



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA**

1
2ej

ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO DE AGUASCALIENTES



FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

Tesis que presenta
Irasema Alcántara Ayala
para obtener el grado de Licenciado en Geografía

Ciudad Universitaria, D.F., junio de 1993.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

| | Página |
|--|--------|
| INTRODUCCION..... | 1 |
| CAPITULO I. MARCO GEOGRAFICO GENERAL..... | 4 |
| CAPITULO II. GEOLOGIA..... | 22 |
| CAPITULO III. MORFOMETRIA..... | 34 |
| CAPITULO IV. GEOMORFOLOGIA..... | 54 |
| APLICACIONES..... | 88 |
| CONCLUSIONES..... | 90 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 92 |

INTRODUCCION

Los antecedentes del desarrollo de la cartografía geomorfológica se remontan a los años cincuenta en Polonia, orientados a la planificación económica.

Sin embargo, con el paso de los años, el papel de la cartografía geomorfológica fue creciendo, debido, entre otras razones, al crecimiento de las ciudades y la realización de obras de ingeniería cada vez de mayor complejidad y magnitud (vías de comunicación, presas, puertos, etc.), además de la relación estrecha del relieve terrestre con los recursos naturales, el uso del suelo, la irrigación, los yacimientos minerales de placer in situ, etc.

En la actualidad los estudios de geomorfología con un carácter más científico, se ven respaldados fuertemente por la cartografía geomorfológica, que ha tenido un gran desarrollo en países europeos.

En México, la cartografía geomorfológica ha cobrado gran importancia sobre todo en los últimos años con los trabajos realizados en el Instituto de Geografía. Entre ellos se pueden mencionar: Lugo (1981) y (1985), Lugo y Córdova (1990), Lugo, Aceves y García (1990), Zamorano (1990), Palacio (1982), Vázquez (1985) y Bocco (1985).

El presente trabajo es un estudio geomorfológico general que se basa fundamentalmente en la realización de una cartografía geomorfológica del estado de Aguascalientes, y permite conocer las características del relieve de la región.

La idea de llevar a cabo un mapa geomorfológico de Aguascalientes, surgió a partir de la convocatoria para celebrar el XIII Congreso Nacional de Geografía en la capital de ese estado en mayo de 1992 , puesto que además de considerar a la geomorfología como una parte muy importante de los estudios geográficos, permitiría conocer las características del relieve de esa zona.

En el congreso se presentaron los resultados preliminares del estudio (Alcántara, 1992), mismo que se continuó para elaborar esta tesis.

Esta cartografía geomorfológica consta de cuatro mapas morfométricos y un geomorfológico general. Los primeros son: de alturas máximas, de densidad de disección, de profundidad de disección y de energía del relieve.

Todos estos mapas fueron elaborados con base en trece cartas topográficas escala 1:50 000 de CETENAL que cubren el Estado de Aguascalientes.

El trabajo consiste en cuatro capítulos: el primero se denomina Marco Geográfico y se tratan la localización y aspectos físico geográficos generales del área estudiada.

El segundo se refiere al Marco Geológico, en el cual se da un panorama de lo que hasta la fecha se conoce del tema, basado en información bibliográfica y observaciones de campo.

Morfometría es el tercer capítulo, donde se presentan los mapas morfométricos elaborados, su análisis y utilidad.

Por último, el cuarto capítulo, Geomorfología, se refiere a la elaboración y análisis del mapa geomorfológico general, considerando las grandes unidades del relieve, los procesos actuales en la zona y sus posibles aplicaciones e importancia.

Este trabajo es un primer paso en la cartografía geomorfológica del estado, pues a partir de los mapas y de la información que se presenta, es factible la elaboración de otros mapas más complejos.

MARCO GEOGRAFICO GENERAL

El estado de Aguascalientes está ubicado con aproximación, en el centro geográfico de la República Mexicana, entre los paralelos $21^{\circ}38'00''$ y $22^{\circ}23'52''$ de latitud norte y los meridianos $101^{\circ}51'15''$ y $102^{\circ}52'25''$ de longitud oeste. Tiene una extensión de 5589 Km^2 , lo que representa el 0.28% de la superficie total del país (Fig. 1).

El estado limita al oriente, sureste y sur con Jalisco; al suroeste, oeste, norte y noreste con Zacatecas. La división política consiste en nueve municipios (Fig. 2): Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San José de Gracia y Tepezalá. El mayor es Aguascalientes, con una extensión de 1726.5 Km^2 .

La ciudad de Aguascalientes es la capital del estado y en ella se concentra más de la mitad de la población estatal total, así como las industrias más importantes para el desarrollo económico.

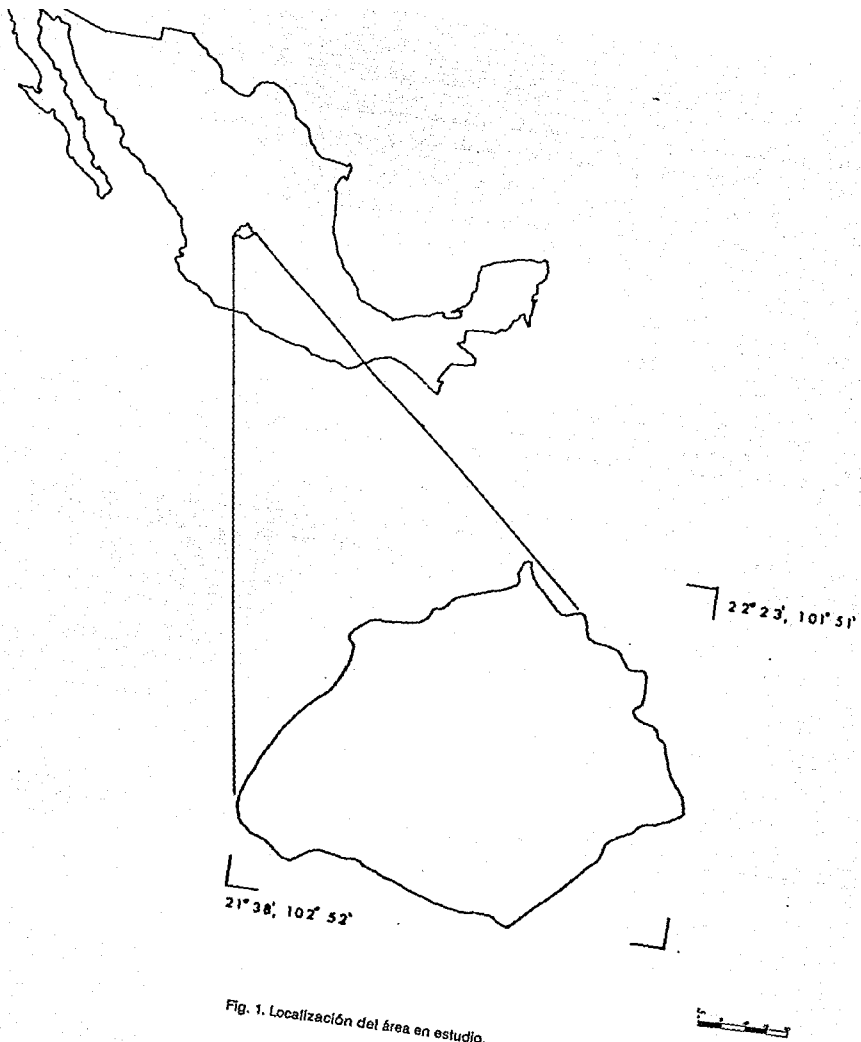


Fig. 1. Localización del área en estudio.

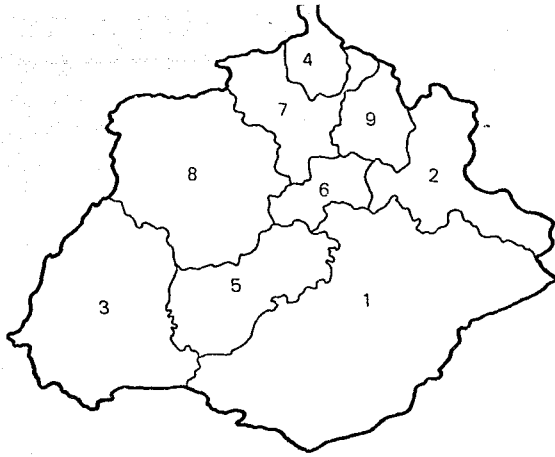


Fig. 2. División municipal. 1. Aguascalientes, 2. Asientos, 3. Calvillo, 4. Cosío, 5. Jesús María, 6. Pabellón de Arteaga, 7. Rincón de Romos, 8. San José de Gracia, 9. Tepezala.

Corresponden a esta zona tres provincias fisiográficas: la Sierra Madre Occidental al oeste, la Mesa Central al este y al sur el Eje Neovolcánico.

En cuanto a orografía, las zonas montañosas de Aguascalientes se encuentran al sur de las Sierras de Zacatecas. En el oeste, la de mayor altitud es la Sierra Fría (Cerro de la Ardilla, 3050 m); otras son las Sierras del Pinal del Pabellón y del Laurel. La Sierrita de Tepezalá o Asientos, se encuentra ubicada en el noreste y está formada por una serie de lomeríos de suave pendiente.

En la porción central se encuentra el Valle de Aguascalientes, una depresión orientada de norte a sur y corresponde a la provincia fisiográfica de la Mesa Central, en tanto que al suroeste, el Valle de Calvillo se encuentra ocupando una porción de la Sierra Madre Occidental.

El estado de Aguascalientes queda comprendido en parte de las regiones hidrológicas "Lerma-Chapala-Santiago" que corresponde a la mayor superficie, y "El Salado" en una mínima parte de la región noreste.

La región "Lerma-Chapala-Santiago" es la más importante, ya que además de su gran extensión, incluye casi el total de su población e industria. Los ríos tributarios, afluentes principales del Río Santiago, son el Verde Grande y el Juchipila.

Entre los almacenamientos de agua caben destacar en orden de importancia, las presas: Calles, Abelardo Rodríguez y El Niágara.

En México existen climas secos en grandes territorios, como resultado de la ubicación del país con respecto a la zona subtropical de alta presión y a la orientación de las sierras mayores.

En Aguascalientes, debido a su posición geográfica y de acuerdo con la clasificación climática de Köppen, el clima es seco (B) y en una pequeña porción es templado.

Como resultado de la ubicación geográfica, el factor que influye en mayor medida en el régimen térmico es la altitud, que varía de 1600 a 3050 msnm; la

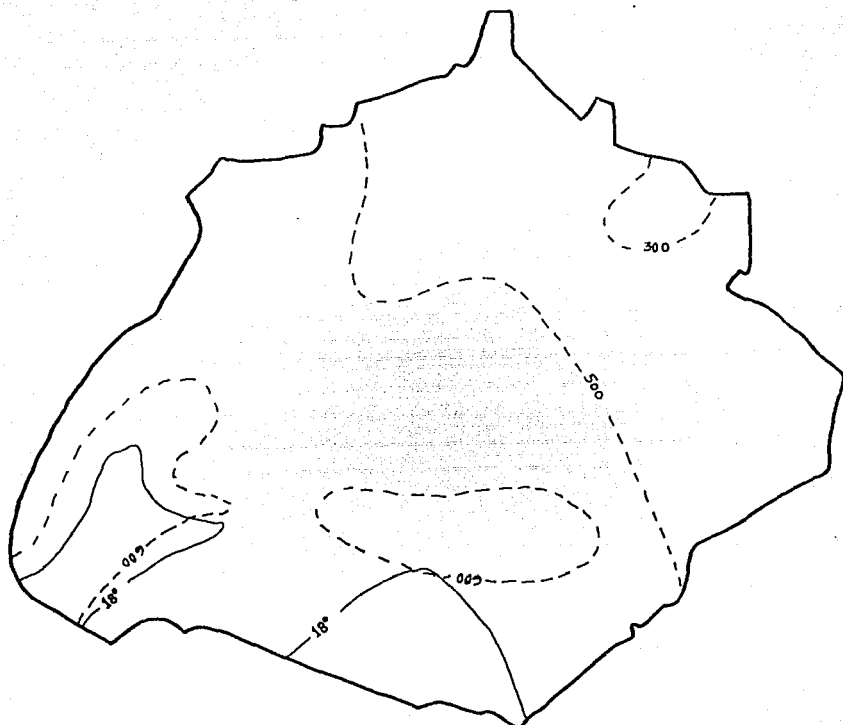
temperatura media del mes más frío es de 13°C y la del mes más caliente de 22°C.

La presión atmosférica, el sistema de vientos, el relieve existente y el régimen térmico son los principales elementos que tienen influencia en la distribución de la precipitación (Fig. 3).

En estas regiones, con predominio de climas secos se han llevado a cabo actividades agrícolas con distintos niveles de desarrollo. En las zonas de temporal se practica la agricultura y en las zonas de riego hay cultivos tecnificados con altos rendimientos.

De manera general se puede considerar que la agricultura se basa en cultivos como el maíz, el frijol, el chile y la guayaba.

La vegetación de la región no es muy variada, sin embargo, entre la más importante cabe destacar el matorral desértico, el pastizal natural e inducido, el chaparral y el bosque de encino y de encino-pino.



ISOTERMAS —————

ISOYETAS - - - - -

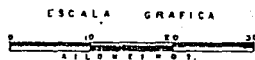


Fig. 3. Isotermas e Isoyetas.

La litología de la zona, constituida por rocas ígneas extrusivas ácidas del tipo de las riolitas, tobas, areniscas, conglomerados, aluvión y regolita, en conjunción con el clima, determina la existencia de diferentes tipos de suelo. Estos no son muy variados, y entre los más importantes cabe señalar: feozem háplico, xerosol lúvico, xerosol háplico, regosol eútrico, planosol, luvisol y castañozem.

En el estado de Aguascalientes existen muchas zonas afectadas por la presencia de capas o costras de tepetate, mismas que actúan como limitante física al uso y manejo del suelo agrícola, en mayor o menor grado, dependiendo de la profundidad a que se encuentren (Rodríguez y Caballero, 1992).

La Sierra Madre Occidental constituye en la zona estudiada, una unidad bien definida; la Mesa Central, por su morfología se clasifica en dos regiones: el Valle de Aguascalientes y las elevaciones y altiplanicies orientales; el Eje Neovolcánico representa una superficie muy pequeña al sur, sin cambios topográficos sustanciales, por lo que no se incluye en este capítulo.

SIERRA MADRE OCCIDENTAL

La Sierra Madre Occidental está localizada al occidente del estado de Aguascalientes; es una zona de apariencia montañosa, en la cual, las alturas fluctúan entre 2000 y 3000 msnm. Es drenada por tres cuencas hidrográficas: del río Pabellón, de la presa Calles y del río Calvillo. Todas corresponden a la región hidrológica Juchipila.

En esta unidad morfológica existen básicamente tres tipos de climas (Fig. 4): BSkgw, BShwg y Cwbg.

El clima BShwg se presenta en la fosa o valle de Calvillo, o sea, hacia el suroeste: seco estepario con temperatura media anual superior a 18°C, el régimen de lluvias es de verano y la temperatura máxima es anterior al solsticio de verano.

El clima Cwbg lo encontramos básicamente al oeste y sur de la unidad, en general a alturas superiores a 2300 msnm, como en las sierras del Laurel, el Picacho, Fría, de Guajolotes y Palomas. Es un clima templado con lluvias en verano, la temperatura del mes más cálido es inferior a 22°C y la temperatura máxima se presenta antes del solsticio de verano.

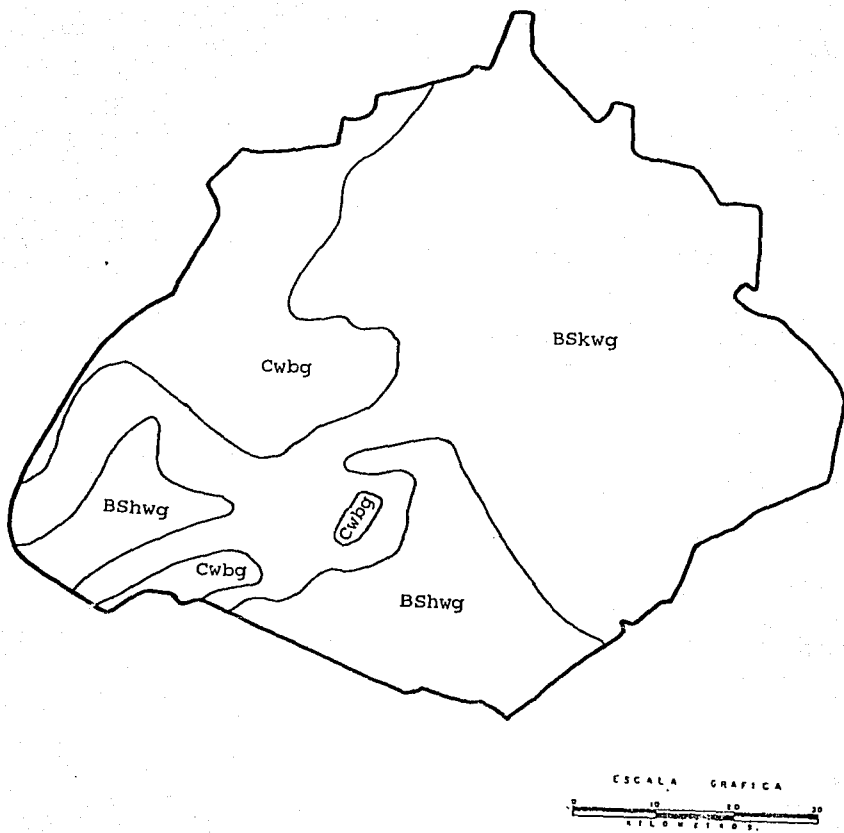


Fig. 4. Climas de Aguascalientes según Köppen.

En la porción oriental el clima es BSkwg: seco estepario con temperatura media anual inferior a 18°C y la media del mes más caluroso también superior a 18°C , régimen de lluvias en verano y temperatura máxima anterior al solsticio de verano.

El mapa de isotermas (Fig. 3) permite observar que las temperaturas medias anuales son menores a 18°C y sólo en la fosa de Calvillo es superior a los 18°C . En el mes de enero presenta las temperaturas más bajas de toda la entidad.

Una gran parte de esta área tiene una precipitación entre 500 y 600 mm, en tanto que la zona correspondiente a la fosa de Calvillo es superior a 600 mm (Fig. 3).

A partir de los datos promedio recabados para un periodo de 48 años en la estación meteorológica Calvillo, ubicada en el sur de la unidad, a 1630 msnm, se puede advertir que la temperatura mínima anual se presenta en el mes de enero (15.2°C) y la máxima se registra en junio (24°C); y esto indica que hay oscilación térmica extremosa.

Los valores de precipitación también fluctúan considerablemente, puesto que la mínima tiene lugar en marzo y es de 3.8 mm, en tanto que la máxima se da en agosto, registrando 144.5 mm.

La litología de la zona está constituida básicamente por rocas ígneas extrusivas ácidas, areniscas y conglomerado.

En lo que concierne a la región de la Sierra Madre Occidental, los suelos existentes son variados: feozem háplico, planosol eútrico, litosol, luvisol órtico, regosol eútrico, castañozem háplico, regosol calcárico, cambisol húmico, cambisol crómico, luvisol férrico, xerosol háplico y fluvisol eútrico. Los litosoles son suelos de 10 cm de profundidad, limitados por roca, tepetate o caliche.

Entre la vegetación más importante de la zona, cabe destacar el matorral desértico, el pastizal natural e inducido, el chaparral y el bosque de encino y de encino-pino.

El matorral desértico micrófilo se encuentra distribuido de los 1900 a 2500 msnm, los elementos más representativos son: huizache (*Acacia sp*), mezquite (*Prosopis sp*), tepame (*Acacia pennatula*), casahuate (*Ipomea sp*), nopal (*Opuntia sp*) y nopal cardón (*Opuntia streptacantha*).

El pastizal natural e inducido están distribuídos de los 2000 a 2350 msnm. Entre las especies del pastizal natural se pueden mencionar: *Aristida sp* y *Microchloa sp*; en tanto que las más importantes del inducido son: *Eragrostis sp*, *Muhlenbergia sp*, y *Stipa sp*.

El chaparral se distribuye de los 2000 a 2450 msnm y sus elementos dominantes básicamente son *Quercus sp*, manzanita (*Arctostaphylos*), palma samandora (*Yucca carnerosana*), guapilla (*Dasyllirion sp*), nopal (*Opuntia sp*) y ocotillo (*Dodonoea sp*).

A una altitud de 2000 a 2400 msnm se distribuye el bosque de encino, en tanto que el bosque de encino-pino, aproximadamente a los 2650 msnm, donde dominan: *Quercus sp*, *Juniperus sp*, *Arbutus sp* y *Pinus herrerae*.

VALLE DE AGUASCALIENTES

La segunda unidad es una zona de planicie cuya altitud es de 1800 a 2100 msnm.

Pertenece a la cuenca del Río Verde Grande, y los afluentes principales son el San Pedro, Aguascalientes, Encarnación, Chicalote y Morcinique.

Los climas secos son los que ocupan esta región, así tenemos hacia la parte central y norte, el B_Skwg, mientras que en el sur el B_Shwg (Fig. 4).

Por otro lado, las isotermas indican una homogeneidad en la temperatura; en la mayor porción de la unidad oscila entre 16.3°C y 17.7°C , y sólo en una región muy pequeña al sur, la temperatura es superior a los 18°C . Las temperaturas medias en el mes de enero son superiores a 12°C .

Como se puede observar en el mapa de isoyetas (Fig. 3), hacia el norte la precipitación es menor a 500 mm, en la región central y sur fluctúa entre 500 y 600 mm, y en una pequeña porción al sur de la ciudad de Aguascalientes, es superior a 600 mm.

Hacia la parte norte de esta unidad morfológica está ubicada la estación meteorológica San Francisco de los Romos (1885 msnm), misma que cuenta con información de 36 años, lo que ha permitido observar el comportamiento de la temperatura y la precipitación en la zona.

En el mes de enero se registra la temperatura media anual mínima, de 13.1°C y en junio la máxima, 22.4°C , esto indica que la oscilación térmica es muy extensa.

La mínima precipitación media anual se registra en marzo, .1 mm, y la máxima es de 88.1 mm en el mes de septiembre.

En la parte meridional de la fosa se ubica la estación meteorológica

Aguascalientes (1870 msnm), cuenta con datos de 56 años y con base en éstos, se advierte que la oscilación térmica es muy extremosa, puesto que la mínima es de 13.6°C en el mes de enero y la máxima de 22.4°C registrándose en mayo.

El régimen de precipitación es de verano, presentándose la máxima en agosto (115.4 mm) y la mínima en marzo (4.2 mm).

Esta zona se caracteriza por su constitución de acumulaciones volcánicas y aluviales.

Los suelos existentes son de tipo xerosol, feozem, planosol y fluvisol, su uso está destinado en gran medida a la agricultura de riego, y sustenta aunque en un porcentaje muy pequeño, matorral cracicaule de nopalera y pastizal natural-huizachal.

Los fluvisoles se presentan básicamente en esta zona en las márgenes de las corrientes principales, cuyo origen es aluvión reciente y pueden tener un horizonte pobre en materia orgánica.

Una zona extensa de la unidad está destinada en gran medida a la agricultura de riego y sólo un pequeño porcentaje tiene vegetación; ésta es de matorral cracicaule y pastizal natural-huizachal.

El matorral cracicaule está representado por especies como huizache (*Acacia sp*), mezquite (*Prosopis sp*), nopal (*Opuntia sp*), nopal cardón (*O. streptacantha*) y cardenche (*O. imbricata*); en tanto que el pastizal natural por *Aristida sp* y *Microchloa sp*.

ELEVACIONES Y ALTIPLANICIES ORIENTALES

La tercera unidad morfológica ocupa la región oriental de la Mesa Central y se caracteriza por la presencia de una elevación montañosa menor y lomeríos de suave pendiente.

Este territorio se considera también parte de la cuenca del río Verde Grande en su mayor extensión, y un mínimo porcentaje hacia el noreste corresponde a la región hidrológica El Salado. Y aunque esta última es considerada como una de las vertientes más importantes del país, aporta muy poco volumen de agua al estado de Aguascalientes.

Los climas existentes son B_{Skwg} en el norte y centro, y B_{Shwg} en una pequeña porción al sur de la unidad.

Las isotermas anuales reflejan que la temperatura se distribuye de igual manera, es decir, con valores menores a 18°C en casi toda la zona y con un ligero ascenso en el sur (Fig. 3).

La distribución de isoyetas indica que la zona de mayor precipitación es la meridional, con más de 600 mm. En tanto que al oriente fluctúa entre 500 y 600 mm, y en el norte es menor a 500 mm.

En la estación meteorológica Villa Juárez (1970 m) se han registrado los datos durante un periodo de 31 años, con base en estos se puede apreciar que la oscilación térmica es extrema, ya que en enero se presenta la temperatura mínima, de 11.7°C y la máxima de 20.9°C en el mes de junio.

Por otro lado, la precipitación más baja se registra en el mes de marzo (6.4 mm) y la máxima en agosto (94 mm), datos que reflejan una marcada estación de lluvias en verano.

En cuanto a litología, esta zona se compone principalmente de riolita, arenisca-conglomerado, caliza-lutita, lutita-arenisca y material aluvial.

No hay una gran diversidad de tipos edáficos en la Mesa Central, los suelos existentes son feozem háplico, litosol, xerosol háplico, xerosol lúvico, regosol eútrico, planosol eútrico, planosol mólico y fluvisol eútrico. Cabe señalar que en el planosol mólico se presenta una capa intermedia de tepetate, y en los xerosoles puede haber un subsuelo rico en arcilla, presentando a veces aglomeraciones de cal, cristales de yeso o caliche.

Los xerosoles de la zona en estudio pueden ser lúvico y háplico, el primero tiene una textura media, duripan a menos de 50 cm de la superficie; su composición es similar al xerosol háplico, pero con un horizonte B arcilloso a menos de 15 cm de la superficie.

El xerosol y el feozem háplico son de textura media en terreno plano, duripan entre 50 y 100 cm de profundidad; su contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio son bajos.

La vegetación existente en esta zona no es muy variada, está constituida por matorral cracicaule de nopalera, pastizal natural y pastizal inducido.

El matorral cracicaule se encuentra distribuido de 1900 a 2260 msnm y sus elementos dominantes son huizache (*Acacia sp*), mezquite (*Prosopis sp*), nopal (*Opuntia sp*), nopal cardon (*O. streptacantha*), cardenche (*O. imbricata*), nopal duraznillo (*O. leucotricha*), nopal tapón (*Opuntia robusta*), sangregado (*Jatropha spatulata*) y cola de caballo.

Entre las especies de pastizal más importantes cabe mencionar *Aristida sp*, *Microchloa sp*, *Eragrostis sp*, *Muhlenbergia sp*, *Aristida sp* y *Stipa sp*.

GEOLOGIA

La zona en estudio comprende tres grandes provincias fisiográficas: la Sierra Madre Occidental, la Mesa del Centro y el Eje Neovolcánico (Fig. 5), de acuerdo con autores como Raisz (1961) e INEGI (1981). Desde el punto de vista geológico, todo el estado de Aguascalientes pertenece a la provincia geológica Faja Ignimbrítica Mexicana (Ortega-Gutiérrez, 1992).



Fig. 5. Provincias fisiográficas.

GEOLOGIA REGIONAL

El territorio de Aguascalientes en cuanto a su constitución litológica, tiene influencia principalmente de la actividad volcánica que dio origen a la Sierra Madre Occidental, con emanaciones extraordinarias de material magmático, depositado en un lapso de unos 4 millones de años (m.a.), entre hace 32 y 28 m.a., en el Oligoceno, de acuerdo con Ortega-Gutiérrez (op. cit.).

López Ramos (1985) considera a la Sierra Madre Occidental "una porción levantada de la penillanura cordillerana y consta de un núcleo y corazón esquistoso limitado en algunos lugares por sedimentos paleozoicos y mesozoicos, en partes muy plegados".

Las rocas ignimbríticas se depositaron desde la frontera norte (Sonora), hasta el paralelo 20. En algunas regiones alcanza más de 2000 m de grosor. Este proceso volcánico no es exclusivo de la etapa mencionada, sino que se produjo antes y después, aunque de menor magnitud, en el Eoceno y en el Mioceno.

Se considera que los procesos volcánicos en la margen noroccidental de México, estuvieron controlados por la subducción de una antigua placa tectónica (la Paleopacífica), de acuerdo con varios autores (Morán, 1983).

Bajo las rocas ignimbríticas se encuentran estructuras intrusivas, cretácicas, así como rocas sedimentarias mesozoicas.

Durante el Plioceno y Cuaternario tiene lugar una actividad volcánica de tipo andesítico en la región de los paralelos 19-21 del territorio mexicano, cubriendo parcialmente a las rocas ignimbríticas. Lo anterior refleja una actividad endógena continua, principalmente desde el Oligoceno, con lapsos de estabilidad. Los procesos de acumulación volcánica se han acompañado de movimientos de bloques que en conjunto y en relación estrecha con la erosión y la acumulación, han creado el relieve actual de Aguascalientes.

En la zona estudiada se reconocen dos estructuras regionales principales de origen tectónico: las fosas (graben) de Aguascalientes y Calvillo.

Martínez-Ruiz y Aguirre (1984) consideran que la tectónica del Neógeno se caracteriza en la región de San Luis Potosí-Zacatecas por la formación de pilares (horst) y fosas, orientados de norte a sur, entre los que se incluye la fosa de Aguascalientes, misma que forma parte de un amplio sistema de fracturas de tensión que muestran evidencias aisladas de actividad tectónica reciente (Aranda-Gómez, 1989).

La fosa tectónica de Calvillo se expresa en el relieve como una depresión, orientada al NE, con una anchura promedio de 10 Km. Las trazas de las fallas maestras corresponden con la topografía y la fosa es interrumpida al norte por la megafalla "Aguascalientes-León", misma que corta rocas volcánicas de la Sierra Madre Occidental y controla fosas tectónicas en el norte y el sur, de acuerdo con Mitre, Dávila y Martínez (1988).

En el occidente del territorio de Aguascalientes, los depósitos de ignimbritas fueron potentes, del orden de mil metros y más. Hacia el centro y oriente se reduce el grosor de las rocas mencionadas y se incrementan los depósitos de material de acarreo, producto de la erosión de las elevaciones.

La porción oriental del estado corresponde a una zona de transición entre las rocas ignimbríticas terciarias y las sedimentarias plegadas mesozoicas, características de la Sierra Madre Occidental.

ESTRATIGRAFIA

No se conoce el basamento rocoso en la región de Aguascalientes. Sin embargo, en el flanco exterior de la Sierra Madre Occidental se han reconocido rocas metamórficas de edad probablemente precámbrica (López Ramos, 1985). Asimismo, se presentan estratos paleozoicos y mesozoicos.

Las rocas que subyacen a la gran capa de ignimbritas terciarias deben ser de muy diversos tipos y edades, de acuerdo con los afloramientos que se han reconocido: rocas metamórficas, intrusivas y sedimentarias, de edades que varían del Precámbrico al Cretácico.

En la zona que comprende este estudio, las rocas más antiguas conocidas son de edad jurásica, por lo que la estratigrafía se describe a partir de este periodo.

Jurásico

Aranda-Gómez (1988) describió un afloramiento de rocas metamórficas, consideradas de edad jurásica por la presencia de radiolarios característicos de este periodo. Define a este conjunto como "complejo basal", constituido de sedimentos psammíticos y calcáreos metamorfoseados a facies de esquisto verde, con presencia de metabasaltos masivos (sin foliar), de color verde oscuro a negro, con superficie ligeramente vesicular. Otras rocas que se observan en esta unidad, son cristalinas con feldspatos y minerales ferromagnesianos, posiblemente de origen ígneo intrusivo.

Aranda-Gómez (1988) considera que el metamorfismo se produjo en el Mesozoico y una actividad tectónica de plegamiento y ruptura en el Neógeno.

No hay información sobre el grosor de esta unidad litológica, ni de su magnitud en el subsuelo.

Cretácico

En la zona de Asientos-Tepezalá, 40 Km al noreste de la capital del estado hay un afloramiento de rocas sedimentarias en las laderas de una elevación montañosa volcánica donde la disección fluvial ha expuesto rocas sedimentarias marinas (Fig. 6).



Fig. 6. Rocas sedimentarias del tipo de las lutitas, expuestas por erosión fluvial en el área de Asientos-Tepezalá.

De acuerdo con Labarthe y coautores (1986), las rocas en cuestión corresponden a las formaciones Indidura y Caracol, mismas que han sido bien estudiadas en el altiplano.

La formación Indidura fue definida por Kelly en 1936, constituida por tres miembros. El inferior de lutitas calcáreas resquebrajadas y calizas nodulares color gris que intemperizan a amarillo. El miembro superior consiste en lutitas laminares de color oscuro que intemperizan a café rojizo.

La formación Caracol (Imlay, 1937) consiste en lutitas, calizas y tobas desvitrificadas que descansan concordantemente sobre la formación Indidura. En su estructura se aprecia una alternancia rítmica de lutitas y lutitas calcáreas de color pardo rojizo y gris verdoso, de fractura astillosa nodular y en ocasiones laminar, y de limolitas, limolitas arenosas y areniscas calcáreas de grano fino a medio, color gris oscuro y verdoso, pardo rojizo, amarillento y violáceo por intemperismo, con escasas calcarenitas de color café amarillento; el grosor de los estratos es variable, predominando la estratificación mediana.

Las dos formaciones antes descritas son características por su composición y edad, para grandes territorios de la República Mexicana, lo que incluye el altiplano, las sierras Madre Occidental y del Sur y otras regiones.

Terciario

La litología característica de Aguascalientes, son las rocas volcánicas terciarias, consistentes en lavas y tobas y además, areniscas y conglomerados resultado de la disgregación de las anteriores.

Existen muy pocos estudios sobre la geología de la Sierra Madre Occidental. Para la región de Aguascalientes, la publicación más reciente es la de Aranda-Gómez, un estudio detallado de una pequeña localidad, donde reconoció cuatro unidades litológicas, de edad probable Oligoceno tardío, mismos que se mencionan a continuación, de acuerdo con el autor citado.

1. **Riolita el Venaderito.** Es la unidad más antigua y yace sobre el "complejo basal" del Jurásico. Muestra foliación de derrame, realizado por desvitrificación selectiva. Posiblemente se formaron pliegues durante los procesos volcánicos. En la cima de esta riolita se reconoce un vitrófido negro con numerosas fracturas perlíticas; también hay microbrechas cementadas por material riolítico. La petrografía es de rocas porfídicas con matriz vítrea con cuarzo, feldespatos, sanidino y biotita.

El contacto con el complejo basal es de falla normal.

2. **Toba El Picacho.** Sobre la unidad El Venaderito descansa en forma discordante una toba color amarillo paja, de tipo clástica, con fragmentos desde polvo a más de 180 cm. Arriba hay buena clasificación y abajo, mala.

La composición mineralógica es de cuarzo, sanidino, plagioclasa, biotita y minerales opacos. Se presentan fragmentos de pómez y vidrio; la matriz es de polvo volcánico.

La toba El Picacho la interpreta Aranda Gómez como un depósito piroclástico retrabajado por una corriente torrencial o un lahar.

3. **Riolita La Peña Blanca.** Se trata de un depósito volcánico con foliación de derrame subhorizontal que descansa en forma discordante sobre la toba El Picacho. Presenta foliación y diaclasas de suave inclinación. En su composición petrográfica son riolitas porfídicas con matriz vítrea, con cuarzo, sanidino, plagioclasa y biotita.

4. **Riolita La Tomatina.** Es la unidad volcánica más joven e incluye por lo menos, dos tobas (T1 y T2) depositadas por derrames cineríticos y dos depósitos volcanoclásticos.

La toba riolítica T2 se presenta con una marcada foliación y alineación de derrame. Son comunes las juntas subhorizontales y estructura en lajas y columnas burdas. La composición mineralógica es de sanidino, cuarzo, minerales opacos y plagioclasa. El origen de la toba se considera piroclástico.

La otra unidad es la ignimbrita T1, constituida por cuarzo, sanidino, plagioclasa, biotita, minerales opacos y circón. En la matriz se presentan numerosos fragmentos de pómez. El color de la roca varía de rosa intenso (zona sin piroconsolidación) a rojo carmín (zona de alta piroconsolidación).

Neógeno-Cuaternario.

No se ha definido con precisión al conjunto litológico de este periodo, pero en forma general podemos incluir los depósitos de arenas y conglomerados que rellenaron depresiones.

Los depósitos más jóvenes son de aluvión, mismos que con espesor considerable (más de 6 m) se observaron en dos localidades de los valles de Aguascalientes y Calvillo y otro en una cantera. Los materiales de estos depósitos se caracterizan granulométricamente por ser clastos subangulosos y subredondeados, en los cuales el tamaño más común es de 6 y 8 cm, aunque

existen algunos de más de 15 cm. Cabe resaltar que existe un predominio de clastos sobre la matriz.

EVOLUCION GEOLOGICA

La información estratigráfica existente para el estado de Aguascalientes y para las regiones contiguas, permite hacer las siguientes consideraciones.

La superficie del estado de Aguascalientes fue durante el periodo Cretácico, parte del gran mar que ocupaba la mayor parte del país. A finales de este periodo inició un levantamiento regional que convirtió, en el Paleógeno, en tierra firme los territorios que hoy corresponden a las Sierras Madre y al altiplano por, lo menos.

La orogenia que formó la Sierra Madre Oriental se produjo a fines del Eoceno y el levantamiento continuó en el Oligoceno. A esta etapa pertenecen los plegamientos y fractura mayor de las rocas que constituyen las Formaciones Indidura y Caracol.

El Oligoceno se caracteriza por la continuación de los movimientos tectónicos y vulcanismo. Los gigantes depósitos de ignimbritas nivelaron el relieve preexistente, formando la meseta que hoy corresponde a la Sierra Madre Occidental. La fuerte energía o amplitud del relieve, favorecieron la disección hacia la vertiente del Pacífico y fue débil comparativamente hacia el interior (altiplano).

De acuerdo con Aranda-Gómez (1989), los movimientos tectónicos de plegamiento y afallamiento, continuaron después del Oligoceno.

No hay mucha información geológica sobre el Neógeno-Cuaternario en Aguascalientes, pero es posible suponer que se trata de una etapa de estabilidad (sobre todo, el Plioceno-Cuaternario), comparado con los anteriores. El vulcanismo prácticamente se extinguió y los movimientos tectónicos no parecen haber sido de gran magnitud, aunque hay rasgos de actividad joven en las fosas (graben) de Aguascalientes y Calvillo.

La característica principal del Plioceno-Cuaternario, es una erosión diferencial que ha cortado verticalmente y desmembrado en muchos fragmentos, la meseta de riolita del occidente.

CAPITULO III

MORFOMETRIA

La geomorfología estudia el relieve con métodos diversos, uno de ellos es el morfológico que se refiere a la descripción desde el punto de vista cualitativo (morfografía) y cuantitativo (morfometría).

Diferentes métodos morfométricos de carácter universal se emplean en estudios geomorfológicos, con base en diversas mediciones del relieve terrestre, como alturas absolutas y relativas, longitudes, inclinaciones (pendientes), frecuencias, etc.

La morfometría es una técnica-herramienta muy importante para los estudios geomorfológicos, puesto que a partir de ella se elaboran distintos mapas que permiten una rápida comprensión del relieve con base en la cuantificación de determinados elementos del mismo. Asimismo, los mapas morfométricos son una base para la elaboración de otros más complejos y para identificar anomalías geomorfológicas relacionadas con movimientos neotectónicos.

Entre los antecedentes más importantes conocidos sobre mapas morfométricos, entre 1920 y 1940 se desarrollaron métodos que se aplicaron para la cartografía de grandes regiones de la ex Unión Soviética (Spiridonov, 1952).

Una publicación que representó una nueva etapa en los métodos morfométricos, fue la de Horton (1945) sobre los órdenes de las corrientes fluviales. En la década de los años cincuenta se produjo la llamada "revolución cuantitativa" en la geografía, lo que tuvo relación con los campos de estudio de la física y las matemáticas, sin embargo, se empezó a vincular con la geografía, y según Burton 1963 (citado en Gómez, 1982), "Los geógrafos comenzaron a buscar técnicas cuantitativas que pudieran aplicarse a sus problemas, y algunos no geógrafos empezaron a aportar nuevos métodos para aplicarlos a antiguos problemas geográficos".

No tardó mucho en llegar la influencia de la revolución cuantitativa a la geomorfología y Strahler (citado por Burton, 1963) en 1950 declaró su posición contraria al sistema geomorfológico interpretativo-descriptivo de Davis y su ratificación al sistema cuantitativo-dinámico de G.K. Gilbert.

El uso de los métodos cuantitativos se empezó a extender gracias a la práctica de geomorfólogos como Chorley, Dury, Mackay y Wolman, entre otros.

En México ha sido también importante el desarrollo de trabajos morfométricos, entre los principales se pueden mencionar los de Lugo (1981), Palacio (1982), Bocco (1984), para pequeñas porciones de la República. El Atlas Nacional de México, coordinado por García Silberman (1990), contiene siete mapas morfométricos del territorio mexicano, contenidos en dos hojas (Lugo et al., 1990).

Paralelo al desarrollo de los métodos cuantitativos en Geografía, hubo también manifestaciones de oposición argumentando ideas como las siguientes: "Las técnicas estadísticas son adecuadas para algunos aspectos de la geografía, pero no para la totalidad... La cuantificación es correcta pero los cuantificadores no lo son... Las técnicas estadísticas son adecuadas y es deseable su aplicación a los problemas geográficos, han sido, sin embargo aplicadas incorrectamente..." (Burton, 1963).

La morfometría expresa el relieve a partir de la medición de algunos de sus elementos. En este trabajo se han realizado cuantificaciones que contribuyen a la comprensión del relieve, incluyendo su evolución y dinámica actual, lo que apoya la tesis de Burton: "La era cuantitativa durará mientras sus métodos demuestren estar ayudando al desarrollo de la teoría..."

Para el territorio del estado de Aguascalientes, se han elaborado mapas morfométricos, con base en las trece hojas topográficas que lo cubren (Fig. 7), con la finalidad de conocer su relieve en un primer análisis y establecer bases para la comprensión de grandes morfoestructuras, así como también los procesos neotectónicos y los exógenos actuales. Los mapas son los siguientes:

- 1) Mapa de alturas máximas.
- 2) Mapa de densidad de disección.
- 3) Mapa de profundidad de disección.
- 4) Mapa de amplitud o energía del relieve.

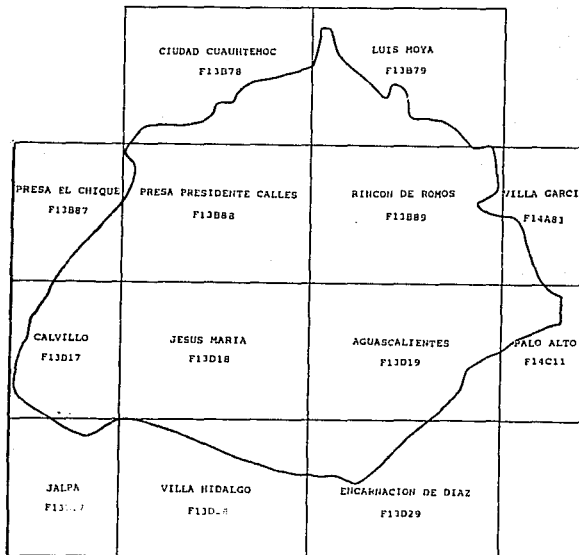


Fig. 7. Cartas correspondientes al estado de Aguascalientes.

ALTURAS MAXIMAS.

Como su nombre lo indica, este mapa expresa las alturas máximas de un territorio, obtenidas en superficies del mismo tamaño. Tiene antecedente en el mapa "Niveles de cimas" del Atlas Nacional de México (Lugo et al., 1990), mismo que se elaboró con el fin de complementar al mapa hipsométrico del país, de acuerdo con un texto explicativo de Lugo (1992).

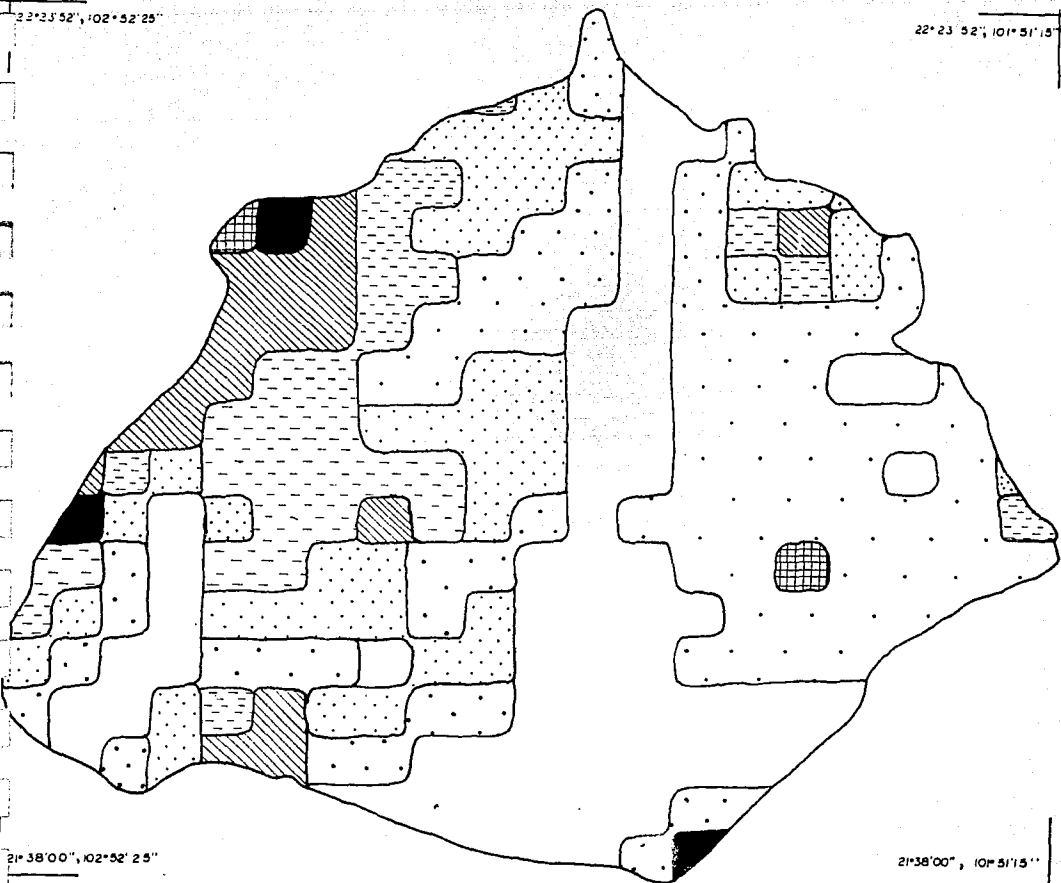
Los pasos a seguir para la elaboración de éste, son los siguientes:

- a) Se dividen los mapas topográficos en figuras geométricas iguales. En este caso, rectángulos de 25 Km².
- b) Se obtienen las alturas máximas en cada rectángulo.
- c) De acuerdo con los resultados obtenidos, se establece una serie de intervalos de valores, procurando una síntesis que proporcione una expresión del relieve lo más clara posible.
- d) Se aplican los colores o hachures que permitan la lectura en forma ágil del mapa.

En este mapa (Fig. 8) se reconocen distintas zonas altitudinales con una clara zonificación. La mayoría de los valores obtenidos pertenecen a los tres primeros intervalos (1800 a 2400 m).

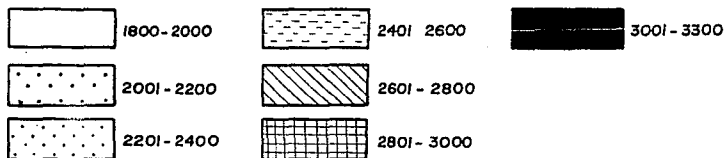
22°23'52", 102°52'25"

22°23'52", 101°51'15"



21°38'00", 102°52'25"

21°38'00", 101°51'15"



E s' c.
1:500 000

Fig. 8. Mapa de alturas máximas.

Los valores más altos son de 3050 msnm en la Sierra de la Ardilla, al noroeste del estado y a 2600 msnm en el cerro El Mirador al oeste. Ambas elevaciones están constituidas por rocas ígneas extrusivas ácidas.

Como se puede observar en la carta, los valores más bajos (1800-2000 m) representan unidades del relieve muy interesantes, una de ellas es la fosa orientada al norte -en la que se asienta la capital del estado- controlada por un sistema de fallas, aparentemente activo según Aranda-Gómez (1989), con la que se asocian focos sísmicos de baja intensidad. Esta unidad también denominada "Graben de Aguascalientes" presenta un relieve de planicie de acumulación volcánica y exógena aluvial.

Otra fosa, aproximadamente paralela a la anterior, es la de Calvillo, que aunque de menores dimensiones también se logra reconocer a simple vista en el mapa, constituida por tobas, areniscas y conglomerados.

La porción oriental del estado está bien definida por altitudes de 2000-2200 m con algunas elevaciones aisladas.

La margen occidental se caracteriza por un ascenso gradual de las elevaciones, de los 2400 a más de 3000 m en dos localidades de la divisoria de aguas.

Este mapa es una variedad del hipsométrico y aunque no expresa con precisión las alturas absolutas, sino que las generaliza, tiene por otro lado, la ventaja sobre aquél, de mostrar tantos intervalos de valores como se considere necesario y hacer resaltar algunos (los más elevados) en el mapa.

Este tipo de mapas es recomendable que se hagan para territorios complejos por sus diferencias altitudinales y sobre todo, cuando se trata de estudios geomorfológicos.

DENSIDAD DE LA DISECCION

Este mapa expresa la intensidad de erosión fluvial en una superficie (Km^2) a partir de la densidad de cauces (talwegs), es decir, de su longitud en Km por Km^2 . El método de elaboración del mapa está orientado a cuantificar la erosión fluvial en planta. El procedimiento es el siguiente:

- a) En los mapas topográficos que cubren el área en estudio, escala 1:50,000, se marcan todos los talwegs, considerando tanto los que están indicados con arroyos, como los que no. Estos últimos se infieren por la configuración de las curvas de nivel.

b) El mapa se divide en figuras geométricas en las que se mide la longitud total de los talwegs (Km). El valor obtenido se divide entre la superficie (Km^2), de lo que resulta el valor de densidad. En este trabajo se han empleado cuadros de 25 Km^2 , con base en recomendaciones de Lugo Hubp (1988).

Existen diversos factores que influyen en la densidad de la disección del relieve, entre ellos cabe destacar la pendiente, la litología, el clima y el grado de fractura.

La pendiente es un factor importante porque determina en parte, la erosión fluvial. Se puede dar el caso -no siempre- que en los sitios de mayor pendiente el escurrimiento es elevado y la erosión también lo será tanto en densidad como en profundidad. Por el contrario, en zonas de poca pendiente, también se tendrán valores bajos de densidad.

Es importante considerar la litología de la región, puesto que la resistencia y capacidad de infiltración influye en el desarrollo de la red fluvial.

Los materiales duros y resistentes favorecen una baja densidad de disección debido a que la erosión fluvial se dificulta y por consecuencia, en materiales blandos se presenta una mayor densidad. Por otro lado, el predominio de la infiltración da lugar a una densidad de disección muy baja en materiales muy permeables, y una elevada en materiales impermeables. Las fracturas hacen más fácil el encauzamiento del agua y la disección del relieve, por tanto, dependiendo del grado de fractura, está el de densidad de disección.

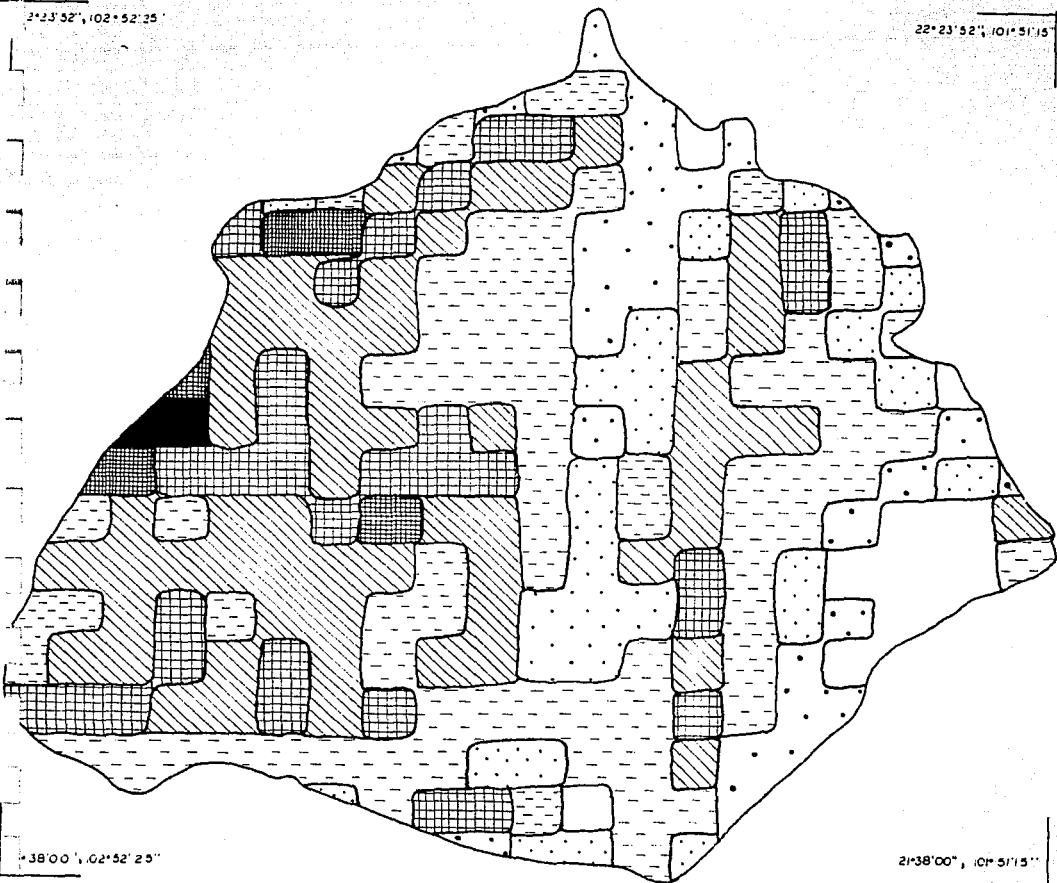
Para la zona en estudio (Fig. 9), los valores de baja densidad se concentran en sitios ubicados al oriente, en una zona de divisoria de aguas, cuya litología es básicamente de toba, conglomerados, areniscas y material aluvial.

Al oriente de Rincón de Romos se aprecia una zona en la que los valores de densidad de disección son medios, es decir, de 2 a 3 y de 3 a 4 Km/Km² y se presentan en una litología de riolitas y areniscas.

Los valores más altos de toda la región se concentran al oeste y noroeste, en una litología de riolita, en las elevaciones de la Sierra Madre Occidental.

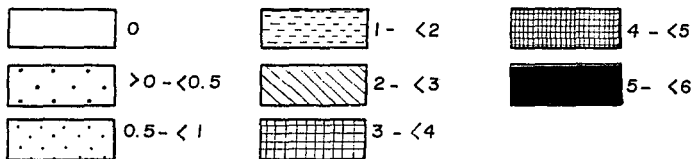
2°23'52", 102°52'25"

22°23'52", 101°51'15"



38°00', 102°52'25"

21°38'00", 101°51'15"



E s c .
1:500000

Fig. 9. Mapa de densidad de disección.

En Aguascalientes ha sido de gran importancia considerar el grado de fractura de la roca, y de acuerdo con este parámetro, tenemos que la zona de mayor densidad de disección (de 5-6 Km/Km²) está al norte de Calvillo, compuesta predominantemente por areniscas muy fracturadas.

En los lugares que están constituidos por calizas-lutitas y lutitas-areniscas también existen fracturas, y presentan un elevado grado de densidad (de 2-4), aunque menor que en las areniscas.

En orden decreciente, y en cuanto a densidad de disección, las rocas sedimentarias son seguidas de las riolitas, que tienen valores de 1 a 3 Km y en las cuales existe en general, un gran número de fracturas.

En Palo Alto se reconoce una anomalía positiva, un valor de 2-3 Km/Km², la que resalta porque está asociada con valores más bajos. Se trata de un campo minero de yacimientos hidrotermales, por lo que es normal un mayor grado de fractura y desarrollo de la red fluvial.

Por último, en las zonas de pendiente suave y de material aluvial, no se consideran fracturas y por consiguiente, se concentran en ellas los valores menores de densidad.

PROFUNDIDAD DE DISECCION DEL RELIEVE

Una de las mayores aplicaciones de este tipo de mapas se encuentra en los estudios hidrológicos, por la relación existente entre los valores de densidad y los ríos y arroyos. Son también de utilidad en la geomorfología aplicada a la ingeniería y en la planificación del uso del suelo.

En contraposición con el método de densidad de disección, en el de profundidad de erosión se considera el proceso en perfil y corresponde a la cuantificación de la profundidad que han alcanzado los valles erosivos en la búsqueda de su nivel de base. Es la altura vertical medida entre el talweg y la divisoria (Lugo, 1988).

La metodología empleada en la elaboración de esta carta se describe a continuación:

- a) De igual manera que en el mapa de densidad de disección, se marcan todas las corrientes fluviales, así como también las divisorias correspondientes.
- b) La superficie de la carta se divide en figuras geométricas iguales; en este caso también se han empleado cuadros de 25 Km².
- c) Se obtiene el valor máximo de profundidad por erosión en cada figura.

- d) De acuerdo con los resultados obtenidos, del máximo al mínimo, se establecen intervalos procurando que expresen con claridad la dirección de toda la zona.
- e) Se aplica color o hachure para terminar el mapa.

La pendiente, la litología y el grado de fractura son factores que no sólo intervienen en la densidad de disección, sino también en la profundidad.

La erosión lineal se ve favorecida por la presencia de fracturas; la pendiente y litología son condicionantes de la intensidad del proceso erosivo, mismo que ha actuado en el relieve en mayor o menor proporción, dependiendo de la edad de éste.

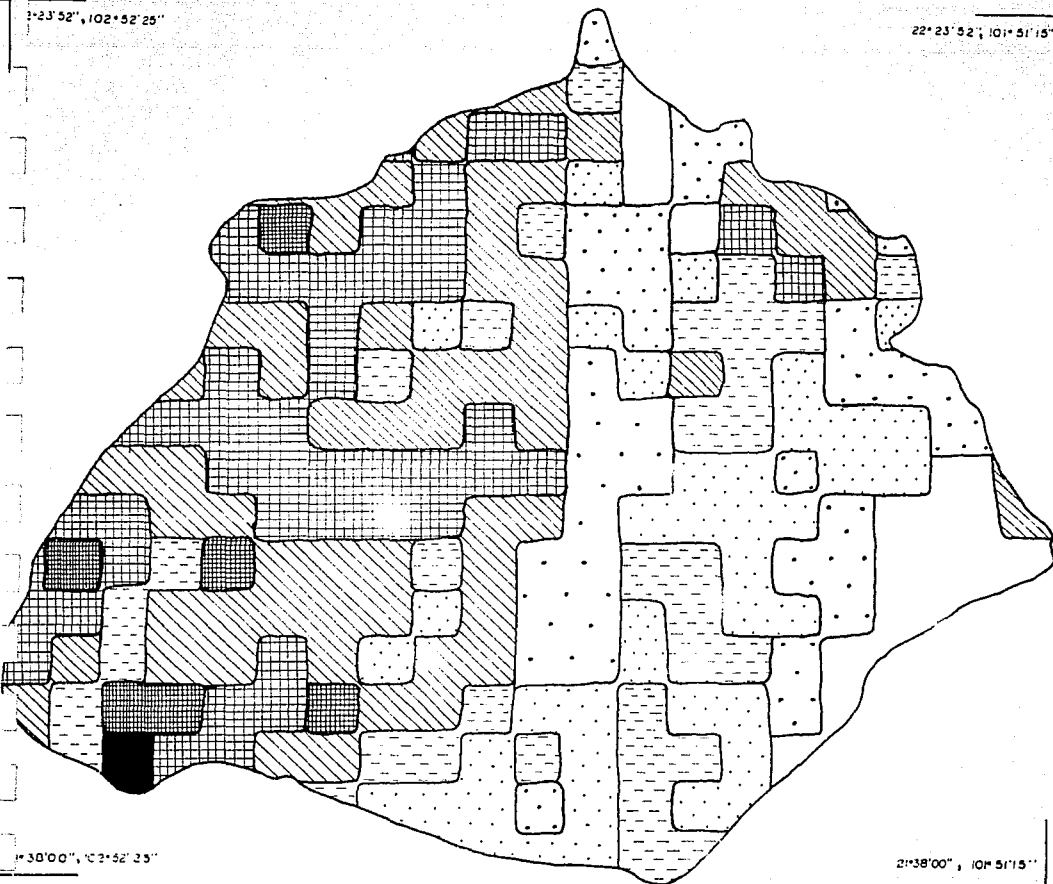
Los valores menores de profundidad de disección (inferiores a 10 m) se encuentran al oriente de la región, en materiales aluviales y zonas de poca pendiente (Fig. 10).

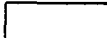


FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

2°23'52", 102°52'25"

22°23'52", 101°51'15"




 < 10


 > 10-30

 > 30-60

 > 60-100

 > 100-200

 > 200-300

 > 300-400

 > 400

E s c .

1:500 000

Fig. 10. Mapa de profundidad de disección.

En tanto que el valor más alto (mayor a 400) está localizado al suroeste de la población de Calvillo, en una zona de las fallas de tipo normal que limita la fosa del mismo nombre. Gracias a esto, se ha podido considerar la importancia que juegan las fallas y fracturas en la profundidad de disección de la región.

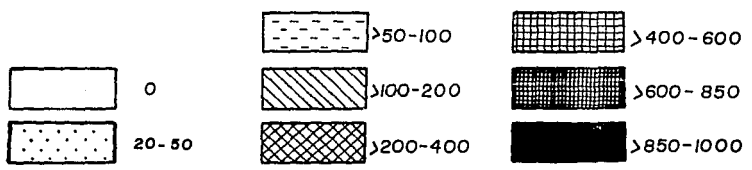
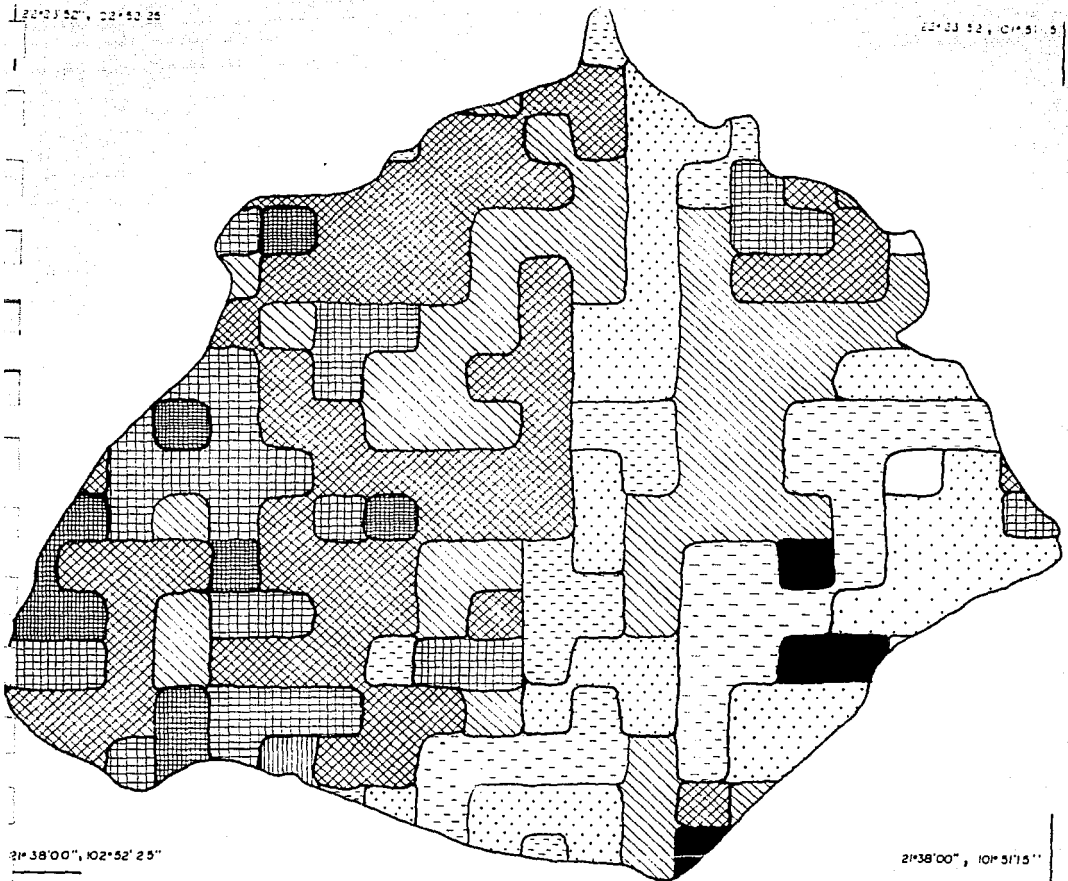
De manera general, se tiene que al oeste los valores varían de 100-200, 200-300 y 300-400 y corresponden a las mesas de rocas ígneas extrusivas ácidas con alto grado de fractura.

Al oriente, los valores son menores que en la parte occidental, con predominio de 10-30, 30-60 y de 60-100m, y esto es resultado de la litología: material aluvial, residual, arenisca-conglomerado, tobas y en menor proporción rocas riolíticas.

Cabe destacar que los valores mínimos, tanto de densidad como de profundidad, se encuentran en Palo Alto, en el oriente del estado y en una región de planicie aluvial.

AMPLITUD O ENERGIA DEL RELIEVE

La actividad de los procesos endógenos en relación con los exógenos se expresa en el mapa de energía del relieve (Fig. 11).



E s c .
1: 500 000

Fig. 11. Mapa de amplitud o energía del relieve.

Esta carta se elaboró a partir de los siguientes pasos:

- a) Se dividen las cartas topográficas en superficies iguales (cuadros de 25 Km²).
- b) En cada uno de los cuadros se obtiene la diferencia entre los valores de las curvas de nivel, máximo y mínimo.
- c) Una vez teniendo la totalidad de los valores se analizan, considerando el mayor, el menor y los intermedios, para establecer una serie de intervalos a representar en el mapa.

Es posible considerar que los altos valores de energía correspondan a zonas con mayor grado de actividad tectónica en el Neógeno-Cuaternario o a acumulaciones volcánicas más potentes, y por consiguiente, los valores bajos están vinculados con zonas más estables.

Los valores más bajos, menores a 20 m y de 20-50 m, se ubican en dos zonas; la primera, en la porción oriental del estado, cerca de Palo Alto, definiendo una franja sobre la línea divisoria de aguas; la segunda se aprecia en la porción central de la fosa de Aguascalientes, paralela a la misma, orientada de norte a sur.

Al oriente de la fosa predominan valores intermedios de 50 a 200 m, con

los que se asocian los más elevados reconocidos en todo el mapa (SE), de 850-1000 m.

En la porción occidental del mapa, en lo que es la Sierra Madre Occidental, los valores de energía de relieve aumentan gradualmente, de los de más de 100 m a los de 600-850 que se distribuyen en la divisoria de aguas, principalmente.

La energía del relieve presenta hasta 800-1000 m y se localiza principalmente al oriente del valle de Aguascalientes, aunque son localidades pequeñas; mientras que la región occidental se caracteriza por un predominio de valores de 400-800 m.

Todos estos mapas morfométricos, a pesar de que contienen una simple información numérica, reflejan cada uno de ellos, en mayor o menor grado, lo siguiente:

1. Los procesos endógenos creadores del relieve que a través de los movimientos neotectónicos se expresan en la formación de pilares y fosas tectónicas, en las acumulaciones volcánicas y en la fractura de las rocas.
2. La intensidad de los procesos exógenos en el Cuaternario y su efecto en el modelado del relieve a través de la nivación, el corte vertical y el desarrollo

de la red fluvial.

3. Las edades relativas de las grandes formas del relieve, lo que se infiere de la modificación por la disección, las alturas y otros rasgos.
4. Anomalías geomorfológicas. Los valores numéricos elevados o la asociación, sin explicación simple, de altos y bajos, puede tener relación con fallas, movimientos tectónicos y otros fenómenos de interés.

Existen muchos tipos más de mapas morfométricos que se pudieron agregar en este capítulo, sin embargo, se eligieron aquéllos que pueden reflejar una información de interés. Se puede apreciar que cada mapa ofrece una síntesis clara de un parámetro determinado, lo que tiene relación con cuestiones técnicas y prácticas. Asimismo, es recomendable que este tipo de mapas se integren en una obra como atlas geográficos y monografías como las Síntesis Geográficas de los Estados que ha publicado el INEGI.

CAPITULO IV

GEOMORFOLOGIA

El objetivo primordial de la geomorfología es el estudio del relieve terrestre, tomando en consideración diferentes factores tales, como la morfología, origen, evolución en el tiempo y dinámica actual.

Dentro de la geomorfología es importante resaltar el concepto de morfogénesis, término en relación con el origen de las formas del relieve, así como con el desarrollo de las mismas a lo largo del tiempo.

En la formación del relieve es necesario tomar en cuenta los procesos endógenos y los exógenos. Los primeros se manifiestan a través de la actividad tectónica y volcánica, en tanto que el intemperismo, la erosión y la acumulación son del segundo tipo.

Originalmente se elaboró un mapa morfogenético en escala 1:50 000, interpretando los trece mapas topográficos (Fig. 7) que cubren la superficie del estado de Aguascalientes. Posteriormente, este mapa se convirtió en otro, escala 1:200 000.

Este estudio tiene como objetivo principal proporcionar una información complementaria a la existente sobre el medio físico de esta porción del territorio mexicano, con la elaboración de un mapa geomorfológico y varios morfométricos, lo que representa un primer intento por explicar el relieve de este estado político del país.

El mapa se elaboró delimitando las formas del relieve, usando un criterio morfogenético y con apoyo en la información morfométrica y geológica. De esta manera fue posible definir las siguientes unidades: mesas, piedemonte y planicies.

Los procesos endógenos se originan en el manto superior y a ellos se deben los rasgos principales y mayores del planeta con una actividad permanente, aunque variable en el tiempo y espacio. Se manifiestan en la superficie terrestre por la sismicidad, vulcanismo, magmatismo, deformaciones y ruptura de las rocas. La zona estudiada es un claro ejemplo de un relieve endógeno, modificado en grado diverso por la erosión y la acumulación.

La metodología aplicada en la elaboración del mapa geomorfológico, se basa en las recomendaciones de diversos autores como Demeck (1978), Bashenina et. al. (1977). Los principios metodológicos correspondientes, han sido aplicados antes en México, principalmente en el mapa morfogenético del

país (Lugo y Córdoba, 1992).

En la geomorfología, a diferencia de otras disciplinas, la elaboración de mapas morfogenéticos, no se apoya en reglas rígidas, sino que, éstos se adaptan y modifican, de acuerdo con la escala utilizada, con las características del relieve, con los objetivos del trabajo y otros factores.

La escala aplicada (1:200 000) resulta de las dimensiones del estado de Aguascalientes lo que permite representar con el detalle necesario los fenómenos analizados. En los estudios geomorfológicos, todas las escalas son útiles y necesarias, desde las muy grandes (1:2000 a 1:20 000), hasta las muy pequeñas (en millones), ya que presentan información distinta y permiten observar en una hoja de papel, una superficie de dimensiones, desde una reducida localidad, al planeta entero.

El mapa elaborado para el estado de Aguascalientes, cumple con el objetivo de mostrar el relieve de todo el territorio, en su conjunto. Lo más adecuado cuando se trata de un primer estudio de este género.

1. Elevaciones menores sobre la divisoria.

Aunque el relieve dominante de las divisorias de aguas es de mesas amplias, es común la presencia de elevaciones aisladas sobre aquéllas (Fig. 12). Son de

alturas de 100 a 600 m, de forma dómica, con diámetro en su base de hasta 2 Km y laderas de fuerte inclinación ($>20^{\circ}$). Representan localidades de emanación de magmas ácidos, aunque consideramos que no son las fuentes principales que originaron el relieve de mesas riolíticas, en lo que debe haber influido de manera sustancial, el vulcanismo fisural y grandes calderas, de acuerdo con McDowell y Clabaugh (1981).

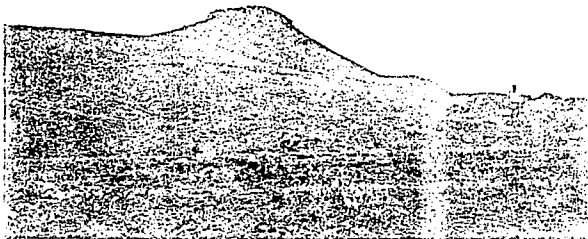


Fig. 12 Expresión de un domo riolítico.

En la zona estudiada, estas estructuras dómicas se localizan principalmente en las mesas del occidente, concentradas en pequeñas

localidades, en ocasiones en las regiones interiores más elevadas o en la periferia, en la zona de contacto con la planicie del Valle de Aguascalientes. Son cerca de un centenar y en la mayoría de los casos, muestran claras alineaciones que frecuentemente coinciden con la orientación de los valles mayores contiguos. Definen lineamientos menores, al NW y casi EW, además de otros semicirculares. En el caso de los NW, corresponden al sistema de fractura original que controla a la Sierra Madre Occidental. Las alineaciones circulares son anomalías que vale la pena estudiarse en el futuro, ya que puede tratarse de antiguas calderas, lo que tiene un evidente interés científico y práctico, por los posibles yacimientos minerales asociados.

Al oriente del Valle de Aguascalientes, este tipo de estructuras se reconocen en el norte, aproximadamente 20 elevaciones dómicas, con alineamientos diversos, pero notables al NE y NW.

La última zona donde se observan estos domos, es en el extremo oriental del mapa, una pequeña zona levantada con un mínimo de 7 domos (se limita al territorio del estado).

Las localidades donde se concentran las elevaciones dómicas, se interpretan como de mayor actividad volcánica y que fueron levantadas con mayor intensidad. Es interesante que en este sentido, el Valle de Aguascalientes representa una zona estable. Al oriente del mismo, el volcanismo se produjo en

zonas menores, separadas de la estructura principal de la Sierra Madre Occidental, donde se inicia la transición hacia la Sierra Madre Oriental, de rocas sedimentarias plegadas mesozoicas.

Los domos en cuestión permanecen en el relieve porque son formas muy resistentes a la erosión, por su constitución de roca masiva y homogénea y su tamaño reducido. Se destruyen por el intemperismo y una erosión predominante de tipo planar que remueve los materiales no consolidados para dejar en la superficie la roca desnuda. En los casos de erosión más avanzada, el desgaste de las laderas las transforma en paredes de más de 40^o a verticales y el domo se transforma, todo o en parte, en una peña.

2. Laderas y mesas riolíticas terciarias

Las mesas de riolita son las formas del relieve con mayor expresión en todo este territorio, excepto en la porción sureste. Constituyen en la zona estudiada los flancos más distales de la Sierra Madre Occidental.

Esta gran unidad se reconoce en el occidente del mapa, con un límite claro en su porción inferior, en contacto con la planicie de la fosa de Aguascalientes.

El relieve está controlado por las acumulaciones riolíticas del Oligoceno

que formaron la Sierra Madre Occidental. Dadas las características de los procesos volcánicos, se originó una gigantesca meseta.

Movimientos tectónicos posteriores y una erosión fluvial prolongada, son los factores que han definido el relieve actual, consistente en mesas y valles con perfil en "V" (Fig. 13).



Fig. 13. Perfil característico de los valles erosivos con laderas verticales, peñascos y escarpes.

Ya que es notable la homogeneidad litológica, la posición de los valles puede explicarse por los siguientes factores:

- a) La dirección del flujo del material, que corresponde a un sistema de grietas.

b) La fractura posterior, debida a actividad tectónica.

En ambos casos, se trata de zonas lineales de debilidad que son aprovechadas por el agua en su escurrimiento.

El límite de las mesas con la planicie de Aguascalientes es en línea casi recta de sur a norte, de una cresta con su vertiente oriental de fuerte inclinación y altura de incluso más de 400 m. Su cima es de mesa, con anchura variable e inclinada hacia el sur.

Al occidente, estas formas del relieve se repiten, como una serie de mesas paralelas, con anchura de hasta 2 Km e inclinadas al sur y suroeste (Fig. 14).

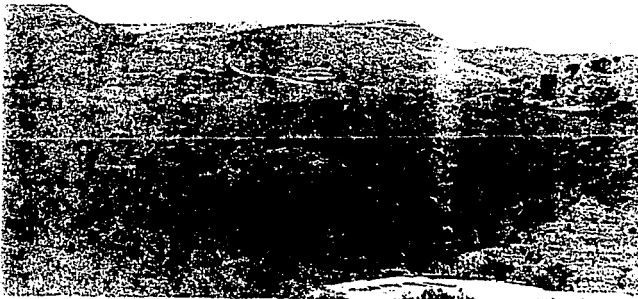


Fig. 14. Mesas tectónicas escalonadas, resultado de la actividad tectónica.

La posición altitudinal de las mesas riolíticas es heterogénea y sin duda está relacionada con dos factores: primero, las acumulaciones de material volcánico que originan superficies irregulares en su altitud, escalonadas, lo que depende del relieve preexistente y el alcance territorial de los flujos. Segundo, los movimientos tectónicos contemporáneos y posteriores al volcanismo que se manifiestan con diversa intensidad, dando lugar a un basculamiento regional.

De acuerdo con López Ramos (1985), la morfología de esta unidad es resultado de la existencia de un levantamiento regional rápido que permitió que todas las corrientes permanecieran en su etapa juvenil.

La diferencia altitudinal entre las mesas riolíticas y la configuración de la red fluvial, apoyan un levantamiento de tipo regional con distinta intensidad; esto se refuerza con el análisis morfométrico.

La carta de altitudes máximas (Fig. 8) permite reconocer tres escalones altitudinales en las mesas riolíticas, bien diferenciados: 2600-3300, 2200-2600, y 2000-2200 msnm.

Estas tres zonas también se pueden diferenciar claramente en los mapas de densidad y profundidad de disección.

Para la primera zona se tiene un valor de densidad entre 4 y 6 km/km² (los más altos) y corresponde a una red dendrítica muy densa con órdenes de corrientes de primero a tercero; esto refleja de alguna manera, el poder erosivo fluvial a que está sometida esta área. Con respecto a la relación que existe con la profundidad de la disección, esta varía de los 100 a los 400 m.

El territorio comprendido entre los 2200 y 2600 msnm representa altitudinalmente un nivel intermedio. Los valores de densidad se reducen a 2-4 Km/Km² de una red dendrítica. Hay que mencionar que los valles muestran un control por fracturas, lo que se traduce en órdenes de corriente de cuarto y quinto. La profundidad de la disección varía de 60 a 200 m, lo que refleja el control estructural.

El tercer nivel altitudinal abarca desde 2000 a 2200 msnm, representa el piso más bajo de esta unidad. Los valores de densidad de la disección son de 1-2 Km/Km² y la configuración de la red fluvial es de tipo paralelo, condicionada por la pendiente y las estructuras disyuntivas. Los órdenes de corriente varían de cuarto a sexto, antes de perderse en las planicies acumulativas. Con respecto a la profundidad de la disección, se presentan valores de 30 a 300 m.

Las características descritas de estas tres zonas, reflejan diferente intensidad de ascenso tectónico. El efecto erosivo desmembró en distintos pisos altitudinales las superficies riolíticas preexistentes, quedando como mesas

aisladas (sobre todo en la porción occidental). Los depósitos, resultado de éstas dos fuerzas antagónicas, rellenaron la porción central del área en estudio, conocida como el Graben de Aguascalientes.

Las mesas de la zona occidental del estado de Aguascalientes, constituían originalmente una gran unidad, equivalente a un altiplano, aunque irregular, inclinado, escalonado, con elevaciones locales y otros rasgos, pero, la erosión fluvial, junto con los procesos de remoción en masa, se ha encargado del modelado (Fig. 15).



Fig. 15. Residuo de erosión de las mesas de riolita.

El proceso de erosión fluvial se produce esencialmente de tipo remontante, a partir del nivel de base y al pie de las laderas de riolita. Las

cabeceras de los valles en desarrollo, avanzan gradualmente hacia las porciones más elevadas, generalmente, siguiendo una línea de debilidad: grieta, falla, contacto entre lavas. Simultáneamente se produce una erosión vertical, favorecida por la energía o amplitud del relieve.

La constitución litológica homogénea y resistente, no favorece los altos órdenes de corrientes, como ocurre en montañas de granito, rocas de igual composición que la riolita, pero más fracturadas.

La combinación de la erosión remontante con la vertical, producen verdaderos cortes en la meseta, la que gradualmente se desmembra en varias menores. A lo anterior hay que agregar que las paredes verticales formadas por los escurrimientos, pasan a una etapa de retroceso por procesos gravitacionales (caídas de rocas y derrumbes), ensanchándose gradualmente los valles. En sus laderas no se forman con frecuencia afluentes.

La desmembración de la meseta en fragmentos, separados por cañones profundos, origina lo que en geomorfología se conoce como **montañas erosivas**, de donde resulta el aspecto montañoso de la región.

El hecho que se trate de un relieve formado por acumulaciones volcánicas durante el Oligoceno, no muestra rasgos de una nivelación o de una erosión muy avanzada, como sería en otras condiciones litológicas, por lo que vale la pena

hacer algunas consideraciones:

1. La erosión actual se aprecia como un fenómeno muy lento, sobre todo en sentido lateral (ensanchamiento de los valles) y la remontante (los circos de erosión observados son poco activos).
2. La zona estudiada corresponde a la vertiente interior de la Sierra Madre Occidental. En la opuesta (exterior), la erosión es de una actividad muy superior, debido a una mayor energía del relieve y de precipitaciones pluviales. Por esto, la divisoria de aguas ha avanzado hacia el oriente, reduciendo la superficie de las cuencas fluviales.
3. La Sierra Madre Occidental no es sólo una unidad geológica excepcional en el mundo, también lo es como forma de relieve de alto orden, lo que en conjunto define un modelado especialmente original.

3. Mesas de conglomerado y arenisca terciarias

Estas formas del relieve tienen una distribución dispersa en el territorio estudiado. En la porción noroeste se intercalan a manera de pequeños manchones con las mesas de origen riolítico. Esta situación no cambia para el suroeste, aunque el área que ocupan es un poco mayor. Al sureste están mejor definidos, en contacto con las planicies.

Las características litológicas de esta unidad han favorecido los procesos erosivos fluviales y de ladera, originando un grado de desmembramiento mayor de las mesas que presentan formas alargadas. Estas se encuentran entre 2000 y 2400 msnm. Los valores representativos de densidad de disección para esta unidad oscilan entre 0.5 y 2 Km/Km² y hay dos tipos de configuración de la red fluvial que están en relación con los valores anteriores: dendrítico poco denso, condicionado por la litología, en el sector oriental, y otro paralelo-dendrítico, reflejo de un control estructural al suroeste.

Los valores de profundidad de disección tienen relación con los diseños descritos: en el primer caso fluctúan de 30 a 100 m; y para el segundo oscilan entre 100 y 400 m (en toda la porción occidental). El graben de Calvillo, localizado en la porción suroccidental, presenta un valor mayor a 400 m, lo que se explica por la litología existente, y por la presencia de fallas que definen la estructura tectónica mencionada.

Las observaciones realizadas en el campo, permitieron reconocer que la erosión en estas mesas se ha producido principalmente en sentido vertical y con cabeceras anchas, lo que se debe a una alta resistencia a la erosión de la capa superficial, constituida por material riolítico bien consolidado, endurecido por procesos de intemperismo que en condiciones de rocas volcánicas y clima semiárido, originan suelos del tipo de los tepetates.

En algunas cabeceras de valles (circos) con erosión remontante activa, se pudo apreciar que este proceso se produce por destrucción en capas delgadas, de unos centímetros, alargadas decenas de metros, transversales a la cabecera y escalonadas (Fig. 16). De esta manera, avanzan sobre la planicie de la divisoria, la que destruyen lentamente. Este proceso de erosión remontante es distinto de los más comunes, de retroceso rápido e intensos procesos gravitacionales.

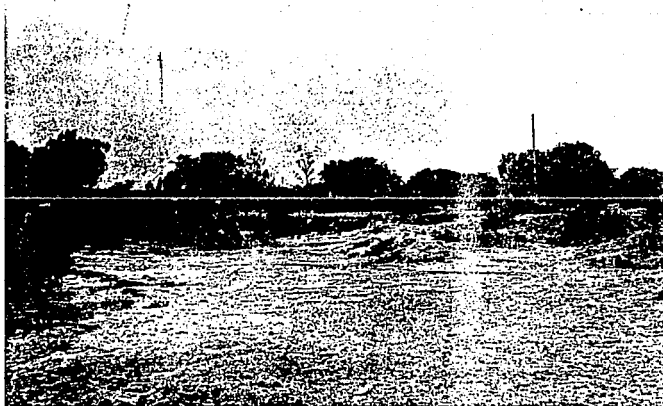


Fig 16. Erosión de cabeceras en forma escalonada.

4. Mesas y lomeríos precretácicos de calizas y lutitas.

El relieve original de rocas sedimentarias: mesozoicas plegadas fue cubierto por las acumulaciones volcánicas riolíticas del Oligoceno y posteriores. En la zona que comprende este estudio, afloran al oriente en una pequeña localidad, a alturas de 2600-2800 msnm, expuestas por la erosión fluvial, aunque semicubiertos por riolitas con capas de algunos metros de grosor.

El relieve es de lomeríos, lo que podemos considerar como elevaciones plegadas que al ser cubiertas con material volcánico de poco grosor, adquirieron una expresión indirecta en el relieve.

La erosión remontante ha expuesto en una porción, las rocas plegadas, cuyas características se han descrito en el capítulo de Geología (Estatigrafía: Cretácico). La litología de lutitas y calizas en capas delgadas, plegadas y consecuentemente, muy fracturadas, ha favorecido la erosión de las mismas, con mucho mayor velocidad que en las riolitas que las sobreyacen (coronan).

Lo anterior se pudo observar en una cabecera fluvial, donde la remoción de la capa inferior se produce fácilmente, mientras que la superior es muy resistente y su erosión se produce por colapso al perder apoyo.

La densidad de disección presenta valores que oscilan entre 2 y 4

Km/Km²; la configuración de la red fluvial es dendrítica, poco integrada, con evidencias de control estructural. La profundidad de disección fluctúa entre 10 y 60 m.

Lo anterior permite hacer las siguientes consideraciones:

- a) Las acumulaciones de roca volcánica en el periodo Terciario, fueron decreciendo gradualmente al oriente y se deben principalmente a centros de emisión locales, lo que incluye una estructura dómica que atravesó las rocas plegadas, contribuyendo a su deformación y levantamiento. Se trata de una zona de transición entre la Mesa Central y la Sierra Madre Oriental.

- b) El relieve preexistente debe haber sido de elevaciones montañosas plegadas, con alturas absolutas de más de 2500 m en esta región. Se puede inferir que las elevaciones que limitan al Valle de Aguascalientes por el oriente, orientadas de sur a norte, corresponden a una antigua cresta de rocas plegadas. El Valle de Aguascalientes debió corresponder desde la época de formación de la Sierra Madre Occidental, a una zona deprimida.

Las antiguas elevaciones, sepultadas al oriente del estado de Aguascalientes, pueden corresponder a los límites occidentales de la estructura de la Sierra Madre Oriental.

- c) La zona de afloramiento de las rocas sedimentarias, representa una nueva etapa de la formación del relieve, misma que inicia: la exhumación de las estructuras sepultadas por el volcanismo terciario.

5. Laderas de valles erosivos originados por erosión fluvial

En la zona en estudio, la erosión fluvial es un proceso de gran importancia, como respuesta a los procesos de acumulación volcánica y tectónicos de ascenso que han tenido lugar en este territorio.

El diseño de la red fluvial es dendrítico a nivel regional, sin embargo, existen diferencias en la periferia de las planicies, donde se presentan paralelo-dendrítico, subparalelo y paralelo. Estas variaciones están en función de la litología, la pendiente y la cercanía del nivel base.

Las planicies acumulativas del graben de Aguascalientes, así como también las planicies orientales, ocasionan que el drenaje quede dividido en dos porciones: el occidental, dendrítico; y el centro-oriental subdendrítico, mismo que corresponde al horst oriental de la misma estructura tectónica. Lo anterior se observa claramente en el mapa geomorfológico.

La erosión fluvial es un proceso que al modelar la superficie de la Tierra, pone de manifiesto las características estructurales, litológicas y los diferentes

gradientes de inclinación que componen el territorio. En Aguascalientes, esto no es la excepción: el mapa geomorfológico muestra los cambios que sufre la configuración de la red fluvial (dendrítica) en áreas de extensión muy pequeñas; esto se debe a la litología y a la actividad tectónica a la que se vio sometida esta zona, que junto con la erosión (fluvial) determinan áreas con fuerte profundidad y densidad de disección. Lo anterior fue antes descrito en la sección correspondiente a las mesas riolíticas y se muestra en los mapas morfométricos elaborados para cada uno de los casos.

Al analizar los diversos conjuntos de formas del relieve, se han reconocido las distintas maneras en que se produce la erosión fluvial, lo que tiene una relación estrecha con la evolución del sistema de valles fluviales. Al respecto, se puede mencionar lo siguiente:

- a) La erosión fluvial ha sido un proceso muy lento y prolongado que debe haber actuado de manera continua a lo largo del Neógeno y el Cuaternario (Fig. 17). La alta resistencia de las riolitas ha permitido la conservación de una gran parte de las formas originales del relieve (las mesas) y el desarrollo de una red fluvial de bajo orden.

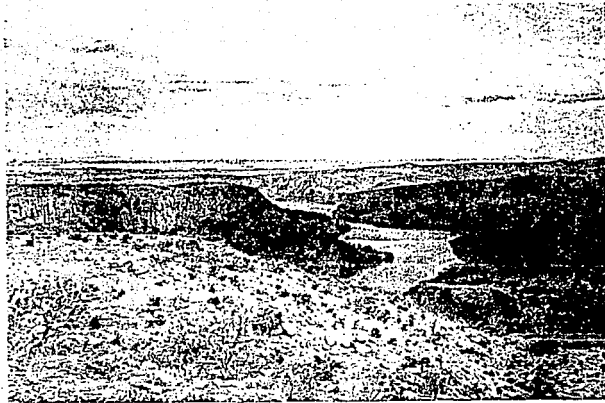


Fig. 17. Laderas de fuerte inclinación limitando a las mesetas de riolita.

- b) Los valles han evolucionado principalmente, por una erosión remontante. Las condiciones litológicas y estructurales, no favorecen el desarrollo múltiple de afluentes, por lo que es común que valles de bajo orden son de una extensión considerable.
- c) La forma de los valles es en general, homogénea: laderas empinadas, con frecuencia verticales, fondo estrecho, anchos en sus bordes y con escarpes y peñascos en sus laderas. La profundidad depende de varios factores ya mencionados, pero, entre ellos, la edad está en relación directa.

d) La evolución de la red de valles fluviales en esta región (en particular el occidente), debe considerarse como un caso especial de disección de una meseta gigantesca, una pequeña porción de la cual se sitúa en Aguascalientes. Por esto, los modelos clásicos de la erosión fluvial en montañas, lomeríos y piedemontes, los más populares en las obras geomorfológicas, no son totalmente aplicables.

6. Piedemonte.

Como una rampa continua, el piedemonte se localiza bordeando la Sierra de Tepezalá (NE) y también se encuentra presente a manera de pequeñas superficies desmembradas al norte de la presa Calles y en forma aislada en el borde occidental (centro-norte) del graben de Aguascalientes.

En el primer caso (Sierra de Tepezalá), la génesis obedece a la coalescencia de abanicos proluviales originados a partir de los escurrimientos que modelan dicha estructura, dando lugar a una morfología de rampas. Las características de estos depósitos, se definen como materiales heterométricos, mal clasificados y poco redondeados.

El mapa geomorfológico muestra de manera clara y definida, los límites de esta estructura, formada por acumulación. La densidad de disección es baja (de 0.5 a 1), así como también la profundidad de la disección (de 10 a 60 m). Hay que

mencionar que la erosión se restringe exclusivamente al valle y es resultado de la disección posterior del mismo piedemonte. Esto último puede relacionarse con la formación del valle (graben) de Aguascalientes, debido a la actividad tectónica.

Con respecto a las rampas que forman el piedemonte del borde del graben de Aguascalientes, así como las existentes al norte de la presa Calles, cabe señalar que son abanicos proluviales, los cuales han sido sometidos a procesos de erosión fluvial intensos, que han favorecido la pérdida de la morfología original. Las características texturales son similares a las descritas en el caso anterior y las áreas que ocupan son tan reducidas que no se reflejan en el análisis morfométrico (densidad y profundidad de la disección).

7. Llanuras de inundación

Las llanuras de inundación ocupan superficies muy reducidas, en una porción del Valle de Aguascalientes y otra en el de Calvillo. Este último caso es de especial interés porque se reconocieron dos niveles de terrazas fluviales y aunque no son cartografiables en la escala 1:200 000, se hace la descripción.

La población de Calvillo se encuentra construida sobre la primera terraza (Fig. 18).

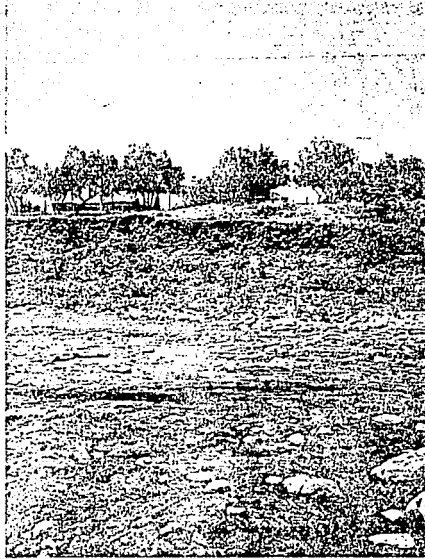


Fig. 18. Calvillo, ciudad construida sobre la primera terraza fluvial.

Se pudieron elaborar una serie de perfiles que permitieron definir estas unidades; se describen los más representativos.

Perfil No. 1 (Fig. 19). La capa inferior (1) del depósito tiene un espesor de 94 cm y está compuesta de arcillas lacustres; el depósito que la sobreyace (2) es de 74 cm de espesor y se caracteriza por presentar clastos angulosos y subangulosos con una matriz arenosa escasa; la capa 3 es de arcilla con clastos similares a los de la capa subyacente y tiene un espesor de 50 cm; encima de este material hay una costra (4) de alteración color ocre, de 5 cm de espesor aproximadamente, consistente de riolita totalmente alterada que se rompe fácilmente; el depósito siguiente corresponde (5) a una serie de clastos

subredondeados, riolíticos, con clasificación regular y con un espesor de 150 cm. En algunas zonas del mismo depósito existen lentes delgadas con clastos de 0.5-3 cm y de 10-25 cm; por último, esta presente un depósito de materiales constituido por clastos redondeados y con una mayor cantidad de matriz, en la cual se desarrolla el suelo (6).



Fig. 19. Perfil No 1 Terraza fluvial en Calvillo.

A algunos metros del mismo afloramiento. por encima de la costra de alteración química, se observó el siguiente perfil:

Perfil No. 2 (Fig. 20). El depósito inferior (1) tiene un espesor de aproximadamente 2 m y está constituido básicamente de clastos subredondeados, riolíticos y con regular clasificación; sobreyaciendo a esta capa hay un depósito (2) de 2 m de espesor, con cantos redondeados y subredondeados, con buena clasificación y tamaños mayores de 30-50 cm; posteriormente se identificó otro depósito (3) de 60 cm de espesor, cuyos clastos son subredondeados, riolíticos y con clasificación regular; sobreyacen (4) clastos grandes de 20-40 cm y subredondeados, así como también gravas.



Fig. 20. Perfil No. 2. Terraza fluvial en Calvillo.

El valle de Calvillo presenta un borde escarpado de terraza, con grandes cantos subredondeados de tamaños de 50 cm aproximadamente. Uno de los bordes está siendo erosionado y consiste en material del mismo río.

El material del cauce es semejante al de los escarpes de las dos terrazas observadas, y la llanura aluvial tiene un espesor de aproximadamente 42 cm (Fig. 21).

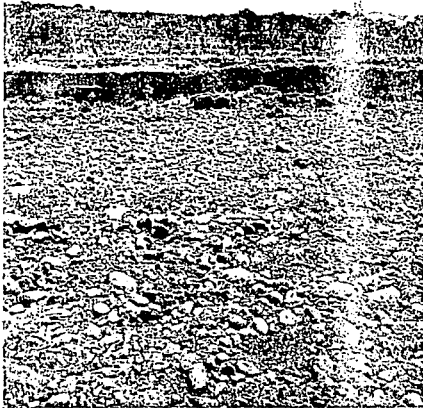


Fig. 21. Llanura de inundación.

De la misma manera se observan estas estructuras al norte de la presa Calles, así como también en la porción oeste del área de estudio. Las

dimensiones de dichas terrazas hacen que aparezcan en el mapa geomorfológico a manera de pequeños manchones, puesto que sus dimensiones en el terreno sobrepasan un kilómetro.

Las terrazas fluviales de Calvillo tienen una expresión clara, tanto por su morfología de dos escalones con superficie, borde y escarpe bien conservados, como por su constitución litológica de aluvión de cauce fluvial, depositado por corrientes de fuerte energía. No son formas del relieve comunes en el altiplano de México y tampoco es frecuente la construcción de poblaciones en éstas, lo contrario de lo que ocurre en latitudes altas.

La formación de terrazas fluviales como estas, se produce en condiciones de un cambio de nivel brusco, provocado por influencia del clima o la actividad tectónica.

La poca altura que alcanzan los dos peldaños con respecto al cauce fluvial, reflejan una edad de pocos miles de años, tal vez de fines del Pleistoceno. Ya que se trata de un rasgo local, es posible suponer que tienen influencia las fallas geológicas que controlan el valle, considerado por Aranda (1989) un graben. Lo anterior debe complementarse con etapas de fuerte escurrimiento que da lugar a una rápida disección vertical.

Los depósitos son de gran espesor, llegando a tener hasta cinco metros y

medio (Fig. 20).

8. Planicies

Ocupan la parte central del área en estudio que corresponde al graben de Aguascalientes, así como también la porción más oriental. Las primeras se clasificaron en dos niveles, el más importante en extensión, entre 1800 y 1900 msnm, es el más bajo y ocupa la región centro-sur. En tanto que al norte, se localiza una planicie a un nivel más alto: entre 1900 y 2000 m.

Los valores máximos, tanto de profundidad como de densidad de disección, se localizan al sur, siendo estos de 30 m y de 1 Km/Km² respectivamente.

Los distintos niveles que presentan las planicies, obedecen posiblemente a las características del relieve preexistente: escalones tectónicos y rampas de piedemonte. Aunque cabe mencionar que también es posible que se hayan desarrollado posteriormente.

Las planicies orientales presentan tres niveles altitudinales: el superior, de 2000 a 2100 msnm (en la porción centro-oriental); un nivel intermedio de 1900 a 2000 msnm (al sur); y por último, al norte el más deprimido, de 1800 a 1900 msnm.

Los valores de densidad de disección son de de 0 a 1 Km/Km², y los de profundidad oscilan entre menos de 10 a 30 m. Esta zona representa la unión entre la Sierra Madre Occidental y la Mesa Central.

Los materiales que componen las planicies, de manera general son proluviaciones, aluviones y en gran medida tepetates. Estos son resultado de la alteración de la riolita, son suelos duros que evitan la erosión y son poco permeables, razón por la cual, aunque probablemente existan depósitos aluviales sepultados, no están expuestos en superficie.

En el estado de Aguascalientes y de acuerdo con un estudio realizado por Rodríguez y Caballero (inédito), existen dos tipos de tepetate: duripanes y petrocálcicos, aunque están presentes en mayor medida los primeros. La distribución de éstos se circunscribe a casi toda la porción oriental del estado y una parte del centro-oeste (Fig. 22), esto afecta en gran medida la agricultura.

Los proluviaciones (depósitos de desembocadura de corriente fluvial) están localizados en la zona de contacto entre las mesas riolíticas y la planicie, esto se explica por la ruptura de pendiente que obliga a los escurrimientos a depositar sus materiales flanqueando dicho territorio. Las mismas características se aprecian en forma clara en la porción centro-norte del graben, así como también en la porción norte de las planicies orientales.

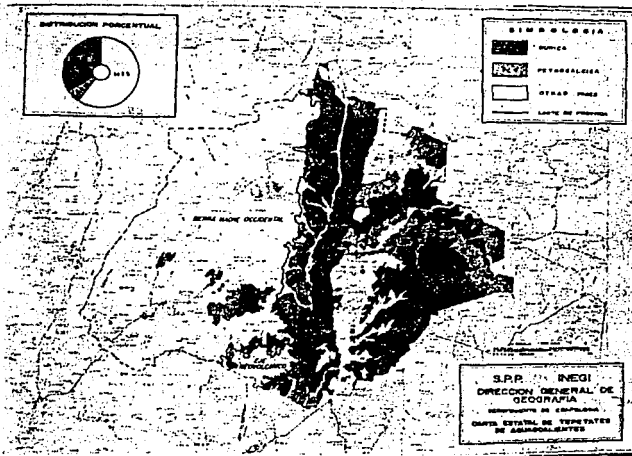


Fig. 22. Distribución de los tepetates en Aguascalientes de acuerdo con Rodríguez y Caballero.

Los aluviones están localizados en las porciones más deprimidas del territorio en estudio. Son producto del transporte fluvial y representan la parte más distal de los depósitos de abanico.

Además de lo anterior, hay que mencionar la existencia de ambientes lacustres, fenómeno que se deduce por la presencia de algunos depósitos observados en el campo. Esta misma idea se fundamenta por la posición altitudinal que guardan estas estructuras con respecto a las regiones adyacentes, al captar todos los escurrimientos fluviales.

Al mismo tiempo, las planicies son zonas de recarga acuífera, que hasta la

fecha se han explotado para mantener no solamente las necesidades de agua que requieren las ciudades más importantes (Aguascalientes, Calvillo Rincón de Romos, Tepezalá, etc.), sino también para abastecer la actividad industrial que ha tenido, un desarrollo considerable a partir de 1985.

La sobreexplotación de los mantos acuíferos localizados en el subsuelo de las planicies, se ha reflejado en superficie con la formación de grietas (Fig. 23) que amenazan los asentamientos humanos e industriales. Esto último es de especial relevancia ya que constituye un fenómeno natural que pone en riesgo la seguridad social.



Fig. 23. Presencia de grietas de una longitud considerable, resultado de la sobreexplotación de los mantos acuíferos. Parque el Centenario, en la ciudad de Aguascalientes.

A partir de 1981, en la ciudad de Aguascalientes se reportó la presencia de una serie de grietas con un movimiento relativo (Fig. 24), mismas que con el transcurso del tiempo han causado considerables daños en edificios, calles y el drenaje, razón por la cual Aranda-Gómez (1986) realizó un estudio sobre las posibles causas de este fenómeno.



Fig. 24. Daños causados por la existencia de grietas en la ciudad de Aguascalientes que muestran deformación con desplazamiento.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se señala que las grietas en la ciudad de Aguascalientes no pueden considerarse como una real evidencia de que esta zona se encuentre tectónicamente activa, pues tiene una gran influencia

la sobreexplotación de los acuíferos (de 3 m/año en 1993: Excelsior, 14 de junio). No obstante lo anterior, esta área puede estar controlada indirectamente por la estructura regional, ya que las grietas son posiblemente el reflejo de las estructuras existentes bajo el material aluvial.

Las observaciones hechas directamente en el campo, así como en el fotomapa de la ciudad (1:20 000), donde el Ing. Jesús Olivera (jefe del Departamento de Geología del INEGI, Ags.) marcó las grietas, permitieron reconocer que éstas (Fig. 25) se presentan principalmente en las márgenes del graben y se orientan de sur a norte, definiendo con precisión la fosa tectónica.



Fig. 25. Las grietas observadas en el campo siguen un lineamiento norte-sur, en la zona correspondiente al margen oriental del graben de Aguascalientes.

Es poco probable que las grietas se hayan formado sólo por el asentamiento de las capas superiores, provocado por la extracción de agua del subsuelo, ya que, en este caso, las grietas con mayor probabilidad se forman en varias direcciones, como se observó en casos semejantes en la cuenca de México (Lugo et al., 1991).

Tampoco es favorable que se trate de un fenómeno tectónico, ya que la formación de grietas ha sido rápido y situado en la zona urbana. Por lo anterior, coincidimos con la hipótesis de Aranda (op.cit.) en el sentido de que la extracción del agua del subsuelo provoca un hundimiento que ha permitido que las estructuras sepultadas (fallas o contactos) se marquen en la superficie.

APLICACIONES

Los estudios geomorfológicos son de gran aplicación porque el conocimiento del relieve permite su mejor utilización, lo mismo en la búsqueda de recursos que en el aprovechamiento de los mismos y en la planificación.

El caso del agrietamiento en la ciudad de Aguascalientes en gran parte un problema geomorfológico, relacionado con las aguas subterráneas y las estructuras sepultadas. En este caso, los estudios de detalle deben incluir distintos métodos para el análisis del relieve, junto con otros, geológicos, de mecánica de suelos, etc.

La construcción de presas para captar agua requiere entre otros estudios, los geomorfológicos, primero para la localización del sitio; segundo, en relación con los recursos hídricos, en lo que son muy útiles los mapas morfométricos y geomorfológico.

Los métodos geomorfológicos se aplican en la búsqueda de yacimientos minerales, por ejemplo, la presencia de domos asociados con rocas distintas, las antiguas calderas que pueden inferirse a partir de la geomorfología, los cortes

verticales por la erosión que pueden exponer en la superficie yacimientos ocultos. Estos métodos son aplicables en la zona estudiada y contiguas.

La geomorfología ayuda también a reconocer las localidades más favorables para la extracción de materiales para la construcción. Se pudo observar en la región, el aprovechamiento de depósitos aluviales, incluso una cantera en un paleovalle. Por otro lado, las riolitas de la Sierra Madre Occidental, desde la época de la colonia fueron utilizadas en las grandes construcciones de palacios e iglesias, como en Aguascalientes, Zacatecas y muchas ciudades más.

Las poblaciones principales, Aguascalientes y Calvillo fueron construidas en relieves favorables, una planicie y terraza aluvial, respectivamente. Pero, como sucede actualmente en muchas poblaciones de la República Mexicana, crecen en forma anárquica, por un lado, a costa de recursos útiles como el agua y el suelo, y por otro, hacia zonas desfavorables, donde se incrementan los riesgos, por inundación, procesos de remoción en masa, etc. Para una adecuada planificación, los estudios geomorfológicos son indispensables.

CONCLUSIONES

1. Las elevaciones menores asentadas sobre las divisorias son localidades donde se produjeron emanaciones de magmas ácidos, y fueron levantadas con mayor intensidad. Son formas resistentes a la erosión.
2. Las mesas riolíticas son resultado de la disección vertical de la gran meseta de la Sierra Madre Occidental que queda desmembrada en mesas menores, separadas por cañones, inclinadas y escalonadas, debido a los procesos de acumulación volcánica y a los movimientos tectónicos contemporáneos y posteriores.
3. Las mesas de conglomerado y arenisca presentan formas alargadas y están sujetas a procesos de erosión fluvial y de ladera de poca intensidad, por alta resistencia de la roca de la porción superior.
4. Las mesas y lomeríos de calizas y lutitas, son formas del relieve plegadas que fueron cubiertas por material volcánico, y que están siendo expuestas por la erosión fluvial, en lo que es una nueva etapa de formación del relieve.

5. Las planicies de la zona en estudio presentan un escalonamiento, resultado de movimientos tectónicos y rampas de piedemonte preexistentes.
6. La sobreexplotación de acuíferos en la ciudad de Aguascalientes ha originado una serie de grietas que tienen gran impacto económico y social. Estas grietas son resultado de un hundimiento que refleja las estructuras ocultas bajo el material aluvial, es decir, pueden estar controladas indirectamente por fallas regionales.
7. La parte oriental del territorio se caracteriza por una acumulación mayor de rocas volcánicas, en relación con la contigua occidental, y es una zona de transición entre la Mesa Central y la Sierra Madre Oriental.
8. Los depósitos de materiales, resultado de la interacción de los procesos endógenos y exógenos, rellenaron la porción central del área en estudio.
9. La erosión ha sido un proceso muy lento, por la homogeneidad, dureza y magnitud de las rocas riolíticas y en general es poco común en su tipo, en el mundo, por lo que debe considerarse de manera particular.

BIBLIOGRAFIA

- ALCANTARA, i. (1992). "Estudio Geomorfológico preliminar del estado de Aguascalientes". XIII Congreso Nacional de Geografía, Aguascalientes.
- ARANDA, José Jorge. (1989) "Geología preliminar del graben de Aguascalientes". UNAM. Inst. de Geología, Revista, vol. 8, núm. 1.
- BASHENINA, N.V. (1977). "Cartografía geomorfológica". Ed. Visshaya Shkola. Moscú (en ruso).
- BOCCO, V. (1984). "Cartografía geomorfológica del El Bajío y porciones adyacentes. 1:250 000". Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, No. 11.
- COQUE, R. (1984). "Geomorfología". Alianza Editorial, Madrid.
- DAVILA, MARTINEZ y MITRE. (1988). "Las rocas precretácicas del Estado de Aguascalientes y su entorno estratigráfico". UNAM. Inst. de Geología, Tercer Simp. Geol. Reg. México.
- DEMEK, E. (1978). "Guide to medium-scale geomorphology mapping". Stuttgart verlagsbuchunlung.
- DERRAUX, M. (1981). "Geomorfología". Ed. Ariel, Barcelona.
- GARCIA, E. (1987). "Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen". México.
- GOMEZ, J.C. (1981). "Método Climático De Fina en la Aplicación de la Agricultura en el Estado de Aguascalientes". UNAM, México.

- GOMEZ, J., MUÑOZ, J. y ORTEGA, N. (1982). "El pensamiento geográfico". (Estudio interpretativo y antología de textos). Alianza Ed., Madrid.
- HORTON, R.E. (1945). "Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology". Bull. Geol. Soc. Am., 56:275-370.
- MCDOWELL, F. y CLABAUGH, S.E. (1981). "The igneous history of the Sierra Madre Occidental and its relation to the tectonic evolution of western Mexico". UNAM, Inst. de Geología, Revista, v.2, p.195-206.
- MITRE y DAVILA. (1987). "Una discontinuidad mayor en los Estados de Aguascalientes y Guanajuato", UNAM. Inst. de Geología, Segundo Simp. Geol. Reg. México.
- MITRE, DAVILA y MARTINEZ. (1989). "Relaciones estructurales de la magafalla Aguascalientes-León con las fosas tectónicas de Calvillo y Tabasco, Estados de Aguascalientes y Zacatecas". UNAM. Inst. de Geología, Tercer Simp. Geol. Reg. México.
- MORAN, D. (1984). "Geología de la República Mexicana". SPP, INEGI, México.
- LABARTHE, AGUILLON, TRISTAN y JIMENEZ. (1987). "Geología del área de Asientos-Tepezalá, Estado de Aguascalientes y su correlación con otras áreas de los Estados de San Luis Potosí y Zacatecas". UNAM. Inst. de Geología, Segundo Simp. Geol. Reg. México.
- LOPEZ RAMOS, E. (1985). "Geología de México". Tomo II, Edición Escolar, México.
- LUGO, J. (1988). "Elementos de Geomorfología Aplicada". (Métodos Cartográficos) UNAM. Inst. de Geografía.
- (1989). "Diccionario Geomorfológico". UNAM, México.

----- (1990). "El relieve de la República Mexicana". UNAM. Inst. de Geología, Revista, vol. 9, núm. 1.

----- (1992). "Morfometría de la República Mexicana". C.S.I.C., Madrid.

MILLER, A. (1970). "La Piel de la Tierra". Ed. Alhambra, Madrid.

ORTEGA-GUTIERREZ. (1992). "Texto explicativo de la quinta Edición de la carta geológica de la República Mexicana escala 1:2000 000". UNAM, Inst. de Geología, México.

PALACIO, J.L. (1983). "Geomorfología de la región de Cuernavaca-Tenancingo-Ixtapan de la Sal, en los estados de Morelos y México". Boletín del Inst. de Geografía, UNAM, No. 13, Mexico.

RAISZ, E. (1961). "Landforms of Mexico". (mapa con texto, escala 1:3 000 000). Cambridge, Mass.

RODRIGUEZ y CABALLERO. (1992). "Cartografía de los tepetates del Estado de Aguascalientes, Esc. 1:250 000 y algunos aspectos físicos y químicos". INEGI (Inédito).

SECRETARIA DE PROGAMACION Y PRESUPUESTO. (1981). "Síntesis Geográfica de Aguascalientes".

SPIRIDIONOV, A.I. (1952). "Cartografía Geomorfológica". Editorial Estatal de Literatura Geográfica; Moscú (en ruso).

STRAHLER, A. (1982). "Geografía Física". Ed. Omega, Barcelona.

CARTOGRAFIA

ATLAS NACIONAL DE MEXICO, (1990). Coordinado por A. García Silberman. Instituto de Geografía, UNAM, México.

LUGO-HUBP y CORDOVA FERNANDEZ. (1990). Morfogénesis (mapa de la República Mexicana), Hoja Geomorfología 1, núm.IV.3.3, escala 1:4000 000.

LUGO-HUBP, ACEVES y CORDOVA. (1990). Hoja Morfometría 2, hoja IV.3.2, escala 1:8000 000.

LUGO-HUBP, ACEVES y GARCIA-ARIZAGA. (1990). Mapas morfométricos de la República Mexicana: (1) Niveles de base de erosión, (2) Niveles de cimas, (3) Profundidad de disección, (4) Densidad de disección, Hoja Morfometría 1, núm. IV.3.1, escala 1:8000 000.

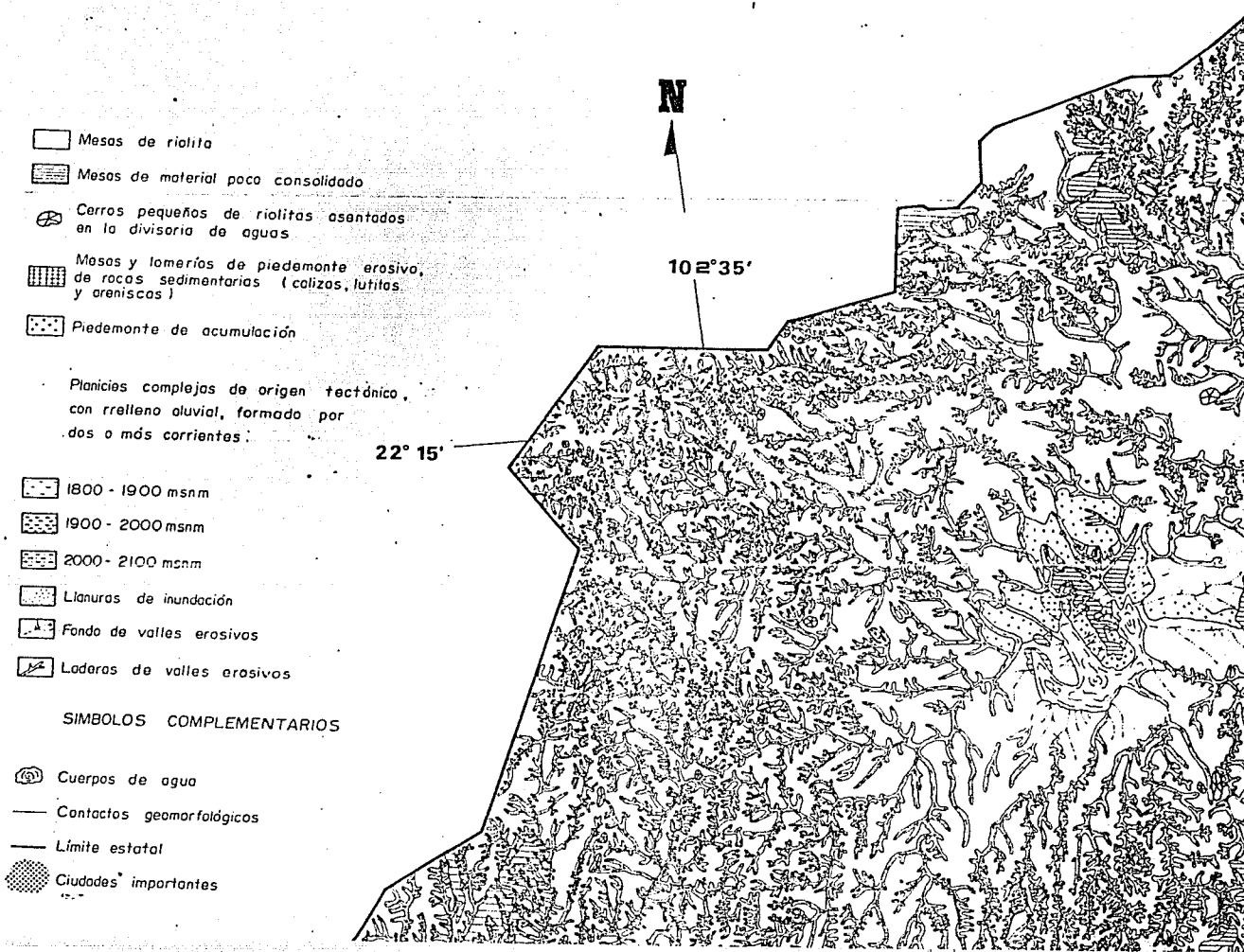
CETENAL, (1971). Cartas topográficas y geológicas 1:50 000:

- F13B78, Ciudad Cuauhtémoc
- F13B79, Luis Moya
- F13B87, Presa El Chique
- F13B88, Presa Presidente Calles
- F13B89, Rincón de Romos
- F14A81, Villa García
- F13D17, Calvillo
- F13D18, Jesús María
- F13D19, Aguascalientes
- F14C11, Palo Alto
- F13D27, Jalpa
- F13D28, Villa Hidalgo
- F13D29, Encarnación de Díaz



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

MAPA GEOMORFOLOGICO



FOLOGICO

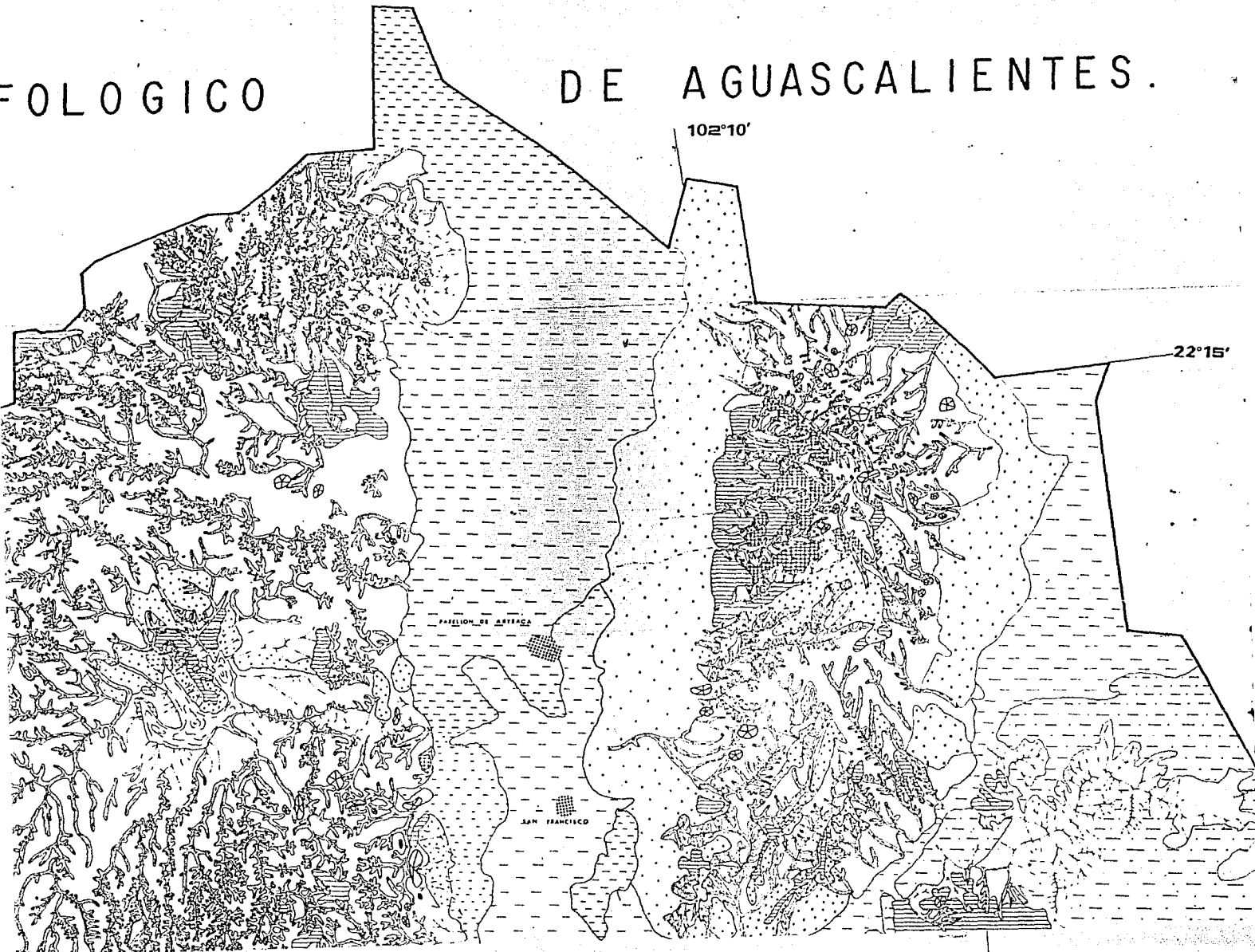
DE AGUASCALIENTES.

102°10'

22°15'

PARCELAS DE ABRIL

SAN FRANCISCO



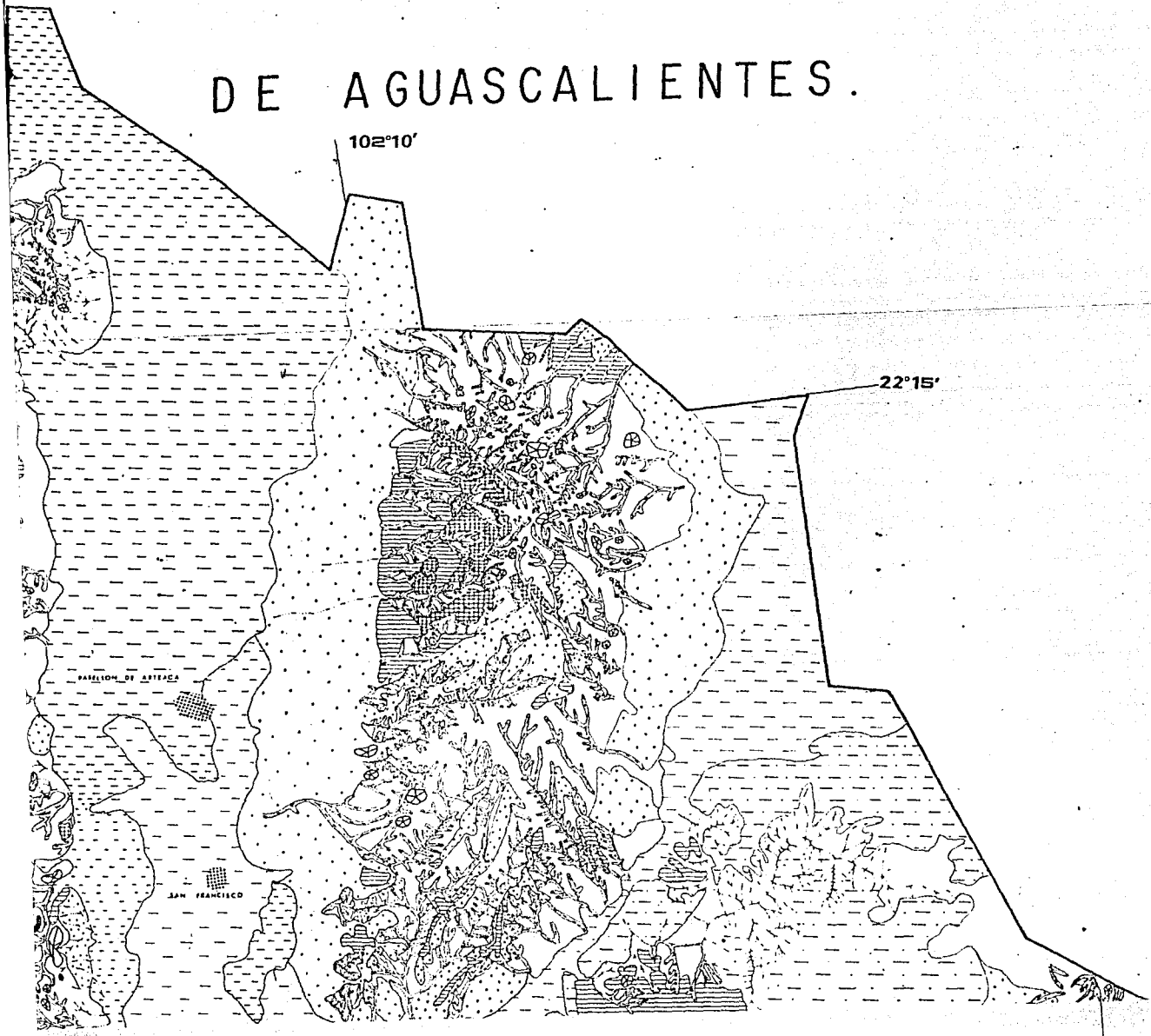
DE AGUASCALIENTES.

102°10'

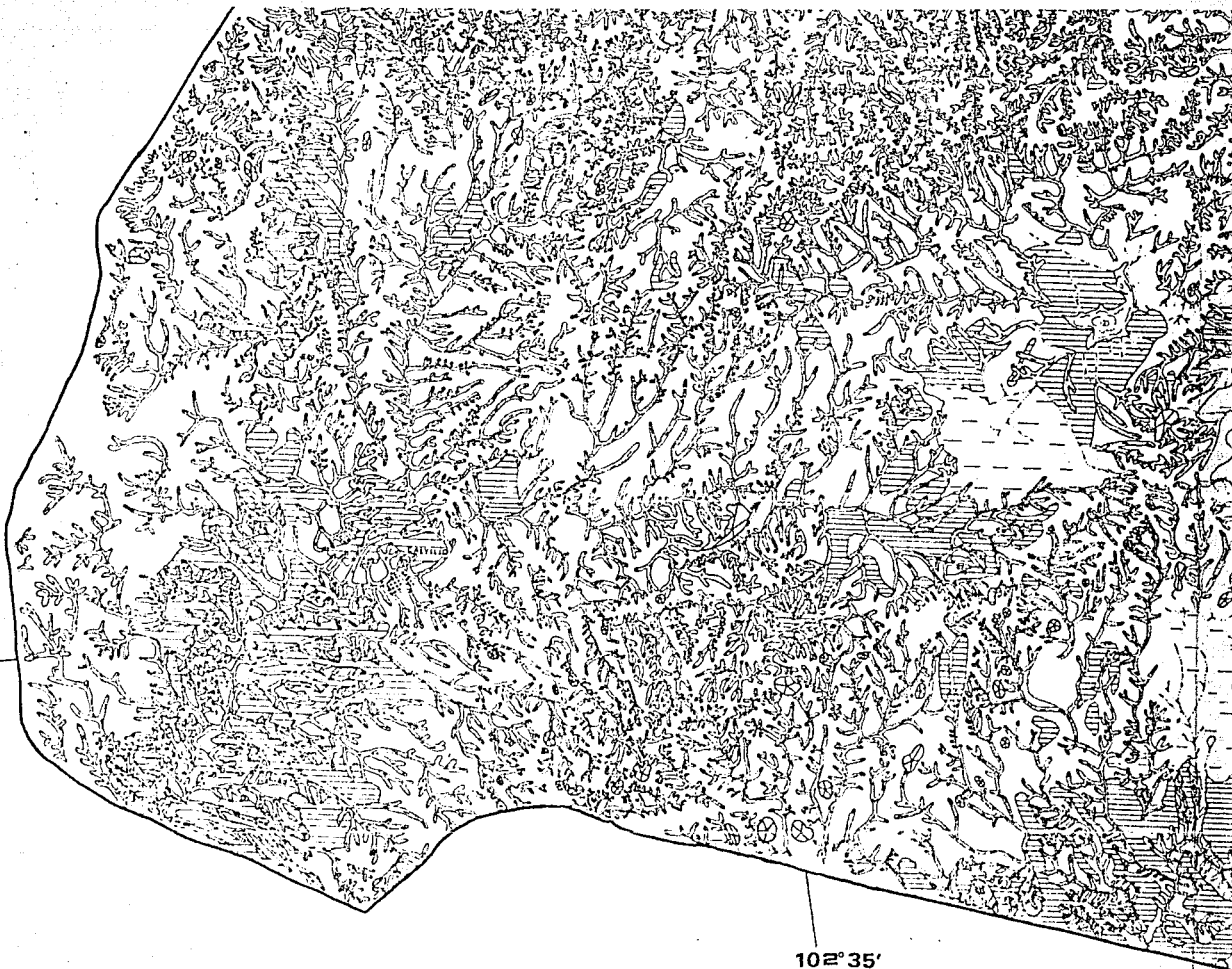
22°15'

PARISH OF ARTIFACA

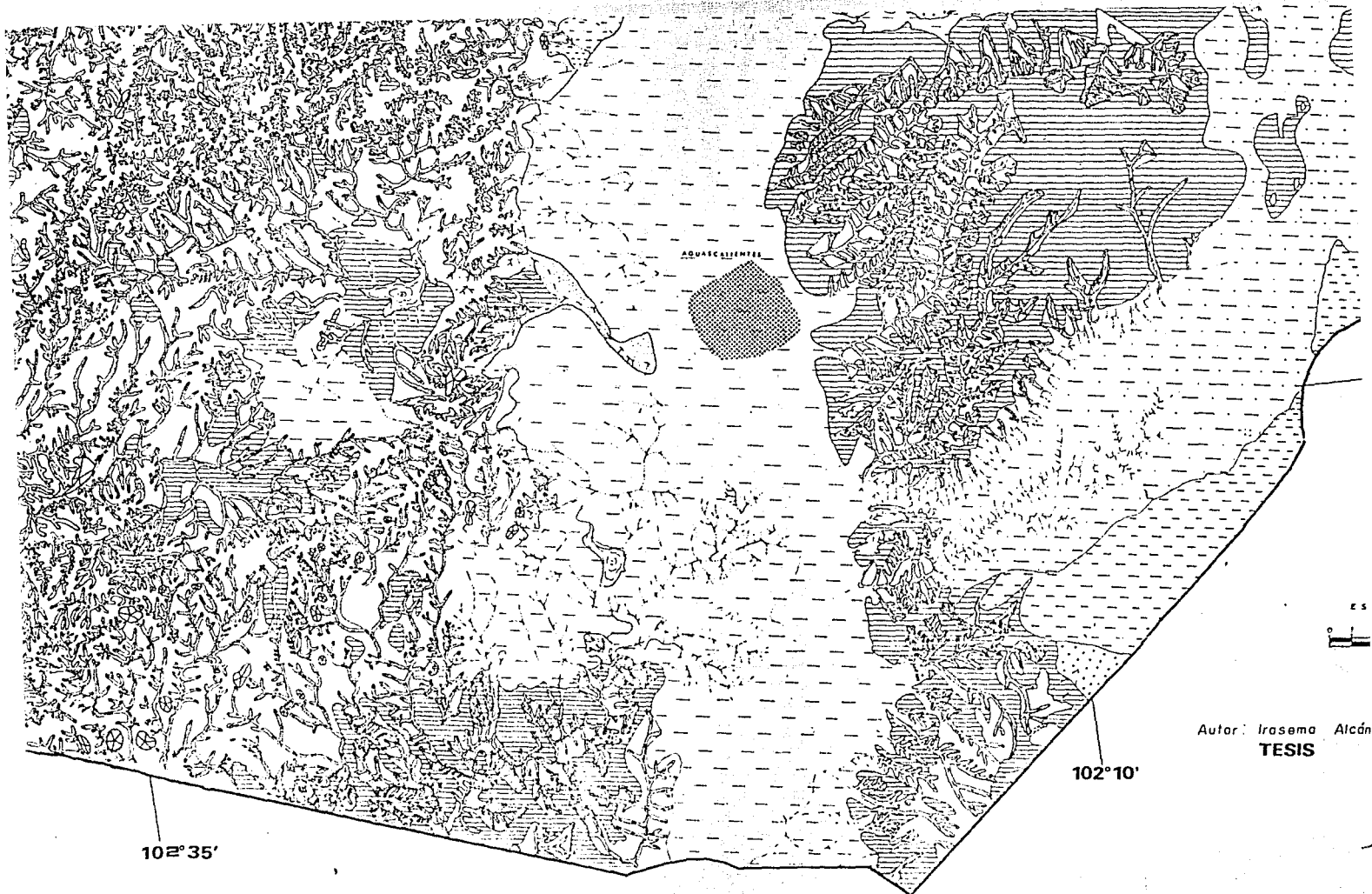
SAN FRANCISCO

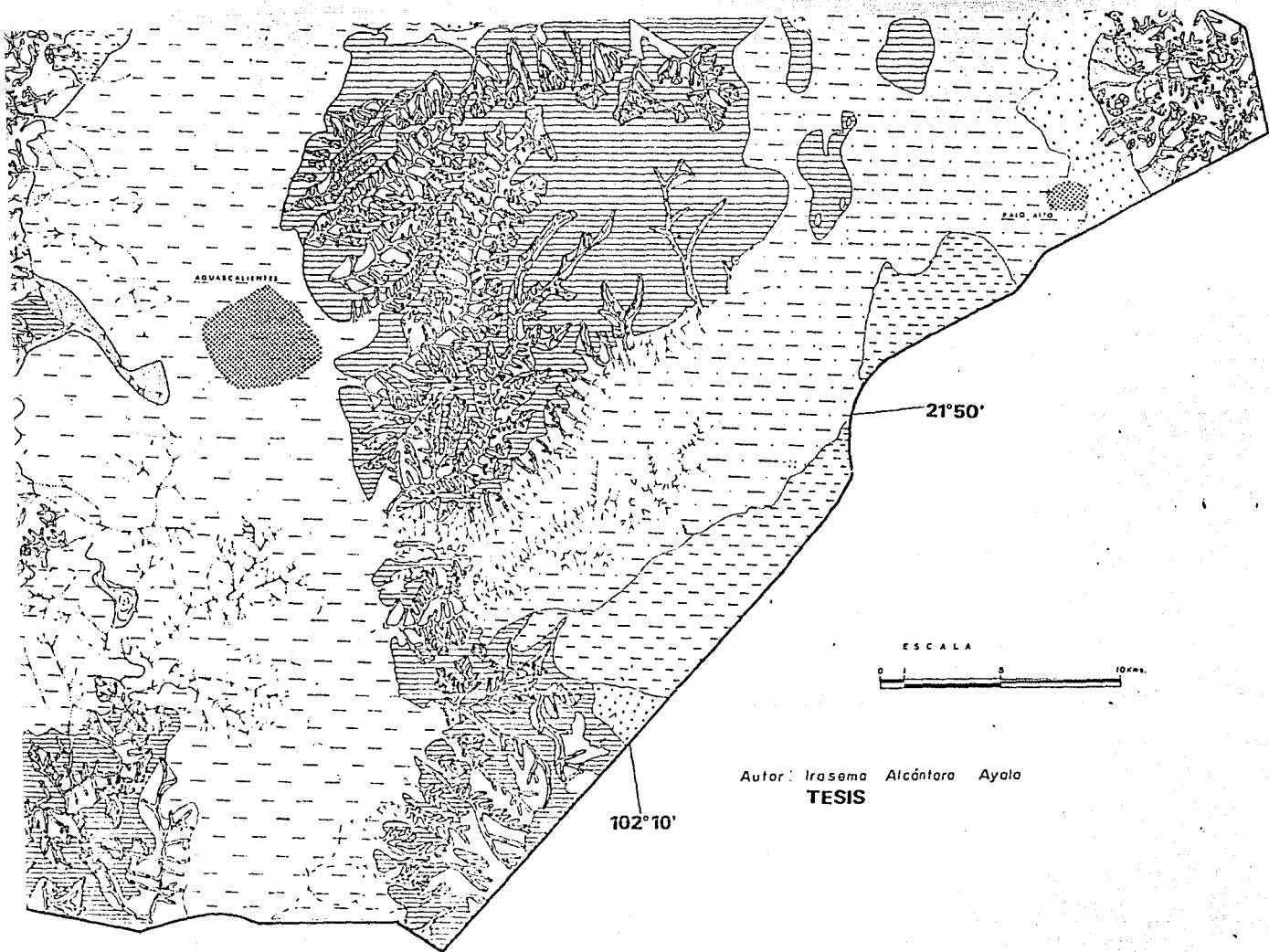


21° 50'



102° 35'





AGUASCALIENTES

$21^{\circ}50'$

ESCALA



Autor: Irasema Alcántara Ayala

TESIS

$102^{\circ}10'$