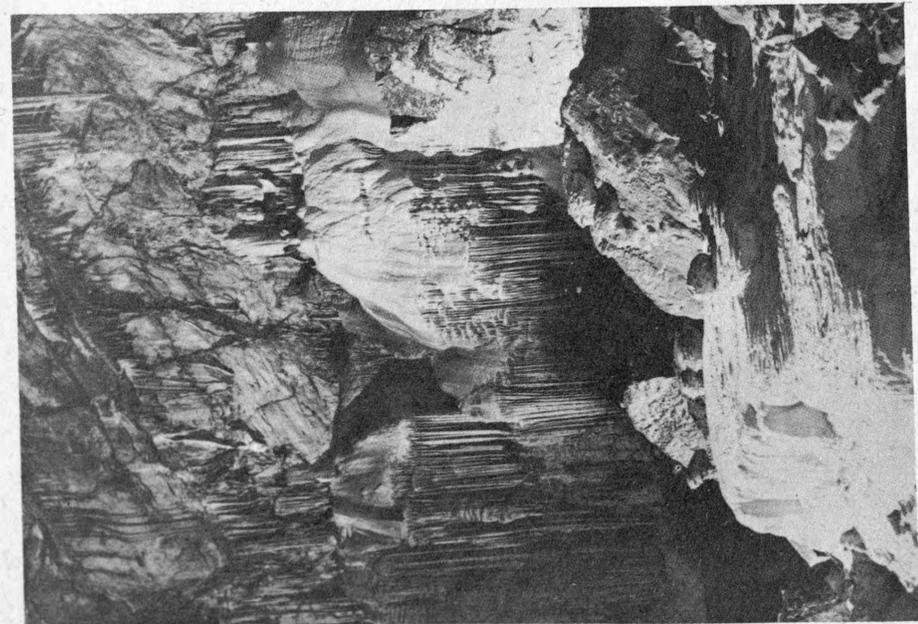
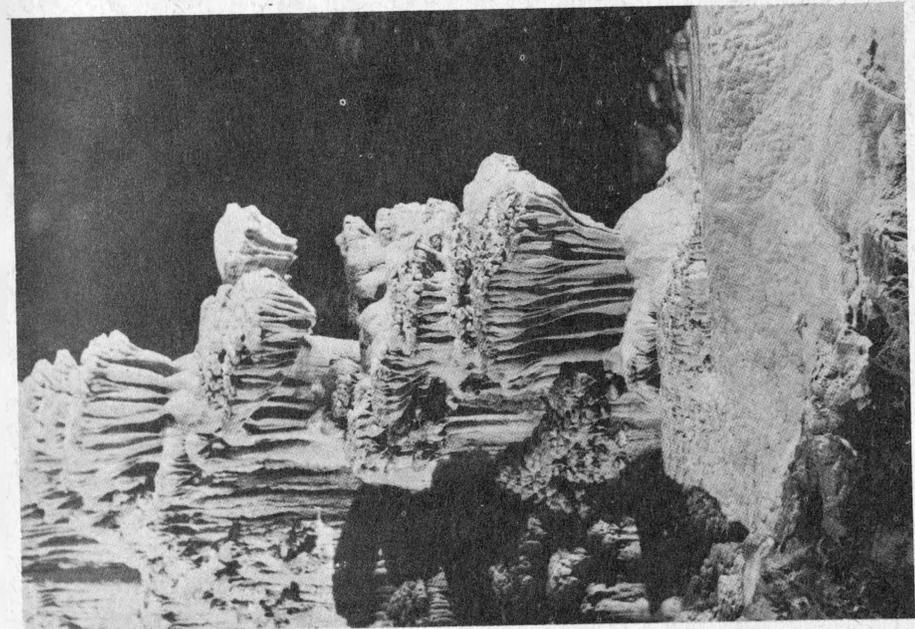
- a) "Torre" llamada Las Cataratas del Niágara.
- b) Conjunto de paletas estalagmíticas.



LAMINA 17

GRUTA DE CACAHUAMILPA

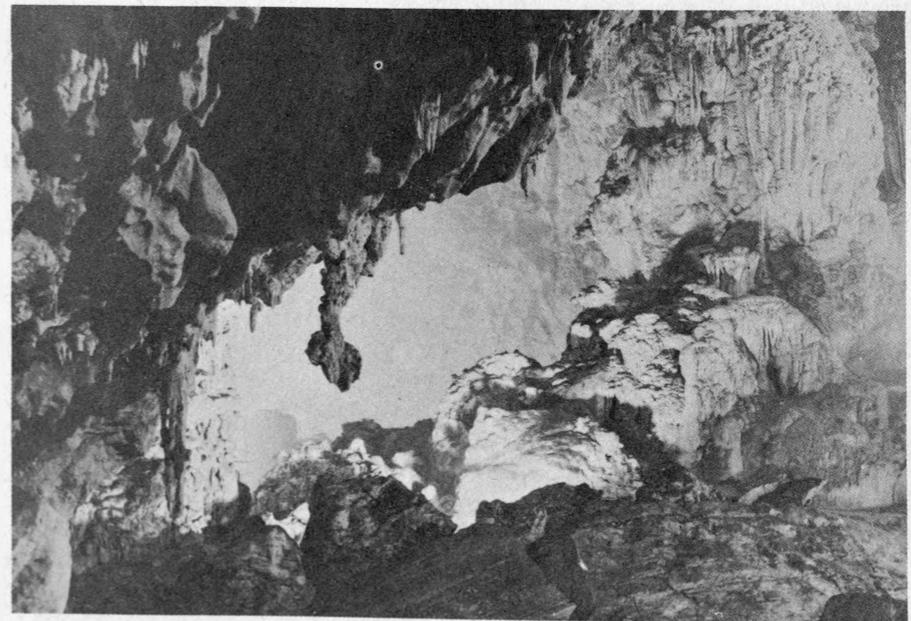
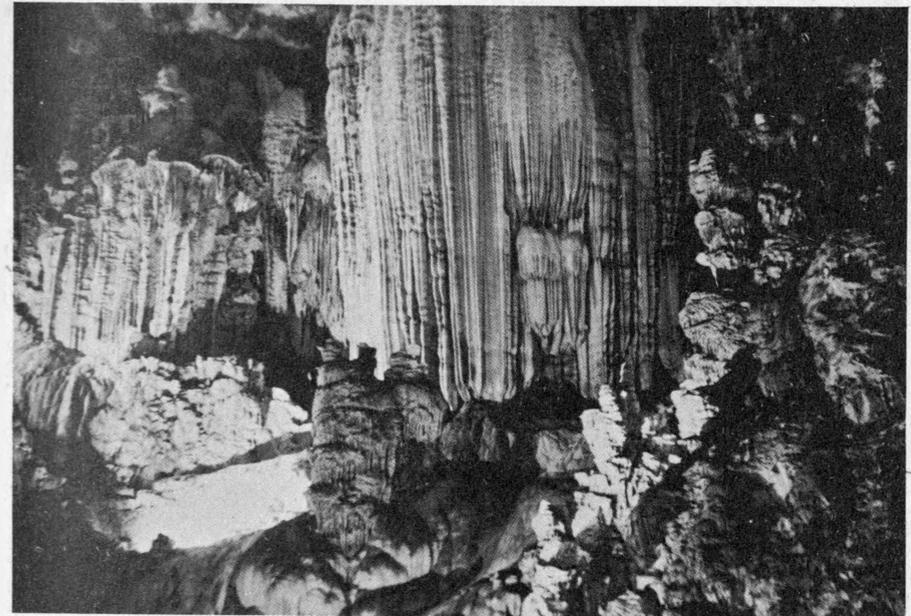
- a) Conjunto de paletas estalagmíticas denominado Las Canastillas (Las Coliflores).
- b) Pórtico de La Gloria.



LAMINA 18

GRUTA DE CACAHUAMILPA

a) y b) Pórtico de La Gloria.



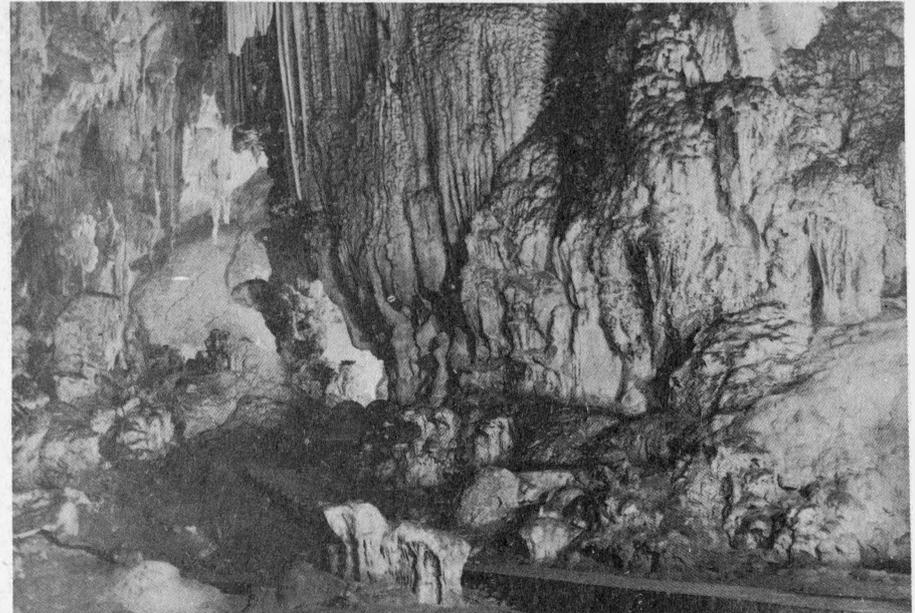
LAMINA 19

GRUTA DE CACAHUAMILPA

a) Salón terminal llamado de La Emperatriz (Fondo del Mar). El Ahajero.

GRUTA DE CARLOS PACHECO

b) Talud de entrada desde el borde de la dolina (Foto GEM).



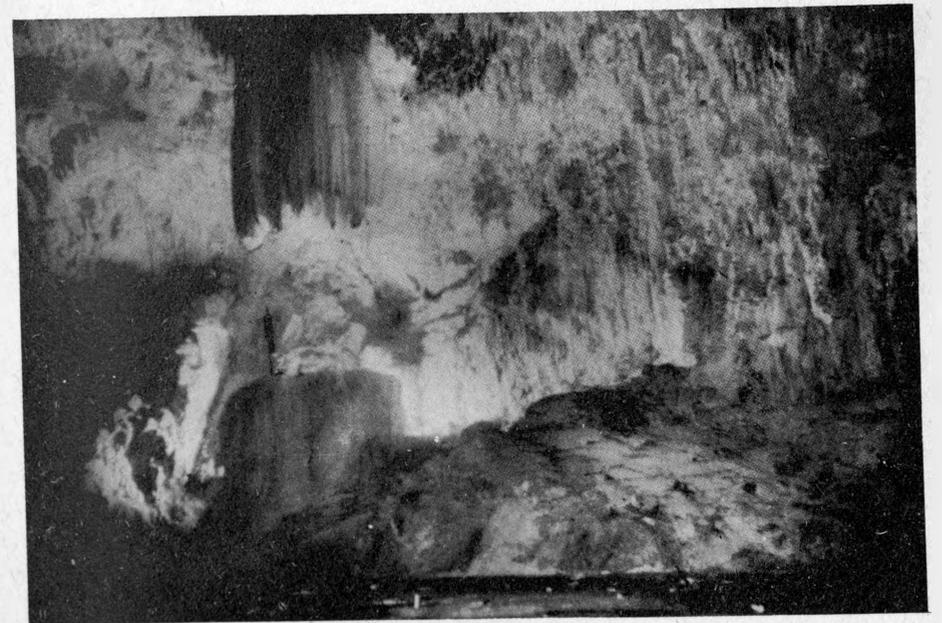
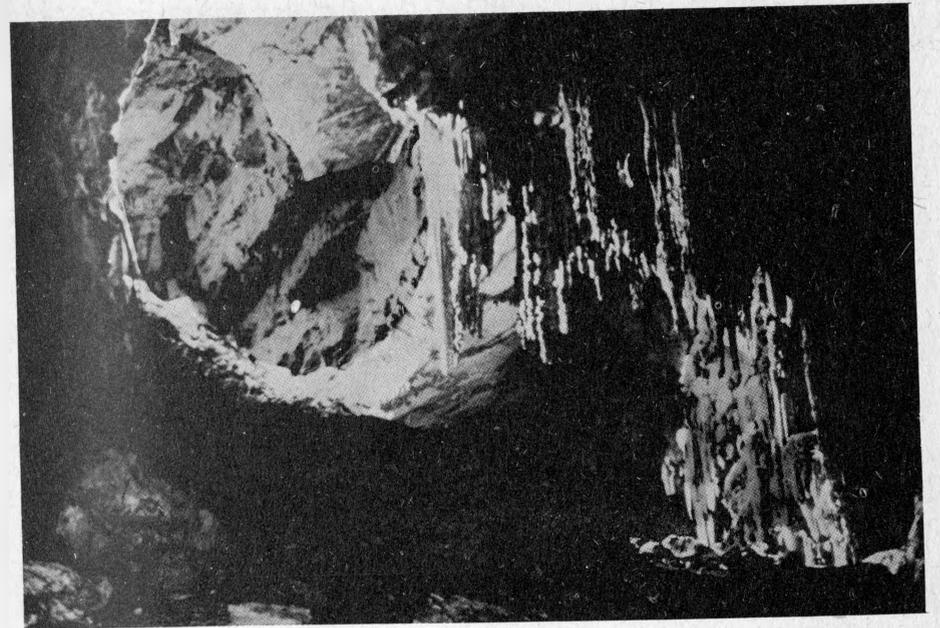
LAMINA 20

GRUTA DE CARLOS PACHECO

a) Base del talud de entrada. Salón de los Pebeteros (Foto GEM).

CURSO SUBTERRANEO DEL RIO SAN JERONIMO

b) Pulpito, en la Fuente Monumental (Foto GEM).



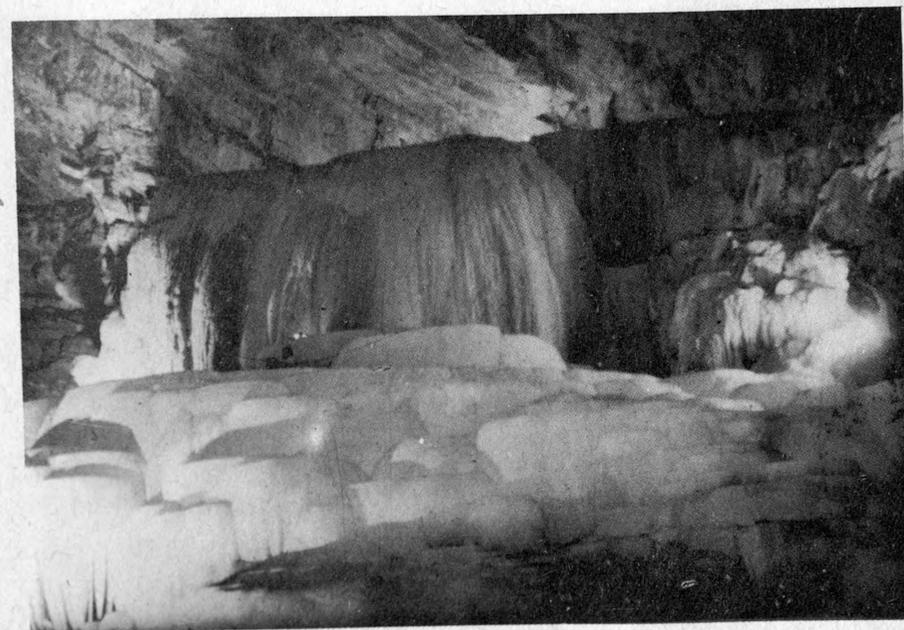
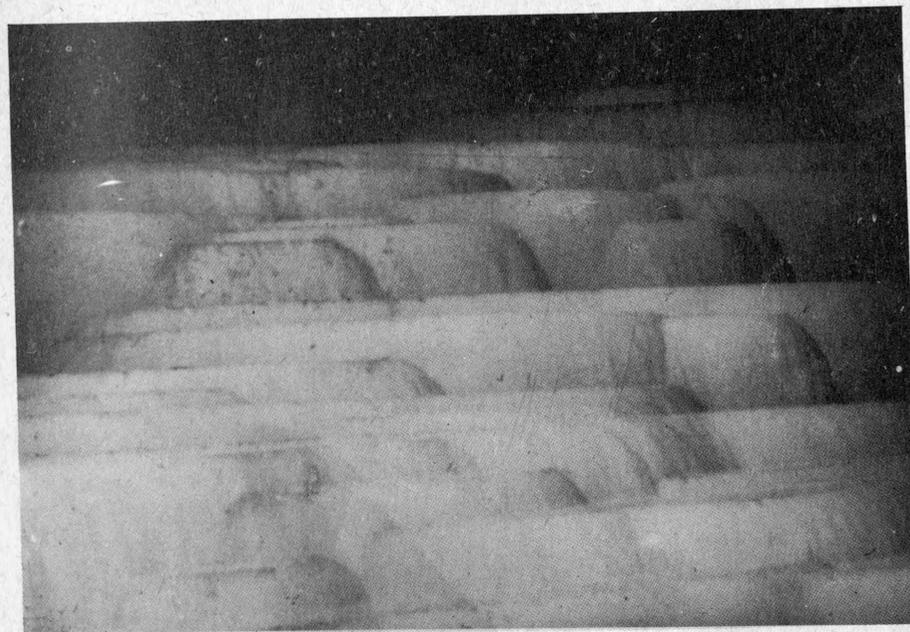
LAMINA 21

CURSO SUBTERRANEO DEL RIO SAN JERONIMO

a) Fuente Monumental (Foto GEM).

CURSO SUBTERRANEO DEL RIO CHONTALCOATLAN

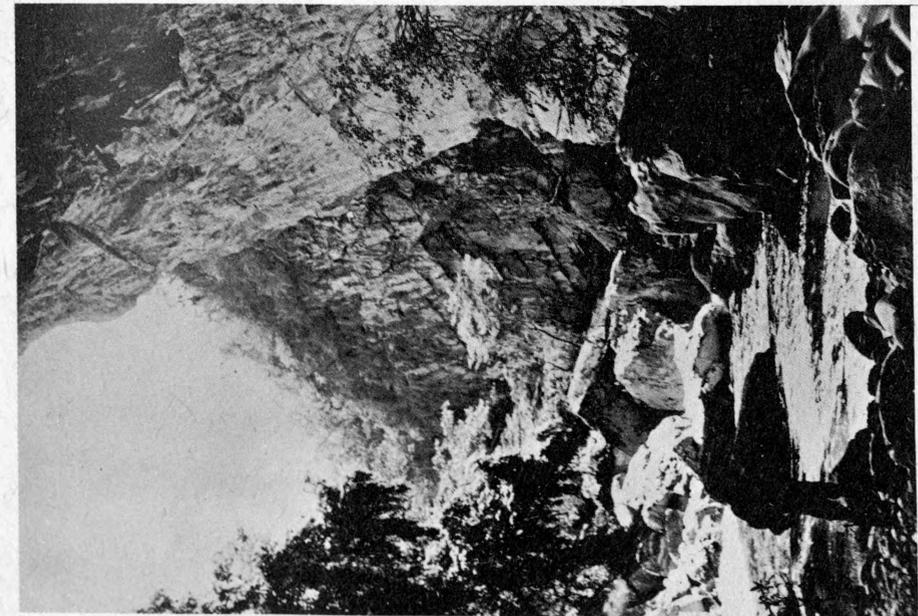
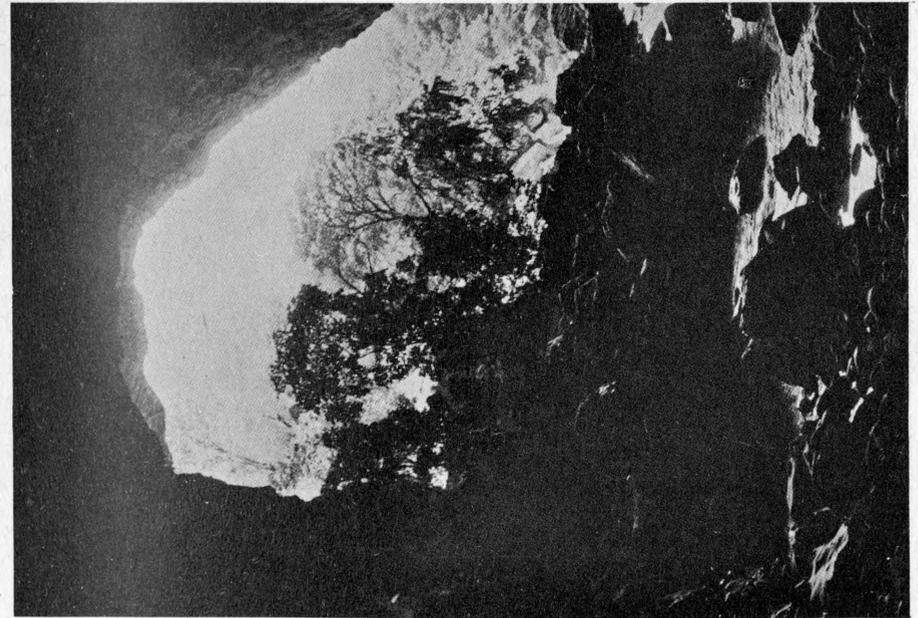
b) Fuente Monumental (Foto GEM).



LAMINA 22

DOS BOCAS

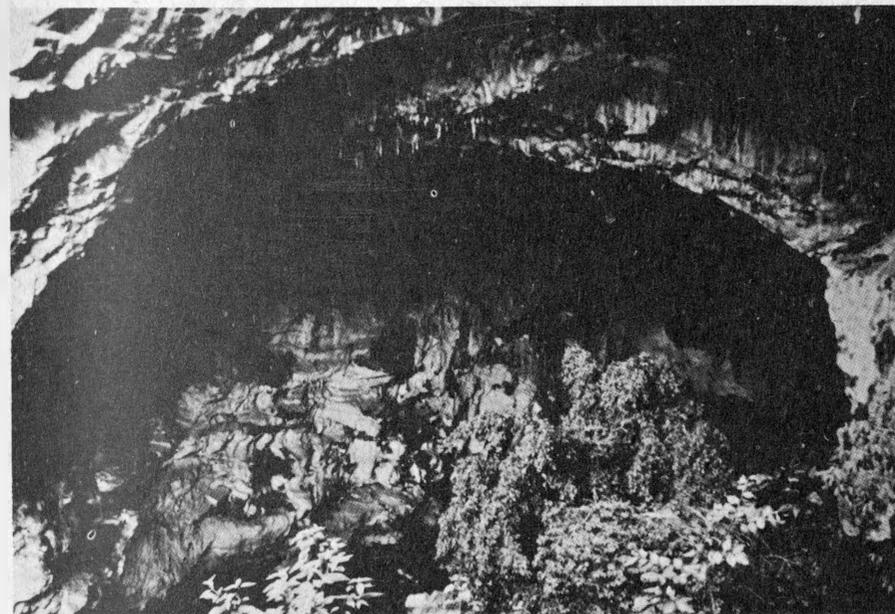
a) y b) Dos aspectos de la resurgencia del río San Jerónimo desde el interior.



LAMINA 23

DOS BOCAS

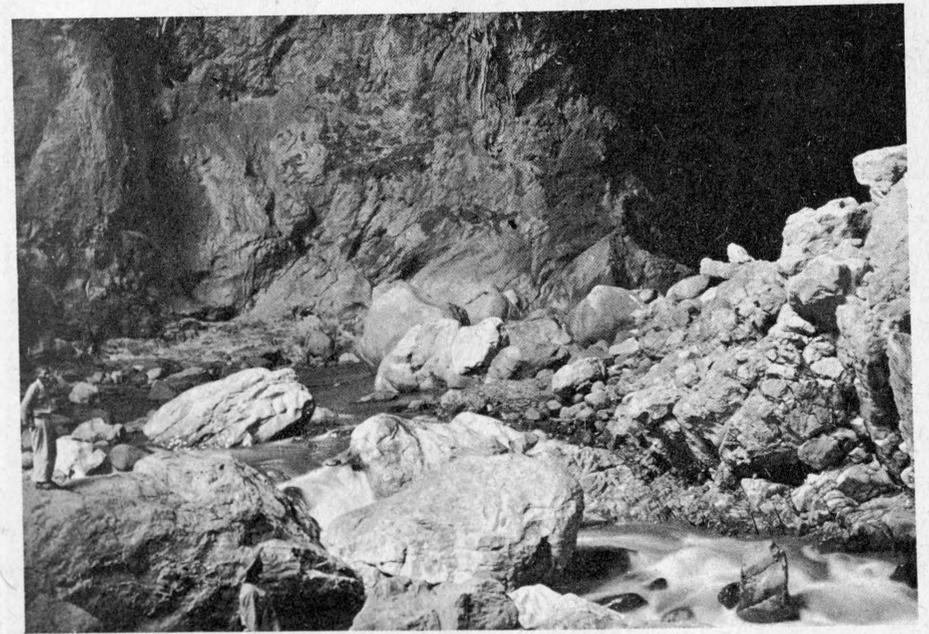
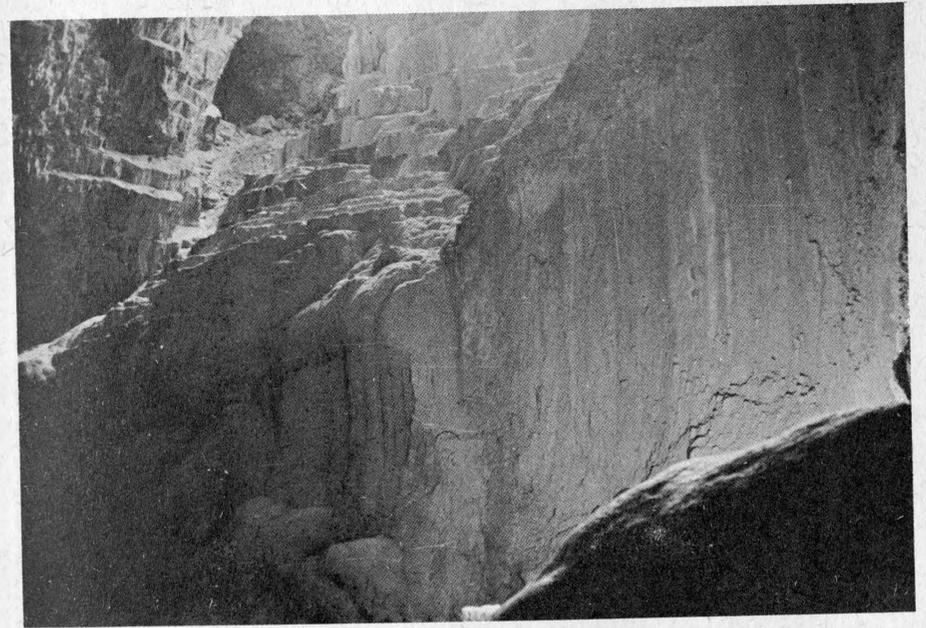
- a) Resurgencia del río San Jerónimo desde el exterior (Foto GEM)
- b) Resurgencia del río Chontalcoatlán (Foto GEM).



LAMINA 24

CURSO SUBTERRANEO DEL RIO CHONTALCOATLAN

- a) Cascada estalagmítica del "Resuello" del río.
- b) El río Chontalcoatlán en el "Resuello".



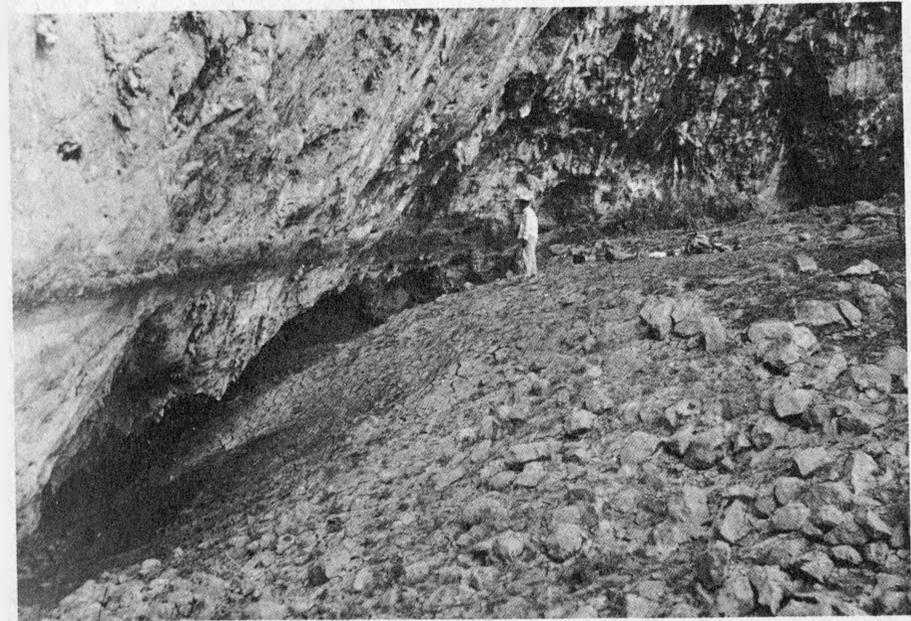
LAMINA 25

CUEVA DE AGUA BRAVA

a) Entrada; en la temporada de lluvias el agua rebasa de la cueva formando un charco hasta el nivel que se observa en el acantilado.

GRUTA DE PILARES

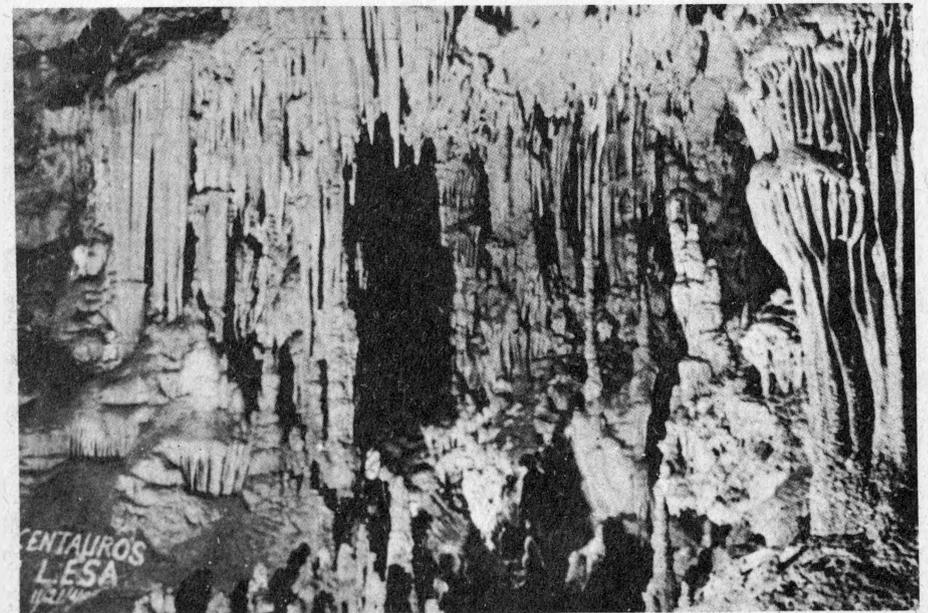
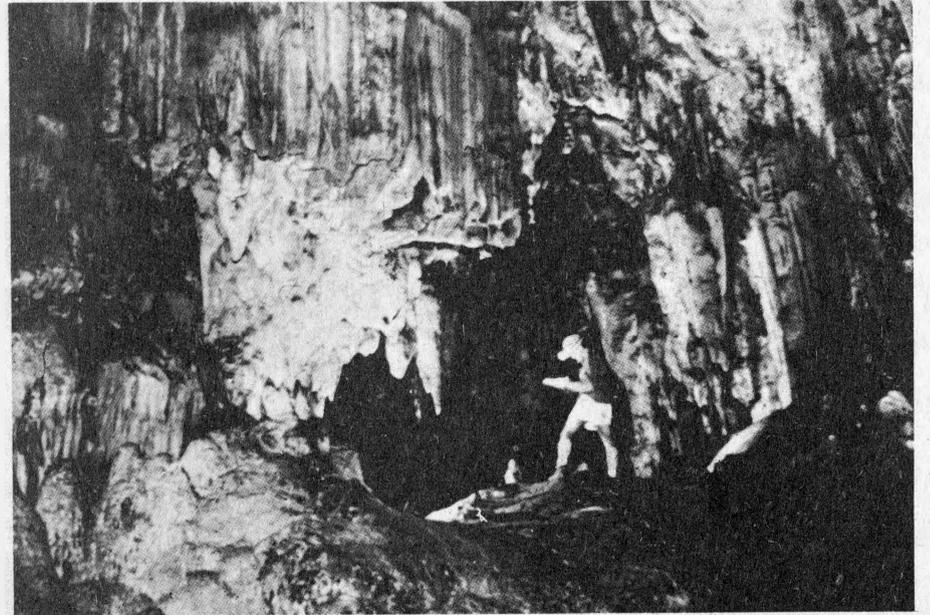
b) Entrada (Foto GEM)



LAMINA 26

GRUTA DE ACUITLAPAN

Dos grupos estalactíticos (Foto GEM).



BOLETINES DEL INSTITUTO DE GEOLOGIA

50.— <i>Las Meteoritas Mexicanas</i> , por JOSE C. HARO, 1931.	\$ 50.00 M.N.	\$ 5.00 Dlls.
51.— <i>Zonas Mineras de los Estados de Jalisco y Nayarit</i> , por TOMAS BARRERA, 1931.	Agotado.	Out of Print.
53.— <i>Topografía Sepultada en la Región de Santa Rosalía, B. C.</i> , por IVAN F. WILSON, 1948.	\$ 25.00 M.N.	\$ 2.50 Dlls.
54.— <i>Paleontología y Estratigrafía del Plioceno de Yepómera</i> , Edo. de Chihuahua (Primera Parte), por JOHN F. LANCE, 1950.	\$ 25.00 M.N.	\$ 2.50 Dlls.
55.— <i>Los Estudios Paleobotánicos de México</i> , por MANUEL MALDONADO KOERDELL, 1950.	\$ 25.00 M.N.	\$ 2.50 Dlls.
56.— <i>Las Provincias Geohidrológicas de México</i> , (Segunda Parte), por ALFONSO DE LA O. CARREÑO, 1954.	\$ 30.00 M.N.	\$ 3.00 Dlls.
57.— <i>Espeleología Mexicana, Cuevas de la Sierra Madre Oriental de la Región de Xilitla</i> , por FEDERICO BONET, 1953.	Agotado.	Out of Print.
58.— <i>Geología y Paleontología de la Región de Caborca</i> , por G. ARTHUR COOPER y otros, 1954.	Agotado.	Out of Print.
Pt. III.— <i>Fauna Pérmica de El Antimonio, Oeste de Sonora, México</i> , por G. ARTHUR COOPER y otros, 1965.	\$ 30.00 M.N.	\$ 3.00 Dlls.
59.— <i>Los Depósitos de Bauxita en Haiti y Jamaica y posibilidades de que exista Bauxita en México</i> , por GUILLERMO P. SALAS, 1959.	\$ 30.00 M.N.	\$ 3.00 Dlls.
60.— <i>Geología del Estado de Morelos y de Partes Adyacentes de México y Guerrero</i> , Región Central Meridional de México, por CARL FRIES, JR., 1960.	\$ 50.00 M.N.	\$ 5.00 Dlls.
61.— <i>Fenómenos Geológicos de Algunos Volcanes Mexicanos</i> , por LUIS BLASQUEZ L., ARMANDO REYES LAGOS, FEDERICO MOOSER y JOSE L. LORENZO, 1961.	\$ 20.00 M.N.	\$ 2.00 Dlls.
62.— <i>Reconocimiento Geológico en la Sierra Madre del Sur</i> , entre Chilpancingo y Acapulco, Edo. de Guerrero, por ZOLTAN DE CSERNA, 1965.	\$ 30.00 M.N.	\$ 3.00 Dlls.
63.— <i>Contribución al Estudio de Minerales y Rocas</i> , por EDUARDO SCHMITTER y RUTH ROJAS DE GOMEZ, 1962.	\$ 30.00 M.N.	\$ 3.00 Dlls.
64.— <i>Estudios Geocronológicos de Rocas Mexicanas</i> , por CARL FRIES JR. 1962.	Agotado.	Out of Print.
65.— <i>Estudios Mineralógicos y Petrográficos del Casquete y la Sal de Algunos Damos Salinos del Istmo de Tehuantepec, México</i> , por SALVADOR ENCISO DE LA VEGA, 1963.	\$ 30.00 M.N.	\$ 3.00 Dlls.
66.— <i>Revisión Crítica de los Minerales Mexicanos</i> , BOLEITA, por FRANCISCO J. FABREGAT, 1963.	\$ 40.00 M.N.	\$ 4.00 Dlls.

- 67.—Pt. I.—*Salinidad, Batimetría, Temperatura y Distribución de los Sedimentos Recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México*, por AMADO YAÑEZ CORREA, 1963. \$ 25.00 M.N. \$ 2.50 Dlls.
- Pt. II.—*Sistemática y Distribución de los Géneros de Diatomeas de la Laguna de Términos, Campeche, México*, por ANGEL SILVA B., 1963. \$ 25.00 M.N. \$ 2.50 Dlls.
- Pt. III.—*Sistemática y Distribución de los Foraminíferos Recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México*, por AGUSTIN AYALA CASTAÑARES, 1963. \$ 75.00 M.N. \$ 7.50 Dlls.
- Pt. IV.—*Sistemática y Distribución de los Micromoluscos Recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México*, por ANTONIO GARCIA-CUBAS, 1963. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 68.—*Sistemática y Distribución de los Foraminíferos Recientes de la "Playa Washington" al S.E. de Matamoros, Tamps.*, por LUIS RAFAEL SEGURA V., 1963. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 69.—*Geología del Area delimitada por el Tomatal, Huitzoco y Mayanalán, Estado de Guerrero* por JOSE MA. BOLIVAR, 1963. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 70.—*Derrames Cineríticos Las Américas de la Región de El Oro Tlalpujahua, Estados de México y Michoacán, parte centromeridional de México* por CARL FRIES JR., C. S. ROSS y ALBERTO ORREGON PEREZ. En preparación. Being prepared.
- 71.—*Estudios Geológicos en los Estados de Durango y San Luis Potosí*, por DIEGO A. CORDOBA, EUGENIO CSERNA y ALEJANDRO BELLO BARRADAS, 1963. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 72.—*Revisión Crítica de los Minerales Mexicanos, LA PLUMOSITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1964. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 73.—*Contribuciones del Laboratorio de Geocronometría. Partes I-III.*
- Pt. I.—*Discusión de Principios y Descripción de la Determinación Geoquímica por el Método Plomo Alfa o Larsen*, por CESAR RINCON ORTA, 1965.
- Pt. II.—*Nuevas aportaciones Geocronológicas y Técnicas empleadas en el Laboratorio de Geocronometría*, por CARL FRIES, JR. y CESAR RINCON ORTA, 1965.
- Pt. III.—*Compendio de Edades de Radiocarbono de Muestras Mexicanas de 1962 a 1964*, por JOSEFINA VALENCIA y CARL FRIES, JR., 1965. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 74.—*Estudios Geológicos en el Estado de Chihuahua. Partes I-II*
- Pt. I.—*Geología del area de Plomosas, Chih.* por INTHER W. BRIDGES.
- Pt. II.—*Notas sobre la Geología de la Región de Placer de Guadalupe y Plomosas, Chih.* por ZOLTAN DE CSERNA, 1966. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 75.—*Estudios Mineralógicos*, por RICHARD V. GAINES:
- 1.—*Mineralización de Telurio en la Mina La Moctezuma, cerca de Moctezuma, Sonora.*
- 2.—*Métodos de Laboratorio para la Separación y Purificación de Muestras Minerales*, 1965. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 76.—*Estudios de Mineralogía. Partes I-III.*
- Pt. I.—*Los Minerales de Manganeso de Molango, Hgo.*, por LIBERTO DE PABLO GALAN.
- Pt. II.—*Caolinita de Estructura Desordenada de Concepción de Buenos Aires, Edo. de Jalisco, México*, por LIBERTO DE PABLO GALAN.
- Pt. III.—*Nota Preliminar sobre la Identificación por Rayos X, de Oxido Tálico Tl_2O_3* por JESUS RUIZ ELIZONDO, GLORIA AVILA I., OCTAVIO CANO CORONA y GLORIA AYALA ROJAS 1965. \$ 35.00 M.N. \$ 3.50 Dlls.
- 77.—*Los Minerales Mexicanos, 3. DURANGITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 78.—*Los Minerales Mexicanos, 4. CUMENGEITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 79.—*Los Minerales Mexicanos, 5. LIVINGSTONITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 80.—*"Biogeología Subsuperficial del Arrecife Alacranes, Yucatán"*, por FEDERICO BONET, 1967. \$ 60.00 M.N. \$ 6.00 Dlls.
- 81.—*Ecology Distribution and Taxonomy of Recent Ostracoda of Laguna de Términos, Campeche, México*, por GUSTAVO A. MORALES. \$ 50.00 M.N. \$ 5.00 Dlls.
- 82.—*Estudios de Geocronometría y Mineralogía.*
- Pt. I.—*Edad de Tres Rocas Intrusivas en la Parte Centro Septentrional de México*, por JERJES PANTOJA ALOR y CESAR RINCON ORTA.
- Pt. II.—*Nuevos datos sobre Mackayita*, por RICHARD V. GAINES.
- Pt. III.—*Ibaita de El Guariche, Mich.* por LIBERTO DE PABLO.
- Pt. IV.—*Cálculo Cristalográfico*, por FRANCISCO J. FABREGAT y RICARDO ESQUIVEL ESPARZA, 1967. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 83.—*Los Minerales Mexicanos, 6. JALPAITA* por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1967. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 84.—*Sedimentología de la Laguna Madre, Tamaulipas.*
- Pt. I.—*Composición y distribución de los Sedimentos Recientes de la Laguna Madre, Tamaulipas*, por AMADO YAÑEZ y CARMEN SCHLAEPFER, 1968.

Pt. II.— <i>Minerales Pesados de los Sedimentos de la Laguna Madre, Tamaulipas</i> , por CARMEN J. SCHLAEPFER, 1968.	\$ 40.00 M.N.	\$ 4.00 Dlls.
85.— <i>Los Minerales Mexicanos, 7. VANADINITA y ENDLICHITA</i> , por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1970.	\$ 50.00 M.N.	\$ 5.00 Dlls.
86.— <i>Ecología y Distribución de los Micromoluscos Recientes de la Laguna Madre, Tamaulipas, México</i> , por ANTONIO GARCIA-CUBAS JR., 1968.	\$ 50.00 M.N.	\$ 5.00 Dlls.
87.— <i>Ecología y Distribución de los Foraminíferos Recientes de la Laguna Madre, Tamaulipas, México</i> , por AGUSTIN AYALA-CASTAÑARES y LUIS R. SEGURA., 1968.	\$ 50.00 M.N.	\$ 5.00 Dlls.
88.— <i>Geología Marina de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México</i> , por RODOLFO CRUZ.	\$ 40.00 M.N.	\$ 4.00 Dlls.
89.— <i>Algunos programas de Cálculo Cristalográfico mediante computadora electrónica</i> , por FRANCISCO J. FABREGAT UINCHARD	\$ 50.00 M.N.	\$ 5.00 Dlls.
90.— <i>Espeleología de la región de Cacahuamilpa. Estado de Guerrero México</i> , por F. BONET, 1971.	\$ 70.00 M.N.	\$ 7.00 Dlls.

Para su adquisición diríjase al:
 Instituto de Geología, Oficina de Publicaciones — Ciudad Universitaria.
 México 20, D. F.

Se terminó de imprimir este libro el día 19 de noviembre de 1971 en los talleres de la Editorial Libros de México, S. A., Av. Coyoacán 1035, México 12, D. F. Se imprimieron 1,200 ejemplares.