

## INVESTIGACIONES GEOMORFOLOGICAS EN LA REGION CARSTICA DEL NORTE DE SAN LUIS POTOSI Y SUR DE NUEVO LEON\*

Gerd Wenzens

*Profesor de Geografía de la Universidad Düsseldorf. Alemania Federal.*

*Estudio llevado a cabo bajo los auspicios la Deutsche Forschungsgemeinschaft y del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma México.*

### RESUMEN

*La investigación presente se refiere a dos zonas diferentes dentro de la Sierra Madre Oriental: la región cárstica de Guadalupe. S.L.P., y la del Galeana. N.L.*

*Basándose en criterios de morfología cárstica, edafología y climatología, se logró encontrar una secuencia temporal de las distintas formas cársticas. Las formas morfológicas más antiguas se han conservado en la zona de Guadalupe, estando hechas de remanentes de dos planicies del Terciario Temprano. Un levantamiento de la región que ocurrió a partir del Terciario Medio originó el hundimiento del nivel del agua subterránea y la formación de numerosas cuevas y dolinas, así como la depresión de Varios poljes en el Mioceno y el Plioceno. Como efecto de dislocaciones tectónicas, probablemente de fines del Plioceno hasta comienzos del Pleistoceno, los poljes sufrieron levantamientos diferenciales. Una parte de estos últimos está cubierta con capas de grava flotante de granito, cuyo espesor llega hasta los 50 metros.*

*En la región de Galeana se pueden distinguir 4 zonas morfológicas, cuales constituyen una transición hacia la morfología conocida como Cuencas y Montañas del norte de México. Los materiales que se observan en las cuencas oscilan entre arenas finas y gravas con cantos bien redondeados.*

*Las evidencias de campo señalan que después del Pleistoceno tardío, la erosión regresiva del Río Potosí originó un corte intensivo en la estratificación; algunas barrancas quedaron entrecortadas en forma cúbica. El hundimiento del nivel del agua subterránea condujo durante el post-glacial a la formación de resumideros de hasta 60 metros profundidad. Se les encuentra sobre todo en el borde de planicies transicionales hacia las serranías, y en donde ha ocurrido yeso como material formacional; también persisten a lo largo de ríos subterráneos. Probablemente el yeso se originó a principios del Pleistoceno; a posteriori los resumideros se formaron en lugares de alto contenido yeso.*

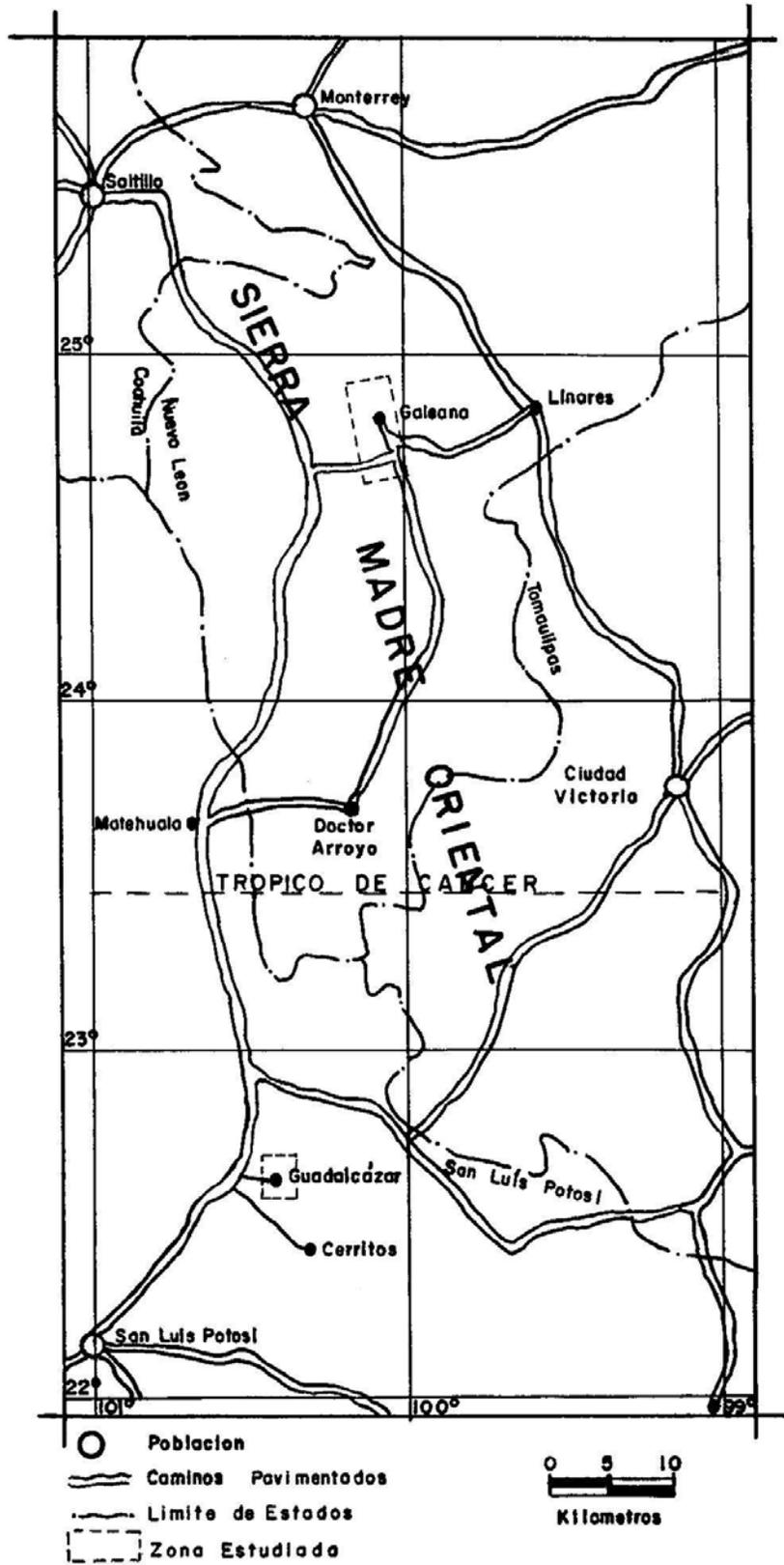
### ZUSAMMENFASSUNG

*In der vorliegenden Arbeit werden zwei verschiedene Karstlandschaften innerhalb der Sierra Madre Oriental vorgestellt. Sie weisen einen unterschiedlichen Formenschatz auf, und es galt, auf Grund karstmorphologischer, bodenkundlicher und klimatologischer Kriterien die Genese der verschiedenen Karstformen bei Guadalupe und Galeana zu ermitteln.*

*Bei Guadalupe sind als älteste morphologische Form Relikte zweier alttertiärer Flächensysteme erhalten. Als Ursache der späteren intensiven Verkarstung des Gebietes ist die Heraushebung der Sierra Madre Oriental im Mitteltertiär betrachten. Die dadurch hervorgerufene Absenkung des Grundwasserspiegels führte zur Bildung zahlreicher Höhlen, Dolinen sowie zur Eintiefung mehrerer Poljen. Durch tektonische Verstellungen vermutlich Ende Pliozän bis Anfang Pleistozän wurde das Karstgebiet unterschiedlich herausgehoben und die Poljen zum Teil mit bis zu 50 Meter mächtigem Granitgrus bedeckt.*

*Bei Galeana lassen sich vier verschiedene Teilbecken unterscheiden, die den Übergang zu den Basin-Range-Landschaften Nordmexikos bilden. Die Becken bestehen aus einer bis zu 100 m mächtigen Wechsellagerung von feinen Sanden und gut gerundeten Schotterpaketen. Die Aufschüttung der Korrosiv entstandenen länglichen Hohlformen erfolgte vermutlich noch im Jungtertiär. Im Pleistozän kam es durch rückschreitende Erosion des Rio Potosí zu einer intensiven Zerschneidung des Lockermaterials durch kastenförmig eingeschnittene Barrancas. Die dadurch verursachte Absenkung des Grundwasserspiegels führte während des Postglazials zur Ausbildung von bis zu 60 m tiefen Erdfällen vor allem am Rand der Ebenen zum Übergang zu den aus Gips bestehenden Sierren sowie entlang unterirdischer Flüsse.*

\*Traducción revisada y arreglada para su publicación por el Ing. J. Ruíz Elizondo



Mapa índice de las zonas estudiadas

## INTRODUCCION

La fisiografía de la Sierra Madre Oriental está relacionada ampliamente con factores geológico-morfológicos. Sobresalen calizas de las formaciones del Cretácico, las cuales se integraron en cadenas durante el Terciario en una dirección sureste a noroeste. Morfológicamente constituyen amplias planicies rodeadas de elevadas montañas.

En la literatura estas formaciones topográficas siguen la nomenclatura norteamericana y se denominan "basin and ranges" (cuencas y sierras). Por virtud de la escasa vegetación, las márgenes montañosas se encuentran cortadas o esculpidas con fuertes pendientes. Las Planicies y laderas están cubiertas de gravas y materiales sueltos. Forman el paso de unión entre elevaciones pequeñas oscilatorias.

No obstante que en la Sierra Madre Oriental existen rocas mesozoicas, no llega a integrarse una formación cárstica específica. De ello es responsable el clima semi-árido. La falta de lluvias y las prolongadas sequías permiten únicamente la construcción de dos formas cársticas: caliza cavernosa y las formaciones de caliche.

Con dos ejemplos se puede expresar que la constitución de la Sierra Madre Oriental incluye otras formaciones morfológicas que presentan una historia complicada en su evolución. En las zonas de Guadalcázar y de Galeana se han llevado a cabo las intensas investigaciones geomorfológicas, que a continuación se discuten (Figura A).

### LOCALIZACION. ALTITUD Y CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LAS FORMACIONES TECTONICAS ENTRE GUADALCAZAR Y REALEJO. S.L.P.

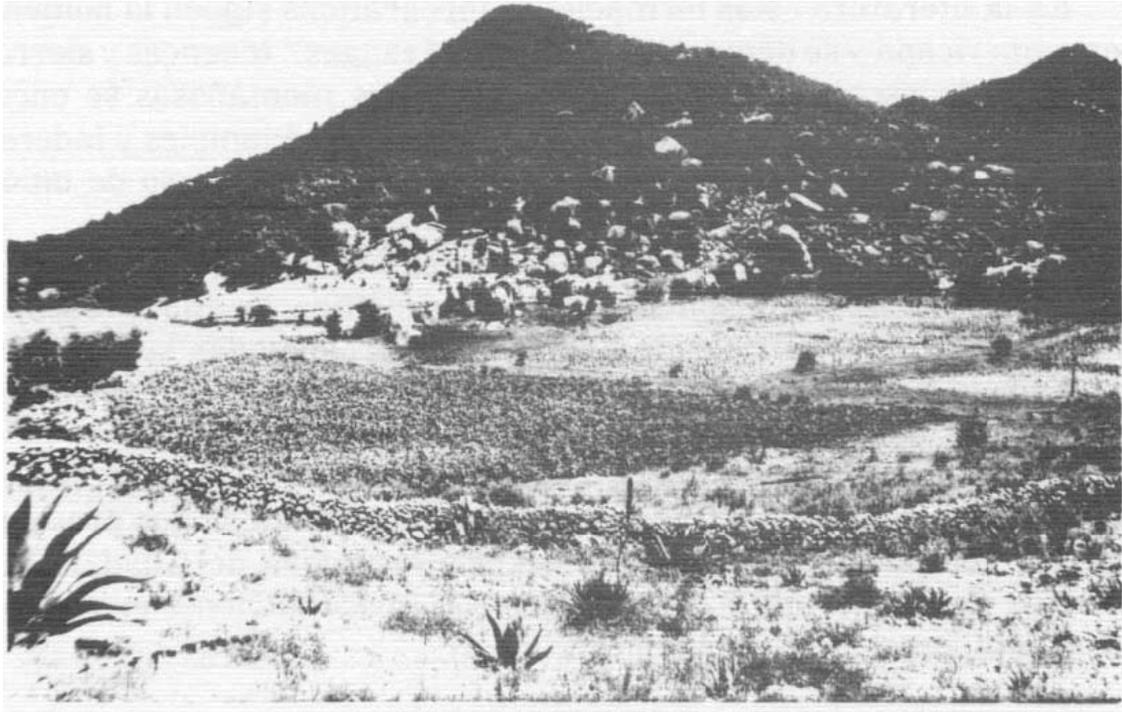
Al abandonar la localidad conocida como Charco Blanco, S.L.P., la Carretera Panamericana prosigue en una planicie de aproximadamente 1,500 metros de altura sobre el nivel del mar, continuando en una altiplanicie de 2 000 metros de altura la cual está constituida de una formación geológica distinta.

Las rocas más antiguas entre Guadalcázar y Realejo son calizas del Cretácico, las cuales se deformaron y posteriormente, durante la fase Laramide, estuvieron sujetas a levantamientos. En este macizo de calizas se introdujo entre el Cretácico Tardío y Terciario Temprano un macizo de aproximadamente 5 kilómetros cuadrados de superficie, e integrado por granito porfídico.

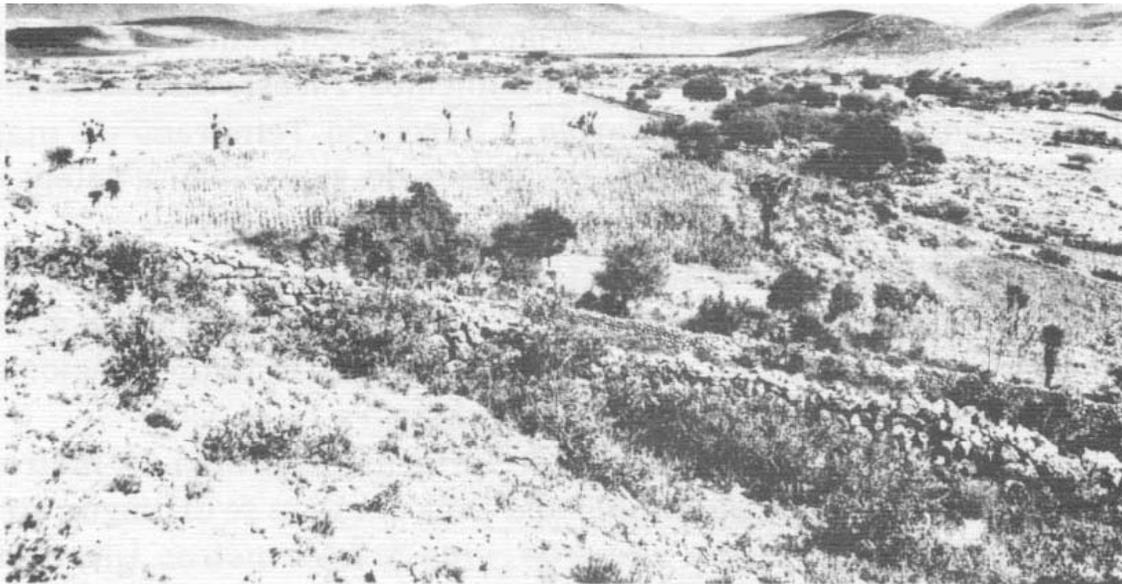
Durante los comienzos del Cretácico deben haberse formado calizas con yeso. Geomorfológicamente, se trata de un altiplano dividido en dos niveles diferentes; en ellos la situación cárstica está por lo tanto relacionada con formaciones de distinta índole litológica. (Figura 1 y 1a ).

El gran polje\* se coloca a una altura de aproximadamente 1,700 metros sobre Guadalcázar y Abrego, La complicada zona cárstica se distingue alrededor del pueblo de Realejo y a una altura de cerca de 2,000 metros, Una parte de la planicie cárstica se encuentra cubierta por enormes moles de granito, las cuales provienen del macizo cercano que tiene unos 2,250 metros de altura, habiendo sido arrastradas por diferentes arroyos y ríos hasta el polje de Guadalcázar. Se pueden distinguir tres formas diferentes del cono de deyección; dos en el polje de Guadalcázar y uno menos importante en el de Realejo.

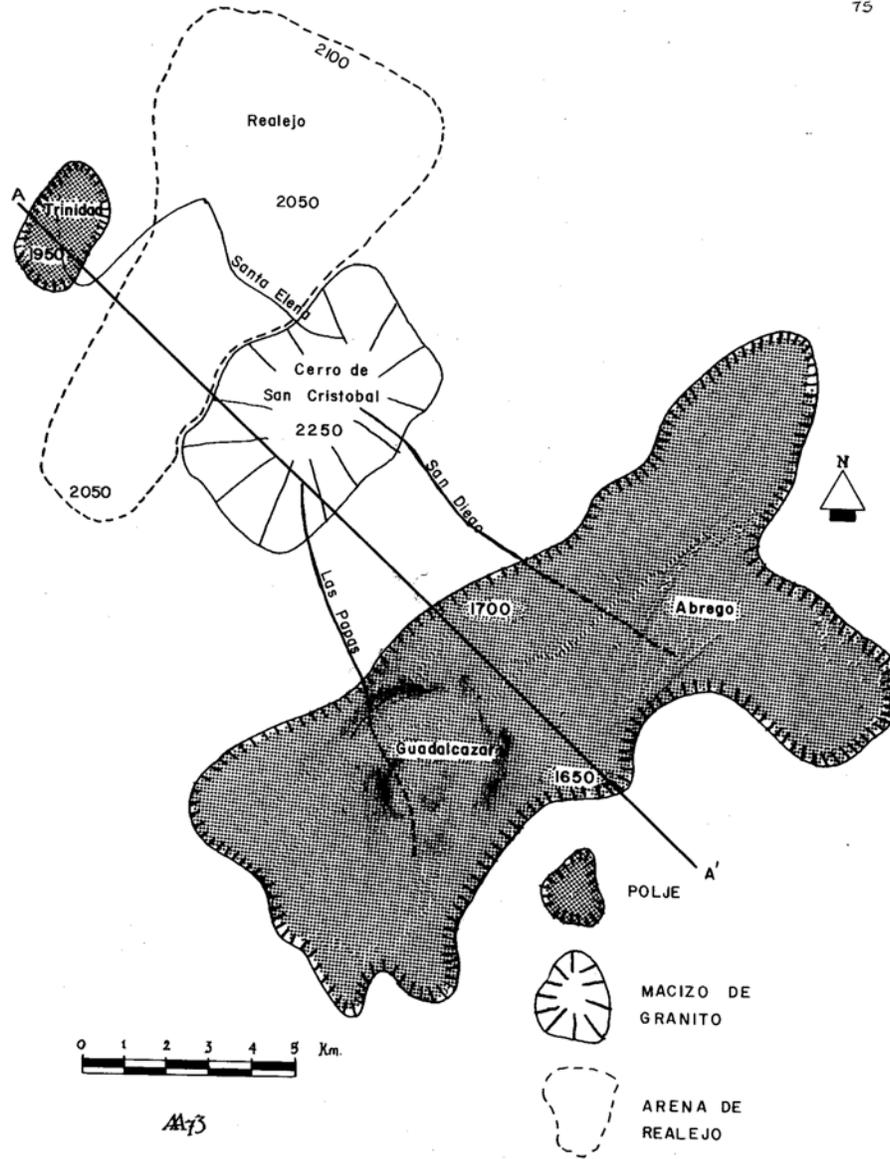
\* Es un término croata indicando cierto tipo de depresiones.



Rocas de granito en la pendiente norte del macizo de granito, delante de él un polje.

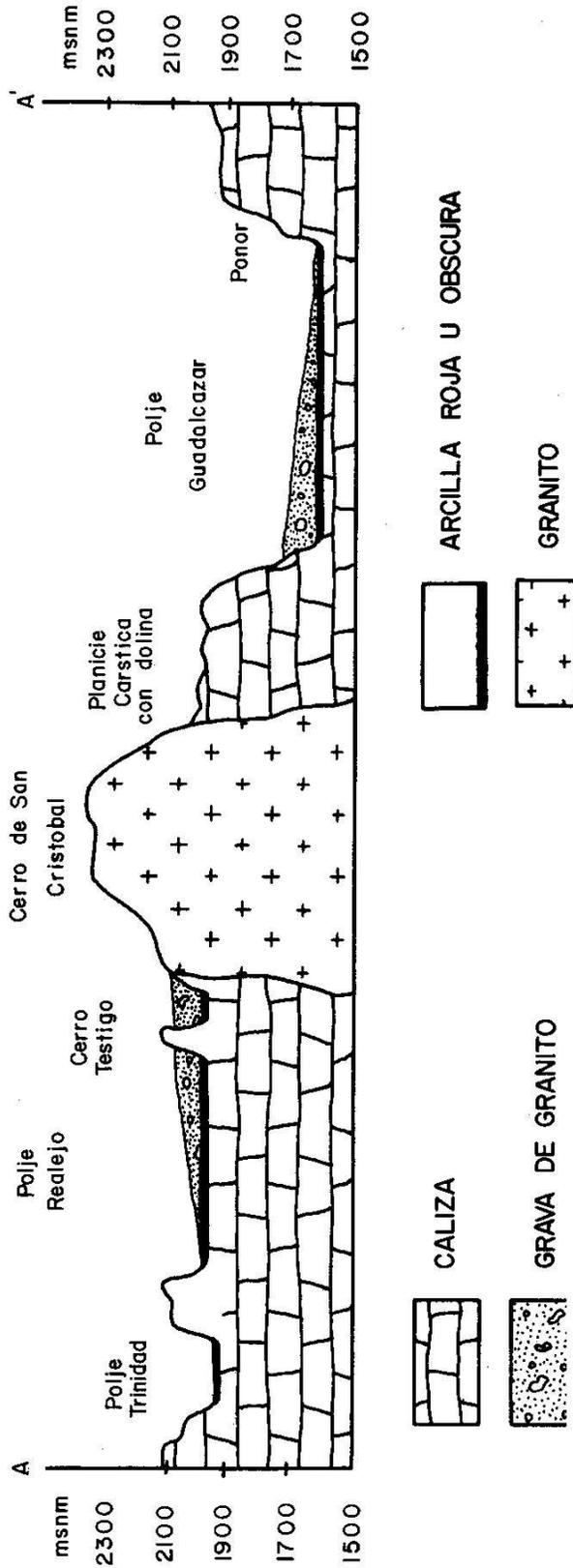


Una parte del polje de Guadalcázar y Abrego.



Croquis de las zonas geomorfológicas de Realejo y Guadalcázar.

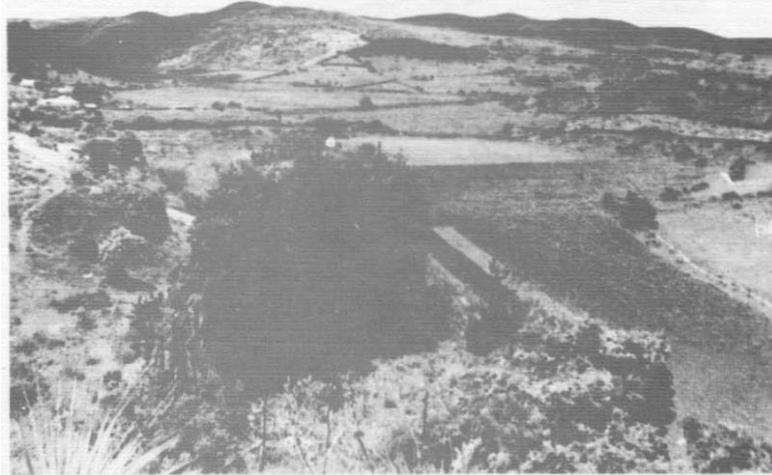
**SECCION A-A'**



Sección esquemática geológica AA' entre Realejo y Guadalcázar.

DIVISION DE LA ZONA SEGÚN REGIONES GEOMORFOLOGICAS

En virtud de que la zona alrededor de Realejo está caracterizada por la existencia de formas y unidades definidas, se expresará a continuación un bosquejo acerca de las formas más importantes de dicha zona desde el punto de vista morfológico( (Figura 2 y 3)



Formaciones típicas cársticas de Realejo: poljes, dolinas, cuevas, lomas aisladas.

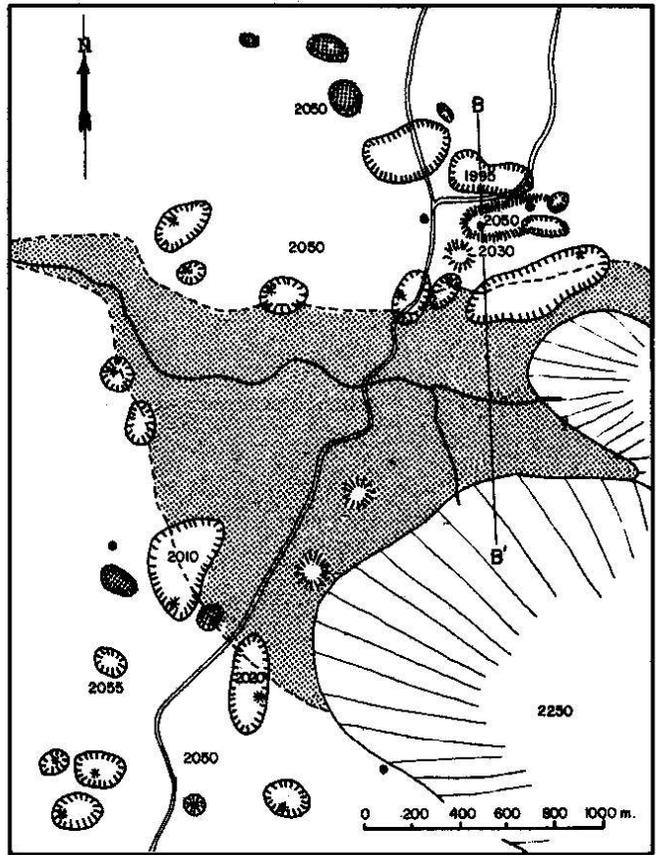
a) Planicies en diferentes niveles.

Debido a la gran cantidad de formaciones cársticas huecas y a los cortes recientes, se hace posible la reconstrucción de algunos niveles de planicies anteriores, cuyo desarrollo morfológico es posible observar. El testigo más antiguo en el desarrollo de la zona es una planicie cuya altura tiene aproximadamente 2.150 metros sobre el nivel del mar, con bordes de formaciones calizas. La cubre un manto de terra rossa que conserva algunos restos de grava. De esa superficie sobresalen diversas lomas aisladas, así como macizos de granito y prominencias constituidas por calizas; que estos sean remanentes y superficies reliquias no puede afirmarse, ya que no se encontraron suficientes evidencias. La cubierta delgada de materiales de acarreo una altura de 2,150 metros demuestra que existió erosión proveniente de masas graníticas.

Una planicie que forma un segundo nivel puede investigarse aún alrededor de cerca de 2,050 metros sobre el nivel del mar. Muestra una capa gruesa de terra rossa, y al mismo nivel pertenecen diversas montañas formadas por calizas, las que presentan algunos remanentes aislados que se localizan entre las diversas formas cársticas huecas.

b) La formación cárstica

La casi totalidad de la formación cárstica, (véase figura No. 2), se encuentra aparentemente al occidente y al sur del Cerro de San Cristóbal, al con



Formas carstomorfológicas de la zona alrededor de Realejo.  
 Sección esquemática geológica BB', cerca de Realejo mostrando diversas formas carstológicas.

trario de lo que sucede en el sistema de cuencas y montañas.

1.- Las pendientes de las rocas que están provistas de una gran cantidad de huecos, muestran destrucción intensa de formas cársticas.

2.- Las dolinas<sup>1</sup> se presentan en diversos tamaños y alturas y ocurren junto a agrupamientos pequeños de oquedades de disolución en los respaldos de las calizas en las cuales se pueden apreciar los efectos de los procesos de corrosión; también existen dolinas originadas mediante el acceso de flujos de agua subterránea, las cuales pueden sucumbir cuando el volumen bajo la superficie es tan grande que la cubierta se debilita y se rompe, Dichos huecos o volúmenes pueden ser profundos llegando a 30 o 35 metros bajo la superficie, teniendo las paredes laterales separaciones de diámetros de aproximadamente 50 metros. Deben ser relativamente jóvenes, puesto que sus paredes casi verticales presentan huellas muy pequeñas de carstisización. La altura a partir de su orilla tiene entre 2,040 y 2,050 metros sobre el nivel-del mar, estando relacionada con la planicie antes mencionada.

Las dolinas de grandes volúmenes, someras (es decir, de poca altura), son originadas por solución auténtica. Se han formado en un número grande de veces, en horizontes cársticos y a diferencia de los poljes poseen pendientes suaves.

3.- También los poljes han adquirido diferentes tamaños y formas. Tienen origen junto a las orillas inclinadas acusándose por los ponores<sup>2</sup> verticales, así como por las paredes inclinadas. Existen materiales residuales de colores obscuro o rojo depositados en los pisos de dichas oquedades, los cuales pueden adquirir varios metros de espesor. En la parte que ha sido objeto de corrosión, se amplía el piso del polje, orientándose hacia el ponor. En la región de Realejo se han desarrollado junto a un grupo de poljes pequeños, dos de tamaño apreciable denominados el polje de Trinidad y el hoy destruido, el gran polje, al sur de Realejo (Figura 1a).

4.- Cuevas. Se han podido distinguir cuevas destruidas junto a un grupo de pequeñas oquedades que se conocen como ponores. En la zona cercana a Realejo existen por lo menos 5 Cuevas pequeñas, cuyas entradas están cubiertas de vegetación. En dicho lugar se originan planicies, las cuales pueden trabajar como ponores para poljes pequeños. Todas las cuevas presentan una formación cárstica amplia con estalactitas, estalagmitas y sinter. Poseen diversos ramales subterráneos los cuales por lo general tienen derrumbes a lo largo de algunos metros. Por lo que es posible estimar el hueco total acequible de la cueva. Todas estas cuevas son formaciones fósiles y actualmente no integran un desarrollo o crecimiento sino que muestran signos de destrucción. Probablemente se formaron cuando la zona total de la superficie del nivel 2,050 metros sobre el nivel del mar, sufrió un ajuste sirviendo como ramales subterráneos de desagüe, tal y como puede reconocerse en algunos restos de ríos. Con esto se significa que dichos ríos constituyeron un estado superior (o elevado) de erosión (Figura 2).

<sup>1</sup> Las dolinas son depresiones redondas de diámetro y profundidad muy variables, en forma de plato, embudo o pozo comunicados por abajo con cavidades ciegas o con drenaje subterráneo.

<sup>2</sup> Ponor se refiere a sumideros conectados con drenajes subterráneos, con abertura generalmente muy pequeña.



Polje con orilla inclinada y ponor vertical, en el fondo de una dolina de introducción.

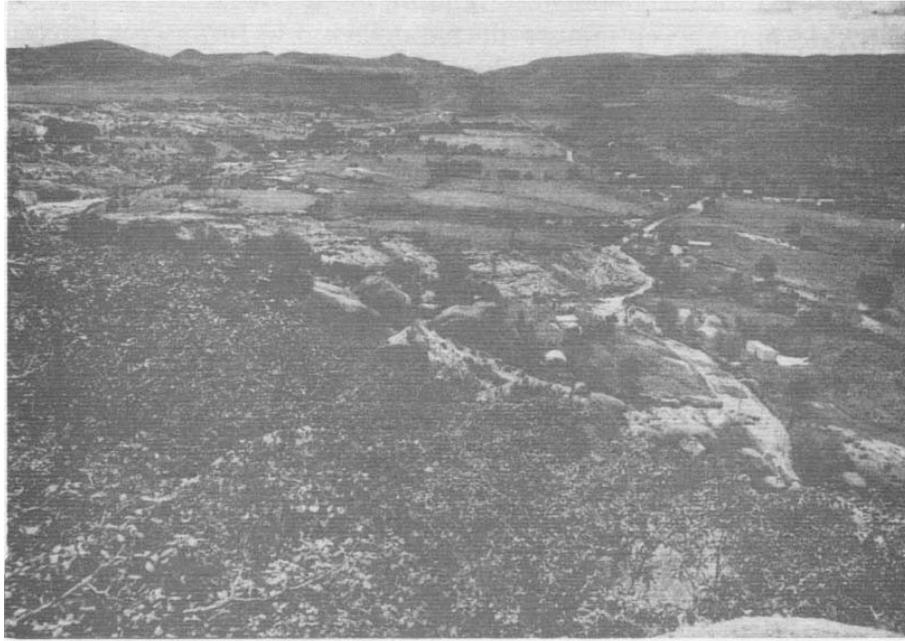
5).-Macizo de granito (material flotante de rocas incluyendo superficies con gravas).

A una altura de aproximadamente 2.050 metros sobre el nivel del mar, la superficie cárstica bordeada por un macizo granítico. La parte anterior de la superficie está constituida por un cerro testigo morfológico de pendientes inclinadas, cubierto por material flotante compuesto de fragmentos de rocas graníticas. En la zona de Realejo el pie del macizo de granito forma una gruesa capa de grava de la misma composición. La grava flotante cubre zonas de la planicie cárstica incluyendo una parte de lo que anteriormente fue un gran polje.

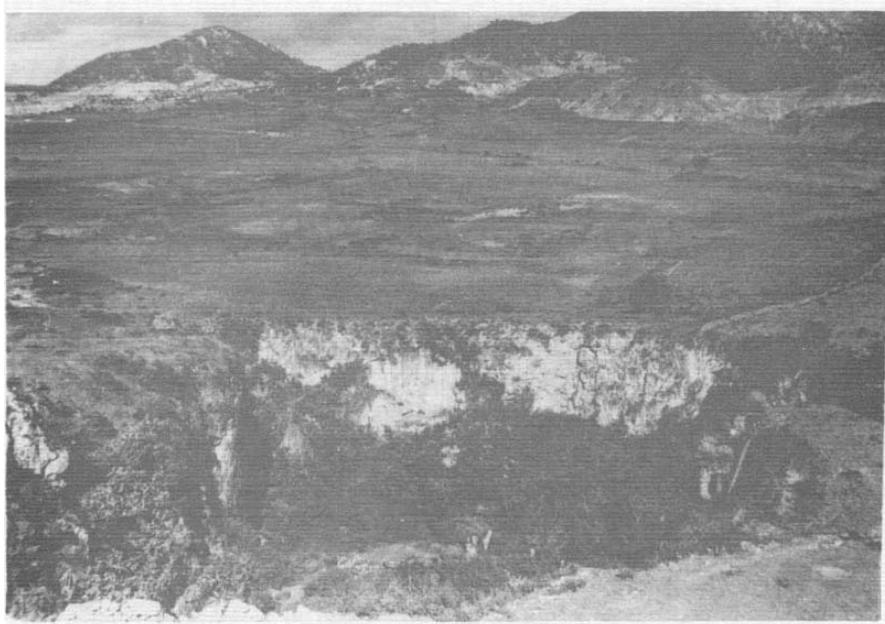
En la pendiente norte del macizo se observa que las rocas graníticas dan lugar al material flotante, lo que señala que allí ha desaparecido la grava; ello significa que el material de la pendiente inclinada resbaló y se apiló al pie del macizo, constituyendo un conjunto aglomerado de fragmentos. Algunos fragmentos son hasta de 20 metros de diámetro y tienen sus aristas redondeadas. Señaladamente diferente es la superficie integrada por planicies amplias con gravas flotantes. En la pendiente norte dichas gravas están separadas del macizo de granito por un tramo aproximadamente de 200 metros, extendiéndose en la pendiente este, hasta por un kilómetro. Dichas planicies se encuentran cubiertas por material flotante hasta en capas de 10 metros de espesor de gravas, en zonas que constituyeron un gran polje. Actualmente la grava parcialmente se vacía por una barranca.

Las formaciones calizas cerca de Guadalcázar son completamente diferentes. Aquí se encuentra un polje de gran tamaño cerrado por todos lados y rodeado por empinadas montañas de calizas, a 1,700 metros de altura. Contrariamente a lo que sucede en Realejo, faltan dolinas, cuevas u otras formaciones huecas. En la orilla sur se encontró únicamente una fosa de sumersión. A pesar de que el polje está alejado 4 kilómetros del macizo de

Granito, posee una cubierta de grava en forma de cono aluvial de deyección, llegando casi hasta el lado contrario de aquel. Se localizan algunos ponores que han separado o segregado una capa de la parte de la grava. La planicie flotante, originalmente, no abarcó la totalidad del polje, sino que se extendió por encima del piso de éste. Ello se puede apreciar muy bien en el suelo localizado al sur del polje, donde se convierte la grava en terra rossa.



Cortes recientes de la planicie flotante de grava.



Planicie de grava flotante que cubre partes de un polje. en la inclinación una gran dolina de introducción.

Con miras a encontrar un origen de formas presentadas, se piensa que juega un papel importante considerar la pregunta en relación hacia los pasos morfológicos que sucedieron. Para contestar esta pregunta se investigaron los hechos que dieron lugar a la desaparición tanto en las pendientes como en otras superficies y sobre las formaciones de los suelos. Asimismo, se investigaron los fenómenos recientes de erosión de tipo cárstico.

Las formaciones indicadas en las zonas mencionadas no pueden formarse merced a procesos en condiciones igualmente teóricas. Las precipitaciones pluviales de junio a septiembre dieron origen a la formación de valles en forma de V en las laderas. Por falta de lluvia las laderas de las formaciones calizas durante la sequía están casi sin vegetación; durante esta época se forman rendijas que se van ampliando año con año. Donde hay declives en las planicies se pueden formar barrancas en forma de caja. La precipitación pluvial da origen a hendiduras más avanzadas en las superficies por material suelto en relación a las capas de grava, las cuales originan formaciones lineales. En primer término se acarrea el material fino y se conducen con la grava de granito a la planicie; el material grande obviamente permanece en su lugar. La razón de estos contrastes tan marcados la constituye el prolongado periodo de sequía. Durante esta época se agrieta el suelo de tal manera que facilita la posibilidad del corte durante la época de lluvias. También las capas de terra rosa se rompen más y más.

La formación de suelos reducidos a fragmentos de calizas se diferencian marcadamente de la formación fósil de terra rossa. En la actualidad procede la formación de arcillas incluyendo cantidades subordinadas de fragmentos calcáreos y que van en color desde el café oscuro hasta el negro, los cuales tienen relación con las condiciones climatológicas cuaternarias, diferentes en textura y color de las arcillas rojas.

Un ejemplo claro de los diversos desarrollos de suelo puede encontrarse en Realejo. Una planicie hecha de material de caliza tiene en la superficie un metro de arcilla roja y de 10 a 15 centímetros de arcillas oscuras. Se trata de restos de disolución de una montaña cercana formada de caliza y que se constituyó en planicie por efectos de erosión.

También la formación de capas calcáreas constituye un proceso reciente, obedece a una alteración de larga sequía con condensación de agua llevando carbonatos en disolución. Un indicio mayor de proceso cárstico es indicado por medio de los análisis del agua.

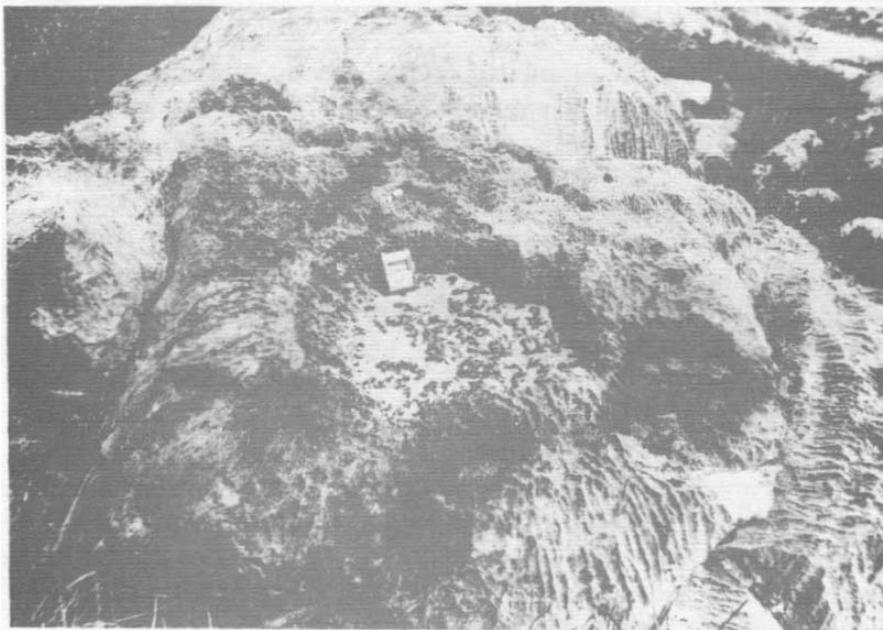
#### CONSIDERACIONES GENERALES ACERCA DE LAS FORMACIONES CARSTICAS

Para dar cuenta de las formas calcáreas remanentes que se deben a la disolución se investigaron todas las manifestaciones de agua entre Realejo y Abrego por medio de la dureza a base de carbonatos. Para agua de pozo los valores promedio de dureza\* (que se usan en Alemania) fueron entre 5° y 9°; en los escurrideros de las barrancas, después de aguaceros torrenciales. Entre 4° y 6°, y para agua en cavernas subterráneas el valor está entre 5° y 10°. En virtud de que en todos los casos las durezas totales de los carbonatos eran iguales, se ve que no refleja importancia alguna la desaparición de sales y yeso en la formación cárstica. Estos valores calculados no son suficientes de manera alguna para dar cuenta de las formas cársticas expuestas. En estas últimas tiene que ver de una manera muy importante el CO<sub>2</sub> en solución con el

\* =18 mg CaCO<sub>3</sub> por litro o 24.3 mg CaSO<sub>4</sub> por litro

agua. Debido a que en el aire el contenido de  $\text{CO}_2$ , es únicamente de 0.03 por ciento en el suelo existe una cantidad cien veces mayor, se procedió a llevar a cabo en diferentes partes la medición del  $\text{CO}_2$ . Que el proceso que interviene en la formación bajo la superficie del suelo es más intenso por virtud del mayor contenido del  $\text{CO}_2$ , se señala el siguiente ejemplo; en un bloque de caliza que forma la superficie del suelo se encontraron cavernosidades con inclinación  $8^\circ$ . La excavación no solamente indicó que éstas se localizan bajo la superficie sino que debido a la cantidad de  $\text{CO}_2$ , presentan una inclinación doble. Debido a que el proceso de la formación cárstica bajo la superficie es más acelerado puede explicarse la formación de las otras formaciones cársticas.

El contenido de  $\text{CO}_2$ , en el suelo depende de dos condiciones, la temperatura y su composición química, así como de las características biológicas. En las zonas cálidas y húmedas la velocidad de corrosión de la caliza es mayor que en zonas secas. La cantidad de  $\text{CO}_2$  en el medio ambiente es mayor que en las zonas secas. La difusión del  $\text{CO}_2$  en el material solvente es mayor en los suelos con manifestaciones biológicas, sobre todo los llenos de raíces cercanos a la caliza. Es así que también se encontró una mayor superficie expuesta en las cercanías del suelo de los poljes. El agua de lluvia arrastra poco carbonato de las paredes inclinadas. Pero en el suelo tiene lugar una mezcla por virtud de la precipitación y también sucede una difusión de  $\text{CO}_2$  en la solución, que ahora se torna fuertemente disolvente, amplificando con esto la orilla del polje por medio de la solución. El corte atacado



Las pendientes de rocas calizas están provistas de gran cantidad de huecos

en las laderas se encontró principalmente hacia el lado del ponor, por virtud de que todos los suelos del polje inclinados hacia el ponor en su parte más larga

La cantidad de *ca*, medida en suelos de los trópicos sobrepasa al 2 por ciento. Las diversas mediciones tomadas en la zona del polje de Guadalcázar

y Realejo fluctúan entre 0.3 y 1.1 por ciento. Estos valores relativamente pequeños que se presentan durante la época de lluvia, entre 30 y 40 centímetros de profundidad del suelo, están acordes con las condiciones del clima y no son suficientes para indicar una intensidad de carstización como la que se observó en el campo. La formación de terra rossa, así como la disolución en forma de esponja de las rocas calcáreas requiere por lo menos un clima subtropical; estas formas por lo tanto deben considerarse como fósiles. En todos los poljes en los cuales ha tenido lugar una ampliación lateral de los suelos sobre la capa de grava, se encuentran actualmente suelos oscuros y de arcillas que se debieron formar en las épocas pluviales del Pleistoceno. En ninguna parte pudo encontrarse que durante el Pleistoceno se formaran arcillas rojas. Todas las observaciones y las medidas de campo (las investigaciones de laboratorio y de los perfiles de suelo se llevaron primeramente a cabo en Alemania) llevan la conclusión de que en la zona investigada, las formas cársticas encontradas son formaciones fósiles, las cuales se desarrollaron durante otros tiempos en condiciones climatológicas diferentes,

En el polje de Guadalcazar se pudo observar que los arroyos que dan origen a las partes bajas, terminan aproximadamente 50 metros antes de la pared actual del polje. Debe aclararse que esta terminación rápida de los valles secos obedece a que durante el tiempo de formación de la capa de grava se encontraba en este lugar el pendor del polje. En estos poljes se observan los siguientes suelos en dirección del pendor; cubiertas de grava, casi siempre restos de terra rossa y arcillas oscuras recientes.

#### RESUMEN Y ORIGEN DE LA FORMACION CARSTICA

1.- La formación de planicies tuvo lugar a diferentes niveles con prominencias o cerros testigos y terra rossa, con una capa delgada de grava.

2.- Los levantamientos de las planicies. (o de dicha planicies a diferentes niveles) dieron lugar a la formación de poljes, los cuales fueron cubiertos a posteriori con terra rossa en diferentes superficies de nivel.

3.-Deformación tectónica de la zona de Realejo. Desapareció la grava proveniente de material granítico, así como la capa de terra rossa. Con ello se dio origen al cubrimiento de los poljes, por medio de conos de deyección constituidos primordialmente por grava, así como a la formación de abundante material flotante, constituido por rocas graníticas.

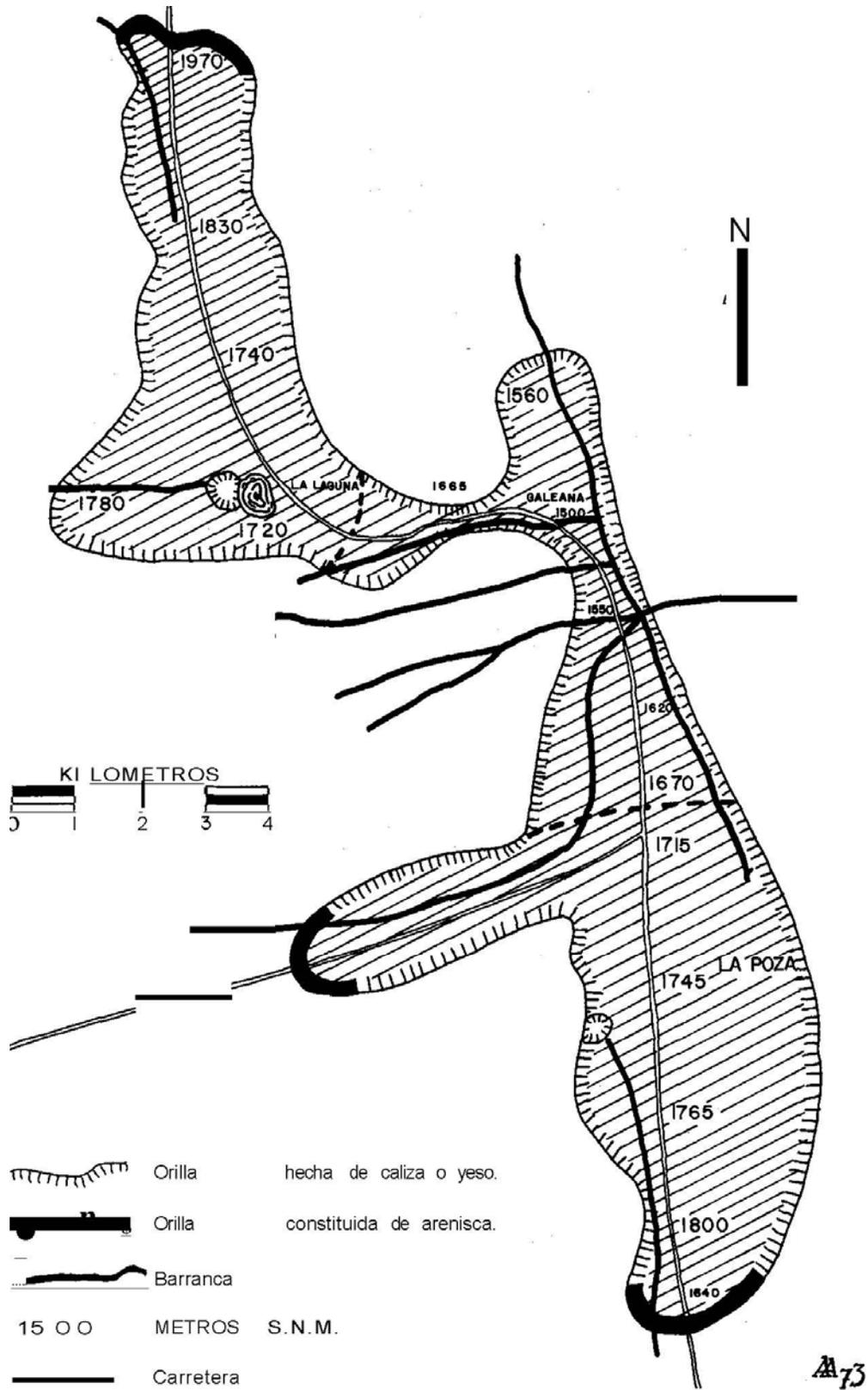
#### LA CUENCA DE GALEANA

Esta cuenca es también una zona cárstica, pero con diferentes formas. Geológicamente se presenta un cambio, constituido por capas de yeso y caliza, las cuales forman la orilla de la cuenca misma. Los límites del norte, sur y este de la planicie están constituidos por areniscas (insoluble), que ocurren dentro de la formación del yeso. (Figura 3)

Morfológicamente la zona alrededor de Galeana puede dividirse en cuatro secciones, que se distinguen por su tamaño, origen y altura:

- 1.- La planicie de La Poza. en el sur.
- 2.- Una superficie topográficamente homogénea hacia el norte.
- 3.- La vertiente de Galeana en el centro.
- 4.- La planicie de La Laguna en el norte.

En tanto que las planicies del sur y norte se ubican a cerca de 1.750 metros sobre el nivel del mar, presentando caídas suaves hacia Galeana se da



Croquis de la Cuenca de Galeana.

origen, conectada a La Poza, a una planicie con superficies de 1,620 por 1,500 metros cuadrados a la cual se conecta la vertiente del Galeana a lo largo de unos 1.500 metros.

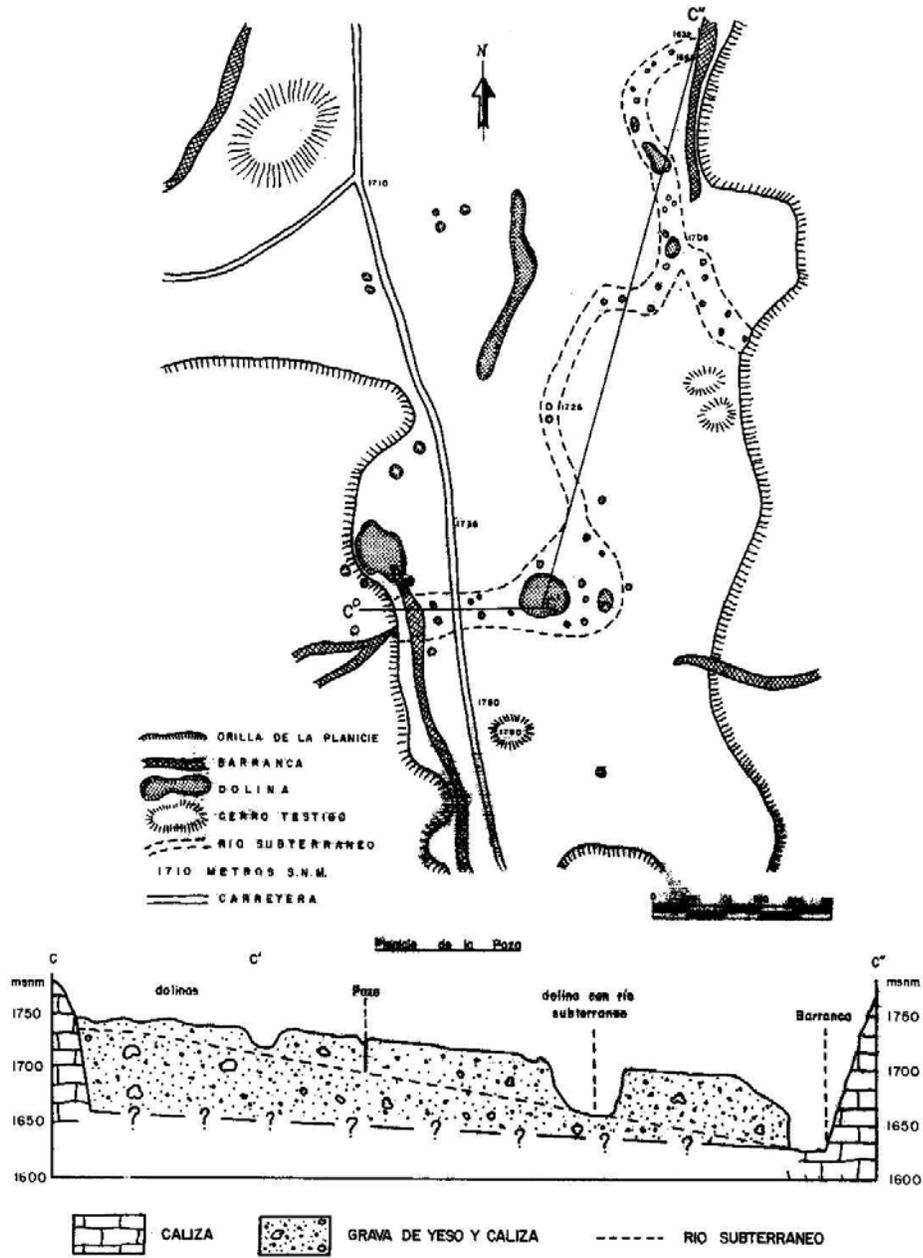


La cuenca de Galeana.

La cuenca de Galeana en general poseé una forma complicada cuya morfología depende en mucho de la naturaleza de las capas geológicas. Existen capas potentes hasta de 1,000 metros de espesor de yeso, junto a depósitos salinos de diferente naturaleza y que adquieren la forma de tallo de árbol. El material arrancado a estas sales con las lluvias incluyendo al yeso da lugar a un modelado morfológico determinado, Contrariamente a las que se conocen actualmente como poljes de Guadalcázar y Realejo, cuyas formas se modelaron exclusivamente en calizas, se presentan también en la cuenca de Galeana variantes cársticas en yeso. Para la disolución de este material, no cuenta la presencia del  $\text{CO}_2$ . De esta manera puede disolverse aproximadamente el yeso en agua con carbonato de calcio en una proporción de 10:1.

Otra diferencia con las zonas cársticas de Guadalcázar y Realejo, las cuales se diferencian exclusivamente en el subsuelo, es que en Galeana existe un desagüe superficial que adquiere la forma de barrancas profundas. Estas se inclinan con fuerte pendiente en la parte más honda de la vertiente de Galeana y abandonan la cuenca de los 1,470 metros, que en si parece que está cerrada. A pesar de que las capas solubles tienen influencia en las formas morfológicas actuales, la cuenca de Galeana no es de introducción, sino de una forma hueca por virtud de la solución del yeso, y de la caliza.

Esto último se deja notar fácilmente, ya que algunas partes de los límites de la cuenca están formados por rocas hechas de material insoluble, las cuales impidieron una mayor ampliación de la cuenca. Las márgenes restantes están formadas de capas de yeso y caliza abundando en más proporción los yesos hacia el sur.



Mapa morfológico de la planicie de La Poza.

Sección CC' esquemática geológica en la planicie de la Poza.

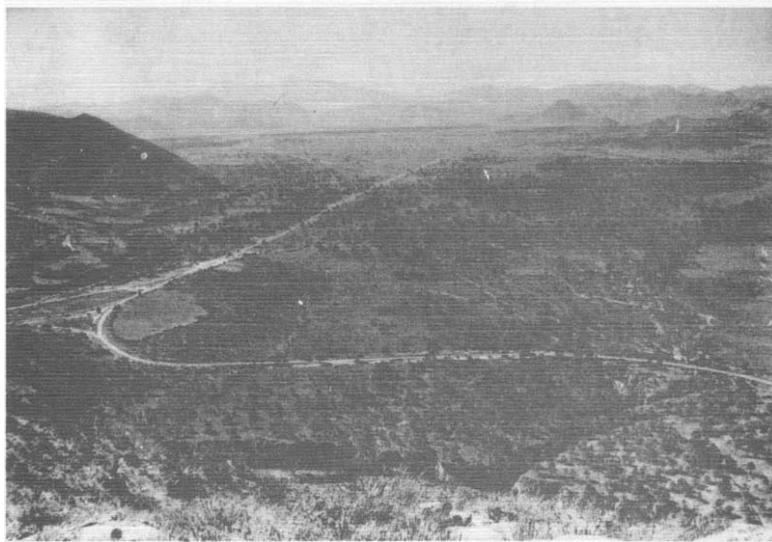
### LA PLANICIE DE LA POZA

El ejemplo que se toma en consideración con la planicie de La Poza debe señalarse por el desarrollo de su morfología cárstica. La planicie está formada de una superficie de 16 kilómetros cuadrados cuyo eje se orienta de sur a norte. Aproximadamente en el cruce de la carretera que va a la Ciudad de México tiene lugar el paso propiamente dicho de la planicie que cae hacia el norte.

Se caracteriza esta estructura morfológica por su constitución marginal de yeso el cual incluye de 50 a 100 metros de caliza. El cambio de las rocas es efectivo en virtud de las diferentes durezas de ambas expresiones litológicas morfológicas. Las pendientes de yeso están generalmente rodeadas por una cobertura amplia de residuos o detritus, en tanto que la caliza forma pendientes inclinadas.

En la planicie de La Poza (véase figura 4) aparecen sumersiones cónicas distribuidas más o menos irregularmente sobre la totalidad de la superficie. Las oquedades más resistentes poseen paredes verticales, de profundidades de 20 a 25 metros, pudiendo mostrar la secuela de su crecimiento. En cambio, las paredes de las formas cónicas que ocurren en el norte están formadas por grava, cuyos constituyentes lo integran el yeso o la caliza. En las más hacia el sur, y aproximadamente a 2 metros bajo la superficie, se presenta un cambio en la naturaleza de las capas formadas por guijarros y gravas.

Pueden distinguirse hasta 4 diferentes paquetes de 10 a 30 centímetros, cuyas sucesiones pueden observarse en diferentes dolinas. Dos cuerpos pueden diferenciarse en lo que se refiere a la distribución de las dolinas de rompimiento:



La planicie la Poza

a) En las proximidades de las márgenes formadas por yeso. Las dolinas están limitadas en su mayor parte hacia el borde oriental debido al flujo motivado por las precipitaciones de la altiplanicie anexa; y como en este borde dichas aguas se percolan por vez primera en contacto con el yeso, se forman grandes huecos que llevan rápidamente a una sumersión.

b) Dolinas formadas más o menos linealmente dentro de la planicie. Una gran cantidad de dolinas de sumersión se presentan en el borde oriental de la planicie, orientándose aproximadamente este-oeste. En esa amplia faja se cartografiaron más de 20 sumersiones. Hacia la mitad de la superficie la cadena de sumersiones cambia de rumbo en ángulo recto, y hacia el norte. Las dolinas en esta parte tienen una profundidad que no excede de los cinco metros, pero poseen nuevas sumersiones en la orilla. Con motivo de la disolución del yeso se presenta una prominencia hasta las cercanías de La Poza, a donde desemboca otra cadena de sumersiones en dirección suroeste.

En la mayor sumersión de La Poza existe un riachuelo a una profundidad de 25 metros. Proviene del sur, y sigue subterráneamente hacia el norte. A lo largo de este riachuelo se encuentran mayores sumersiones. Es probable que el desagüe de la planicie de La Poza se lleve a cabo por medio de un río subterráneo, el cual dio origen a una serie de sumersiones en forma lineal. El río subterráneo de hecho ha podido reconocerse en otra parte. En las cercanías de las sumersiones aisladas, aproximadamente a 1 kilómetro al sur de La Poza, se encontró una dolina de sumersión la cual fue construida para horadar un pozo. De este pozo se tomó una muestra de agua a una profundidad de 32 metros. Aproximadamente en el lugar donde la planicie de la Poza pasa a la planicie nórdica, se forma, debido a los diferentes tipos de rocas en la orilla oeste, una barranca; a pesar de las fuertes precipitaciones no lleva agua. Aproximadamente a 1 kilómetro aparece en el suelo lateral de la barranca un arroyo. Se trata del desemboque del río subterráneo de La Poza.

Hacia el norte no aparecen ya en la planicie mayores sumersiones. De la cadena de pozos de sumersión se han tomado muestras de agua, así como de las localidades en donde brota; los análisis indican que existe un río conectado subterráneamente. Todas las pruebas de agua indican el mismo valor del pH de 7.2; la dureza total es de 90° en la escala de dureza alemana, siendo la dureza de los carbonatos de 11°. Estos valores indican que existe agua conteniendo yeso. (Figure 4)

La planicie casi horizontal de La Poza se inclina aproximadamente 5° hacia el norte a partir del cruce cercano con la carretera hacia la Ciudad de México; continúa permaneciendo su carácter de superficie plana. Por virtud de la inclinación y de la diferencia de alturas se formaron en la superficie dos barrancas; ellas dan cuenta de que la planicie está constituida del mismo material que integra a la planicie de La Poza, o sea yeso, calizas y grava. Por lo tanto, su prolongación tiene que continuar al norte. En virtud de que no hay diferencia litológica, ni un escalón en la zona flexionada, es claro que la inclinación por sí no originó diferencias morfológicas. Debido a esto la persistente inclinación de la superficie pudo haber sido producida únicamente por factores geológicos.

En la orilla oeste una barranca profunda muestra la presencia de caliza hasta una profundidad de 20 metros. Los límites de la planicie están formados exclusivamente por rocas calizas y no aparecen las capas de yeso como sucede dentro de la vertiente del Galeana. Las capas de yeso pueden dar origen a zonas profundas por virtud de su lixiviación diferencial. Dicho rompimiento en las capas de yeso se produjo después de la formación de la planicie, tal como lo indica la inclinación de la superficie. Mayores detalles sobre este tema podrán darse cuando se lleven a cabo varias perforaciones.

La planicie más profunda dentro de la vertiente del Galeana es la vertiente anexa a una altura de aproximadamente 1,500 metros sobre el nivel del mar. Aquí se encontraron las diferentes barrancas que abandonan la cuenca de Galeana a la cota aproximada de 1,470 metros sobre el nivel del mar.

#### PLANICIE DE LA LAGUNA

Un origen y formación semejantes posee la Laguna, por lo que no es necesario entrar en detalle. Existen algunas diferencias, las cuales consisten en que las orillas de la planicie constan de cadenas de caliza, apareciendo el yeso únicamente en el sur de la cuenca y en la orilla de la planicie en forma de pedimentos e islotes. Dentro de la línea de desarrollo no existe una planicie de carstización tan desarrollada como la de La Poza.

Los mejores accesos en el centro de la vertiente y en la orilla se encuentra hacia el sur y sureste, siempre junto al contacto geológico yeso-caliza. Únicamente en esta zona se localizan diversas sumersiones,

Dentro de la planicie se encontraron el yeso y la grava muy consolidadas y duras. Tal como lo indican las sumersiones, en esta zona también han cubierto las capas de material rodado, tardíamente, algunas islas o prominencias montañosas, de tal manera que han dado origen a la formación de parteaguas de la superficie de la planicie. Parece también que la planicie de La Laguna fue anteriormente un polje conectado con la zona de desagüe durante el Pleistoceno. Esto queda indicado por el rompimiento en forma de escalones en la barranca en la salida hacia Galeana. Dicha salida posee la misma altura de 1,662 metros coincidiendo la máxima altura con el parteaguas de la planicie. La Laguna es una olla enorme de rompimiento, con agua en el fondo, que sirve como colector para los desagües subterráneos. Su nivel de agua está aproximadamente 50 metros bajo la superficie de la orilla sur, A este rompimiento profundo siguió una sumersión o abatimiento del nivel del agua subterránea el cual originó un desarrollo fuerte de yeso en esta zona. Por virtud de la evaporación la Laguna no posee un desagüe y exhibe una dureza de 120°. Por tal motivo existe una saturación de yeso en el agua.

#### DATOS CONJUNTOS REFERENTES A LA HISTORIA DEL DESARROLLO DE LA CUENCA DEL GALEANA

1.- Por virtud de la geología favorable se propició en la zona de Galeana el desarrollo de planicies amplias de carstización. Dicha formación de planicies fue de hecho favorecida por las dislocaciones tectónicas y la lixiviación de sales,

2.- Primeramente se formaron dos poljes en calizas, el de La Laguna y el de La Poza. Debido a las dislocaciones de capas geológicas en La Poza —donde han ocurrido levantamientos de las capas de yeso— se efectuó tal lixiviación de la planicie, constituida por dicho material, que se formó un polje original de carstación.

3.- La lixiviación de la sal o bien las sumersiones tectónicas influyeron en una inclinación de la parte norte de la planicie de La Poza y en la formación de una vertiente en la de Galeana.

4.- Los relieves diferentes formados entonces trajeron como consecuencia la formación de una barranca que en la parte más profunda cortó, una sola vez, la vertiente total. La explicación respecto de una sumersión geológica en este lugar radica en que a pesar de una situación orográfica de 1,470 metros

existe la formación caliza, no obstante de que el contacto yeso-caliza entra aproximadamente a 1,750 metros.

5.-La formación morfológica más reciente incluye las acumulaciones de grava causadas probablemente por cambio de clima, el Terciario al Pleistoceno. Un indicio en el sentido de que las acumulaciones de materiales tuvieron su origen por virtud de ese cambio de clima lo constituyen las planicies de caliza carstizada que ahora se encuentran liberadas de estas gravas

6.-Las diferentes barrancas que se observan fueron labradas en tiempos cuaternarios. Los análisis de agua más importantes tomados en cinco de ellas muestran una dureza de aproximadamente 90°, lo que sugiere deben tomarse en cuenta otras inmersiones. Las numerosas dolinas que aparecieron después de las acumulaciones de materiales se formaron todavía en ese clima.

De la historia del desarrollo de las formaciones cársticas de Guadalcázar y Galeana puede señalarse que una gran parte de la formación de la Sierra Madre Oriental debe verse como fósil. Durante el Terciario existieron diferentes condiciones de clima, en relación a las actuales, habiendo podido variar desde el subtropical hasta el tropical húmedo. Este hecho implica resultados diferentes morfológicos para una buena parte de la Sierra Madre Oriental.

#### AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Ing. Diego A. Córdoba - Méndez, Director del Instituto de Geología, su interés por este estudio y toda clase de ayuda que el Instituto le brindó. Asimismo, se agradecen los valiosos consejos y orientación que proporcionó al autor, el Dr. Zoltan de Cserna.

La revisión del texto fue gentilmente hecha por el Ing. Jesús Ruiz - Elizondo quien, además, supervisó el dibujo de las ilustraciones.

A estas personas y a todas aquellas que, de una manera u otra, hicieron posible la realización de este estudio y su publicación, el autor está sinceramente agradecido.

#### OBRAS CONSULTADAS.

C. Fries Jr., y E. Schmitter. 1948. Los Placeres de Estaño de la región de Guadalcázar, Estado de San Luis Potosí., Bol. No. 17 del Consejo de Recursos Naturales no Renovables.

E. Tavera. 1960. Yacimientos de Barita en el Distrito de Galeana, Nuevo León., Bol. No. 55, del Consejo de Recursos Naturales No Renovables.