

Z 5053.08
UNAM
1967.

ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS DE LA CUENCA
DEL RIO CHURUBUSCO



JORGE FDO. CERVANTES BORJA
TESIS PROFESIONAL
COLEGIO DE GEOGRAFIA, FAC.
DE FILOSOFIA Y LETRAS UNAM.
JUNIO, 1967.

TGg 0215



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 esta 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.

A MIS PADRES
A MIS HERMANOS

A MIS MAESTROS

Con mi mayor gratitud y respeto dedico esta tesis a los profesores Gilberto Hernández Corso y Rubén López Recéndez, quienes me indujeron al camino de la geomorfología, así como al Dr. Rómulo Santana, Director del Instituto de Geografía de Chile, por sus valiosas indica ciones.

Hago constar mi agradecimiento, por su colaboración en esta tesis, a las siguientes personas:

Srita. Consuelo Soto Mora, Directora del Instituto de Geografía, U.N.A.M.; Lic. Alejandro Maya; Ing. Nicolás Aguilera; Srita. Delia Luna; Sr. Julio Sánchez; Sr. Ignacio Peimbert; Sr. Humberto Robles; Sra. Atlántida Coll y Sra. Ma. del Carmen Medina.

INDICE

Página

I.	GENERALIDADES	
	Justificación del estudio	1
II.	BREVE DESCRIPCION DE LA CUENCA DE MEXICO	
	Posición geográfica.	4
	Ubicación	4
	Límites	4
	Colindancias	5
	Superficie de la cuenca	5
	División política.	5
	Descripción física	5
	Geología	7
III.	LA CUENCA DEL RIO CHURUBUSCO	
	Area y límites	10
	Descripción física	10
	Climatología	12
	Vegetación	13
IV.	LAS GRANDES UNIDADES	
	La región montañosa	15
	Zona del talud transicional	16
	La zona baja	17
V.	GEOLOGIA	19
	Estratigrafía	23
	Depósitos del Terciario Superior.	25
	Depósitos del Cuaternario	28
VI.	CLIMATOLOGIA	35
	La circulación atmosférica	35
	Efectos de la vegetación en la temperatura	39
	Efectos de la altitud en la temperatura	39
	Precipitación	41
	Períodos y tipos de precipitación	41
	Tipos y subtipos de clima	42
VII.	GEOMORFOLOGIA	
	1.- La influencia de la precipitación en el modelado	44
	Formas de ataque de la lluvia en las rocas duras	46
	El ataque en los materiales clásticos	47
	La acción mecánica	47
	2.- El intemperismo	49
	La influencia de la acción solar	49
	La acción de la helada	49
	3.- El poder de absorción.	50
	Clasificación de los acuíferos	52

	Página
VIII. LA HIDROLOGIA	55
Los factores del balance hídrico	56
La escorrentía	59
La infiltración	60
Las corrientes formadoras del río Churubusco	61
El río Eslava	65
Dinámica del río	69
El río de la Magdalena	71
Dinámica del río	74
El río Mixcoac	77
Hidrología de la zona de las barrancas	84
Barranca de Anzaldo	84
Barranca de la Providencia	88
Río San Angel	88
Río barranca de Guadalupe	92
Río Barranca del Muerto	97
IX. CAUSAS Y FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCION DE LAS CRECIENTES EN LAS CUENCAS.	100
Los factores meteorológicos	100
Los factores biológicos	101
Los factores geográficos	103
X. PROBLEMA DE CONSERVACION DE LOS SUELOS Y LOS BOSQUES Conservación del suelo	105
Conservación del suelo	106
XI. ELABORACION DE LA CARTA GEOMORFOLOGICA	109
Morfometría y morfografía	110
Morfogénesis	111
La edad de las formas	114
XII. CONCLUSION	116

GENERALIDADES

I.- JUSTIFICACION DEL ESTUDIO.

Los estudios de Geomorfología en México son pocos, y la mayor parte de ellos siguen los antiguos criterios fisiográficos según las ideas de la escuela geomorfológica americana.

El presente estudio tiene por objeto visualizar hasta donde de las posibilidades nos permitan, una zona de la Cuenca de México bajo un nuevo concepto de la Geomorfología; que en la actualidad participa como una de las ramas más importantes de la Geografía Física y por lo tanto de la Geografía General.

La Cuenca de México no sólo es interesante desde el punto de vista humano sino también desde el punto de vista físico, debido a que las continuas transformaciones evolutivas de la cuenca en su paisaje físico han repercutido también en el paisaje cultural.

Aprovechando los estudios realizados hasta la fecha y como un aporte al estudio integral necesario de toda la Cuenca de México se ha preparado este trabajo estudiando una subcuenca enclavada en la parte suroeste, y que corresponde a la zona en donde se encuentran las corrientes formadoras del Rio Churubusco. Dicha región se ha delimitado según el criterio de la Secretaría de Recursos Hidráulicos - que clasifica todas las corrientes de la Cuenca de México y establece once zonas hidrológicas.

En esta clasificación la zona hidrológica número dos es la que -

corresponde a las corrientes formadoras del Río Churubusco participando así de nuestra área de estudio, la cual se inicia con el Río Eslava y termina con el Río Mixcoac en las vertientes interiores de las Sierras de las Cruces y Ajusco.

La Cuenca del Río Churubusco es una de las más lluviosas, de manera que si a este factor se combinan las características geológicas y topográficas, además de otros factores no menos importantes, dará por resultado que en esta región se tengan fuertes escurrimientos que juegan un papel importante tanto en el aspecto físico como en el humano. La mayor parte de este avenamiento, al concentrarse en su cauce principal, da origen a fuertes caudales que atraviesan la ciudad de México representando con ello una amenaza latente a la tranquilidad de la ciudad. Este peligro se acentúa sobre todo durante los periodos de grandes precipitaciones que originan avenidas en los ríos, produciendo inundaciones que, hasta hace algunos años, causaban cuantiosos daños.

La Secretaría de Recursos Hidráulicos, por medio de la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, ha hecho una serie de estudios encaminados a resolver todos los problemas que bajo este aspecto acusa la cuenca en general y en esta forma dar amplia seguridad a los habitantes que moran en ella.

En este estudio de geomorfología aplicada a la cuenca hidrológica No. 2, no se tiene como meta resolver el problema creado por fenómenos físicos y humanos, cosa que es por demás difícil de analizar en un estudio breve como éste. Se pretende demostrar cua-

les son las aportaciones que el nuevo método geomorfológico puede - dar a otras disciplinas, para que, conjuntamente con ellas, se analicen los problemas en forma cuantitativa y cualitativa y por ese camino se puedan llegar a resolverlos.

Debido a las grandes limitaciones, tanto de tiempo como económicas, que se tuvieron para realizar este trabajo, además de la carencia de equipo y material necesario, no fué posible llevar a cabo un estudio particular de la morfología por lo que este trabajo se presenta en forma generalizada tratando de que la morfogénesis actual sea lo más explicativa posible. Este trabajo constituye el primer paso encaminado al conocimiento general de toda la cuenca en su aspecto geomorfológico y las críticas que se le hagan serán bien recibidas así como aquellas orientaciones que sean de utilidad a la obra.

Jorge Fernando Cervantes Borja.

II BREVE DESCRIPCION DE LA CUENCA DE MEXICO.

Posición geográfica.- De acuerdo con las últimas delimitaciones aceptadas, la posición geográfica de la cuenca de México es la siguientes:

Al norte $20^{\circ} 11' 09''$ latitud norte

Al sur $19^{\circ} 03' 53''$ latitud norte

Al Este $98^{\circ} 11' 53''$ longitud oeste de Greenwich

Al oeste $99^{\circ} 30' 24''$ longitud oeste de Greenwich

Ubicación.- La Cuenca de México se sitúa al extremo sur de la Altiplanicie Mexicana, casi al centro del complejo montañoso que atraviesa la República de oeste a este, aproximadamente a los 19° de latitud norte denominado Eje Volcánico Transversal, complejo al que pertenecen las numerosas sierras que le sirven de límite.

Límites.- Los límites de la cuenca se forman por los numerosos parteaguas de las sierras que la circundan y son: por el norte el parteaguas de las sierras de Tezontlalpan y Pachuca; por el este el parteaguas que corre por los lomeríos que se desprenden de la sierra de Pachuca y que envuelven a los Llanos de Apan, Tohac y Tecocomulco hasta llegar a la sierra de Calpulalpan que después se une a las sierras de Río Frío y Nevada, situadas en dirección norte-sur; al sur de la cuenca el límite lo constituye el parteaguas que corre de este a oeste sobre las sierras de Cuautzín y Chichinautzín; por el oeste, la continuación del parteaguas sobre las sierras del Ajusco, las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo y por último sobre la sierra de Tepetzotlán.

Colindancias.- La Cuenca de México colinda con otras cuencas importantes y está separada de ellas por el complejo sistema serrano que las circunda. Dichas cuencas colindantes son:

Al sur los Valles de Cuautla y Cuernavaca; al oeste el Valle de Toluca; al norte los Valles de Tula y Tulancingo y al este los Valles de Puebla y Tlaxcala.

Superficie de la Cuenca.- La superficie de la Cuenca de México según datos del año de 1960 es de 9600 Km². (antes de esta fecha se aceptaban 8153 Km²). Más tarde se agregaron nuevas áreas que originalmente eran cuencas cerradas y que se han abierto por canalizaciones artificiales aumentando el área a unos 1450 Km².

División Política.- A la cuenca corresponden las cuatro entidades federativas siguientes: Estado de México (58.9 %); Estado de Hidalgo (20.0 %); Estado de Tlaxcala (4.9 %) y el Distrito Federal (que es una dependencia del poder ejecutivo de la Federación) (16.2 %). Las cifras entre parentesis indican la parte proporcional en porcentaje de cada Estado en la cuenca.

Descripción Física.- La cuenca estuvo formada por una serie de lagos de los que actualmente sólo quedan algunos ya en pleno proceso de desecación. La gran cadena montañosa que la limita actuó como una barrera infranqueable para el desagüe de ella, permitiendo así la formación del gran cuerpo lacustre endorreico, abierto por canalización artificial en su parte norte para evitar las inundaciones en la Ciudad de México.

Las altitudes de la Cuenca varían notablemente, encontrán-

dose en la parte más baja elevaciones ligeramente inferiores a los 2250 m.s.n.m. en su mayor parte; en tanto que en las cimas de las montañas se alcanzan alturas que median entre los 3000 m.s.n.m. hasta alcanzar su máximo en la Sierra Nevada en donde sobrepasan los 5000 m.s.n.m.

La Cuenca tiene un contorno irregular, adopta una forma aproximadamente elíptica alargada de norte a sur. Su longitud, desde la Sierra de Chichinautzin en el sur hasta las regiones semiáridas de Pachuca en el norte, es de unos 120 Km aproximadamente; su anchura, desde las Sierras de Monte Alto y Monte Bajo en el oeste a la Sierra de Calpulalpan en el este, es de unos 130 Km.

La posición de la Cuenca en el extremo sur de la Altiplanicie y en el centro del complejo volcánico que atraviesa la República de oeste a este la sitúa en una área que ha sido sometida a esfuerzos tectónicos de importancia desde principios del Terciario. Estos esfuerzos tectónicos produjeron levantamientos que fueron acompañados de fracturas tensionales por las que se provocó un vulcanismo de gran importancia. Grandes masas extrusivas ascendieron y se despararon sobre la superficie formando volcanes y domos, sepultando planicies e inundando valles, lo que repercutió en el drenaje que fué obstruccionado en tal forma que dió origen a la formación de cuencas cerradas. En el transcurso del Terciario las erupciones volcánicas formaron acumulaciones potentísimas de material volcánico a tal grado que existen zonas en donde estos materiales alcanzan espesores de 2000 m. o más; todas estas acumulaciones sepultaron los sedimentos

marinos que sólo afloran en anticlinales generalmente dirigidos de norte a sur, hacia la región de Tula en el norte y en la región del Alto Amacuzac por el sur.

Pocas regiones del mundo exhiben una variedad tan prodigiosa en formas volcánicas como la Cuenca de México, formas que según su edad geológica se encuentran en diferentes grados de conservación: unas perfectas, casi recientes, como el volcán del Popocatepetl y los cerros de la Sierra de Santa Catarina, otras antiguas, erosionadas y desgastadas, como los cerros que forman el complejo de la Sierra de Guadalupe.

Del gran cuerpo lacustre que existió en los últimos tiempos del gran período glacial sólo quedan actualmente como testimonio varios lagos someros, de los cuales el de Texcoco es el mayor y el más bajo dentro de la planicie; le sigue en importancia el Lago de Zumpango, pero ambos se encuentran ya en etapa de desecación completa.

Geología (19).- Los materiales depositados durante el Terciario Medio con formaciones a base de tobas, conglomerados volcánicos, brechas y lavas de composición petrográfica diversa, forman las bases de las sierras que limitan la Cuenca de México al este y al oeste, así como también forman el núcleo de las Sierras de Guadalupe, Patlachique y Pachuca. Del complejo volcánico Terciario es difícil reconocer hoy día formas volcánicas individuales debido a que la erosión las ha deformado completamente. Estos elementos del Terciario Medio se encuentran coronados por los últimos restos de grandes volcanes Pliocénicos que derramaron sus lavas en un paisaje previamente nivela-

do por fuertes procesos exógenos actuantes. Posterior a un período tectónico que produjo afallamientos en bloque durante el Plioceno Medio, se formaron abanicos aluviales que descendieron por los flancos de las sierras de Las Cruces y Nevada hacia la parte central de la cuenca.

Es probable que a finales del Terciario (Plioceno Superior), hayan tenido lugar las importantes erupciones de aludes ardientes y lahares cuyas superposiciones acumuladas formaron las extensas lomas de los flancos interiores de las sierras de Las Cruces y Nevada, constitución que se conoce como formación Tarango inferior, con lo que de hecho, se cierran las manifestaciones del vulcanismo Terciario.

Después de un ciclo de erosión en el que el escurrimiento de las aguas se producía en el espacio dejado entre las sierras de Las Cruces y Nevada, con dirección hacia el sur, para irse a verter a la cuenca del Río Amacuzac, se desarrolló un vulcanismo de tipo andesítico - basáltico durante los períodos del Cuaternario Medio y Superior. Este vulcanismo que aún perdura hasta nuestros días, tal como lo prueban las erupciones del Xitli (2400 años) y la continua actividad del Popocatepetl, trajo como consecuencia el cierre del desagüe hacia el sur provocando la formación de grandes lagos someros, que a finales de la última glaciación inundaban toda la parte baja. Además, las continuas efusiones volcánicas acumularon grandes cantidades de materiales extravésados que eran cortados por los torrentes formados durante los períodos diluviales; en esta forma -

^{el} valle quedó transformado en un conjunto de subcuencas hidrológicas-tributarias del gran cuerpo lacustre. La mayor parte de estas subcuencas se han conservado hasta la fecha en su sitio variando sólo las formas de sus redes de drenaje por efecto de su misma evolución.

Una de estas subcuencas, la que pertenece al río Churubusco será el objeto de este estudio.

III.- LA CUENCA DEL RIO CHURUBUSCO.

Area y Límites.- Esta cuenca se encuentra situada al suroeste de la Ciudad de México, en el vértice que forman las sierras del Ajusco y de Las Cruces en su unión al sur de la gran Cuenca de México. De acuerdo a esta posición los límites de la cuenca son: - hacia el este, el parteaguas que corre por el Pedregal de San Angel y que separa las cuencas de los ríos Eslava y San Buena Ventura; hacia el sur, la continuación del mismo parteaguas corriendo ya por las crestas de la Sierra del Ajusco hasta su unión con la sierra de Las Cruces; los límites hacia el oeste y suroeste se forman por diversos parteaguas que corren por las principales eminencias de la sierra de Las Cruces con una marcada dirección norte a sur; por último, el límite al norte lo forma el parteaguas que separa las cuencas de los ríos Mixcoac y Tacubaya y que parte con dirección de oeste a este de uno de los flancos de la Sierra de las Cruces.

Desde el punto de vista político la cuenca se encuentra repartida en cuatro delegaciones pertenecientes al Distrito Federal y sólo una pequeña parte de ella penetra en el Estado de México, abarcando en total una área de 234 Km². Las delegaciones del Distrito Federal en las que se encuentra repartida la mayor parte de la Cuenca son: Tlalpan, La Magdalena Contreras, Villa Alvaro Obregón y Coyoacán; en tanto que la pequeña zona que queda fuera del Distrito Federal pertenece al Municipio de Jalatlaco, Edo. de México.

Descripción Física.- Por ser una zona completamente mar-

ginal la cuenca participa de tres regiones diferentes: desde el punto de vista topográfico; tenemos así una zona montañosa, una zona de elevaciones medias o talud de transición y una zona baja.

La zona montañosa está dividida en dos porciones, una perteneciente a la Sierra del Ajusco y la otra que pertenece a la Sierra de Las Cruces (11) diferenciadas las dos por características litológicas particulares.

La Sierra de las Cruces se encuentra como límite hacia el oeste y suroeste presentando elevaciones de gran altura, tales como las cimas de los cerros de las Palmas, Coyotes y San Miguel que sobrepasan los 3500 m de altitud. La Sierra del Ajusco sirve de límite al sur y presenta también elevaciones por arriba de los 3500 m, sobresaliendo la del Pico del Aguila, en el volcán del Ajusco, con 3937 m de altura. En ambas sierras la configuración del relieve es muy áspero, con grandes escarpamientos y macizos rocosos que coronan las principales eminencias rodeadas de gargantas y barrancas de agreste presentación sólo suavizada en parte por los núcleos de vegetación.

La zona de elevaciones medias o talud de transición se haya -- constituida de un manto de material aluvial y coluvial que cubre el pie de las montañas formando una especie de pie de monte imperfecto; grandes masas de lodos y escombros clásticos se apilan de manera caótica en esta zona formando la rampa transicional de las montañas a las partes bajas de la Cuenca. Todo este material denudado de las partes superiores ha sido arrastrado y depositado en esta región a-

lo largo de grandes períodos de tiempo, de manera que, actualmente, presenta un buen grado de compactación uniforme.

La zona baja se encuentra en cierto modo enmascarada ya que no existe un contraste muy marcado con la zona intermedia. En efecto, las pendientes abruptas de las partes más altas se van suavizando a medida que se desciende y, por otra parte, la ciudad de México ha colonizado toda la parte baja y parte de las zonas medias de tal modo que es todavía más difícil reconocer este límite.

Climatología.- Las grandes paredes montañosas en el suroeste de la cuenca son un obstáculo infranqueable para las masas de aire que sobre todo durante el verano, invaden la región por el noroeste y por el este; además, la forma particular del relieve hace que estas masas de aire asciendan rápidamente provocando enfriamientos adiabáticos que, la mayor parte de las veces, se acompañan con intensas precipitaciones tanto en cantidad como en intensidad. Por lo tanto esta zona es la que registra los mayores índices de precipitación y será la más húmeda de la cuenca.

La conjunción de los fenómenos meteorológicos anteriores hace que esta zona sea la causante de los principales escurrimientos superficiales alimentando además los acuíferos que reintegran el agua por medio de abundantes manantiales y veneros. Por lo tanto, es aquí donde se encuentran las principales cabeceras de captación de los ríos que forman la corriente del Churubusco, tales como el Río de la Magdalena, el Río Mixcoas y el Río Esclava nacidos todos en el límite suroeste de la cuenca y al pié de los macizos rocosos

de las Sierras de Las Cruces y Ajusco.

A medida que se desciende, la precipitación va decreciendo en altura pero sin perder por ello su carácter torrencial, lo que trae como consecuencia que la mayor parte de las corrientes menores nacidas en partes más bajas sean verdaderos torrentes que constituyen un serio peligro a las zonas adyacentes a su curso durante las grandes avenidas, por los destrozos que provocan.

Vegetación.- La vegetación ha sido el foco de ataque del hombre; en las partes bajas la ha arrasado completamente a medida que ha ido ocupando la zona. En la parte del Pedregal de San Ángel está representada por el llamado Palo Loco, (16) un arbusto ticsoso, desprovisto de hojas y con ramas pálidas y carnosas que le da al paisaje un aspecto muy especial.

En la parte colindante a la zona del Pedregal, desde los 2300 m hasta los 3000 m de altura, la vegetación se compone de encinas que en las partes más altas se mezclan con una vegetación de madroños, formando núcleos muy densos. Este tipo de formaciones vegetales ha desaparecido completamente en la zona comprendida entre los 2300 y los 2800 metros de altura y está desapareciendo rápidamente en las partes más altas. Sobre los 3000 m las pendientes de las laderas se cubren de bosques de coníferas; por arriba de los 3500 m la vegetación de pinos se mezcla con la de abetos, en tanto que en las cimas se encuentran pastos y arbustos de pequeño tamaño, relegándose la vegetación boscosa a las pequeñas hondonadas y barrancas intermontanas.

El crecimiento de la ciudad ha originado que esta zona se vea cada vez más invadida en la porción del talud de transición, en la actualidad los límites de la ciudad sobrepasan por término medio los 2400 m de altura. Está por demás decir que la intromisión del hombre en la región ha cambiado notablemente el paisaje natural y, en algunas partes, ha roto completamente el equilibrio natural de la zona. Por esta razón se han desencadenado una serie de fuerzas naturales no previstas, que, aunque aún no demuestran su poder claramente en muchas partes, en otras ya se nota su ataque.

IV.- LAS GRANDES UNIDADES.

De acuerdo con las condiciones topográficas y estructurales tenemos tres grandes unidades representadas por tres elementos-derivados de las formas del relieve. Estos tres elementos de características diferentes es el resultado no sólo de las condiciones litológicas, sino también de una serie de fenómenos morfogenéticos -- que los han formado.

Las unidades referidas son:

1.- La región montañosa

A.-Zona montañosa

B.- Zona de tierras altas

2.- La zona transicional de la montaña a la parte baja, - que sin formar un verdadero pie de monte bien puede ser considerado como tal.

3.- La zona baja en la cual los accidentes topográficos--son mínimos o bien se encuentran enmascarados en parte por las congtrucciones urbanas de la Cú. de México, que tiende a absorber com-pletamente esta región.

I.- La Región Montañosa.

A Zona Montañosa.

Se encuentra bien representada por las mayores elevacio--nos de las Sierras de las Cruces y del Ajusco en las que se presen--tan picos y accidentes con alturas del orden de los 3500 m, de loc--cuales los más importantes son:

Ajusco 3937 m.s.n.m.

El Arrepentimiento 3660 m

La Palma 3789 m

Coyotes 3650 m

Sn. Miguel 3775 m	El Agüaje 3600 m
Las Palmas 3750 m	Panza 3550 m
Gavilanes 3740 m	Cruz de Colica 3540 m.
Picacho 3735 m	Cruz de Tlaxcospango 3510 m
Gachupines 3700 m	Balcón del Explorador 3500 m
Tres Barrancas 3690 m	Media luna 3460 m

Siguiendo a esta zona de grandes elevaciones y dentro de la misma unidad se presenta una subregión que constituye la:

B.- Zona de tierras altas, comprendida entre los 3400 y los 3000 m de altura, en donde las principales elevaciones están constituidas por grandes macizos rocosos que coronan sus cimas. La formación de esta zona se debió a los grandes derrames de lavas que afloraron de los conos superiores, de ahí que presenten actualmente conformaciones longitudinales; que les diferencian de las cimas superiores cuya conformación se asemeja más al típico cono volcánico.- La disposición de la estructura litológica en esta región dirige de manera importante la morfogénesis ya que, la dureza de las rocas impide ataques mecánicos de importancia limitando así la intensidad de los procesos morfogenéticos. Tanto la zona de montaña como la de tierras altas presentan características climáticas y vegetacionales parecidas lo que influye para que se las considere en una misma unidad.

2.- Zona del Talud Transicional.

Esta zona se inicia desde los 3400 m hasta los 2600 m, - la pendiente varía considerablemente entre los 3400 y 3000 m en --

los cuales el terreno es sumamente abrupto, continuando de los 3000 a los 2600 con un desnivel menos pronunciado.

Esta zona presenta características particulares en lo que toca a la morfogénesis actuante, debido a que la pendiente influye mucho en la actividad de los procesos y por lo tanto se debe considerar como una unidad independiente. El clima, con sus elementos de lluvia y temperatura, varía considerablemente por los notables cambios de la altitud del terreno, de manera que los diferentes valores de la lluvia y de la temperatura a diferentes alturas van a producir efectos diferentes en el modelado y la vegetación. Por desgracia no se cuenta con datos precisos que nos indiquen las variaciones de la lluvia y de la temperatura a diferentes niveles por lo que no se puede tener una visión precisa de la intensidad de los procesos morfogenéticos de acuerdo con las variaciones microclimáticas.

La delimitación del talud en su parte inferior (2600 m) está formado por material coluvial y aluvial, a esta altitud todas las corrientes se encajonan como resultado de una erosión diferencial; la pendiente disminuye de manera considerable, de tal modo que se marca perfectamente el umbral de la unidad en su parte baja a esta altitud.

3.- La zona baja.

Esta unidad se localiza de los 2600 m hasta los 2240 y se ha dividido en dos partes:

- a.- La zona de las barrancas, que se encuentra entre los 2600 m y los 2300 m.

b.- La región más baja y zona de nivel de base de los ríos que comprende de los 2300 m a los 2245 m cota aproximada de la estación de Xeco.

La zona de las Barrancas es la más importante porque en ella se encuentra un material muy mueble que influye mucho en la morfogénesis. Es aquí donde los torrentes que provienen de las partes superiores se inciden notablemente produciendo esa morfología típica de abarrancamientos. Aquí la vegetación ha sido arrasada por la acción humana como resultado de la rápida colonización al extenderse el límite urbano de la ciudad. Esto repercute en la morfogénesis sobre todo porque en ella se conjugan tanto fenómenos físicos como humanos. Por último la zona más baja sólo presenta las características particulares de la convergencia de las corrientes para formar propiamente el cauce del río Churubusco. Esta zona se ha incorporado ya a la Cd. de México y por lo tanto no se pueden distinguir en ella accidentes morfológicos notables; los ríos se encuentran actualmente entubados en su totalidad por lo que no se les puede considerar de importancia morfogenética.

V.- GEOLOGIA.

Según cita Howell Williams (18) en su trabajo "Historia - prevolcánica de acuerdo a los mapas paleogeográficos de Kellum (19 44)", casi toda la zona de la Sierra Volcánica Transversal durante - los períodos Pérmico, Triásico y Jurásico Inferior, constituía una - zona de tierras secas, Robles (1943) indica que los mares del geosín clinal mexicano cubrieron la zona de Michoacán en forma intermitente desde el período Triásico hasta cerca del término del período Cretá- cico. Volviendo a Kellum referimos que este autor cita la presencia de un canal marino que conectó al océano Pacífico con un antiguo gol- fo de México, de más amplitud que el actual, que cubría el borde --- oriental de la actual Sierra Volcánica durante los períodos del Ju- rásico Superior y del Cretácico Inferior. Estudios efectuados por - Carl Fries Jr y Carl Bauman confirmaron la presencia de calizas y lu- titas del Cretácico Medio y Superior que bien se pudieran relacionar con la presencia del canal marino a que alude Kellum. Un amplio com- batimiento del continente durante el Cretácico Superior según indica Kellum, marca el principio de la gran revolución Larámide que conti- núa hasta principios del Terciario Inferior; por esta razón, ya des- de el período Jurásico Superior los mares fueron desalojados a medi- da que se sucedían los grandes levantamientos continentales.

Todavía en la actualidad hay incertidumbre respecto a los - períodos indicadores del principio de la actividad volcánica en la -

zona; Robles (1943) indica que las lavas más antiguas son generalmente las andesitas, dacitas y riolitas Eocénicas (*). De acuerdo con ésto, las andesitas y basaltos serían de edad Pliocénica, siguiendo después las lutitas, andesitas y basaltos del Pleistoceno para, finalmente, acabar con los basaltos de olivino de edad reciente.

Carreño (1943) presenta una sucesión un poco diferente las diabasas se presentan en los primeros tiempos del Cenozoico seguidas por andesitas propilitizadas en el Mioceno, andesitas y riolitas en el Plioceno y durante el Pleistoceno y Reciente las emisiones basálticas.

Todas las aseveraciones expuestas y muchas otras que versan sobre el mismo tema no dan una idea clara bien delimitada y aceptada; se notan manifestaciones de incertidumbre al tratar de datar y correlacionar la secuencia y evolución de las formaciones de tiempos anteriores al Terciario. Es preciso esperar entonces nuevas investigaciones que aclaren el panorama geológico de las formaciones anteriores a la formación Tarango. Todos los geólogos mexicanos están de acuerdo en que las primeras emisiones volcánicas del Terciario fueron de predominancia andesítica.

(*) Robles (1943) cita a Ordoñez con el propósito de indicar que las lavas del Eoceno son principalmente andesitas de hornblenda y que algunas de edad Pliocénica incluyen andesitas de hornblenda, piroxena y basaltos, en tanto que las lavas de tiempo reciente son lutitas, andesitas basálticas y basaltos, pero Blasquez (1946) asegura que en el estado de Tlaxcala, las primeras erupciones, que siguieron a la emergencia continental en lugar del mar Cretácico, fueron de tipo andesítico no habiendo erupciones basálticas sino hasta el Pleistoceno.

De acuerdo con la composición petrográfica dominante en la sierra de las Cruces a base de lavas andesíticas y traquíticas, brechas, conglomerados y tobas de petrografía muy variada que forman su base, creemos que esta unidad corresponde al Terciario Medio; no obstante de este complejo volcánico no se reconocen formas volcánicas individuales ya que han sido arrasadas por efectos de la erosión o por una intemperización importante. A principios del período Pliocénico surgen volcanes que cubren con sus emisiones de lavas andesíticas el complejo Miocénico anterior. Durante el Plioceno Medio se suceden movimientos tensionales que provocan afallamientos de bloques que, al buscar su nivelación de escarpe, originan extensos abanicos aluviales que descienden por el flanco de la sierra con dirección hacia el este para llegar a la parte baja de la cuenca. A fines del Terciario tuvieron lugar las erupciones de nubes ardientes y los lahares, formaciones que sepultaron los abanicos aluviales acumulándose en lomas bajas al pie de la sierra.

Por lo que respecta al Pedregal de San Angel, según E. Schmiter, (29) las primeras corrientes ^{de} lava fueron de pequeña intensidad y se derramaron hacia el SE, Sur y SW del Xitle, unas veces hacia el pequeño valle formado entre este volcán y el Ajusco, otras hacia el rincón que formaban las últimas estribaciones del Ajusco hacia el sur y otras hacia el este rodeando al pequeño cono doble del cerro del Conejo. Todas estas emisiones de lavas muy fluidas pero de escasos volúmenes alcanzaron a llegar hasta el poblado del Tlalpan sepultando las formaciones Tacubaya Escorra y Totoletingo de formación pos-

terior a la Tarango. Después de esos primeros derrames el aparato aumentó de manera considerable el número de sus emisiones y el volumen de ellas cambiando también la dirección de las corrientes que al ser arrojadas por varias bocas aprovechaban la pendiente natural que, con dirección al norte, se extendía hacia el fondo del valle.

Según Aguilera (4) la formación del volcán del Ajusco es anterior a la del Iztaccihuatl o sea de probable edad Miocénica, -- sus rocas están clasificadas como andesitas de hornblenda e hipersitena, uno de sus conos adventicios, el del Conejo, fué rodeado por las primeras lavas del Xitle. Este volcán tiene sus rocas clasificadas como andesitas de hornblenda. El plano geológico y petrográfico levantado por A. del Castillo y Ezequiel Ordoñez (25) en 1893, las registra también como andesitas de hornblenda. Arellano (2) -- les asigna edad Pliocénica contemporánea a la formación del Iztaccihuatl.

Lo anterior viene a manifestar que por lo menos hubo tres procesos eruptivos anteriores al del Xitle empezando desde el período Miocénico y finalizando hasta el Reciente, lo que también favorece la aceleración de que las emisiones andesíticas en la cuenca tuvieron lugar desde tiempos del Terciario Medio y Superior.

No obstante, E. Schmitter (29) considera que a pesar de que se han confirmado las emisiones basálticas como las más recientes existe la necesidad de considerar el problema de las lavas Terciarias en lo que se refiere a la edad y secuencia de éstas, consignando que hay que establecer definitivamente una clasificación --

cuantitativa de las rocas ígneas y desarrollar al máximo la petrografía de las rocas sedimentarias. Yo opino que es necesario establecer los análisis morfométricos y morfoscópicos de las partículas componentes de las formaciones sedimentarias, pues este método nos proporcionaría las características de la evolución genética de cada partícula y por lo tanto de cada formación. Si consideramos por otra parte los cambios climáticos pasados podemos contar con un apoyo más que ayude al esclarecimiento de las edades y secuencias del complejo volcánico, no sólo de la zona ahora estudiada sino de toda la cuenca en general.

Estratigrafía.

En una región como ésta, montañosa y cubierta por vegetación abundante, es indudable que el aspecto de la correlación estratigráfica es muy difícil de establecer sobre todo si no se cuenta con estudios apoyados en un buen número de perforaciones, o como en este caso por una serie de cortes que den una correlación de las formaciones de la zona. Apoyándome en las investigaciones hasta ahora realizadas y con los propios estudios efectuados en esta zona he podido fijar la siguiente estratigrafía:

Las formaciones más antiguas se encuentran a muchos cientos de metros bajo la superficie actual, sepultadas por el gran complejo de las formaciones volcánicas posteriores. Estas formaciones primarias se componen de calizas y lutitas probablemente cretácicas de acuerdo con los estudios de Carl Fries Jr. y de Carl Bauman. Después de esta formación siguió un largo período de erosión antecediendo

do a los primeros complejos volcánicos del Terciario Inferior.

Depósitos del Terciario Medio.- Carl Fries Jr. (28) indica que éstos son los elementos volcánicos más antiguos como lo demuestran las formaciones de la cuenca del Río Amacuzac que se encuentran en discordancia sobre la formación denominada Balsas, que data del Eoceno Superior y Oligoceno Inferior. Sergerstrom (1956) considera que los depósitos del Terciario Medio que cubren las anteriores formaciones datan del Mioceno Superior o Plioceno Inferior.

Las opiniones más recientes consideran que el lapso transcurrido entre el Oligoceno Medio y fines del Mioceno comprende unos 22 millones de años. En este período tan largo las erupciones volcánicas fueron numerosas dejando grandes depósitos que, en la gran Cuenca de México se pueden reconocer por restos de enormes volcanes estratificados, corrientes de lava, tobas, brechas, suelos fósiles, depósitos laháricos y depósitos fluviales. No obstante en todas estas formaciones no se han conservado formas importantes por haber sido arrasadas en su mayor parte, a tal grado que es difícil establecer diferencias estratigráficas o discordancias marcadas, ya que no existen horizontes que persistan más de unos centenares de metros.- El contenido petrográfico de los complejos volcánicos anteriores es muy variable, presentándose andesitas basálticas, andesitas piroxénicas, dacitas y lutitas.

La sierra de Xochitepec (tomx) que se encuentra al oeste de Xochimilco y al pie del Ajusco se compone en su totalidad de depósitos típicos del Terciario Medio. Esto ha servido de base para-

catalogar a todos los depósitos similares como elementos de la formación Xochitepec: depósitos pertenecientes a los períodos del Oligoceno Superior al Mioceno Superior. Los afloramientos de esta serie aparecen en la parte inferior de las sierras que limitan a la cuenca de México al este y al oeste así como también en la sierra de Guadalupe, por esta razón esta formación se encuentra sepultada a gran profundidad en nuestra área de estudio, de manera que no se pueden reconocer sus elementos. Se ha estimado que el espesor de la formación Xochitepec debe ser de unos mil quinientos metros, el afloramiento más cercano a nuestra zona lo constituye el cerro de Zacatepetl que sobresale entre las lavas del pedregal de San Angel. Parece ser que la actividad volcánica disminuyó a fines del Mioceno a medida que se incrementaba un período de erosión que peniplanizó el paisaje creándose una superficie estructural uniforme sobre la que se sucedieron los fenómenos geológicos posteriores.

Depósitos de Terciario Superior.- Según los estudios más recientes al Terciario Superior se le asignan unos 9 millones de años. En este período vuelven a manifestarse nuevas fases de vulcanismo compuestas en su mayoría por grandes emisiones de lavas ácidas, dacitas y riolitas en sus primeras etapas para terminar con emisiones francamente andesíticas y de grandes volúmenes. Este complejo de lavas sepultó a los elementos del Terciario Medio de manera que ahora en algunas de las sierras de la cuenca de México las elevaciones se encuentran protegidas de los agentes erosivos. En otras regiones el relieve se ha invertido y estas masas ácidas del Terciario Superior -

se encuentran en las partes superiores de las sierras como en el cerro del Chiquihuite en la sierra de Guadalupe.

Posteriores a estas primeras emisiones y probablemente en el Plioceno Medio, al surgir las primeras emisiones de lavas andesíticas se empiezan a originar los macizos de las sierras de las Cruces que forman el basamento principal de las formaciones volcánicas posteriores, las que recienten la morfogénesis actual en nuestra zona.

Los orígenes de esta sierra se deben a emisiones de lavas salidas en forma calmada; no se encuentran bancos piroclásticos que indiquen la presencia de erupciones volcánicas importantes. Se pueden encontrar indicios de algunos conos volcánicos muy erosionados o sepultados por formaciones recientes en algunos cerros como el de San Miguel ó La Palma, que indudablemente deben de haber constituido bocas de importantes emisiones volcánicas. En la parte sur de nuestra cuenca o sea la región comprendida en la zona del Ajusco se encuentran superpuestas lavas andesíticas, a las que Arellano (1) les asigna edad Pliocénica en contraposición a Aguilera del Castillo y Ordoñez (4) que las clasifican como Mio-Pliocénicas. De cualquier forma, por simple superposición, la formación de la región del Ajusco debe de ser algo posterior a la formación de la sierra de las Cruces.

A fines del Plioceno la actividad volcánica debe de haber disminuido predominando entonces un tectonismo importante que produjo grandes afallamientos en bloque, lo que se pudo comprobar duran-

te la perforación del tunel del Lerma al observar los grandes fracturamientos y afallamientos de la sierra de las Cruces. En nuestra zona es muy difícil comprobar afallamientos de importancia; no obstante es probable que el cauce del río de la Magdalena se haya originado aprovechando una gran falla; se puede deducir lo anterior del hecho de que el cauce se encuentra delimitado por paredes abruptas casi cortadas a pico, de tal forma que las márgenes son de corta extensión y dominadas por flancos casi verticales.

Posteriormente a estos acontecimientos y gracias a una condición climática semiárida en la que torrenciales lluvias arrasaban las formaciones poco consolidadas, se comenzaron a depositar extensos abanicos aluviales cuya constitución se conoce como formación Tarango. Sus elementos se forman por importantes series de material clástico y poligénico derivados de la destrucción y erosión de los elementos de el Terciario Medio y Superior, conteniendo además, gruesos horizontes de tobas pumíticas. La característica más importante de esta formación es el estado caótico que guardan los materiales cementados en una matriz lodosa; abundan también horizontes de suelos y los depósitos forman capas de espesor muy variable. Esta formación se presenta más claramente de la cota de los 2400 m en adelante y no se encuentra una superficie estructural conservada, porque todos los ríos han cortado estos materiales formando profundas barrancas.

En las partes superiores de la cuenca surgieron grandes rellenamientos aluviales que se depositaron a los pies de las pro-

minencias más altas. En la actualidad este material así depositado está siendo cortado en las cabeceras de las principales corrientes - como es el caso del río de la Magdalena y del río Mixcoac.

Depósitos del Cuaternario.- Nuevos impulsos tectónicos - del Pleistoceno originaron una última etapa de vulcanismo con emisiones de cenizas y lavas; este ciclo se presentó simultáneamente con precipitaciones torrenciales que trajo como consecuencia nuevos depósitos de material volcánico sobre la formación Tarango sin llegar a alcanzar grandes espesores.

De las efusiones del Xitle se formó el Pedregal de San Angel cuyas últimas estratificaciones en contacto con la sierra de las Cruces forman el límite de la cuenca. Esta delimitación coincide con la corriente del río Eslava, por lo que este cauce participa de dos componentes litológicos diferentes.

Los depósitos del Cuaternario han sido objeto de intensos estudios a través de diversos métodos que tratan de establecer la secuencia y edad de las formaciones, datos con los que se podrían reconstruir las condiciones paleogeográficas de la gran cuenca de México. Estos depósitos han sido bien estudiados en particular en la planicie lacustre en donde, como es natural, los depósitos se fueron acumulando a medida que eran transportados por las corrientes. En el cuadro Número 1 se podrá observar la clasificación de Bryan, (6), (7) Arellano (3) y Deterra (12) para las formaciones geológicas de la cuenca de México.

CUADRO 1

Bol.-Soc. Geol. Mex. T. XII; lam. (1)
 Bryan. Arellano. Deterra.

FORMACIONES

Secuencia geológica en
 la cuenca de México.

Formación	Descripción		
Nochebuena. (arqueológico)	Suelos oscuros; mat. piroclásticos eólicos finos y arena, aluvión, de- pósitos en terrazas, tepalcates.	Perfodo frío que termi- na 1750. d. C.	PLEISTOCENO Y RECIENTE
Totolcingo	Suelo oscuro y limo con humus ne- gro o café oscuro.		
Barrilaco	Caliche	Postglacial árido 2500 - 5500 A.C.	
Becerra	Superior: Aluvión l a 16 mts. de - mat. piroclástico fino; depósitos eólicos de los planos lacustres al- fedafos y suelos limoníticos, ele- fantes, caballos, bisonte. Medio.- Caliche, Inferior.- Aluvión de 1 - 10 mts.	Subestadial Wisconsin ₃ Codwane y Mankato. Qui- zá Becerra sup. sea -- equivalente a Codwane.	
Morales	Caliche en placas	Interestadial W ₂ - W ₃	
Tacubaya	Aluvión compacto amarillo oscuro 1-1 D mts. material piroclástico fino. Alfedafos y suelos limoníticos. Horizonte b, de suelo viejo.	Subestadiales Wisconsin ₂ Tazewell-Cary.	
Tarango	Formación volcánica gruesa, tobas, brechas, pómez, aluvión.	Pleistoceno (?)	

Basándonos en los métodos de la geología tradicional, o sea en el de la simple superposición de las formaciones, encontramos que en la parte superior de la cuenca y en la cabecera del Cerro de la Palma, siguiendo el cauce del río de la Magdalena se encuentran los siguientes materiales, según se ilustra en el corte número 1.

En esta zona el material grueso de la formación Tarango se encuentra en forma de grandes brechas volcánicas cuyos componentes se apilan caóticamente formando grandes montículos en las pendientes de las mayores eminencias. Sobre estos materiales se depositaron materiales más recientes como son los elementos de las formaciones Tacubaya y Becerra.

La formación Tacubaya se encuentra bien representada por un material de arenas finamente estratificadas, descansando sobre el complejo Tarango. Posterior a este depósito y, probablemente correspondiendo a la formación del calicho Morales en otras partes de la Cuenca, se presenta un estrato con cantos y bloques indicadores de un régimen climático sub-árido que debe haber tenido grandes oscilaciones térmicas que produjeron una fuerte alteración de las rocas dando por resultado el tipo de formación expuesto. A este estrato le sucede una serie de estratificaciones de material volcánico diverso compuesto por arenas, cenizas, tobas y cantos pequeños que deben pertenecer a la formación Becerra.

Todas estas consideraciones no pueden extenderse a otras áreas de nuestra zona ya que la depositación de los materiales como se expuso anteriormente es muy irregular a tal grado que, aún para -

una zona tan pequeña como ésta, las discordancias son marcadas por - alternancias de materiales difíciles de reconocer ya que algunos depósitos han desaparecido o se han mezclado con otros, dando materiales heterogéneos en los que no se puede basar ninguna correlación -- por la simple superposición de ellos. Esto sucede en particular en las zonas al pié de las vertientes en donde todos los acarrees han estado sujetos a un transporte continuo de los torrentes venidos de las partes altas, transporte que los remueve constantemente. Es por esta razón que los cortes, que presentan una cierta continuidad uniforme con material no removido, deben de ser aprovechados al máximo. Por desgracia es raro encontrar este tipo de cortes en las partes superiores que es la zona en donde mayores probabilidades existen de encontrar los materiales sin una gran remoción y por lo tanto más -- susceptibles de ser tomados para una correlación por mera superposición de sus materiales.

En conclusión podemos decir que, a partir del Plioceno Superior y principios del Pleistoceno, se originó la formación Tarango en un ambiente climático subárido que dió por resultado los componentes de material grueso que las corrientes originadas por intensas -- lluvias apilaban al pié de las grandes prominencias y en la parte baja de nuestra zona. En el Pleistoceno el inicio de las grandes glaciaciones cuaternarias produjo el cambio climático de subárido a subhúmedo, de ahí que, durante los períodos de las glaciaciones los depósitos fueron de materiales sumamente finos alternando con depósitos de materiales gruesos, según que las variaciones climáticas fue-

ran húmedas o secas (Ver cuadro No. 2).

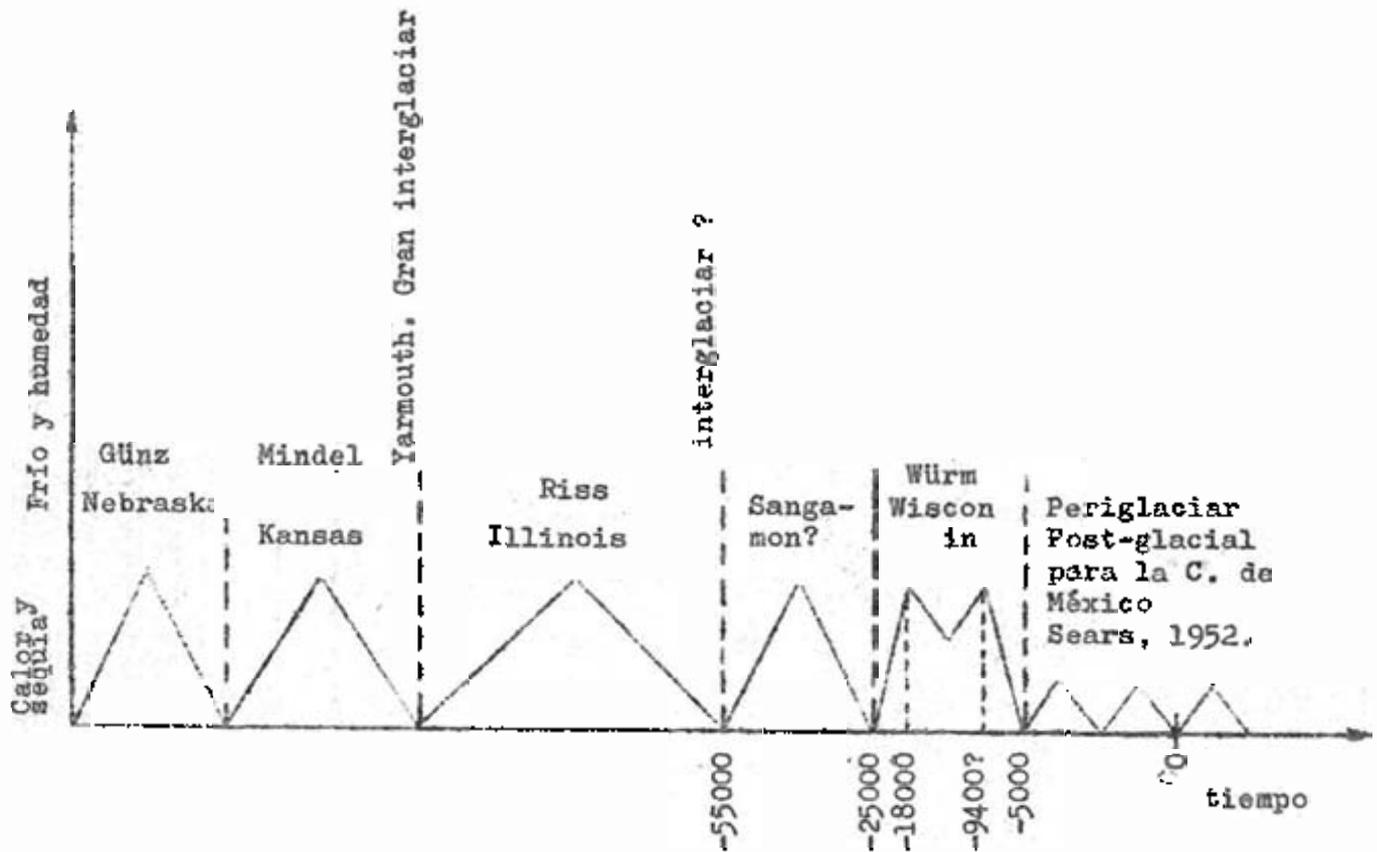
CUADRO 2

La Cuenca de México. Consideraciones arqueológicas y geológicas.

Pub. I.N.A.H. Vol. 2. México, 1956. Figura 2.

"Messer, White y Lorenzo. GLACIACIONES.

"Las diferentes glaciaciones ocurridas en Norte América."



Esta situación aunada a las continuas efusiones volcánicas produjeron el heterogéneo complejo de materiales en los que se han ido entallando continuamente los cauces de las corrientes formadoras del río Churubusco. En forma general en el cuadro No. 3 se ilustra la secuencia estratigráfica de las formaciones de acuerdo con las variaciones climáticas en la cuenca de México, según Bryan, Arellano y Deterra.

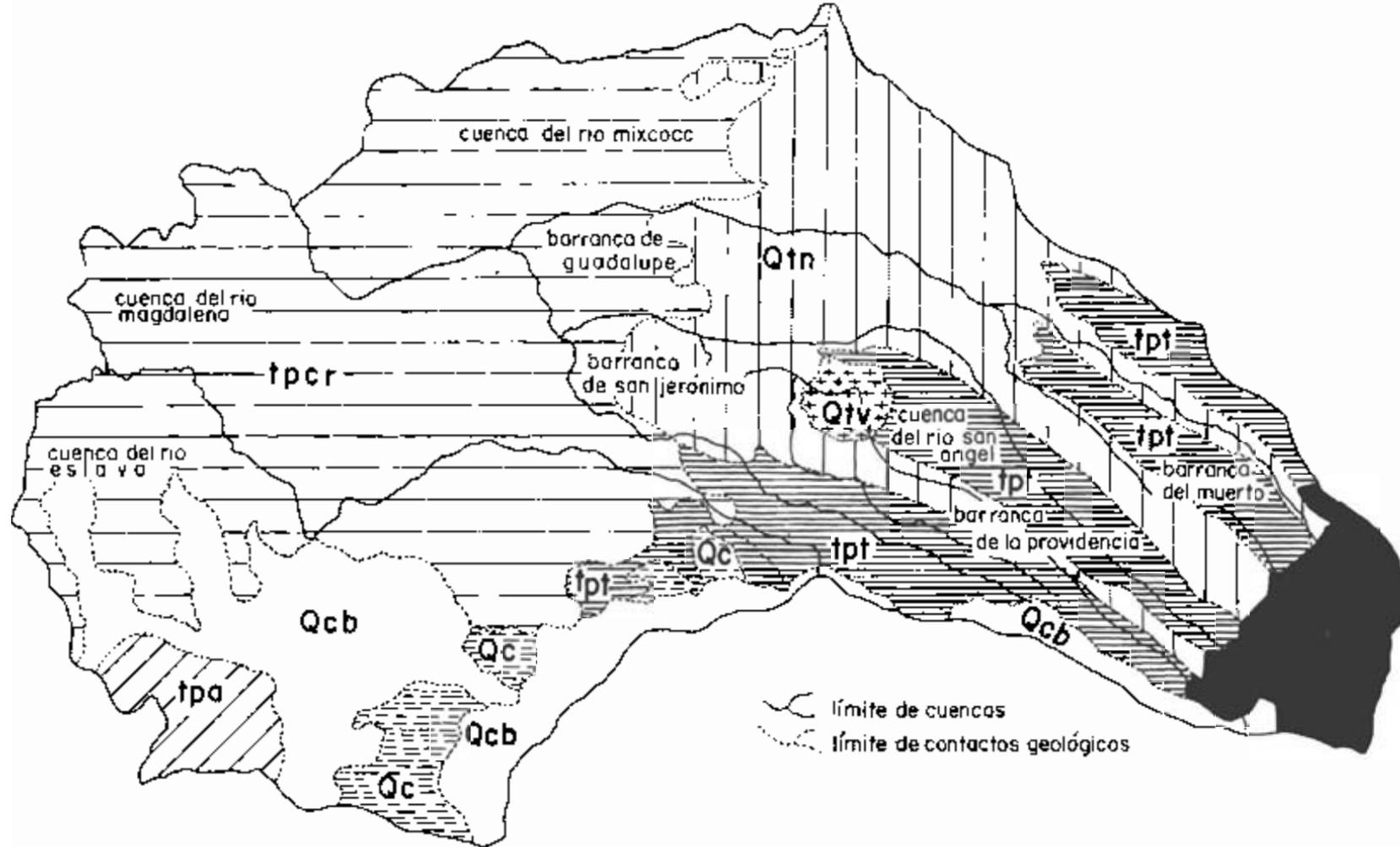
CUADRO 3.

La Cuenca de Mex.		MOSSEY, WHITE, LORENZO			ESTRATIGRAFIA	
Pub. I.N.A.H. vol. 2		" Correlación estratigráfica de Suelos fósiles en la Cuenca de México "				
Mex. 1956. Tabla 3.						
Secuencia Estratigráfica		Bryan- 1948	Deterra 1949	- Arcellano 1953		
Fochebuena.						
Totolcingo						
Caliche Barrilaco?	Seco	Postglacial, árido	Altitermal	Altitermal		
Becerra Superior	húmedo	Wisconsin - 3	Bohrane - Mankato	Wisconsin		
Caliche Interforma- cional ?	Seco	Cochrane	Interestadial	interglacial		
Becerra Inferior	húmedo	Mankato	Tazewell-cary	Illinois		
Caliche Morales	Seco	Interestadial W3-W2	Interestadial	interglacial		
Tacubaya	húmedo	Wisconsin-2 Tazewell-cary	Iowan	Kansas Nebraskan		
Tarango	?	Pleistoceno ?				

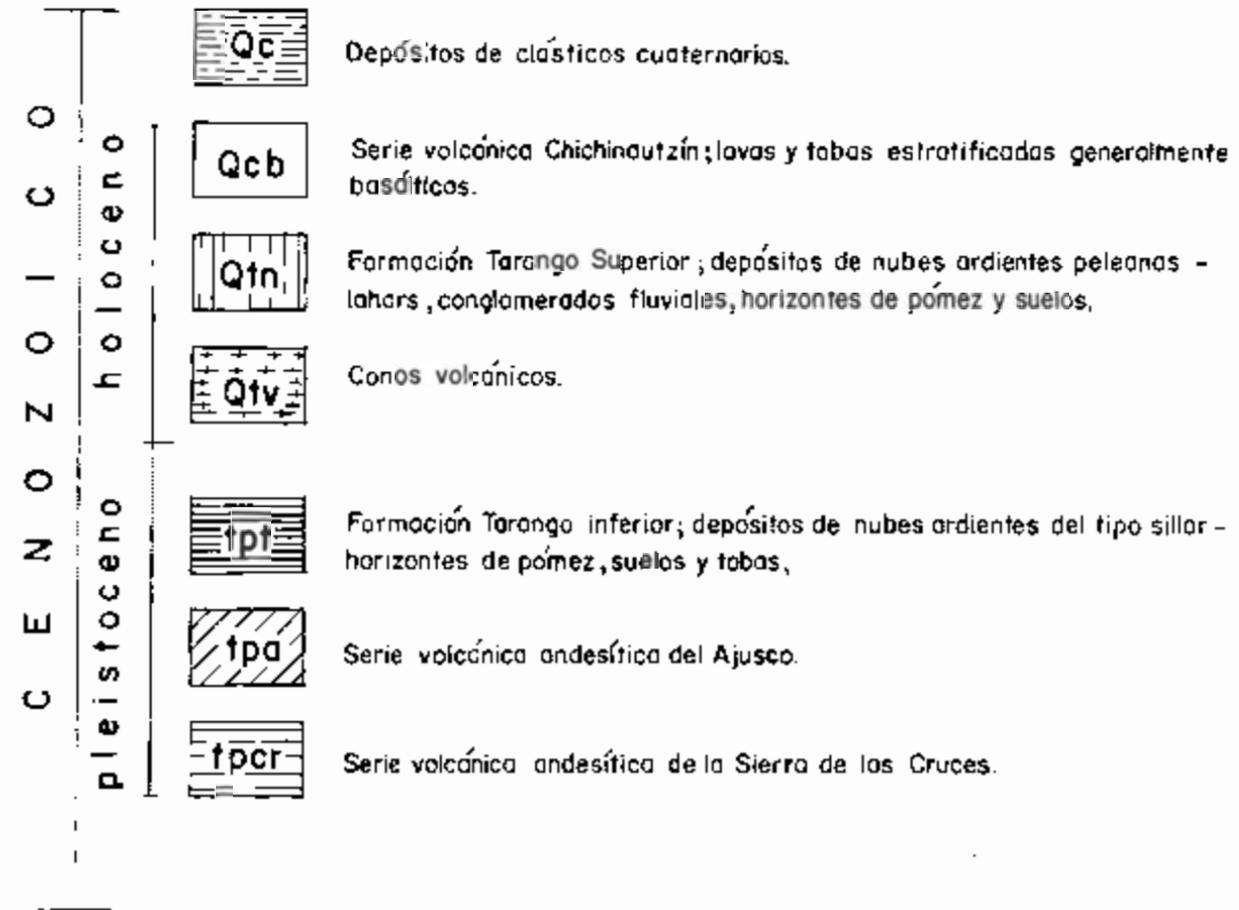
+ Las 1^{as} discordancias de arriba a abajo son causadas por erosión acelerada después de un cambio climático.

** La 3^a discordancia entre Tacubaya y Tarango fueron probablemente causadas por movimientos tectónicos con erosión subsecuente.

P L A N O G E O L O G I C O



escala: 1:100,000



PLANO No. 1

VI.- CLIMATOLOGIA.

La República Mexicana localizada entre la zona templada y la zona tropical adquiere una situación peculiar como resultado de estar situada en el umbral de dos zonas de características diferentes. Existe una marcada aridez que resulta poco beneficiosa a los recursos hídricos de la República, acentuada en las regiones del -- norte. Las zonas áridas de los Estados Unidos de Norteamérica, al extenderse hacia el sur, penetran a nuestro país llegando hasta la misma Cuenca de México. Hay que hacer notar que la presencia de los dos grandes océanos hacen menos desfavorable nuestra posición geográfica debido a que ellos son los que proporcionan la humedad, que traída por las grandes masas de aire, logra compensar en gran parte esta aridez. Las anteriores características, aunadas a la topografía de la cuenca, producen ciertas diferencias climáticas que se manifiestan en el paso de climas secos a lluviosos, o de fríos a templados, fenómenos que influyen notablemente en el paisaje.

La Circulación Atmosférica.

La Cuenca de México se localiza en la zona de influencia de -- los alisios del Hemisferio norte; según García (1966) durante el verano, cuando la zona subtropical de alta presión se desplaza hacia el norte, el anticiclón de las Bermudas se mueve hacia el oeste dentro del Golfo de México produciendo alisios muy vigorosos y profundos que son sumamente húmedos, lo que hace que al llegar a las costas de la República y ascender por la Sierra Madre Oriental descarguen en ella abundantes lluvias; el choque con los grandes siste

mas orográficas cambian la dirección original de estas masas, de ahí que sólo los alisios más profundos logren atravesar la Sierra Madre y con una componente del este lleguen a la zona central en donde se encuentra la cuenca; la dirección de los vientos durante esta época varía del NE al SE.

Durante el invierno, al desplazarse hacia el sur la faja subtropical de alta presión los alisios algo debilitados, sólo dominan la parte austral del país quedando la parte NW bajo la influencia de los vientos del W típicos de las latitudes medias. Por su gran altitud la cuenca recibe influencia directa de estos vientos que son predominantemente secos; la sequía característica de esta época es provocada en parte por el fenómeno anterior. Puede suceder que estas masas sufran algunas perturbaciones de la atmósfera superior propias de las latitudes medias como vórtices fríos y depresiones ciclónicas que dan lugar a fuertes vientos, descensos de temperatura y algunas precipitaciones que en la parte alta de las montañas se producen en forma nivosas. Las masas de aire frío originadas en el N de E.U.A. y el S del Canadá se desplazan en esta época hacia el sur de manera que provocan los fenómenos llamados "nortes" en las costas del Golfo de México. Cuando estas masas pueden llegar a las costas del Golfo de México producen perturbaciones de tipo frontal como descensos de la temperatura, gran nubosidad y precipitaciones. A mitad del invierno se presentan invasiones de masas de aire frío y seco originadas en el W de los E.U.A. produciendo las llamadas ondas de frío que afectan a las costas de los meses de enero y parte de febrero.

Durante el verano y parte del otoño se originan, en los mares tropicales que circundan a la República, las tormentas tropicales también conocidas como ciclones tropicales que afectan la parte SE y SW del País y producen abundantes precipitaciones en la Cuenca.

Como es de suponerse, los fenómenos producidos por la circulación atmosférica son modificados por las características de la Topografía, de manera que se presenta una variación climática notable en las diferentes partes de la cuenca; así, por ejemplo, tenemos que en la parte NE se presentan climas semiáridos, en tanto que en el SW tenemos climas húmedos. Por esta razón considero que las modificaciones de García (1964) (13) al sistema climático de Köppen están bien fundamentadas toda vez que como la misma autora afirma: " Las modificaciones y adaptaciones al sistema de Köppen se hicieron necesarias debido a que este sistema climático fué concebido fundamentalmente para definir las zonas climáticas del mundo que se extienden en latitud, por lo cual los valores y cálculos en que se funda pueden no corresponder exactamente a un país como México en donde los cambios esenciales del clima no sólo se deben a la latitud sino también a las tremendas variaciones de la altitud que traen consigo condiciones muy especiales de los elementos climáticos". El mismo Köppen (1936 pag. 29) (20) al hablar de los climas templados indica: " Hasta ahora nosotros no hemos tomado en consideración las diferencias entre los climas de las llanuras de las latitudes superiores y -

los de las montañas de las bajas latitudes, a pesar de que ellos no se corresponden en las condiciones de sus regímenes de temperatura y lluvias". El resultado de las modificaciones fué encontrar una correlación aceptable entre los subtipos del clima y la distribución climática general., de manera que se uniformaron grandes zonas con homogeneidad de climas, lo que trajo como consecuencia resaltar las diferencias climáticas particulares.

Como se ha dicho anteriormente la circulación atmosférica va a ser modificada de acuerdo con la topografía y en un país como el nuestro, esencialmente orográfico, esta variación es notable.

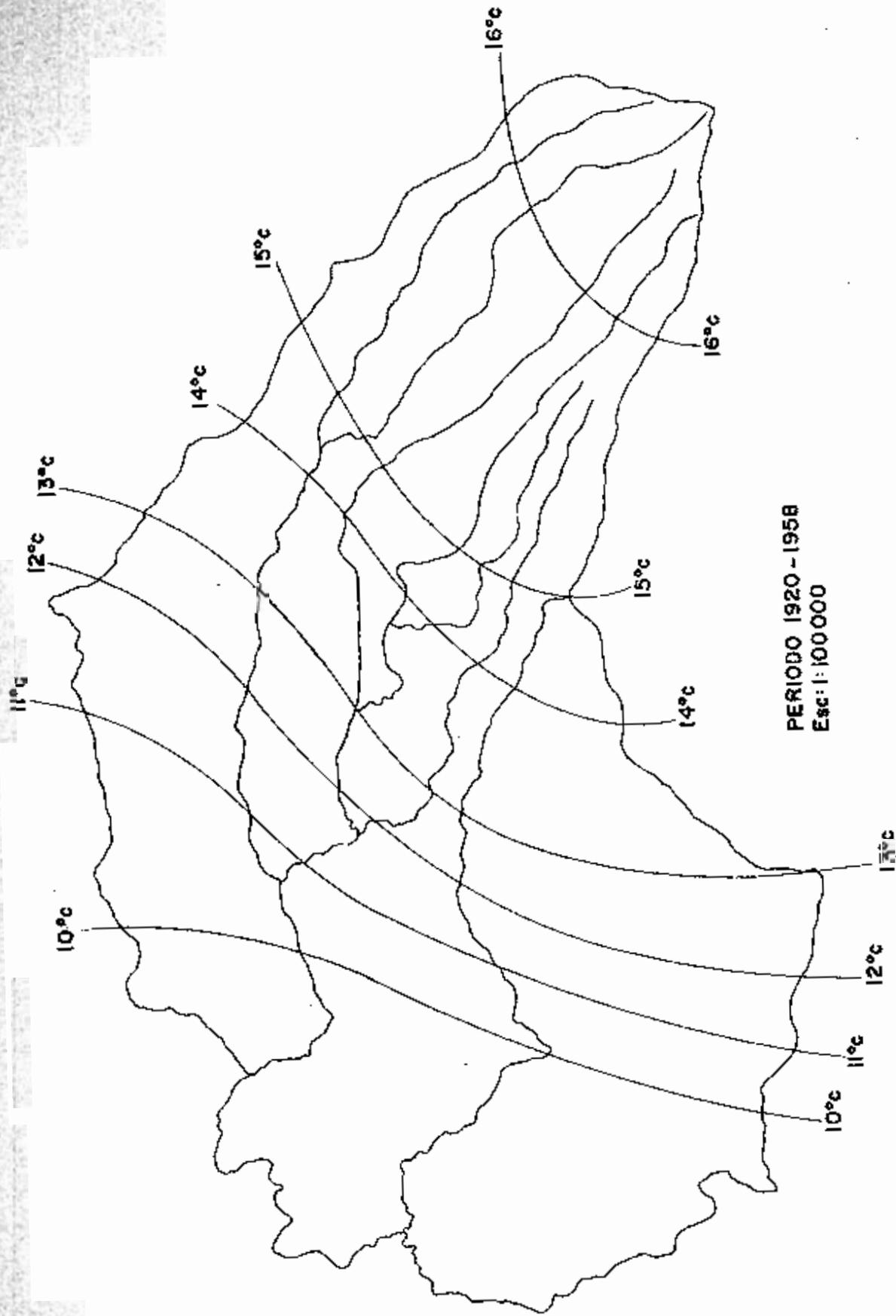
Temperatura.

La temperatura depende directamente de la insolación o cantidad de calor que llega a la superficie. Esta insolación varía de acuerdo con la latitud por el ángulo de incidencia con que caen los rayos solares por la duración de su acción (27).

Por la posición geográfica de la cuenca de México, ésta se encuentra dentro de las latitudes de la zona intertropical lo que hace que tanto la incidencia de los rayos solares así como su duración tengan pocos cambios. No obstante los fenómenos topográficos modifican la temperatura por altitud haciendo que adquiera características de zona templada.

La diferencia máxima de la duración del día y la noche en la cd. de México es de apenas dos horas veinte minutos, lo que da como consecuencia que la variación anual de la temperatura sea mínima.- Los lugares situados a una altitud menor de 2 500 m presentan en gene-

PLANO DE ISOTERMAS MEDIAS ANUALES



PERIODO 1920 - 1958
Esc: 1:100000

PLANO No. 2

ral poca oscilación de sus temperaturas medias mensuales, que son entre 5 y 7 grados centígrados. En altitudes mayores la oscilación térmica disminuye debido a que la circulación del aire es más uniforme - en las zonas montañosas. Otro fenómeno que produce variaciones en la temperatura es la orientación de las laderas de los relieves con respecto a la posición del sol, pero como la incidencia solar no tiene un fuerte valor angular a esta latitud, la insolación se reparte más o menos uniformemente.

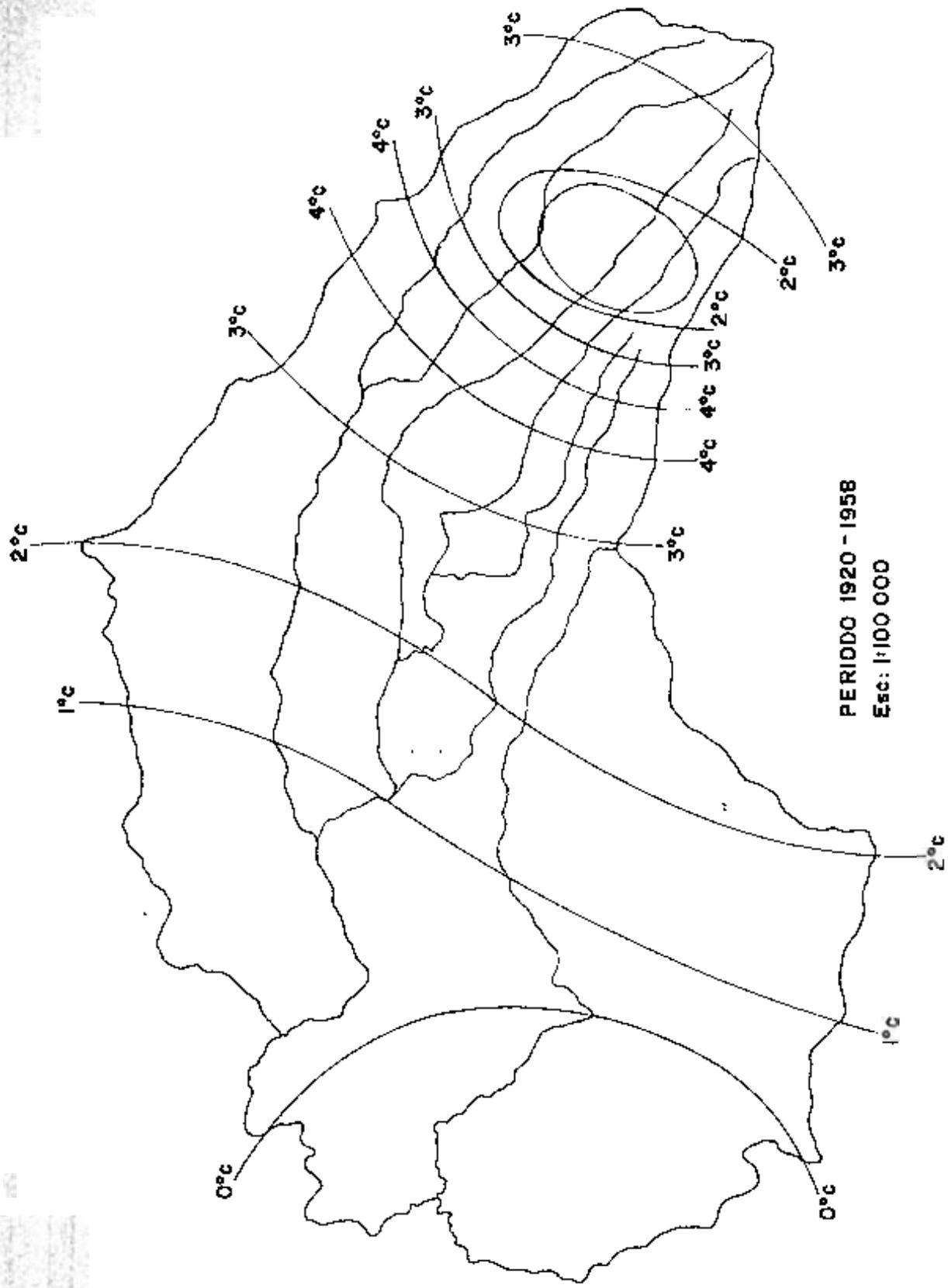
Efectos de la vegetación en la temperatura.

Los árboles tienen gran capacidad para absorber parte de la radiación solar de manera que, para una zona tan boscosa como la nuestra, las temperaturas van a variar entre las superficies con cubierta vegetal y las que carecen de ella, de ahí que los valores de temperaturas máximas y mínimas diarias sean diferentes entre las partes altas de espesa vegetación y las partes bajas con una mínima cubierta vegetal o carencia de ella. Esta diferencia temporal es de unos treinta minutos aproximadamente, así, por ejemplo cuando la temperatura máxima se registra en la parte baja, tendrá unos 30 min. de adelanto con relación a la máxima de las zonas altas, e inversamente sucederá con las temperaturas mínimas.

Efectos de la altitud en la temperatura.

La curva anual de la temperatura presenta en general dos máximas y dos mínimas; las primeras corresponden al doble paso del sol por el cenit, pero debido al retraso de la temperatura con respecto a la insolación, la primer máxima se presenta en mayo o junio y la segun

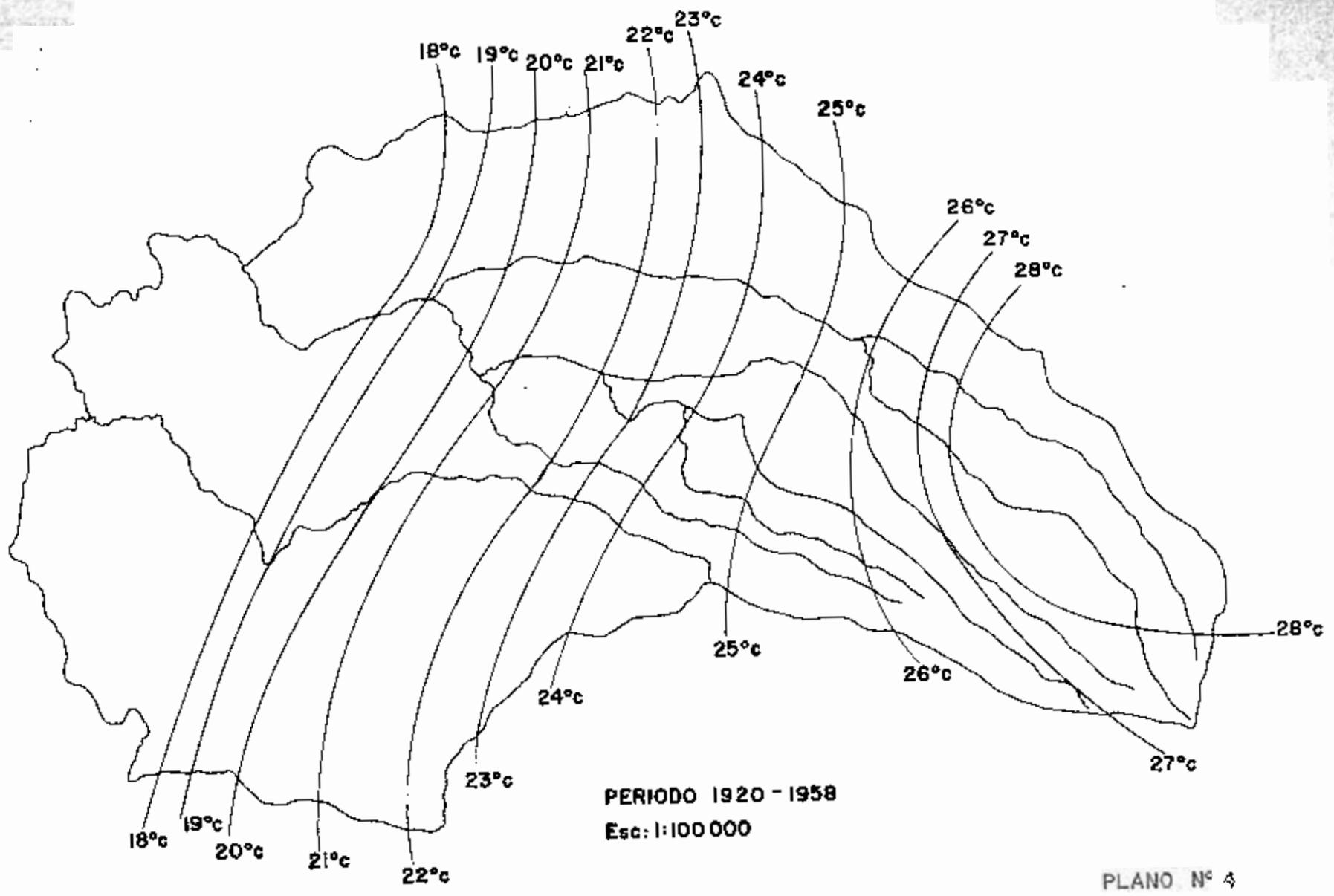
PLANO DE ISOTERMAS MEDIAS MINIMAS ANUALES



PLANO No. 3

1/c

PLANO DE ISOTERMAS MEDIAS MAXIMAS ANUALES



PLANO N° 4

da en agosto. La mínima principal es en enero y la secundaria en julio correspondiendo al mes más lluvioso. De la parte más baja hasta los 2300 m tenemos una temperatura media de 17 grados centígrados; a medida que se asciende, la temperatura disminuye con un gradiente de 0.49 grados C por cada 100 m, de manera que, en las partes más altas de la sierra de las Cruces y del Ajusco la temperatura baja hasta 7 ó 6 grados centígrados por lo que podemos decir que las isotermas siguen aproximadamente la conformación de las curvas de nivel lo que demuestra la importancia de la altitud en la variación de la temperatura. (8) Isotermas Máximas. (Período comprendido de 1920 a 1958).

Las isotermas máximas tienen un promedio de menos de 18 grados C en la parte más elevada debido a la altitud y a la vegetación boscosa; a medida que se desciende se nota un rápido incremento hasta llegar a la parte plana en donde se presenta una temperatura máxima de 26 grados C.

La mínima temperatura se localiza en la parte alta con un promedio superior a los 0 grados C en tanto que en las partes bajas la temperatura mínima adquiere un promedio de 5 o 6 grados C, de manera que tomando en cuenta las máximas y las mínimas, tenemos una temperatura media de 16 grados C en la parte baja y de 9 grados C en la parte alta. Por lo tanto, y de acuerdo con García (1964), (13) tendremos dos zonas Térmicas bien delimitadas.

- 1.- Zona templada con temperatura media anual entre 12 y 16 grados C, que comprende las partes bajas hasta una altitud aproximada de 2800 m; para ella se utilizará el símbolo

lo "b" (temperatura media anual entre 12 y 18 grados C)

2.- La zona semi fria con temperatura media anual de 9 grados C; para ella se usará el símbolo "c" (temperatura media anual entre 5 y 12 grados centigrados).. *

Precipitación.

Las características topográficas afectan

por lo tanto, la precipitación. En efecto, el relieve forma una barrera a las masas de aire húmedas que las obliga a elevarse, lo que ocasiona un enfriamiento adiabático, que provoca una saturación de la humedad en forma de nubes que precipitan abundantemente en la zona. Por ello casi todas las precipitaciones del verano son de tipo orográfico y convectivo, cuya fuente de humedad son las masas de aire traídas por los alisios durante esta época del año.

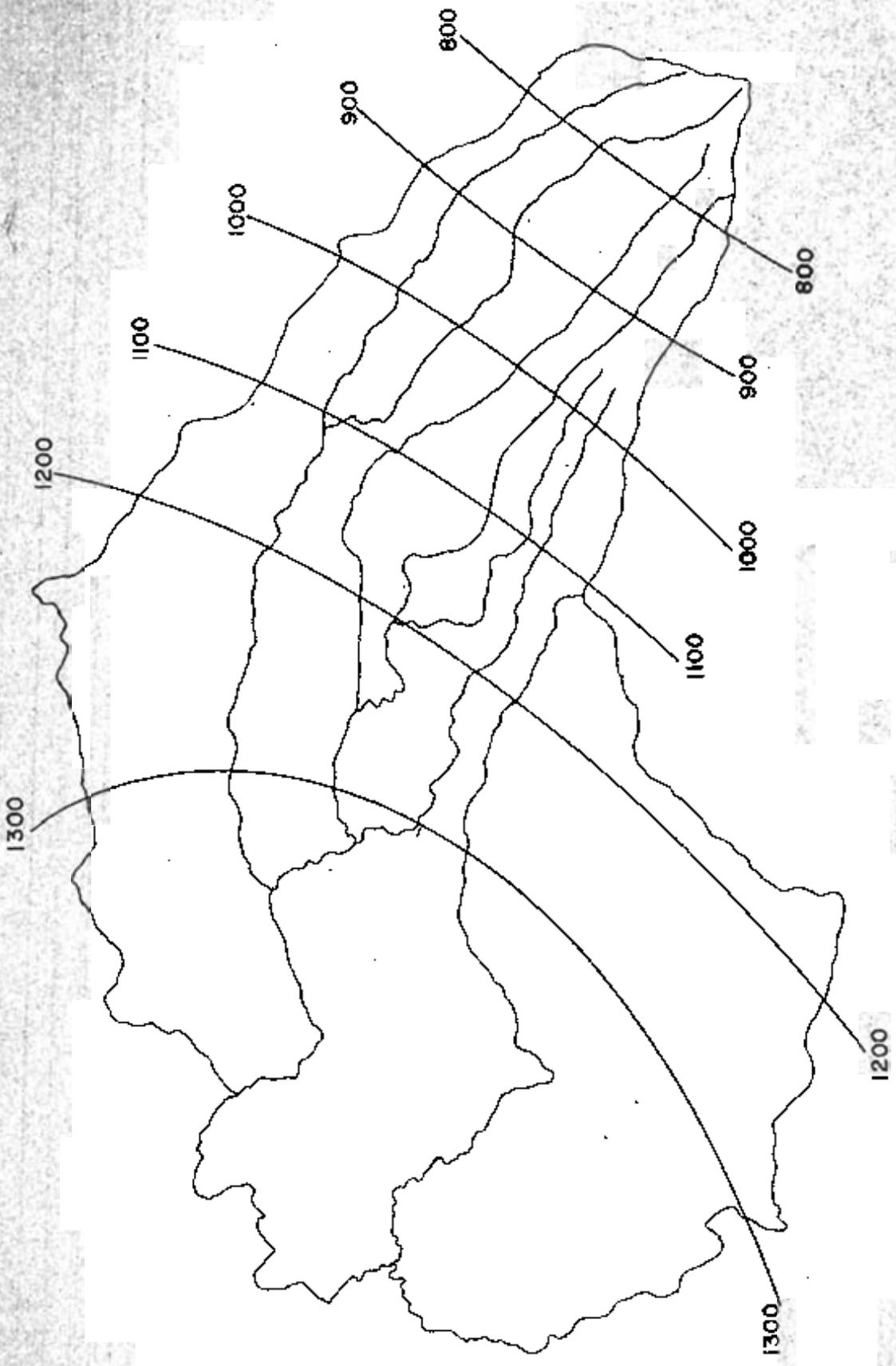
Periodos y tipos de precipitación.

Las precipitaciones del verano debidas a causas tanto convectivas como orográficas producen fuertes aguaceros, chubascos vespertinos, tormentas eléctricas y granizo. Otro tipo de lluvias son las producidas por las llamadas ondas del este que producen lluvias orográficas menos importantes. Durante el otoño tenemos precipitaciones debidas a los ciclones tropicales que introducen masas de aire húmedo que dan lugar a chubascos y lluvias de importancia según la in-

* Las denominaciones "b" y "c" se deducen de que los climas C (templados) incluyen los lugares que tienen temperatura media anual entre 5 y 18 grados C. En estos climas Köppen considera los climas Ca (templado con verano caliente); los Cb (templado con verano fresco y largo) y los Cc (templados con verano fresco y corto).

PLANO DE ISOHIETAS MEDIAS ANUALES

PLANO N° 5



período 1920 - 1958

esc: 1:100.000

tensidad de las masas. Durante el invierno sólo una pequeña cantidad de humedad es acarreada por los vientos superiores, particularmente - los del oeste, que producen escasas precipitaciones de tipo orográfico en las partes altas. Otras masas de aire, las del NE, conocidas como " nortes ", también producen lluvias de este tipo y se acompañan por - heladas y en ocasiones por precipitación nivosa en las montañas.

Isoyetas anuales (8).

La isoyeta de los 1000 mm bordea la base plana de la cuenca de manera que va de los 1000 mm a los 1500 mm. correspondiendo ésta - última a la parte más alta de la sierra de las Cruces y del Ajusco. -

La temporada más lluviosa se presenta durante los meses de julio, agosto y septiembre, siendo julio el mes de mayor precipitación en donde se alcanzaron 2800 mm de precipitación media para el período de 1933 a 1958. Los meses de menor precipitación son diciembre, enero y febrero, con precipitaciones medias de 15 mm. De acuerdo con García el alto porcentaje de lluvias durante el verano, con 80 a 94 % de la - precipitación total anual, indica que predomina un régimen de lluvias - estival lo que quedará indicado con el símbolo "w", a la vez supone una cierta escasez de precipitación invernal (menos del 5 % del total -- anual).

Tipo y subtipos de clima.

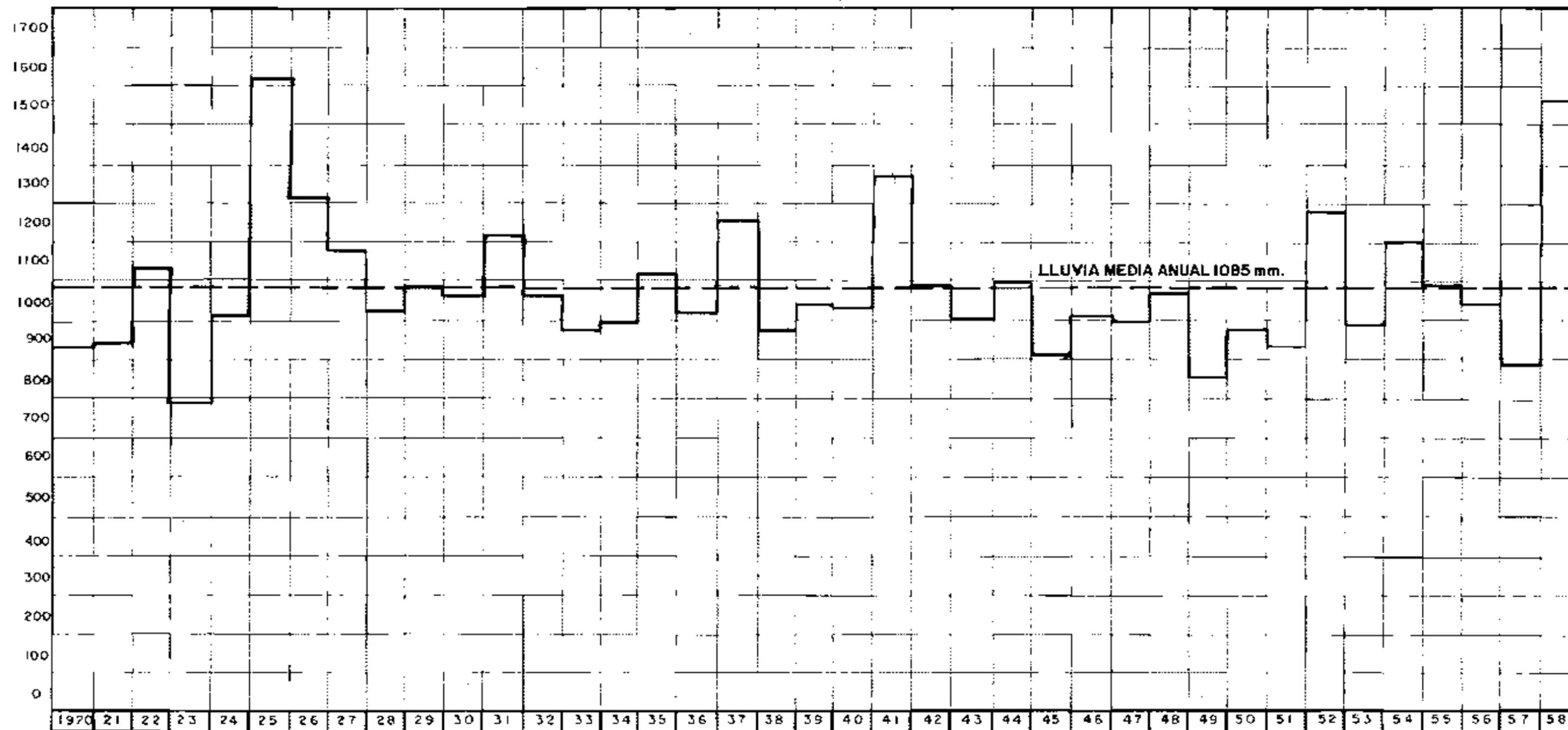
De acuerdo con las consideraciones anteriores, el clima que encontramos en la zona es templado con dos subtipos: Cwb (w) (templado con lluvias en el verano, con temperatura media anual entre 12 y 18 gra - dos C y con precipitación escasa en invierno), y Cwc(w)i (templado iso-

termal, con lluvias en el verano, temperatura media anual entre 5 y 12 grados C y escasa precipitación en invierno).

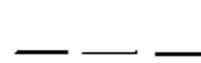
El primer subtipo se encuentra desde la parte baja hasta la cota de los 2800 m y el segundo se localiza arriba de los 2800 m de altitud.

Gráfica de la variación de las lluvias medias anuales

Período 1920-1958



lluvia anual



lluvia media

jfc.

VII.- GEOMORFOLOGIA.

1.- La influencia de la precipitación en el modelado.

Como se ha indicado anteriormente, la precipitación en esta zona es abundante durante el verano, y escasa durante el invierno. Las lluvias medias anuales se representan en la gráfica No. 1, junto con la media de todo el período que fué de 1085 mm. En dicha gráfica puede verse que los años más lluviosos fueron:

1941 con 1379 mm

1958 con 1560 mm

1925 con 1621 mm

en tanto que los más escasos son:

1923 con 790 mm

1949 con 855 mm

1947 con 888 mm

La lluvia de 1925 correspondió al 149 % de la media de todo el período y la de 1923 al 73 % del mismo. De la citada gráfica se puede deducir que el promedio más alto correspondió al período de 1924-28 siendo de 1323 mm, y el más bajo al período 1947-51 con 952 mm. Con excepción de 1956 todos los períodos fueron superiores a la lluvia media o sea, que correspondieron a dos períodos de abundancia.

Estas precipitaciones fueron en su mayor parte de carácter torrencial presentándose después de que la temperatura adquiere su máximo, o sea cuando la actividad convectiva ha alcanzado el óptimo; en esta forma, la lluvia al caer sobre la superficie actúa como un agente-intemperizante bajo dos modalidades. Una se efectúa cuando el agua -

fría, al caer en las masas rocosas con alta temperatura superficial, produce una rápida disminución de la temperatura obligando así a la roca a esfuerzos mecánicos de contracción que alteran su estructura en las juntas y diaclasas, lo que aunado a las acciones térmicas puras, provoca la disgregación lenta pero paulatina de las capas más superficiales de las rocas. La otra forma de embate es de carácter químico; el agua de lluvia ataca los cristales de la roca, ya sea ex pulsando las bases que sostienen la red o bien atacando los ácidos silícicos más débiles. En las rocas andesíticas de esta zona la alteración de los feldespatos es característica y los productos residuales ordinarios son arcillas (26).

TABLA No. 1

PROMEDIOS DE LA PRECIPITACION ANUAL DE LAS CUENCAS período 1920-1958

Río Magdalena hasta la curva 2250	1253 mm
Barranca de Guadalupe hasta la curva 2250	1021 mm
Río San Angel hasta la presa Texcalatlaco	987 mm
Río Eslava hasta la desviación alta.	1289 mm
Barranca de Anzaldo hasta la presa Sn. Jerónimo	1064 mm
Barranca del Muerto hasta la presa Tarango.	907 mm
Río Mixcoac hasta la presa Mixcoac.	1200 mm
Río Churubusco hasta Xoco.	1187 mm

Las características litológicas nos indican que existen dos tipos de materiales de acuerdo con su grado de compacidad estructural

El primero de ellos lo forma el material andesítico (24) - que es muy compacto, de manera que resiste en buena parte las degradaciones mecánicas y sólo es más susceptible a las alteraciones químicas.

El segundo tipo de material presenta un menor grado de compactación y lo forman todos los detritus y materiales clásticos provenientes tanto de la degradación de las rocas, como de los materiales expulsados por las emisiones volcánicas; la compactación de este material se debe en gran parte a la presencia de la vegetación, de manera que, cuando por cualquier motivo la vegetación se pierde, el material es fácilmente degradado a falta de protección. Esto acontece sobretudo en las partes bajas en donde la vegetación ha venido mermando como resultado de los avances de la colonización humana que, para poder edificar construcciones, ha arrasado la vegetación natural.

Formas del ataque de la lluvia en las rocas duras.

El agua de las lluvias no provoca grandes degradaciones mecánicas en los macizos rocosos. ya que éstos se encuentran cubiertos por una amplia capa de materiales clásticos, de suelos y de una gruesa cubierta vegetal que impide que las gotas de lluvia caigan directamente en las superficies rocosas, de manera que la roca queda, por -- los factores anteriores, al abrigo de la destrucción mecánica. No -- obstante, el agua que se infiltra provoca la destrucción química de -- la roca al mojarla constantemente a través de diaclasas y fisuras. Todas estas aberturas permiten que el agua ejerza su acción durante mucho más tiempo y que esa acción se haga sentir en la masa entera de --

la roca que, atacada por todos lados, se altera con mayor facilidad. Un factor importante que contrarresta este ataque del agua es la fuerte pendiente. En efecto, cuando la superficie de la roca es más o menos horizontal, permite largo tiempo el contacto con el agua; las cavidades resultantes de la descomposición retienen la humedad y se agrandan poco a poco hasta carcomer toda la roca. Por el contrario, las pendientes empinadas hacen que el agua corra rápidamente y por tal motivo la permanencia de ésta en las superficies rocosas es menor (26). El agua de la lluvia y los ácidos húmicos generados por la vegetación efectúan una intensa descomposición de los feldespatos en especial de las plagioclasas, elementos constitutivos de las rocas andesíticas.

El ataque en los materiales clásticos.

En estos materiales el ataque químico es de mayor importancia por las siguientes causas: la gran porosidad que existe en este material facilita la infiltración del agua de manera que, al quedar embebidos por ésta, ofrecen menor resistencia a su ataque; otra causa es el contacto inmediato con la cubierta vegetal; la presencia de ésta facilita una pedogénesis que es en cierto modo una variante de ataque químico.

La acción mecánica.

El ataque mecánico por el agua en los materiales clásticos está representado por fuertes fenómenos de soliflucción, derrumbes y asentamientos de los materiales. Estos fenómenos se presentan por las intensas infiltraciones que saturan al máximo las diferentes capas de

tal manera que rompen con el equilibrio de cohesión de las partículas al embeberse todos los intersticios dejados entre partícula y partícula, funcionando como un excelente lubricante. Facilitan la acción de estos fenómenos la pendiente del terreno en primer término, y el peso de los árboles y de los mismos materiales. Como los árboles carecen de un sistema radicular profundo y la estructura de los suelos es porosa e incoherente, se forma sobre el material clásico ya de por sí debilitado, una rampa de deslizamiento, que explica porqué los suelos de las partes altas de las montañas son muy -- delgados a diferencia de los suelos de las partes bajas de las laderas que alcanzan grandes espesores porque están alimentados por materiales remozados por solifluxión o por derrumbe. Es necesario mencionar que los derrumbes se presentan principalmente en las zonas -- con fuertes pendientes y cubiertas por árboles, pues el peso de éstos hace que la cohesión del subsuelo no resista y por ello, en lugar de deslizarse lentamente, se derrumbe en forma rápida.

Es probable que los asentamientos se produzcan en los períodos de sequía. Si consideramos que este material actúa como una esponja que se hincha durante los períodos de lluvia, o sea cuando las filtraciones adquieren su máximo, a medida que las precipitaciones -- van disminuyendo la infiltración se hace cada vez menor por lo que la pérdida de agua provoca contracciones por la desecación que va sufriendo el material formando así los asentamientos en las vertientes. Sería interesante hacer un buen análisis de estos materiales para conocer el grado de hidratación y deshidratación de sus moléculas, y así tratar de conocer su comportamiento y por lo tanto deducir la génesis

de los asentamientos.

2.- El Intemperismo.

La influencia de la radiación solar.

Además de la descomposición química, que modifica la mineralogía de las rocas andesíticas, éstas sufren desagregaciones producidas por la acción de los agentes físicos derivados de la acción de la temperatura, que a su vez depende de la radiación solar (5).

La acción de la helada.

La disyunción en bloques se produce por las alternaciones de la temperatura que obligan a la roca a esfuerzos físicos de expansión y de contracción produciendo un agrandamiento en la red de juntas y diaclasas y por tanto, la pérdida paulatina de la cohesión. El ensanchamiento de estas formas estructurales de la roca es aprovechado por el agua que penetra al interior de la roca donde se congela y por la acción de la temperatura actuando a manera de cuña, lo que ayuda a la fragmentación del material. La fragmentación de las rocas andesíticas tiene lugar en bloques más o menos grandes, luego en fragmentos más pequeños hasta llegar a partículas formadas por uno o varios cristales. Esta gelifracción es particular de los grandes macizos rocosos descubiertos de vegetación, tales como los cerros de Tierras Coloradas y Acoconetla entre otros, pero en general se presenta con regular intensidad en todas las cimas de los cerros.

En los materiales clásticos de las partes media y baja de la zona la acción de la temperatura se reduce a acelerar un poco las reacciones químicas que intervienen en la descomposición de los materiales.

Por otra parte la temperatura regula la humedad de la atmósfera que tiene íntima relación con otros fenómenos meteorológicos e hidrológicos; así, si el grado de humedad es alto un descenso de la temperatura propicia el depósito de rocío y mantiene un estado de humedad favorable al desarrollo exuberante de la vegetación. -- Por lo que respecta a su influencia sobre los fenómenos hidrológicos, a un mayor grado de humedad relativa disminuye la evaporación y la evapotranspiración y ésto favorece el escurrimiento superficial.

3.- El poder de absorción. (infiltraciones)

Desde el punto de vista hidrogeológico (10) se distinguen dos tipos de formaciones, las capas permeables y las capas impermeables. Las primeras forman los acuíferos en tanto que las segundas se comportan de dos maneras diferentes: la primera, son aquellas formaciones que pueden contener agua pero que son incapaces de conducir la o transmitirla en cantidades significativas, se denominan acuíclerres. El segundo tipo se compone por las formaciones que no contienen agua ni pueden conducirla, reciben el nombre de acuífugos.

El agua que circula por los vacíos de las rocas está sujeta a diversas fuerzas que controlan su comportamiento, tanto estático como dinámico. Por una parte, las diversas moléculas de agua sufren una atracción recíproca, que constituye la cohesión del agua, lo que les permite permanecer agrupadas. También sufren una atracción molecular por parte de las substancias extrañas con las cuales se encuentran en contacto, dando origen a la adherencia de las moléculas de agua a las paredes. Además el agua que satura los terrenos está ba-

jo la acción de la gravedad; si la fuerza de gravedad es menor que la magnitud de las fuerzas moleculares que se le oponen, el agua permanecerá estancada; si es mayor, podrá inducir a que el agua se mueva. - Por último, la tensión del vapor de agua de la atmósfera puede provocar movimientos en el agua, sea por evaporación o, por el contrario, por condensación. En los acuíferos se pueden distinguir diversas categorías de agua, según el estado en que se encuentren o según las relaciones que guarden con la roca. A la hidrogeología le interesan dos categorías principales: el agua de retención y el agua libre o de gravedad; el agua higroscópica, la de los coloides, la de imbibición, la de cristalización y el vapor de agua carecen de importancia hidrogeológica.

El agua de retención es el agua que puede ser detenida en una formación en contra de la gravedad; comprende el agua de tensión superficial que se aloja alrededor de los puntos de contacto entre los elementos de la roca y el agua de capilaridad, que comprende tanto la que asciende en un terreno desde un manto de agua o bien la que está suspendida por capilaridad sin conexión con ningún manto de agua.

El agua de tensión superficial no puede ser desplazada en estado líquido más que bajo la influencia de fuerzas moleculares, o sea sin que intervenga la gravedad; una vez fijada no puede ser desplazada por una evaporación natural que supere la fuerza de la gravedad. En general el agua de retención corresponde al agua retenida en una roca que estuvo sometida a una saturación intensa y que perdió lo que se denomina agua de gravedad.

El agua de gravedad o agua libre es la que fluye por la acción de la gravedad y por lo tanto es la diferencia entre el volumen de agua de saturación y el agua retenida. La saturación de un terreno es proporcional al volumen de vacíos que tenga, o lo que es lo mismo, depende exclusivamente de la porosidad del terreno que a su vez está en función de la compacidad de la formación.

Por su parte la relación entre el volumen de agua de retención y el del agua de gravedad dependen de la forma y dimensiones de los poros de la roca; así, mientras menores sean las dimensiones de los vacíos, mayor será la superficie de contacto entre el agua y la roca y, por lo tanto, la absorción será mayor.

Clasificación de los acuíferos.

Se clasifican de acuerdo con su constitución física que determina la forma, distribución y dimensiones de los vacíos por los que circula el agua. Los vacíos pueden clasificarse en los siguientes tipos:

Estratos granulares, juntas y fracturas, túneles en lavas y cavidades formadas por disolución de las rocas. Este último tipo no lo encontramos en nuestra zona.

-Estratos Granulares. Se forman por un conjunto de partículas, más o menos compactadas, que dejan intersticios por los que circula el agua, de manera que su porosidad es abierta, lo que significa que tienen comunicación con la superficie. La porosidad depende de la naturaleza de estos depósitos, bien representados por los componentes de la formación Tarango, así como por los abanicos aluvia-

les y eluviales posteriores a esta formación; su porosidad varía de acuerdo con su granulometría, grado de compacidad y cementación. -- Los abanicos aluviales contienen desde arenas y gravas limpias, altamente porosas y permeables, hasta arenas finas y limos arcillosos de porosidad reducida, por lo tanto bastante impermeables. Los depósitos clásticos de la parte superior de las montañas formados por arenas, gravas, limos y arcillas tienen permeabilidad variable.

En la formación Tarango, que forma los lomeríos de la parte media y baja de la cuenca, existen mantos potentes de arenas muy permeables que son el producto de los aludes ardientes; actualmente constituyen las minas que surten de arena a la ciudad y representan la zona de recarga natural nada despreciable.

Por el contrario, existen en superficie mantos limo-arenosos cementados, vulgarmente conocidos como tepetates, con espesores de más de 100 m en las partes medias. Estos mantos son poco permeables y difícilmente permiten la infiltración del agua de lluvia, -- salvo en aquellos lugares en que se encuentran fracturados a consecuencia del tectonismo producido en toda esta área. Esto se ha podido comprobar durante la construcción del túnel interceptor del pozo que atraviesa a poca profundidad la formación Tarango de sur a norte, desde el río de la Magdalena hasta el de los Remedios.

- Juntas y fracturamiento de la rocas.

Las rocas en estado sano constituyen lo que se ha denominado un acuífugo, es decir, ni contienen agua ni son capaces de -- transmitirla. No obstante, ocurre con frecuencia que las rocas es--

tén fisuradas, fracturadas o francamente afalladas y entonces pasan a la categoría de acuíferos.

Es evidente que la porosidad de las rocas afectadas por estos fenómenos dependerá de la cantidad de hendiduras y de su grosor, condicionandolas para ser consideradas como buenos acuíferos (23). Por esta razón las formaciones volcánicas de las sierras de los Cruces y Ajusto, de composición andesítica, son consideradas como buenos acuíferos; ambas están sumamente fracturadas y afalladas, lo que se comprobó durante la construcción del tunel de Lerma, en donde los fracturamientos hicieron que durante las perforaciones, se tuviera que manejar fuertes caudales de agua que se infiltraban al tunel por las fracturas. En la actualidad, y a pesar del tiempo transcurrido, las filtraciones siguen siendo del orden de los 800 litros por segundo, lo que permite suponer que la recarga natural de esa formación es importante.

Las formaciones basálticas recientes se encuentran fracturadas en su totalidad, dando lugar a una porosidad y permeabilidad elevadas, de manera que constituyen excelentes acuíferos.

En la siguiente tabla se pueden observar los valores de la recarga natural aprovechable en las diferentes formaciones de la cuenca.

TABLA No. 2

VALORES DE LA RECARGA NATURAL APROVECHABLE.

FORMACION GEOLOGICA.	AREA	VOL. ANUAL llovido 10 m	COEF. de inf.	Vol. med anual inf 10 m.	Caudal med equivalente
1 Basaltos (Qcbc, Qcb) Chichinautzin	34.0	40.018	0.39	15.607	0.495
2 Andesitas (Tpa) Ajusco	6.8	9.024	0.22	1.985	0.063
3 Andesitas (Tpcr) Co. Sn. Miguel Co. la Paloma	76.0	100.852	0.12	12.102	0.384
4 Tobas (Tpt) Formación Tarango pie de monte Sie- rra de las Cruces	64.0	67.008	0.10	6.701	0.213

VIII.- LA HIDROLOGIA.

El agua de las precipitaciones, a partir de su contacto con la superficie del suelo, va a ser dirigida de tres modos diferentes. - La primera parte escurrirá sobre la superficie y formará el escurrimiento natural de las aguas por la acción de la gravedad. Una segunda fracción que se infiltrará según dos modalidades distintas: a: la infiltración freática, que es la fracción de agua que se infiltra a gran profundidad de manera que alimenta los mantos freáticos por medio de los cuales es posible abastecer los numerosos manantiales y veneros, dadas las características hidrogeológicas de la zona, y que fueron objeto de análisis en el capítulo anterior.

b: La infiltración subsuperficial o hipodérmica, representada por aquella fracción de agua que no alcanza infiltraciones profundas; su efecto se refiere en las primeras capas del suelo y del subsuelo. Esta es la parte más importante para la morfología, ya que es la responsable de la alteración de los agregados orgánicos e inorgánicos de los suelos; es la fracción que influye directamente en la pedogénesis.

Por último, el tercer camino del agua lo constituye la -- evapotranspiración y constituye la fracción de agua que se infiltra en el suelo para ser regresada casi inmediatamente a la atmósfera. -- Esta fracción se subdivide en dos: la evaporación física, que es la porción de agua evaporada antes de haber podido lograr la infiltración, esto es, la fracción que sólo moja la parte más superficial del suelo y que se seca inmediatamente y la transpiración o evapo-

ración fisiológica, que es la fracción que se infiltra en el suelo y es absorbida por las raíces de las plantas para efectuar sus funciones fisiológicas, permitiendo que parte de esta agua sea difundida en la atmósfera por medio de la transpiración capilar de ellas. (21).

Los factores del Balance Hídrico.

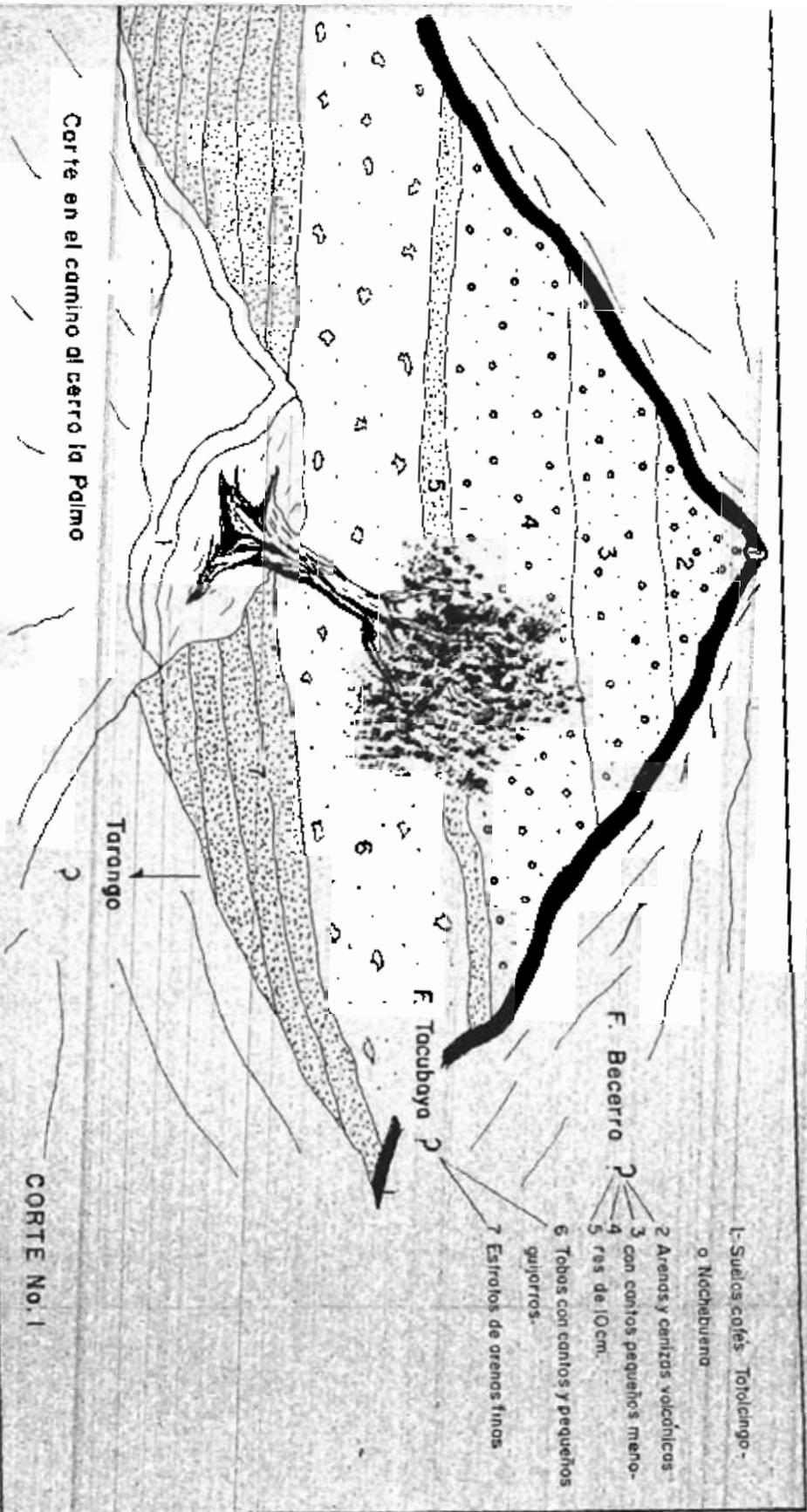
A partir del instante en que la lluvia cae sobre la superficie del suelo, y hasta el momento que ésta logra escurrir en un río, el balance hídrico está en función de una serie de factores: a) las precipitaciones; b) la escorrentía; c) la infiltración, tanto subsuperficial como freática, y, por último, la evapotranspiración.

En general, el balance sería función de los cuatro términos anteriores, pero ya en un análisis detallado el fenómeno se complica por las modalidades que reviste la evaporación física. En efecto, la evapotranspiración es alimentada por el agua que penetra en el suelo a profundidades diferentes. Del agua que cae, una parte se evapora sin lograr penetrar en el suelo pues es retenida en los intersticios de las hojas, en las rugosidades de las ramas y troncos, etc. Del agua que penetra en el suelo, una parte queda sometida a la evaporación física, ya que la mayor parte de los suelos son más o menos porosos debido a su estructura, lo que permite una buena circulación del aire facilitando así la evaporación física del agua alojada en los poros del suelo, evaporación que, por otra parte, se halla en función de la talla de esos poros. La evaporación física puede ganar en profundidad a veces hasta los dos metros, en los lugares en -

que las capas de los suelos son muy potentes y esponjosas; ésto sucede particularmente en las partes más bajas de las vertientes en donde, como consecuencia de los fenómenos de capilaridad, aún en los poros más finos, el agua tiende a subir dirigida por la evaporación-física que se ejerce sobre la superficie y que crea un efecto de succión facilitando por otra parte el fenómeno de ósmosis.

La evaporación física debe adquirir su máxima importancia durante los períodos que suceden a la estación lluviosa, cuando se alcanzan altos valores de temperatura y se presentan invasiones de masas de aire secas, aunque no dejan de tener importancia los valores de evaporación registrados aún en los meses de lluvias en donde la fuerte temperatura y la abundante humedad lo permiten.

Por lo que respecta a la transpiración, esta es más homogénea ya que conduce directamente a los valores del agua infiltrada; -- las raíces vegetales penetran en el suelo de manera que las plantas pueden adquirir el agua a través del bombeo que sus raíces hacen de ella en el suelo. La importancia de este bombeo depende exclusivamente del sistema radicular de las plantas. Es aceptado que, de acuerdo a las condiciones del medio, las plantas tienen diferentes tipos de formación radicular adaptados a procurar la subsistencia de la planta; por ejemplo, en las regiones secas las plantas tendrán un sistema radicular más desarrollado para poder bombear el agua más profunda, en el mayor volúmen de terreno posible alrededor de ellas. No obstante para una región como la nuestra, de características templadas, el volúmen de las raíces es aproximadamente igual al de las partes aéreas,



Corte en el camino al cerro la Palma

Tarango

F. Tacubaya

F. Becerra

1- Sueltos colés Totolengo o Náchebuena

2 Arenas y cenizas volcánicas

3 con cantos pequeños menos de 10cm.

4 res de 10cm.

5 Tobos con cantos y pequeños guijeros.

6 Tobos con cantos y pequeños guijeros.

7 Estratos de arenas finas.

CORTE No. 1

fenómeno que tiene mucha importancia en Geomorfología por la protección natural que ofrecen las raíces de los árboles para evitar los deslizamientos en masa, que serían comunes en el caso de faltar esa protección radicular.

Por esta razón, la vegetación de esta zona debe conservarse íntegra. Por las características de las vertientes superiores, en donde el material clástico está en inmediata vecindad con la roca madre, no hay peligro de que se presenten fenómenos de abarrancamientos o cárcavas al desaparecer la cubierta vegetal; pero si puede dar lugar a procesos de soliflucción, deslizamientos y asentamientos dirigidos por la influencia directa de las pendientes y por la falta de cohesión de las formaciones, cohesión que casi siempre es proporcionada por las raíces. (ver corte No. 1).

La transpiración tiene especial importancia en la génesis de los asentamientos en cuchara, propios de las partes altas de las vertientes donde los valores de las pendientes sobrepasan los veinte grados. Las características especiales del subsuelo y del suelo, cuya formación está dada por composiciones de origen volcánico, con estructuras areno-arcillosas, ocasionan que al ser saturadas de agua, tiendan a aumentar de tamaño como si fuera una esponja sobre la cual el continuo bombeo de las raíces va a modificar el volumen de agua - de tal manera que se producirán contracciones del terreno a medida - que éste vaya siendo desecado; estas contracciones van a ser influenciadas por el peso de la vegetación de manera que, en muchas partes, se van a producir los asentamientos al ceder el subsuelo ya sin cohe-

sión. Este fenómeno se puede observar sobre todo en las partes medias de las laderas en donde la vegetación es más tupida.

Lo anterior tiene una gran importancia ya que la evaporación afecta horizontes muy variados del suelo y del subsuelo; concretamente tenemos:

Agua no infiltrada.	(evaporación física sobre las plantas (evaporación física sobre los suelos
	(evaporación física superficial del suelo
Agua infiltrada	(evaporación física capilar del suelo y del (subsuelo (transpiración.

La Escorrentía.

En el balance hídrico la escorrentía es el resultado de los valores de las precipitaciones menos los valores de la infiltración y de la evapotranspiración.

En las medidas de la precipitación tal como las proporciona las estaciones meteorológicas, no se toma en cuenta el papel retentivo de la vegetación, lo que conduce a una diferencia entre los valores registrados y los valores reales. Esta diferencia la constituye la retención de la vegetación, o sea las gotas que no caen al suelo sino que se quedan en las partes aéreas de los árboles, en donde son retenidas por las hojas y ramas formando una película de agua. Este film constituye la lubricación que permite a las gotas escurrir hacia las demás plantas inferiores o hacia el suelo. Una vez que el agua ha escurrido, el film permanecerá un corto tiempo antes de eva-

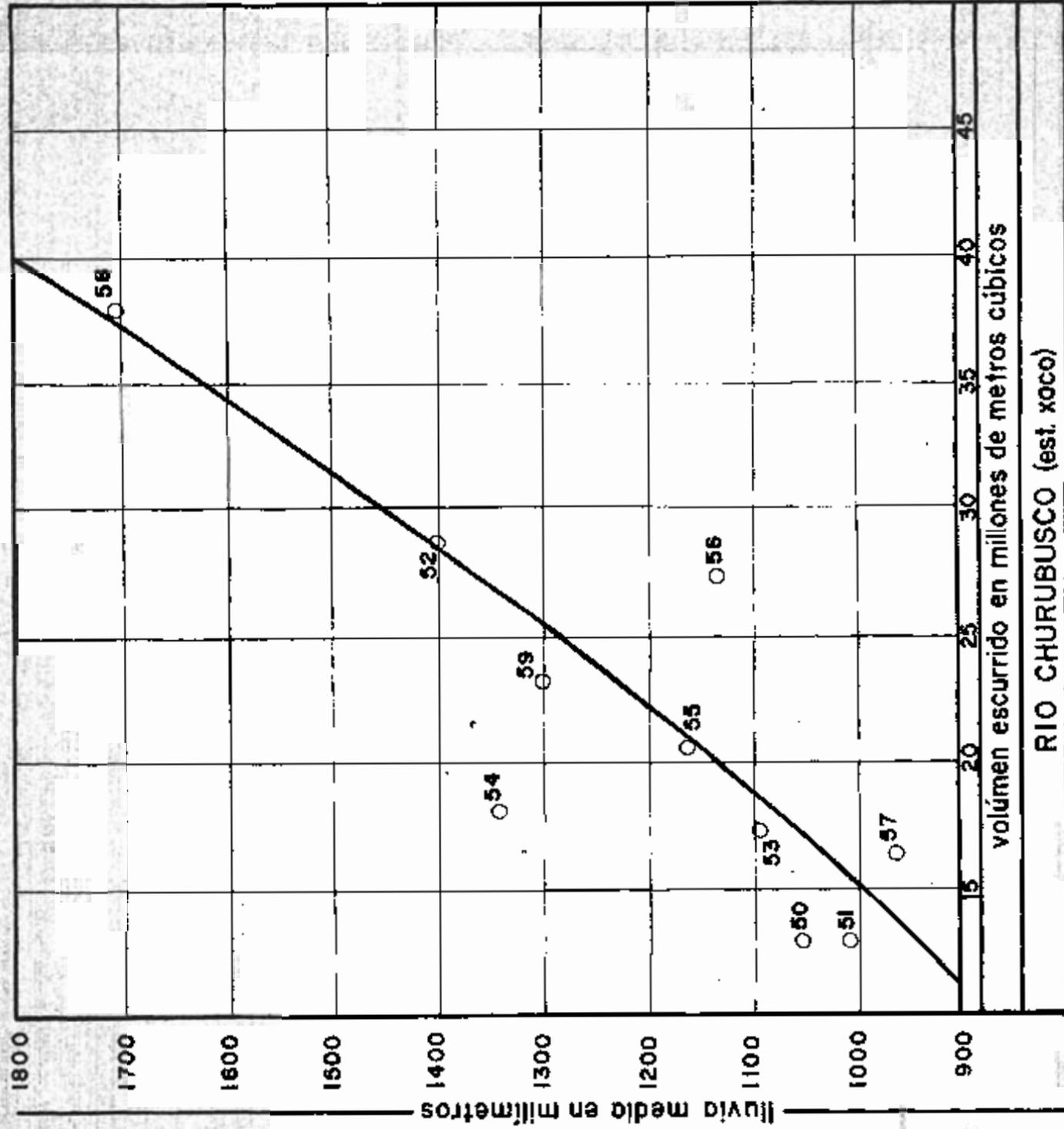
porarse. En la parte alta de la cuenca, donde la cubierta vegetal es densa y bien espaciada, esta retención va a tener un valor mayor que el que existe en las partes bajas a partir de la cota de los -- 3000 m, que es la altura aproximada en donde la cubierta vegetal -- tiende a desaparecer o ya ha desaparecido, de ahí que los escurri-- mientos de las zonas de las barrancas, con sus cuencas mas chicas - tanto en área como en longitud, revistan características más torren-- ciales que las cuencas mayores. Sería interesante lograr medicio-- nes que nos indicaran los valores de retención para las especies ve-- getales que existen en la zona pues de esta manera se podrían dedu-- cir su facilidad los valores de escurrimiento que proporciona la pre-- cipitación.

En general para toda la zona, una vez que la película se - forma en toda la cubierta vegetal, el escurrimiento puede realizarse si no se toma en cuenta la infiltración. La gran cantidad de materia orgánica en el suelo y la cubierta protectora de las copas de los ár-- boles se unen para impedir el desarrollo de un importante escurrimien-- to; esta circulación solo permanece en la etapa de una esorrentía di-- fusa que, por otra parte no tiene una gran influencia morfogenética.

La Infiltración.

Una vez que el agua ha caído en la superficie del suelo se infiltra hasta las alteraciones del subsuelo y la roca madre. En un terreno como el que forman las cabeceras de los ríos Eslava, Magdale-- na y Mixcoac, o sea de los límites septentrionales de la cuenca has-- ta la cota de los 2 800 m aproximadamente, los materiales forman bue

Relación de lluvias medias anuales y volúmenes escurridos



nos acuífugos o mantos permeables en los que se distingue la formación por la que atraviesa la cuenca del río Eslava, que pertenece a la formación basáltica Chichinautzín y que es la que tiene el mayor grado de permeabilidad de toda la cuenca. A partir de la cota de los 2800 m, las infiltraciones son menores debido a las capas de vidrio volcánico pertenecientes a la formación Tarango y que constituyen verdaderos selladores a la infiltración del agua; se conocen en hidrogeología como acuícierres.

Las Corrientes formadoras del río Churubusco.

Clasificación.

Con el fin de lograr la identificación de las corrientes superficiales de la cuenca, así como de algunos lugares importantes, sitios o presas, sobre las mismas, se adoptó el método usado por la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México para la clasificación de las corrientes (9). Este método parece ser el de más fácil aplicación por su gran flexibilidad y amplitud en la designación e identificación de las corrientes. Consiste en atribuir a cada corriente un número que, por ser exclusivo, no permitirá ninguna confusión.

La primera cifra de la izquierda corresponde al determinante numérico de la corriente troncal, o del grupo, y éste aparece en todos sus afluentes; el segundo número, corresponde el determinante de cada afluente primario, o sean, los que descargan directamente a la corriente troncal, y se han enumerado ordinalmente de aguas abajo hacia aguas arriba, conforme desembocan a dicha corriente troncal.

El tercer número es, a su vez, el determinante numérico de las corrientes que descargan en los afluentes primarios, ordenándose en la forma ya descrita, y así sucesivamente.

Los números determinantes de cada corriente se separan con guiones; los sitios sobre una corriente vienen expresados por el último número a la derecha, separados de los anteriores por un punto.

Como un ejemplo aclaratorio se da a continuación la explicación de la clasificación:

2-1-1.2:

(2) Grupo del río Churubusco

(2-1) Río Magdalena, afluente del río Churubusco.

(2-1-1) Barranca de Guadalupe, afluente del Río Magdalena

(2-1-1.2) Sitio de la presa Atlamaya, sobre la barranca de Guadalupe.

La clasificación 2-1-1.2 corresponde al sitio de la barranca de Guadalupe en la que cruza la elevación 2250 m.s.n.m.

En la siguiente tabla se presenta la clasificación de las corrientes y sus principales sitios.

CLASIFICACION DE LAS CORRIENTES FORMADORAS DEL RIO CHURUBUSCO.

TABLA No. 3

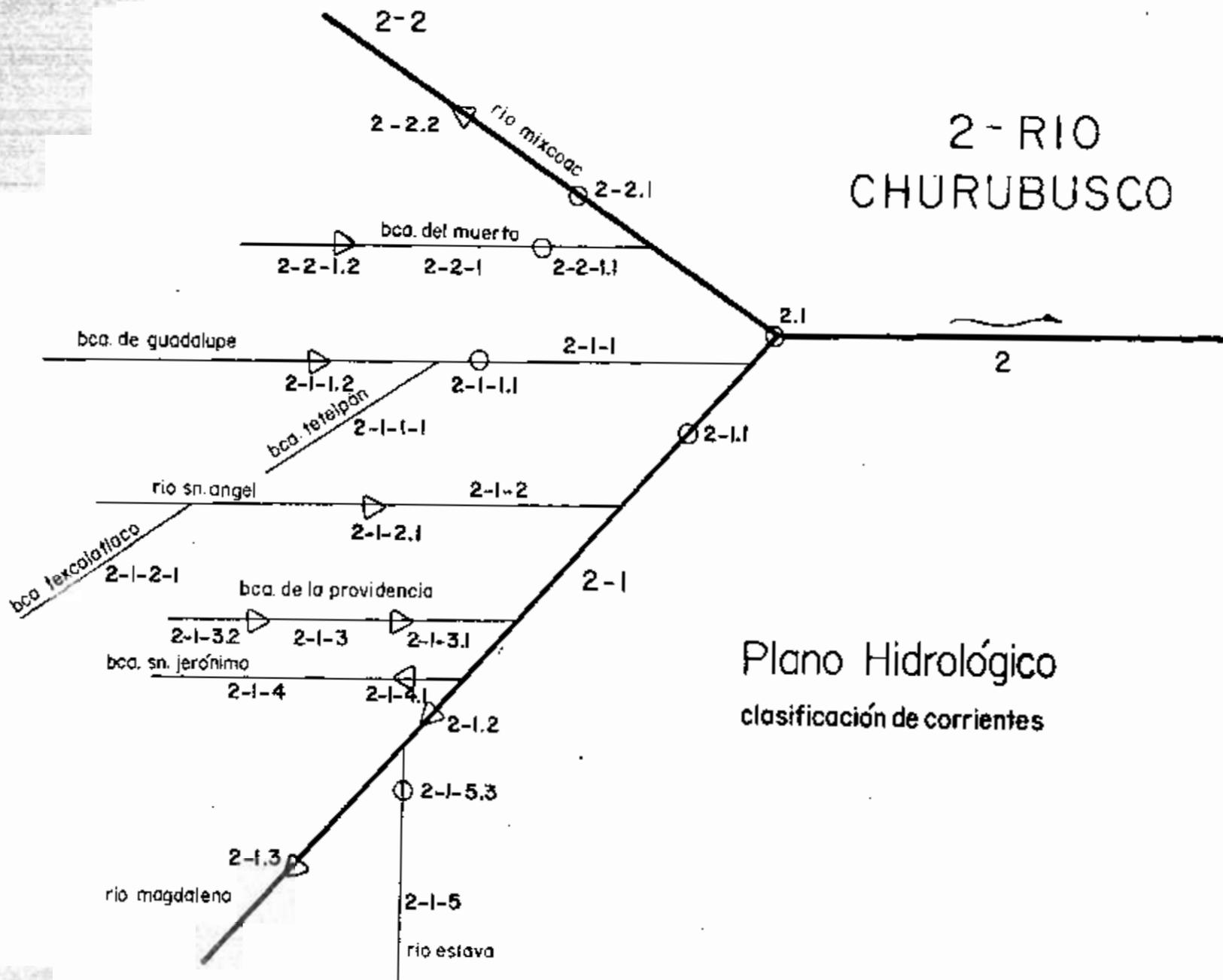
DETERMINANTE NUMERICO	CORRIENTE	AREA EN Km ²
(2)	Río Churubusco	234 Km ²
(2.1)	R. Churubusco en Xoco	192.6 Km ²
(2-1)	R. Magdalena	
(2-1.1)	R. Magdalena en altitud 2250	124.5 "
(2-1.2)	R. Magdalena en presa de Anzaldo	100.3 "
(2-1.3)	R. Magdalena en presa Magdalena	29.6 "
(2-1.4)	R. Magdalena en presa Cru ^z titla	27.5 "
(2-1-1)	Barranca de Guadalupe u Oli ^v ar de los Frailes	
(2-1-1.1)	Barranca de Guadalupe en al ^t itud 2250 m	23.5 "
(2-1-1.2)	Barranca de Guadalupe en presa Atlamaya	15.9 "
(2-1-1-1)	Barranca de Totelpan	
(2-1-2)	Río San Angel	
(2-1-2.1)	R. San Angel en presa Tex ^c alatlaco	7.0 "
(2-1-2-1)	Barranca de Texcalatlaco	
(2-1-3)	Barranca de la Providencia	
(2-1-3.1)	Barranca de la Providencia en presa Coyotes	2.2 "

Continúa Tabla 3

(2-1-3.2)	Barranca de la Providencia en presa La Palma	1.7	Km ²
(2-1-4)	Barranca de Anzaldo o San Jerónimo		
(2-1-4.1)	Barranca de Anzaldo en la presa San Jerónimo	6.0	"
(2-1-5)	Río Eslava		
(2-1-5.1)	Río Eslava en la desviación alta del Pedregal	65.5	"
(2-2)	Río Mixcoac		
(2-2.1)	Río Mixcoac en la altitud 2250 m.	38.6	"
(2-2.2)	Río Mixcoac en la presa Mixcoac	32.8	"
(2-2-1)	Barranca del Muerto		
(2-2-1.1)	Barranca del Muerto en altitud 2250 m	6.7	"
(2-2-1.2)	Barranca del Muerto en la presa Tarango	4.7	"

Para la mejor comprensión de la tabla de clasificación de corrientes veáse el esquema del plano No. 6.

2 - RIO CHURUBUSCO



Plano Hidrológico
clasificación de corrientes

EL RIO ESLAVA

Este río nace en el extremo suroeste de la cuenca dentro del complejo de la Sierra de las Cruces; alimentado por algunos manantiales; se inicia corriendo de oeste a este hasta la altura del volcán del Ajusco, en donde tuerce hacia el noreste manteniendo éste rumbo hasta su desembocadura a la altura del pueblo de Contreras, en donde parte de sus aguas son derivadas hacia el Pedregal de San Angel para su infiltración por medio de un canal dispersor conocido como Sitio de la Desviación Alta del Pedregal.

La longitud del río, desde sus inicios y a partir de la cota de los 3650 m., hasta su desembocadura sita en la cota 2450 m., es de 15 Km; el área de la cuenca es de 65.5 Km². Esta cuenca se encuentra delimitada hacia el suroeste por el parteaguas que corre por la Sierra de las Cruces, hacia el oeste lo limita el parteaguas que la separa de la cuenca del río de la Magdalena; al oriente y sur el límite lo constituye el parteaguas que corre por el Pedregal de San Angel y que separa esta cuenca de la del río San Buena Ventura.

De la tabla No. 4, puede deducirse que a este río no sólo le corresponde el área mayor, sino también los máximos valores de la precipitación (1289 mm de lluvia media anual); del análisis de la gráfica No. 3, en la que se muestra el perfil longitudinal del río, se ve el fuerte valor de la pendiente general del río, y se nota la presencia de tres rupturas notables además de otras de menor magnitud, lo que da al perfil las características de un río que dista mucho de alcanzar su nivel de base.

Del análisis de las características anteriores, tanto de la magnitud de la cuenca de captación, así como de las lluvias intensas además del fuerte valor de la pendiente, sería fácil deducir que a este río deberían corresponder los mayores volúmenes escurridos; no obstante esto no sucede en la realidad.

Según se observa en la gráfica No. 10 el escurrimiento anual del río es muy inferior al de las otras cuencas las que, con áreas y precipitaciones menores, producen mayores escurrimientos; los volúmenes escurridos alcanzan a lo sumo un 5 % del volumen anual llovido, de manera que el 95 % restante se pierde tanto por la infiltración como por la evapotranspiración del agua.

Los valores que indican el escurrimiento del río (Tabla no. 4) fueron tomados de acuerdo a los datos proporcionados por la estación de aforamiento de la Desviación Alta que se encuentra en la desembocadura. No se contó con datos de aforamientos que proporcionaran valores del escurrimiento aguas arriba, con los que se hubiera podido uniformar el escurrimiento del río a diferentes niveles y por lo tanto, las pérdidas que el gasto resiente a través de ellas. Estos datos nos hubieran proporcionado una idea más clara de los coeficientes de infiltración de las diversas formaciones geológicas.

Las tres grandes rupturas en la pendiente general del río que se muestran en el perfil longitudinal (gráfica No. 8) deben corresponder a tres zonas de remansos en las cuales las infiltraciones alcanzan su máximo por la relativa lentitud del agua en su escurrimiento, y lo que proporciona mayor tiempo para que la filtración se reali

ce. El factor litológico cuenta mucho en las pérdidas del escurrimiento: en efecto, tanto en las zonas andesíticas de la Sierra de las Cruces, como en la parte correspondiente a la sierra del Ajusco (ver plano No. 1) las rocas están muy fracturadas y constituyen excelentes acuífugos para las aguas precipitadas.

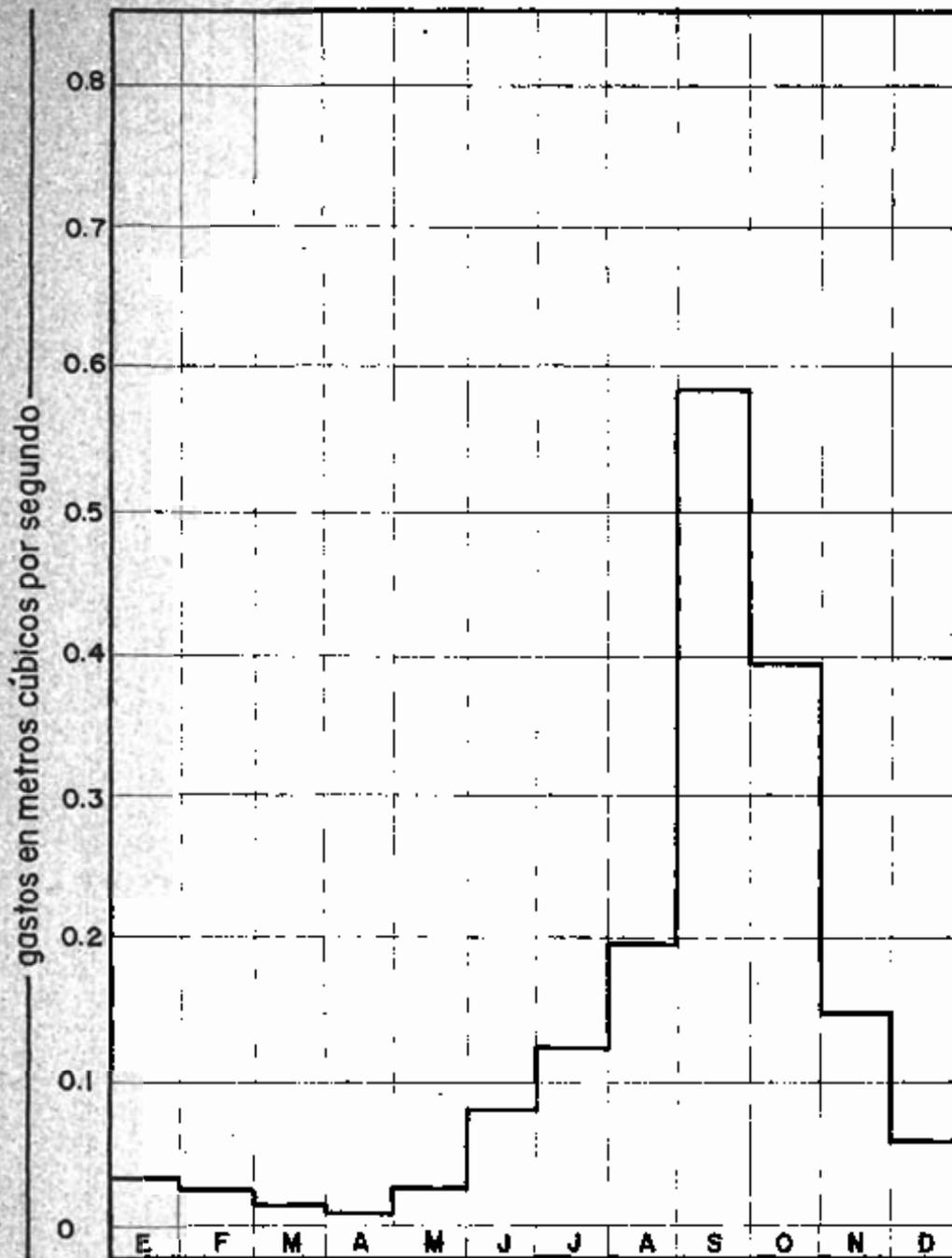
Las recientes erupciones cuaternarias de las series Qcb y Qc dejaron formaciones muy permeables de coeficientes mayores que el de formaciones anteriores. Así, la formación volcánica Chichinautzin, por medio de recientes erupciones (Xitli), dejó mantos de lavas esponjosas en las cuales las fracturas y los túneles forman los acuífugos mayores de la cuenca por su gran capacidad para infiltrar el agua; lo que explica que el río tenga pérdidas tan grandes en su escurrimiento.

La infiltración del agua llovida en la parte alta de la cuenca se produce según dos modalidades diferentes: la primera es una infiltración profunda realizada a través de las juntas y fracturas del material andesítico de las formaciones Tpcr y Tpa en las que la mayor parte del agua infiltrada no se vuelve a recuperar. La segunda modalidad es una infiltración subsuperficial o hipodérmica realizada en los mantos de tobas y clásticos pertenecientes al Qcb que cubren a los materiales andesíticos en su mayor parte. El agua así infiltrada corre a poca profundidad de la superficie, de manera que, en algunas partes aflora en forma de manantiales tales como los de Monte Alegre, Viborillas, La Escondida, La Leona, Las Regaderas etc.; algunos de ellos han sido captados para proveer de agua a los pobla-

dos cercanos. A medida que se desciende, estas formaciones clásticas van perdiendo potencia mientras que van ganando terreno las formaciones de lavas basálticas; este tipo de infiltración pierde sus características al contacto con estos materiales en los cuales la infiltración profunda semejante a la que se efectúa en la cuenca alta adquiere aún mayor importancia.

Es importante mencionar que los coeficientes de evaporación y de transpiración deben de ser altos, en particular el primero, debido a que gran parte de la cuenca se encuentra orientada de cara al sol de manera que la insolación es termicamente más efectivo que en las demás cuencas. Por desgracia no se cuenta con datos que apoyen esta exposición.

Puede decirse que el régimen del río tiene una característica intermitente tal como lo demuestra la gráfica No. 3, en la que infortunadamente los datos están expresados junto con una parte de los valores del escurrimiento del Río de la Magdalena, ya que éste también deriva aguas por la Desviación Alta, estación de aforamiento de la que se obtuvieron los datos. No obstante, puede observarse que los valores máximos en el escurrimiento no corresponden a los máximos de lluvias a los que el río se atrasa aproximadamente dos meses; así el gasto máximo del río se produce durante los inicios del otoño en los meses de septiembre y octubre. Este fenómeno de atraso del escurrimiento con respecto a las lluvias puede explicarse como sigue: los meses lluviosos de la cuenca pertenecen al verano (julio y agosto), cuando las primeras lluvias empiezan a caer el



**GASTOS MEDIOS MENSUALES
RIOS MAGDALENA Y ESLAVA (est. desviación alta)**

período 1944-58

jfc

~~terreno seco y permeable las absorbe facilmente impidiendo su escurrimiento;~~ a medida que éstas se van incrementando, tanto en cantidad como en intensidad; el coeficiente de infiltración se va reduciendo hasta el punto que, durante el mes de septiembre, las lluvias atrasadas, que son rechazadas a una infiltración rápida, se suman a los afloramientos de agua por medio de manantiales que empiezan a reintegrar parte de los valores infiltrados durante los meses lluviosos de la estación anterior provocando entonces los escurrimientos máximos del río.

Estos, al no tener la alimentación de las lluvias atrasadas, se van reduciendo a medida que éstas decrecen durante los meses sucesivos tal como se nota en la gráfica No. 3, que nos muestra que durante la mayor parte del año el escurrimiento es mínimo, existiendo un escurrimiento medio de 0.50 m³ cúbicos por segundo.

Dinámica del río.

Como se ha visto anteriormente, durante los períodos de estiaje el río funciona exclusivamente por la alimentación que le dan los manantiales o por la presencia de acuíferos poco profundos que alimentan su lecho en las partes altas de la cuenca, dentro de las formaciones clásticas. El escurrimiento así logrado se pierde en su mayor parte al pasar por los mantos basálticos, de suerte que el escurrimiento es reducido al mínimo.

De ahí que el río no tenga la suficiente potencia en su gasto para remover, transportar o llevar cargas de calibres gruesos y su poder de ataque a los materiales duros es mínimo, razones que expli-

ran la forma abrupta del lecho que muestra su perfil longitudinal.

La erosión tanto vertical como transversal, no tiene efecto en el cauce en la mayor parte del año debido a las razones expuestas anteriormente, de manera que la morfología en el lecho del río sólo tiene importancia durante los escurrimientos máximos del río, - que si son capaces de remover, transportar partículas y guijarros - gruesos con los que escavan el talweg del río, o bien con aguas muy cargadas que friccionan las riberas. Esta acción aumenta en las partes de declives pronunciados en donde el agua alcanza las máximas velocidades de escurrimiento además el agua es más densa y pesada por efecto de las partículas de carga y de los mayores volúmenes, por los constantes aportes de las vertientes en favor de la gravedad. En esta forma las partículas de carga y el acarreo del fondo del río, al alcanzar velocidades mayores, tienen mayor potencia de choque con el material que forma el lecho y las riberas provocando una abrasión intensa en ellas.

En apariencia el río no tiene su cauce bien definido, lo que puede deberse a dos causas: (a): que las pérdidas de agua en el escurrimiento del río por las fuertes infiltraciones siempre haya constituido un freno en el entallamiento del lecho del río para tener sus riberas fijas, o bien, (b): que las recientes erupciones del Xitli, que depositaron una gran cantidad de escombros en toda la zona, hayan podido sepultar un antiguo cauce primario lo que permitió la divagación del río; es por cierto en la zona basáltica donde más se pierde el cauce. De cualquier forma solamente en los períodos de gastos má-

ximos el río presenta el funcionamiento de un lecho menor, más o menos encauzado; a medida que los escurrimientos en la cuenca van disminuyendo, el lecho se pierde para dar paso al funcionamiento de un canal de estiajes que perdura durante el resto del año. En los períodos de lluvias torrenciales, en los que la esorrentía sobrepasa momentáneamente a la infiltración, el río puede divagar y desbordarse por el exceso de caudal y por la ausencia de riberas fijas, fenómeno más susceptible de realizarse en la parte de basaltos en donde el entallamiento del talweg es más difícil por la dureza del material. No obstante en la parte de la cuenca alta, con formaciones más muebles, este entallamiento se ha empezado a realizar dando inicio a la evolución del lecho, hacia un perfil de equilibrio.

EL RÍO DE LA MAGDALENA.

Este río nace en las estribaciones del cerro Las Palmas, su cuenca de captación esta limitada: al sureste, por la cuenca del Río-Eslava; al oeste por la cuenca del Río Mixcoac; en tanto que al norte y noreste lo limitan las cuencas de los ríos Mixcoac, Barranca de Guadalupe y San Angel.

Su longitud desde su cabecera en el extremo suroeste (cota de 3700 m) hasta la cota de 2250 m. es de 20 Km aproximadamente: la dirección que sigue el curso del río es hacia el noreste, recibiendo algunos afluentes importantes a lo largo de su curso, como son: el río Eslava, por su margen derecha, y los ríos Barranca de Anzaldo, Barranca de la Providencia, San Angel y Barranca de Guadalupe por su margen izquierda. A partir de su unión con el río Mixcoac forma una

sola corriente conocida como Río Churubusco, unión que se realiza aguas abajo de la cota de los 2250 m poco antes de la estación de aforamiento de Xoco, sita en la delegación de Coyoacán.

Como puede verse en la tabla No. 4 el área de la cuenca, es de 46 Km², ocupando con este valor el segundo lugar con respecto a las áreas de las demás cuencas afluentes del río Churubusco.- De la misma tabla se desprende que el valor de las precipitaciones es muy elevado, apenas sobrepasado por las precipitaciones caídas en la cuenca del Río Eslava.

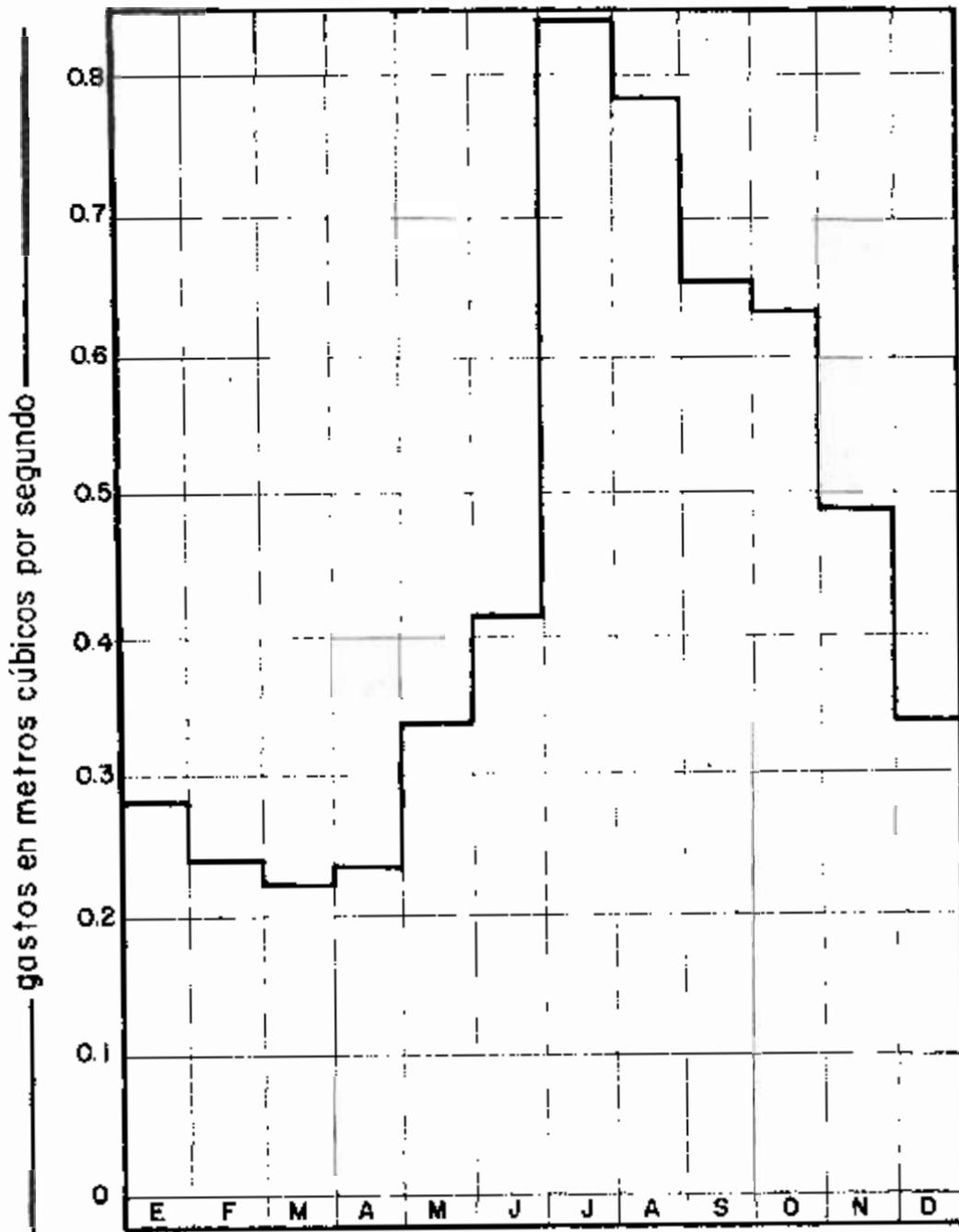
Del análisis del perfil longitudinal representado en la gráfica No. 7, se deduce un cauce poco abrupto tendiente hacia su perfil de equilibrio, sobre todo en la parte baja, a partir de los 2800 m. de altitud, zona en la que el río inicia su penetración en los abanicos aluviales pleistocénicos del Tpt (formación Tarango inferior), tal como puede observarse en el plano geológico. En esta zona, la poca resistencia de los materiales al entallamiento del río, ha hecho que éste haya alcanzado rápidamente su nivelación y por lo tanto sea aquí donde la pendiente es muy uniforme. Esto no sucede aguas arriba de estas formaciones, en donde el río se halla encauzado en los mantos andesíticos que impiden, por su dureza, el entallamiento profundo del río y, por lo tanto, que logre establecer una pendiente uniforme.

La precipitación media anual de la cuenca (Tabla No. 4) es de 1253 mm. valor elevado que se ha representado gráficamente en relación con el escurrimiento y la evapotranspiración (ver gráfica No.10) De acuerdo con ella encontramos que el coeficiente de escurrimien-

to anual es de 11,51 % quedando el porcentaje restante (88.49) repartido entre la infiltración y la evapotranspiración. A pesar del alto valor que se tiene de la infiltración y de la evapotranspiración (1108.70 mm), el escurrimiento logrado (144.30 mm) es suficiente para que se establezca una buena dinámica fluvial.

En la gráfica No. 4 se muestran los gastos medios mensuales del río de la Magdalena. Como puede observarse el escurrimiento mínimo sobrepasa los 2 m³ cúbicos por segundo, en tanto que los valores máximos sobrepasan los 8 m³ cúbicos por segundo. Los escurrimientos del río, deducidos en la misma gráfica, corresponden exactamente a los impuestos por las condiciones climáticas; así entonces tenemos que, los escurrimientos máximos se producen durante la estación del verano, en los meses de julio y agosto abarcando inclusive una pequeña parte del otoño en el mes de septiembre, períodos de escurrimientos que están conformes con el período de las precipitaciones realizadas en los mismos meses. Después de estos máximos en el gasto del río, el escurrimiento decrece en forma notable en los meses siguientes y la alimentación del río se basa en precipitaciones locales aisladas propiciadas por perturbaciones de la atmósfera superior, que pueden provocar una precipitación más o menos importante según su carácter e intensidad.

A estos factores se suma, en la alimentación del río, la aportación de aguas infiltradas meses antes durante los períodos de lluvias y que va reintegrándose lentamente al escurrimiento al aflorar por medio de manantiales, o bien alimentando el manto freático



GASTOS MEDIOS MENSUALES
 RIO MAGDALENA (est. anzaldo)

período 1932-37

J.F.C.

GRAFICA No. 4

en el lecho del río. En esta forma se obtiene un continuo funcionamiento del escurrimiento del río, que durante los meses de febrero, marzo y abril, alcanza sus escurrimientos mínimos debido a la ausencia total de precipitaciones que provoquen la alimentación superficial del río, quedando entonces el escurrimiento sujeto a los volúmenes de aguas afloradas que, por su poca cantidad, producen los mínimos en el escurrimiento.

Dinámica del río.

Como hemos visto antes, en el perfil longitudinal del río se nota que aguas arriba de los 2800 m de altitud penetra de lleno en las formaciones andesíticas de la sierra de Las Cruces (Tpcr) - (ver plano geológico) a las que corta entallándose. En esta zona el río se comporta con un lecho de fondo fijo (32) debido a la resistencia encontrada por la corriente en estas rocas muy consolidadas - que dan lugar a que el lecho esté poco o mal adaptado a las exigencias hidrodinámicas, de ahí que de su nacimiento hasta el contacto con las formaciones Tarango, el lecho presente variaciones continuas, tanto de anchura como de profundidad, en pequeñas distancias. Su pendiente es irregular, sus riberas están mal marcadas y el agua se ve obligada a escurrir por los lugares que le oponen menor resistencia, produciéndose entonces escorrentías de aspecto forzado en las que el agua corre por donde puede, lo que se traduce en una mala calibración ya que no se podrá establecer un análisis morfométrico con un material tan heterogéneo.

El desgaste directo en el lecho del río por el agua es mínimo

mo porque la roca no permite una abrasión intensa de este tipo. No obstante la dinámica que se establece en el lecho del río adquiere - su importancia principal por medio de acciones indirectas llevadas a cabo por la intemperización. Durante los períodos de estiaje en el lecho del río, la desagregación térmica, la variación de la humedad y los efectos químicos del agua, se encargan de fragmentar las masas rocosas, de manera que se originan fragmentos más o menos movilizables y susceptibles al ataque del agua corriente. Es necesario considerar que estas acciones sólo se producen en las partes ocupadas - por el lecho menor, fuera del canal de estiaje que funciona continuamente. Los detritus así obtenidos se comportan, en algunos casos, - como rocas muebles permitiendo así que el río adquiriera las características de fondo móvil, (32) en donde las aportaciones detríticas son - continuas.

El aspecto forzado del escurrimiento va perdiéndose paulatimamente a medida que el río desciende hasta ser obligado a encajonarse en el cañón de Contreras, cuyo origen probable se debe a la presencia de una falla que dislocó las masas andesíticas produciendo la separación de ellas, disyunción en donde el río encontró su única salida. La razón que induce a pensar en la presencia de esta falla es el fuerte escarpamiento de las masas rocosas en donde ~~la parte central~~ de este cañón, se pasa decididamente de unas riberas casi inexistentes a los flancos de los macizos que forman una pared rocosa impresionante por su altura como puede observarse en el plano geomorfológico general de la cuenca.

Durante la época de gastos superiores el poder de erosión del río adquiere gran importancia en el minamiento de las márgenes-- pues la dureza de las rocas impide un ataque vertical directo. Este socavamiento de las riberas se efectúa tanto por el desgaste que provoca el agua corriente así como por los efectos puramente gravitacionales que intervienen en los procesos de solifluxión y derrumbes producidos en sus partes altas sobre las laderas, acciones que se producen continuamente provocando el siguiente fenómeno: las laderas de fuertes pendientes presentan un material sumamente deleznable de manera que entre las laderas y las márgenes del río se establece un continuo movimiento de materiales que invaden con frecuencia las riberas haciéndolas desaparecer. Todos estos movimientos depositan material muy heterogéneo sólo removido durante las mayores avenidas del río, por lo que el lecho del río está tapizado en su totalidad por un material sumamente caótico, pudiéndose encontrar desde pequeños guijarros hasta grandes cantos cuyas dimensiones pueden sobrepasar los dos metros. Esta es la razón por la que la calibración de los materiales no se identifica plenamente con la relación forma-caudal.

Todo el material de grueso calibre sufre una remoción muy lenta, durante los gastos medios sólo pequeños guijarros pueden ser arrastrados como acarreo de fondo mientras que los materiales de pequeño calibre sólo circulan durante los períodos de lluvia que es cuando la escorrentía efectúa su mayor depredación sobre las laderas, transportando gran cantidad de materiales al curso del río. Este material muy fino, arenas y limos en general, va siendo depositado ---

por todo el curso del río de manera que sólo las partículas coloidales en solución son transportadas completamente.

La dinámica del río cambia de manera notable a medida que penetra en las rocas muebles de la formación Tarango, en donde el -- talweg del río se incide completamente provocando que la pendiente -- del lecho se haga más uniforme.

Antiguamente la entrada del río a esta zona constituía un serio peligro, pues la fuerza inusitada que adquiría el escurrimiento después de su encajonamiento en el cañón de Contreras, provocaba divagaciones del curso del río que facilitaban su desbordamiento y -- ocasionaban torrentes muy peligrosos para la población establecida -- a lo largo de su curso inferior. Por esta razón se hicieron una serie de presas cuyo objeto principal era controlar estas avenidas, y al mismo tiempo, obtener energía eléctrica. Hoy día, en el período de crecidas, el agua es infiltrada hacia el pedregal de San Angel -- por medio de una presa derivadora creada para este fin, denominada Desviación Alta del Pedregal, con lo que se disminuye el gasto del -- río en su curso bajo, evitando así los peligros de inundaciones y fa -- cilitando además el desagüe, tanto del río como de las demás corrientes que desembocan en él.

EL RIO MIXCOAC

El nacimiento de este río tiene lugar en las laderas del -- cerro de San Miguel de donde parte rumbo al norte hasta llegar cerca del Convento del Desierto de los Leones en donde sufre una desviación hacia el noreste, dirección que mantiene hasta poco después de la co-

ta 2300 m. en donde tuerce hacia el sureste para continuar hasta la altura de Xoco, punto en el que se une con el río de la Magdalena, para formar la corriente del río de Churubusco. Recibe, ya entubado y por su margen derecha, a su principal afluente, el río de la Barranca del Muerto.

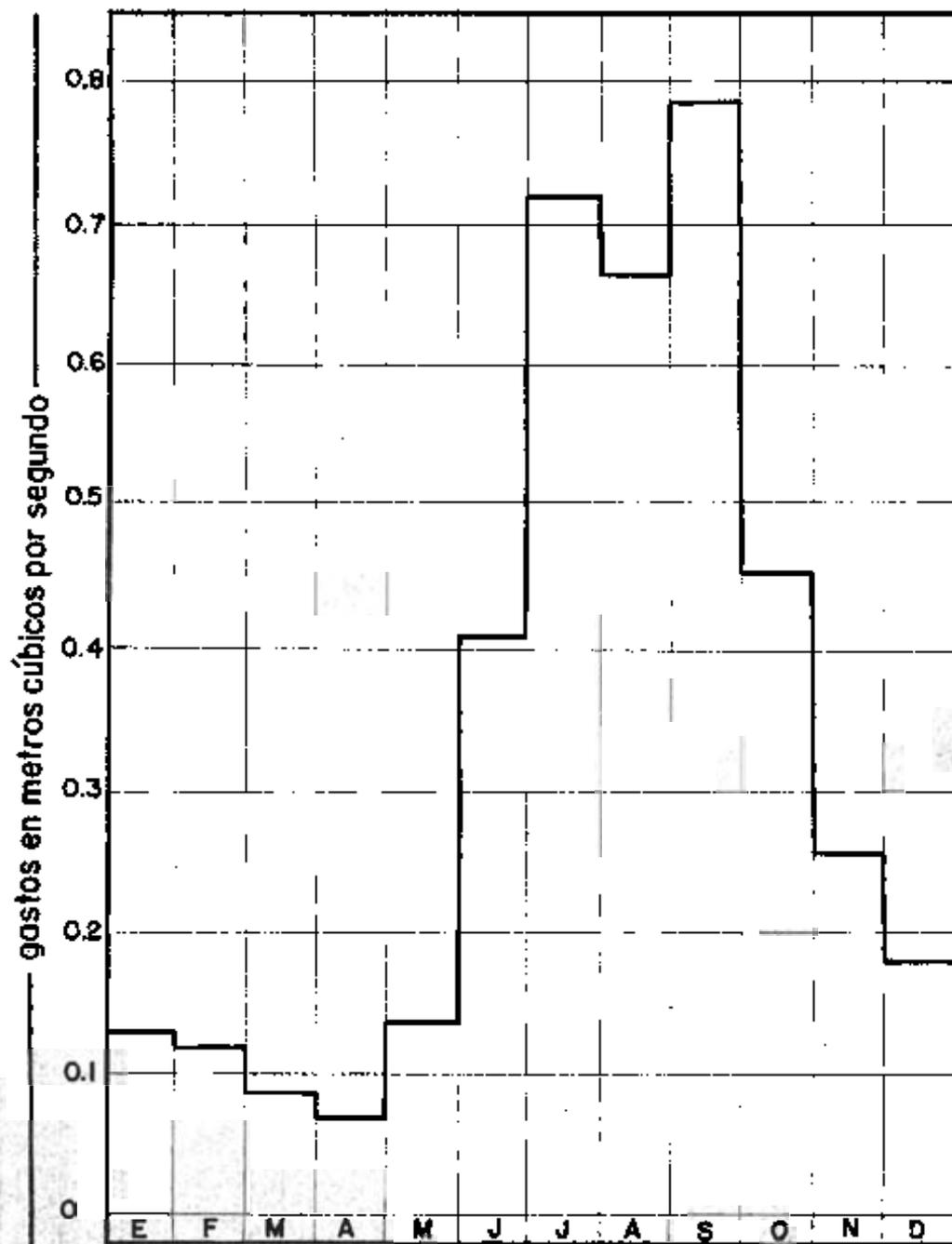
La cuenca de captación de este río está limitada al oeste por la cuenca del río Borracho, afluente principal del río Honda; hacia el norte por la cuenca del río Becerra, hacia el oriente, por las cuencas de las Barrancas de Guadalupe y del Muerto. Tal como se muestra en la gráfica No. 8, la longitud del río, a partir de la cota de 3500 m hasta la de 2550 m, es de 21 kilómetros.

En la tabla No. 4, se indican las principales características del río; el área de la cuenca es de 32.8 kilómetros cuadrados, valor con el que el río ocupa el tercer sitio en comparación con las áreas de las demás cuencas. En la misma tabla se observa que el valor de las precipitaciones es de 1200 mm, cifra inferior a las de las cuencas analizadas anteriormente.

Del análisis de la gráfica No. 8, en la que se muestra el perfil longitudinal del río, se deduce que éste, al igual que el río de la Magdalena, tiende a alcanzar su perfil de equilibrio. No obstante, aún pueden observarse algunas rupturas notables en la pendiente general del río; las principales son: la localizada por la cota de los 3350 m y que se debe a la presencia de una falla que produjo disyunción de los bloques andesíticos en el lecho del río; una segunda ruptura localizada sobre la cota de 2750 m aproximadamente a, 6,5 Km -

aguas abajo de la cabecera del río, y que es de mayor importancia que la anterior, indica un contacto de formaciones geológicas diferentes tal como puede verse en el plano geológico. El lecho del río pasa de la formación Pleistocénica Tpcr (serie andesítica de la sierra de las Cruces) a los depósitos recientes de la formación Tarango superior (Qtn). Por último, una tercera ruptura se encuentra hacia los 13.5 Km aguas abajo de su cabecera y sobre la cota de los 2550 m que marca también el contacto de dos formaciones diferentes, límite entre los depósitos de las formaciones Tarango superior y de la Tarango inferior, ruptura que nos da, además, la transgresión de la zona del talud transicional a la zona de las barrancas propias de la Tarango inferior.

En la Gráfica No. 10, tenemos representados los diferentes valores de la precipitación, escurrimiento, infiltración y evapotranspiración de la cuenca; en ella se observa que de los 1200 mm de la precipitación media anual de la cuenca se pierden, por razón de la infiltración y de la evapotranspiración, 1040.79 mm dando por resultado que, de un cien por ciento, llovido, se logre un escurrimiento de un 13 %. Las mayores pérdidas de agua por infiltración se producen en la cuenca alta del río ocupada por las formaciones andesíticas que permiten una fácil y rápida infiltración de las aguas precipitadas en razón de su gran fracturamiento. El nacimiento del río se produce por el afloramiento de manantiales producto de las aguas de infiltración realizadas en el cerro de San Miguel. Algunos de estos manantiales ya han sido captados por el acueducto del Desierto de los Leones cuya



GASTOS MEDIOS MENSUALES
RIO MIXCOAC (est. mixcoac)

período 1932-39

GRAFICA No. 5

jfc

finalidad es la de abastecer de agua a una parte de la Cd. de México. La captación de estos manantiales, tanto de su cabecera así como de los existentes a todo lo largo de su parte inferior han disminuído notablemente el gasto del río en toda la cuenca alta, de manera que, desde su cabecera, el río parte como un delgado hilo de agua que sólo durante las épocas de intensas precipitaciones adquiere mayor importancia.

Sería difícil establecer una diferencia, entre canal de estiajes y lecho menor en el río; (32) más aún, esta diferenciación sería forzada si se toma en consideración que el gasto del río no es bastante importante para hacer notable esta división. Es probable que en épocas pasadas, cuando aún no se captaban las fuentes de alimentación del río, éste haya presentado un lecho con riberas y gascos bien definidos. No obstante, en la actualidad, grandes espesores de suelos arrastrados por las aguas corrientes o por otros procesos gravitacionales han sido llevados hasta esta zona sepultando así las características que hubiera tenido el lecho en épocas pasadas.- Hay que agregar que una colonización excesiva de la vegetación a base de arbustos y hierbas, se ha propagado como consecuencia de una condición climática húmeda, ya que esta zona queda al abrigo de una insolación directa por la pantalla que le ofrecen las copas de los árboles más grandes que se encuentran en la parte superior de las laderas.

Es probable que el lecho del río haya tenido un fondo fijo toda vez que esta zona se encuentra labrada en rocas sumamente duras

y compactas,

A medida que se fué perdiendo el valor del gasto del río, y por lo tanto, su capacidad de modelar, cedió terreno a otro tipo de dinámicas inducidas en las laderas por la acción de la gravedad, tales como procesos de soliflucción y derrumbes que fueron depositando una gran cantidad de escombros y suelos que borraron las márgenes antiguas hasta obligar al río a correr por un estrecho canal superficial. De esta manera, el río corre hasta los 2600 m, zona -- donde empieza el ensanchamiento de su cauce a medida que se introduce dentro de las formaciones muebles del Pleistoceno.

Es importante hacer notar que el lecho del río a estas alturas debería seguir con las mismas características hidrológicas de su cuenca superior. No obstante, esto no sucede por los fenómenos a que ha dado lugar la presencia del hombre en esta zona. En efecto, la colonización humana ha hecho que la vegetación de bosques haya desaparecido ya que se han talado los grandes núcleos boscosos con el fin de ganar terreno para sembrar, o bien, para dar diversos usos a sus maderas. Esta desaparición de los árboles ha traído como consecuencia que se altere el balance hídrico regional, variación que se refleja de manera importante, en la dinámica del río. En estos terrenos de pendientes pronunciadas es muy perjudicial el uso del suelo para fines agrícolas ya que, una vez que desaparece la cubierta vegetal que sirve de aglutinante al suelo, desaparece también la protección contra la erosión laminar producida por las lluvias. Así, - las partículas son fácilmente desprendidas por el agua y, sin la red

protectora de la vegetación, ésta no logra ser encauzada de manera que pueda correr libremente sobre el terreno alcanzando fuertes velocidades por el valor de la pendiente. En esta forma la escorrentía sobrepasa notablemente el valor de las infiltraciones que en esta zona no tienen gran importancia por los efectos que producen las formaciones de vidrio volcánico del subsuelo que actúan como selladores a la infiltración en diferentes niveles, (34). En resumen, todo esto conduce a que se tengan altos coeficientes de escurrimiento que van a reflejarse notablemente en el gasto del río.

De lo anterior se desprende que es la escorrentía la que va a dirigir la dinámica fluvial en toda la parte baja de la cuenca ya que los escurrimientos, al producirse un aumento del gasto, originan una mayor potencia para modelar, permitiendo una divagación amplia del lecho en su cuenca. Por lo tanto, en las zonas afectadas por esta dinámica, si es válida la relación de forma-caudal, porque, tanto la erosión transversal de las riberas como la vertical que se ejerce en el lecho, son función directa del gasto del río, de manera que, a mayor gasto, mayor evolución morfológica del lecho fluvial, o bien, a menores gastos se tendrán menores evoluciones en el lecho. Si la dinámica está en función del gasto del río, y a su vez, éste es función de la escorrentía, se comprenderá la importancia que ésta tiene en el modelado de la zona.

Durante las épocas en que el río sostiene sus gastos máximos, el agua sobrepasa los límites del lecho menor obligando así a las riberas a sostener esfuerzos mecánicos mayores para oponer al río

una fuerza que impida sus divagaciones y evitar por lo tanto sus desbordamientos. Cuando ésto no se consigue, las riberas desaparecen por el empuje del río, que trata entonces de correr por una línea -- continua cortando así las sinuosidades de su curso, minando, derrumbando o inundando las riberas que se opongan a él, produciéndose por lo tanto una notable dinámica morfológica durante las crecidas que puede ser observada sobre todo después del paso de aquellos.

Aquí es entonces posible distinguir el funcionamiento de un canal de estiajes y de un lecho menor que se viene modelando en cada período de crecidas. El lecho del río evoluciona transversalmente, tanto como lo permita el esfuerzo mecánico del agua en las riberas, o bién, por la rapidez con que el talweg se incida en el terreno; la profundidad de éste ocasiona una mayor altura de las riberas y por esta razón, los peligros de desbordamiento suelen ser menores. Además, las riberas altas suelen estar fijadas por una vegetación herbácea o arbustiva que les da una mayor consistencia al ataque abrasivo del agua de escurrimiento que se lleva a cabo en la parte alta de las riberas, evitando con ésto una mayor pérdida de suelos y materiales, con lo que también se evitan mayores cargas al río.

Con objeto de evitar los peligros que ofrecían las corrientes del río a los habitantes del lugar, se hizo necesaria la construcción de una presa que controlara las avenidas y diera a las aguas un drenaje fácil y eficiente. Esta presa (Llamada presa Mixcoac), tiene un canal derivador hacia el llamado "sistema hidráulico de la desviación combinada" que controla todos los ríos del poniente de la Cd. de

México, para evitar los peligros de inundación.

HIDROLOGIA DE LA ZONA DE LAS BARRANCAS.

Debido a que la última unidad geomórfica de la cuenca, conocida como Zona de las Barrancas, junto con una pequeña parte del límite inferior del talud transicional, presenta características similares a las dinámicas fluviales efectuadas en ella, así como la acción de otros procesos cuya presencia fué analizada en capítulos anteriores, se ha dado una base para considerar a todas las corrientes del lugar en una misma unidad hidrológica *. Esta unidad comprende entonces las siguientes corrientes, que se representan en el plano No. 6, para ser localizadas fácilmente:

Corrientes formadoras de la zona de las Barrancas.

1.- Barranca de Anzaldo o San Jerónimo

1.- (a) Barranca de la Providencia

2.- Barranca de San Angel

2.- (a) Barranca de Texcalatlaco

3.- Barranca de Guadalupe

3.- (a) Barranca de Tetelpan

4.- Barranca del Muerto.

LA BARRANCA DE ANZALDO

El río formador de esta barranca se inicia en las laderas-

* Nota.- No se consideran las barrancas formadas por los ríos Mixcoac y Magdalena en esta zona, por haber sido objeto de análisis particular dentro del estudio general de ambos ríos.

orientales del cerro Pahueyxiotl de donde parte con dirección hacia el noreste hasta su unión con el río de la Magdalena a la altura del pueblo de San Jerónimo Lídice. Su longitud, a partir de su nacimiento (cota de los 3200 m) en la parte superior del cerro Pahueyxiotl, hasta la presa derivadora de San Jerónimo, es de 7 Km, en tanto que, hasta su unión con el río de la Magdalena, es de 8.6 Km.

El área de la cuenca, según la tabla No. 4, es de 6 Km² * y queda delimitada en la siguiente forma: hacia el sureste con la cuenca del río de la Magdalena; por el norte la limitan las cuencas de la Barranca de Guadalupe y San Angel.

Analizando la gráfica No. 9 que representa el perfil longitudinal del río, se puede deducir que éste presenta ya una pendiente muy uniforme sólo rota en las partes superiores de la cuenca, lo que permite suponer la presencia de litologías distintas en el lecho del río. En efecto, tomando en consideración las variaciones de la pendiente y ayudándonos por el plano geológico, encontramos que la parte superior de la cuenca se encuentra ocupada por rocas coherentes (andesitas de la formación Tpcr), en tanto que el resto de la cuenca es ocupado por las formaciones muebles de la Tarango inferior y superior. Por esta razón, las rupturas de la pendiente son más abruptas en la parte superior, puesto que la dureza de las rocas impide una buena incisión del talweg obligándolo a mantenerse en el plano impuesto por la estructura de aquellas. No sucede lo mismo en las rocas muebles ya que éstas han facilitado la incisión del talweg a tal grado que la

* Tomando en consideración el área ocupada por la Barranca de la Providencia.

morfología resultante es la de una barranca que el río cavó profundamente en un material que le ofreciã amplias facilidades para ello.

De la relativa juventud de las formaciones geológicas y -- del análisis de los elementos reunidos en la tabla No. 4 podemos ver que este río adquiere una dinámica de importancia en su cuenca ya -- que, en un corto período de tiempo ha barrido con las formaciones -- más muebles nivelando su pendiente en ellas y dando inicio en la actualidad al ensanchamiento transversal de su cuenca.

La relación de los valores de precipitación, escurrimiento, infiltración y evapotranspiración, se reunieron en la gráfica No. 10. De ella se desprende que, en una área tan pequeña, el valor de las -- precipitaciones es muy elevado de manera que se producen escurrimientos superficiales ampliamente reflejados en el gasto del río; aquí el volumen general escurrido en la cuenca sobrepasa a los volúmenes escurridos en las otras cuencas. Se obtiene así el coeficiente de escurrimiento anual que es de 16.69%. Si se considera que la lámina de agua de las precipitaciones equivale a un cien por ciento, en esta forma, -- se pueden estimar los valores que esta lámina pierde por los efectos -- de la evaporación, infiltración, etc.

Es preciso hacer notar que los terrenos que contienen a la -- cuenca son atacados por diversos procesos morfológicos; entre los más importantes están aquellos que son dirigidos por el agua. La intensidad de las precipitaciones bajo la forma de chaparrones y chubascos, -- origina un potente agente modelador, que agregado a la influencia antrópica al hacer desaparecer la vegetación natural de las vertientes,

ha acelerado una erosión intensa en los interfluvios por la pérdida de la cubierta vegetal, lo que reduce de manera notable el coeficiente de infiltración, aumentando entonces el valor de la escorrentía. El agua al caer, y no encontrar oposición a su movimiento, puede correr libremente por el terreno alcanzando fuertes velocidades por efecto de las pendientes con lo que se reduce notablemente el tiempo de su permanencia en el terreno sin permitir la infiltración lenta en él. El agua así escurrida arrastra una gran cantidad de materiales hacia las partes bajas del terreno en donde los pequeños torrentes se encargan de transportarla hasta el lecho del río. Estos pequeños torrentes efectúan en el terreno un lavado intenso de los materiales; además, donde pueden incidirse ocasionan la formación de pequeñas cárcavas que lentamente evolucionan a grandes abarrancamientos por los que se pierde una gran cantidad de suelos. Estas cárcavas representan un peligro latente no sólo para los habitantes del lugar por los derrumbes que se efectúan en ellas sino que la gran cantidad de materiales que llegan hasta el lecho del río ocasionan dificultades a la dinámica del mismo al oponer una gran cantidad de escombros a su paso, dando lugar entonces a que el agua, al tratar de escurrir libremente, pueda desbordarse con facilidad causando serios daños a los habitantes de la cuenca baja.

En algunas partes la presencia de una delgada carpeta vegetal, a base de arbustos y pastos, sirven de freno a la escorrentía y permiten la conservación de una delgada capa de suelos residuales, dando al paisaje una característica especial al concentrarse esta ve-

getación en manchones de poca extensión.

Con el objeto de controlar la salida de las aguas hacia el río de la Magdalena se instaló la presa de San Jerónimo en el curso bajo de éste con lo que se obtuvo también mayor seguridad para los habitantes del lugar.

BARRANCA DE LA PROVIDENCIA.

Nace en las faldas al sureste del cerro del Judío, de donde parte hacia el noreste hasta su unión con el río de la Magdalena. Su longitud aproximada es de 5 Km. Todas las características que presenta esta cuenca son similares a las encontradas en la Barranca de San Jerónimo, de manera que se ha tomado con aquella para su estudio unitario.

RIO SAN ANGEL.

Nace hacia el este de la cima del cerro del Campamento de donde parte con dirección noreste hasta su unión con el río de la Magdalena a la altura de Villa Alvaro Obregón. Su longitud, desde el cerro del Campamento (cota de los 2900 m) hasta la presa de Texcalatlaco, es de 7 Km; en tanto que, hasta su unión con el río de la Magdalena, es de 8.7 Km.

Su cuenca tiene un área de 7 Km² (ver tabla No. 4) y está limitada hacia el sureste, por las barrancas de Anzaldo y de la Providencia; al norte y noreste por la cuenca de la Barranca de Guadalupe.

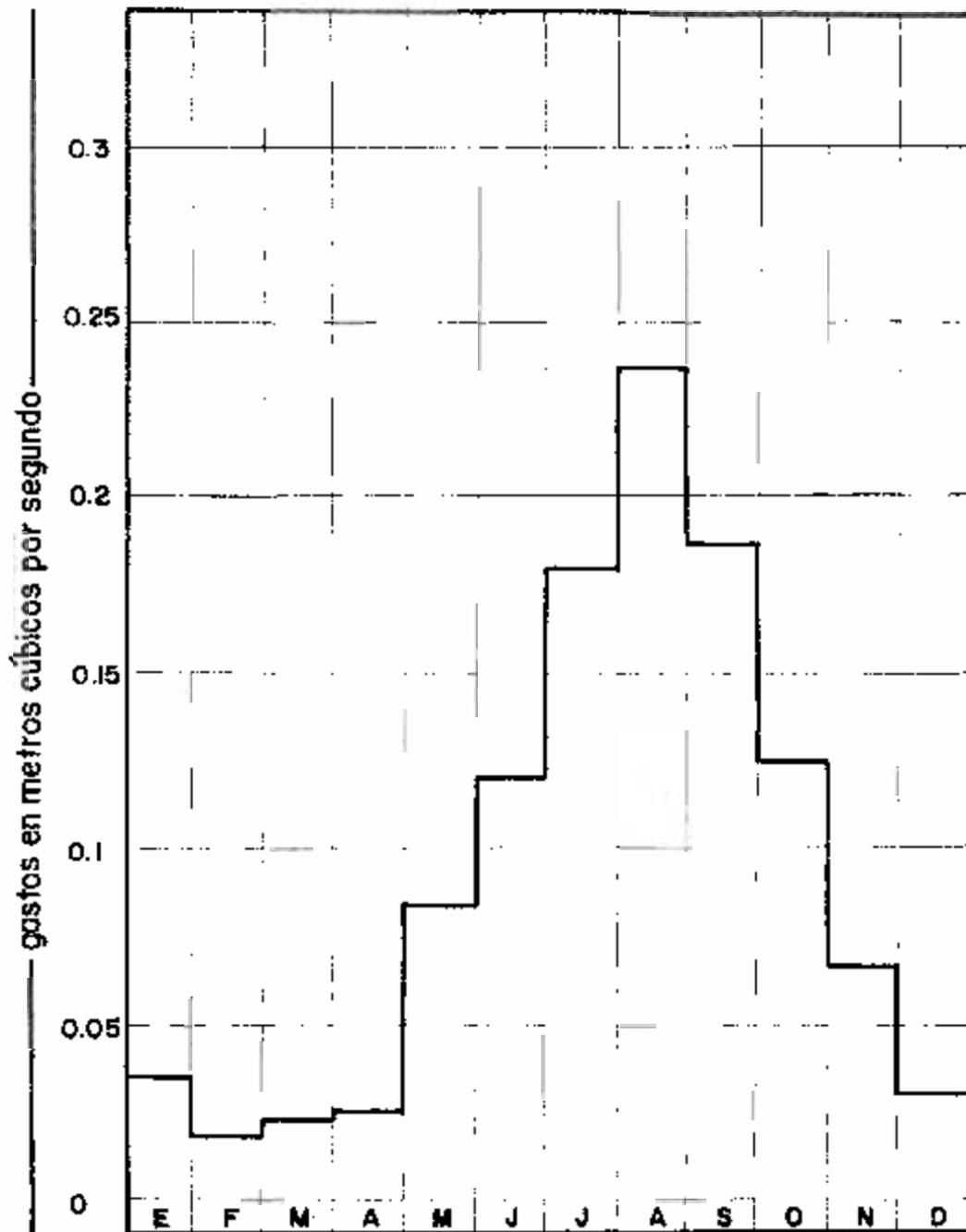
Observando la gráfica No. 10, podemos ver que la cuenca recibe una precipitación media anual de 907 mm. que es un valor muy in

ferior al de las cuencas analizadas anteriormente. No obstante si se comparan proporcionalmente las áreas de las cuencas con los volúmenes precipitados, tal como se ha hecho en la tabla No. 4, columna 10, se obtiene un rendimiento unitario de $148,100 \text{ M}^3/\text{Km}^2$, por lo que el rendimiento del río en este aspecto es superior a las otras cuencas. Este análisis nos hace ver que realmente la precipitación y el volumen de los escurrimientos están en función del área del río, por lo que, para una área pequeña, una precipitación corta puede producir buenos escurrimientos.

La intensidad de las precipitaciones en esta zona se caracteriza por ser de tipo torrencial y achubascado, muy activas para una erosión mecánica, tanto por el tamaño de las gotas como por la velocidad con que caen. Además, en general, se acompañan por precipitaciones sólidas (granizo) que acrecenta de manera importante el fenómeno. La cuenca del río está ocupada por tres formaciones geológicas diferentes (ver plano geológico), todas de origen reciente. En la parte alta tenemos los depósitos de la Qtn (formación Tarango superior), en tanto que, a partir del cerro del Judío* principian los depósitos de la Tpt (formación Tarango inferior) que se continúa hasta el final de la cuenca.

El perfil longitudinal del río representado en la gráfica No. 9 indica una uniformidad en su pendiente, dislocado sólo en las cotas de los 2550 m y de 2500 m, rupturas que es posible sean produ

* De formación Qtv (conos volcánicos cuaternarios).



GASTOS MEDIOS MENSUALES
 RIO TEXCALATLACO (est. texcalatlaco)

período 1933-37

jfc

GRAFICA No 6

cidas por la intrusión de venas magmáticas que hicieron que el río, al incidirse en su lecho, originara escarpamientos litológicos como consecuencia directa de una erosión diferencial de los materiales.

Este río goza de características semejantes de morfogénesis a las que existen en las cuencas de las Barrancas de Anzaldo y de la Providencia, de manera que los procesos efectuados son los mismos y sólo difieren en pequeñas particularidades. No obstante, en esta cuenca se ha llevado a cabo una práctica de desforestación mucho más intensa que en las cuencas anteriores, por lo que no sólo se presentan grandes abarrancamientos sino que, además, éstos ya han evolucionado a verdaderos bad-lands, reconocibles en toda la parte norte y oeste del cerro del Judiö y que se continúan hasta las cercanías de San Jerónimo Lidice. Estos bad-lands son zonas muertas para la colonización vegetal y animal, representando además serios peligros al habitat humano, ya que el uso práctico que hace el hombre en esta zona es el de aprovechar el terreno para la edificación de construcciones urbanas que van a sufrir serios trastornos en sus cimentaciones a medida que los bad-lands evolucionen. Así entonces, su crecimiento está ampliamente influenciado por los valores que alcanzan las pendientes, que son muy fuertes y, por lo tanto, ayudan a la erosión remontante que se establece en las cárcavas, por las que se pierde una gran cantidad de materiales que van minando la resistencia de las formaciones y las predispone así al ataque de otros procesos.

En esta forma estos terrenos que, en estado seco parecen ser muy firmes, donde se pueden construir buenas cimentaciones, cambia notablemente su consistencia una vez que el agua actúa en ellos, transformándose en terrenos deliznables y resbaladizos. Simultáneamente a los períodos de lluvias se presentan intensas acciones fluviales y pluviales, que provocan deslizamientos y derrumbes peligrosos a las construcciones, provocando el reblandecimiento del terreno que hace que se pierda la firmeza de la cimentación (34).

Todos los procesos anteriores, existentes en la parte media y superior de las vertientes, ocasionan un transporte continuo de los materiales de las vertientes hasta el lecho del río, lo que ocasiona cargas excesivas en el gasto provocando dificultades hidrodinámicas en el lecho, por lo que su desagüe es difícil y forzado, de manera que son frecuentes los desbordamientos y anegamientos en algunas partes de su lecho.

Por ejemplo, durante el año de 1966, un chubasco con duración de una hora y media produjo una gran escorrentía que arrastró grandes cantidades de escombros hasta el lecho del río, ocasionando insuficiencias hidrodinámicas en el desagüe de éste lo que provocó desbordamientos que inundaron las partes bajas de la zona de San Angel, en la delegación de Villa Alvaro Obregón. A raíz de esta inundación se arguyó que las obras encaminadas al encauzamiento y desagüe del río fueron mal planeadas, ya que las atarjeas fueron insuficientes para absorber y desaguar el manto de agua dejado por las precipitaciones. No obstante, esta inundación no fué provocada por una mala distribución en el número

de atarjeas o por falta de capacidad en ellas para dar salida al agua; la causa que orilló a la insuficiencia hidráulica del acantarillado -- fué la obstrucción completa del agua dentro de los registros y conductos debida a una gran cantidad de escombros de todo tipo llevados por el río * que no permitieron el flujo libre y continuo. Además, en el lecho del río el agua era frenada con frecuencia por obstáculos que -- impedían su escurrimiento libre en el cauce de manera que se producían fricciones entre los obstáculos y las riberas, en las que el agua era expulsada, ocasionando como consecuencia inundaciones que agravaron -- más el problema. De cualquier forma, el drenaje se realizó, más o menos, regularmente y en un corto lapso para que los daños y destrozos fueran mínimos. Como consecuencia de estos accidentes creemos que es necesario ejecutar un plan de conservación en la cuenca para evitar el acarreo de escombros que son causa de serios problemas urbanos.

RIO BARRANCA DE GUADALUPE.

Este río nace en las laderas norte de los cerros Balcón del Explorador y Pahueyxiotl, de donde parte hacia el noreste, rumbo que mantiene hasta la parte media de su cuenca en donde cambia su dirección hacia el este hasta su desembocadura en el río de la Magdalena, a la altura de los Viveros de Coyoacán.

En su nacimiento se llama Barranca del Olivar de los Frailes, para después recibir el nombre de barranca de Guadalupe o Tequilasco. Su longitud, desde su cabecera hasta la cota de 2250 m, es de 14 Km; en tanto que el área de la cuenca es de 23.5 Km². En su cuenca de --

de captación alta, donde hay una litología a base de rocas andesíticas, el río tiene un régimen de alimentación por manantiales; algunos de ellos ya han sido captados por el acueducto de San Bartolo Ameyalco que tiene la finalidad de proveer de agua potable a una parte de la Cd. de México.

El área de la cuenca queda delimitada por los siguientes elementos: hacia el oeste y norte por la cuenca del río Mixcoac; hacia el norte por la Barranca del Muerto; hacia el sur lo limita la cuenca del río de La Magdalena y hacia el este las cuencas de las Barrancas de Anzaldo, Providencia y San Angel.

En la tabla No. 4 se han expuesto los principales valores de precipitación y escurrimiento de la cuenca, mismos que se han representado esquemáticamente en la gráfica No. 10. La precipitación media anual de la cuenca es de 1021 mm. y el escurrimiento equivale a una lámina de 124.59 mm, equivalente a un volumen de 2,927,000 m³, que representa un coeficiente de escurrimiento de 12.19 %, con lo que el río tiene suficiente eficacia para ejercer una buena dinámica fluvial en su cuenca.

El análisis del perfil longitudinal del río (ver gráfica No. 7) indica una tendencia a uniformar la pendiente general de su lecho, que es un signo inequívoco de que el escurrimiento encauzado ha actuado con bastante eficacia en el modelado de la cuenca. El perfil de este río goza de características similares al de la cuenca del río San Jerónimo, o sea que, su régimen hidrológico está supeditado al régimen de las lluvias, por lo que sólo se tiene una buena dinámica fluvial de

rante los meses de la estación del verano ó a principios del otoño -- cuando las precipitaciones son continuas e intensas. Las precipitaciones máximas se realizan en las partes altas de la cuenca son lluvias de tipo orográfico convectivas que depositan grandes volúmenes de agua sobre las formaciones de la sierra de las Cruces y Tarango superior en las que se inician los primeros escurrimientos.

Los máximos coeficientes de infiltración se realizan dentro de la formación de la sierra de las Cruces, que ocupa la cabecera de la cuenca, y cuyos materiales a base de andesitas muy fracturadas facilitan el establecimiento de grandes acuíferos, como lo demuestra la presencia de manantiales que afloran en las partes más bajas y que sostienen el régimen hidrológico del río durante el resto de los meses secos. La infiltración en los materiales de la formación Tarango superior es de menor importancia, tanto por las características de la formación (depósitos de vidrio volcánico que actúan como selladores a la infiltración por ser muy impermeables), como también por los efectos de una evaporación mayor, que se presenta en alto grado, ya que la mayor parte del área cubierta por esta formación ha perdido la carpeta natural de vegetación y, por lo tanto, el agua infiltrada a poca profundidad es fácilmente evaporada por la influencia de una mayor insolación en el terreno.

La desaparición de la cubierta vegetal, unida al carácter territorial de las lluvias y al uso indebido del suelo por el hombre, ha dado por resultado la aceleración de los procesos morfogenéticos. Su avance máximo hasta la actualidad son las formaciones de bad-lands se

mejantes a los de la cuenca del río de San Angel y que se encuentran aguas abajo de San Bartolo Amoyalco. Estos bad-lands constituyen un serio peligro para la conservación del suelo, ya que parte del área que ocupan, o las zonas cercanas a esta forma de relieve, está dedicada a la explotación agrícola. Los suelos de cultivo son muy delezables de manera que no oponen resistencia alguna al ataque del agua corriente que los decapita y arrastra intensamente dada la fuerza -- con que actúan las aguas broncas de las vertientes. Es fácil observar, sobre todo en las partes bajas cercanas al lecho del río, terrenos cortados por abarrancamientos más o menos profundos, más o menos grandes y más o menos continuos, que poco a poco se van estrangulando hasta el punto de hacerlos desaparecer. No sería apropiado decir que en los terrenos afectados por esta dinámica se evitara la agricultura y se hicieran obras de reforestación, que sería lo ideal pero no lo práctico, ya que como, en primer lugar, la reforestación sería un trabajo arduo y costoso y, en segundo, se le quitaría a la población del lugar la base de su sustento, agravando más el problema económico. Por lo tanto la solución más práctica sería efectuar obras de conservación que preservaran, hasta donde fuera posible, los terrenos que todavía no resienten un ataque completo. Estas obras se encaminarían sobre todo a evitar los fenómenos de escorrentías difusas e intensas, encauzándolas debidamente para obtener mayores coeficientes de infiltración.

En la dinámica fluvial del río se nota con claridad la relación forma-caudal o sea, que el río modela, más o menos, su lecho según

sea el valor que alcancen sus crecientes. Este tipo de dinámica ha establecido en el río un lecho menor que funciona durante la época en que se alcanzan los gastos máximos en el ~~acurrimiento~~; durante los meses restantes el funcionamiento del río se lleva a cabo en el canal de estiajes alimentado únicamente por las aguas que afloran de los manantiales.

Desde la cabecera de la cuenca el río tiene unas riberas bien -- marcadas que se continúan aguas abajo hasta entrar en las formaciones más nuevas de las formaciones Tarango superior e inferior en las que el cauce se incide de acuerdo con la impermeabilidad del terreno lo -- que aumenta el gasto del río y por lo tanto, su potencia para modelar. Este fenómeno se nota en forma perfecta aguas abajo de la cota de los 2600 m., en donde el espesor de las formaciones aumenta poco a poco obligando al río a una erosión vertical intensa que lo encajona pro-- fundamente al cortarlas. Indirectamente este fenómeno trae como con-- secuencia que las riberas se estabilicen al ganar una altura suficien-- te para evitar su desbordamiento y por lo tanto impedir la fricción me-- cánica del agua. Además, con esta evolución se gana tiempo para que en ella se establezca una colonización vegetal que acentúe su fijación y pueda soportar así el trabajo del río durante las épocas de crecidas. Esta fijación de las riberas sólo es rota por los derrumbes periódicos producidos por el trabajo del fondo móvil del lecho, lo que ocasiona -- un constante minamiento de las riberas inferiores en contacto directo con el agua, hasta provocar que estas se debiliten y no soporten el pe-- so de las riberas superiores. En esta forma el río evoluciona, hasta la

altura de San Angel Inn en donde es entubado hasta su unión con el río de la Magdalena.

RIO BARRANCA DEL MUERTO.

Este río nace cerca de la cota de los 2550 m, al norte de la mojenera de triangulación Tarango (punto 2571); quedando su cuenca limitada al norte por la del río Mixcoac; al sur lo limita la cuenca del río de la Barranca de Guadalupe. Su longitud, desde su cabecera hasta la cota de los 2250 m, es de 7.4 Km.

A partir de su cabecera sigue con una dirección noreste que mantiene hasta el punto de su desembocadura con el río Mixcoac, unión realizada ya dentro de la ciudad de México.

El área de la cuenca es de 4.7 Km^2 . En ella caen anualmente 907 mm. de agua de lluvias (ver tabla No. 4) que dejan una lámina de agua, susceptible de escurrimiento, de $652,000 \text{ m}^3$. Esta lámina se ha esquematizado en la gráfica No. 10, en la que se comparan las pérdidas por infiltración y evapotranspiración en relación con el escurrimiento a partir del volumen originalmente precipitado.

Con las condiciones analizadas anteriormente encontramos que el régimen hidrológico del río es el de un pequeño torrente que ha arrastrado con la mayor parte de las sinuosidades de su lecho, ocasionando así una uniformidad en la pendiente general, tal como se puede observar en la gráfica No. 9, que muestra el perfil longitudinal del río. De los valores de la precipitación, considerándolos en porcentaje, encontramos que el coeficiente de escurrimiento es de 15.27 % cifra muy superior al de las otras cuencas, si tomamos en consideración el área de la cuenca.

Por otra parte, sólo en la cabecera del río y en una pequeña porción se distingue un contacto geológico que separa las formaciones Tarango superior y Tarango inferior, lo que da idea de la fuerza del río para excavar los materiales de la formación Tarango superior y penetrar, como sucede actualmente, en los depósitos de la Tarango inferior en un corto período de tiempo, ya que ambas formaciones son de edad geológica reciente.

Con los elementos anteriores se puede deducir que el régimen hidrológico del río se caracteriza por tener avenidas cortas pero violentas que se realizan sobre todo durante el período de lluvias, - localizado en la estación del verano. En las laderas de la cuenca, la vegetación natural ha desaparecido ocasionando una intensa erosión del suelo, de manera que la escorrentía ataca los materiales de la Tarango superior e inferior desprovistas de suelos o, en los mejores casos, solamente a una delgada capa de ellos. En realidad este no sería un factor importante porque toda la zona tiende a ser absorbida por -- las construcciones urbanas, sólo que, como ya hemos visto anteriormente, en las cuencas del río San Angel y San Jerónimo, es necesario que se tenga una buena planificación de las construcciones en las que se incluya el comportamiento de los materiales, tanto en estado seco como en estado húmedo, ya que en este último caso el material se caracteriza por -- ser poco coherente, se reblandece con facilidad y puede derrumbarse - cuando queda sometido a una humedad intensa, lo que ocasionaría serios peligros a la cimentación estructural de las construcciones.

Desde el punto de vista hidrológico podemos notar la presen

cia de un lecho menor y un canal de estiajes perfectamente definidos. Este último elemento puede perderse o hacerse confuso cuando los períodos de lluvias son de poca intensidad, o bién, durante los meses más secos (febrero, marzo, abril). Durante los períodos de precipitaciones máximas, el río, con fondo móvil, varía notablemente su curso; así, durante los momentos de las avenidas, el choque del agua contra las riberas ocasionaba frecuentes desbordamientos en las que estas últimas eran arrasadas creando frecuentes peligros para la zona habitada de las partes bajas. Para evitarlas se construyó la presa de Tarango en el afán de controlar los excesos en el gasto y hacer lo más fluido posible el tránsito del agua para que ésta llegara a unirse fácilmente a las aguas del río Mixcoac. En realidad este río presenta los mismos procesos morfogenéticos que se analizaron para las cuencas anteriores con la única diferencia de que la morfología está en función del área de la cuenca.

IX CAUSAS Y FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCION DE LAS CRECIENTES EN LAS CUENCAS.

La causa principal de las crecientes en las cuencas es la precipitación, como se ha visto en el capítulo dedicado a la climatología. Toda la cuenca goza de una precipitación media anual de 1085 mm. valor que hace que esta zona sea la región más lluviosa de toda la cuenca de México.

Estas precipitaciones dejan sobre el terreno una lámina de agua que está sujeta a una infiltración, a una evapotranspiración y - por último a un escurrimiento superficial. De estos tres elementos, en los que queda repartido el volumen precipitado, el último de ellos es el que nos interesa ya que constituye el elemento principal de las crecidas en las cuencas (Gráfica No. 2).

Por otra parte, es necesario tomar en consideración que las crecientes en los caudales del río van a quedar supeditadas a los siguientes factores:

Los factores meteorológicos.

Los factores meteorológicos, como son la temperatura, humedad y nubosidad, presentes en cada cuenca, ocasionan la precipitación del agua existente en la atmósfera, elemento principal en la producción de las crecientes ya que sin ella no serían posibles los gastos máximos en los ríos.

Las condiciones meteorológicas que privan en la zona durante los períodos de máxima humedad, ocasionan procesos de convección en las masas de aire acompañados por la formación de nubes de desarrollo ver-

tical que ocasionan fuertes chubascos vespertinos, acompañados con frecuencia por tormentas eléctricas y precipitaciones de granizo. Estas características en el régimen e intensidad de las precipitaciones, ocasiona una escorrentía muy violenta que induce al gasto máximo de los ríos en un corto período de tiempo.

B) Los factores Biológicos.

En los factores biológicos deben tomarse en cuenta los diferentes tipos de asociaciones vegetales, los espacios que cubren y protegen y, además, las características de forma y dimensión de cada planta, ya que, según las características particulares de cada una de ellas, tendremos una forma diferente en la regulación del escurrimiento. Así, por ejemplo, los árboles de follaje tupido y hojas planas y rugosas retienen por más tiempo en sus copas el agua de las lluvias, con lo que se retarda el escurrimiento superficial de ésta en el suelo. No ocurre lo mismo con aquellos árboles de hojas delgadas y lisas ó de follajes raquíuticos en los que el agua es retenida en menor cantidad y su deposición en el suelo se realiza en corto tiempo, obligando así a que se obtengan mayores volúmenes escurridos. (14).

Todavía no se determina en forma precisa el efecto regulador de la vegetación en la formación de la creciente, existiendo discrepancias en cuanto a la importancia que se le debe dar. Así, mientras algunos hidrólogos aceptan que la vegetación actúa como un vaso regulador de la escorrentía, otros difieren objetando que, como en todo vaso regulador, existe un límite, de manera que este vaso regulador dado por la vegetación al llegar a su punto de máxima retención ocasiona, al ser

excedido, escurrimientos superficiales tan rápidos o mayores que los que se producen en una zona carente de una cubierta vegetal. (15).

De cualquier forma es claro para todos que la vegetación actúa como un freno continuo al avance de la esorrentia, regulando por lo tanto la alimentación del gasto de los ríos. Por esta razón cuando la superficie del suelo se halla expuesta a las lluvias en forma directa, o sea sin la protección de una buena cubierta vegetal, el volumen del escurrimiento y su velocidad van a estar en función solamente de la porosidad del terreno y del grado de la pendiente. Así, donde los suelos son porosos, habrá una retención y una regularización del volumen llovido antes de que exista un escurrimiento superficial de importancia. Este fenómeno se presenta en forma notable en la cuenca del río Eslava en donde los materiales depositados en la cuenca superior del río presentan un alto coeficiente de permeabilidad que ocasiona siempre el retraso del gasto máximo del río con respecto a los máximos de precipitación de la cuenca.

Las superficies provistas de una buena cubierta vegetal actúan como una barrera continua al escurrimiento superficial durante un período de tiempo proporcional a la capacidad de retención de la vegetación, reforzada por la porosidad del terreno y por el valor de sus pendientes. Por esta razón el gasto de los ríos es menor en las zonas de las cuencas superiores que en las de las partes más bajas en las que hay que incluir además el importante volumen aportado por los afluentes. La rapidez con que el suelo y la cubierta vegetal absorben el agua de las lluvias es en general menor que la intensidad con que cae

la lluvia, de manera que, aún cuando la capacidad retentiva de la vegetación no alcance su óptimo, la diferencia de intensidades dará lugar a los primeros escurrimientos que son retenidos en gran parte por las quevedades del terreno. Si la lluvia continúa cayendo de manera que se exceda la capacidad de retención vegetal y se sobrepase el límite de infiltración en el suelo, toda el agua excedente escurrirá en cuanto toque la superficie.

c) Los factores geográficos.

En éstos se incluyen los fenómenos y hechos tanto físicos - como humanos que, directa o indirectamente, influyen en la formación de las crecientes y que son los siguientes:

i.- Factores físicos.

a) Situación geográfica de la cuenca, que influye directamente en los fenómenos meteorológicos que se presentan en la zona, da da la situación con respecto al sol, a los vientos dominantes y, en general, a las influencias que originan las perturbaciones de la atmósfera superior.

b) Características topográficas y litológicas. La forma y disposición de los elementos topográficos influyen directamente en la velocidad y encauzamiento de los escurrimientos, además, las características litológicas dan el grado de permeabilidad o impermeabilidad del terreno con lo que se gana o se pierde un mayor volumen en los escurrimientos.

c) Disposición de la red hidrográfica. La disposición y la forma de la red hidrográfica implica su adaptación al terreno y la for

ma en que evoluciones, con lo que se puede tener una idea muy generalizada de como se ha llevado a cabo el drenaje de la cuenca, y, por lo tanto, saber cuales son las áreas en las que el lecho divaga ampliamente y es susceptible de desbordar sus aguas durante las épocas de gastos máximos.

d) Por último, la presencia del hombre que altera los balances hídricos de la cuenca, y por lo tanto, produce una influencia, negativa o positiva, en la dinámica fluvial.

X.- PROBLEMA DE CONSERVACION DE LOS SUELOS Y LOS BOSQUES.

No es necesario insistir en el hecho de que existen íntimas relaciones entre el suelo, el agua, la vegetación y la vida animal, que, en condiciones naturales, siempre forman un equilibrio perfectamente balanceado. La adecuada conservación de uno de esos recursos beneficia de manera invariable a los otros; a la inversa, el abuso o la mala conservación de uno de ellos afecta en forma negativa a los otros. Así por ejemplo, cuando los bosques son destruidos por diferentes causas, se pierde la protección que la vegetación daba al suelo; en la misma forma se pierde también el abrigo y el alimento de los animales, que no tienen otra alternativa que la de emigrar en busca de mejores condiciones. Con eso se disminuye, en gran parte, el coeficiente de las aguas infiltradas que alimentan los mantos freáticos subterráneos y, como consecuencia se ganan mayores volúmenes en el escurrimiento, aumentando así el peligro de las inundaciones, el azolve de los ríos y presas, y, en general, se intensifica al máximo la acción de las fuerzas morfogenéticas. (33).

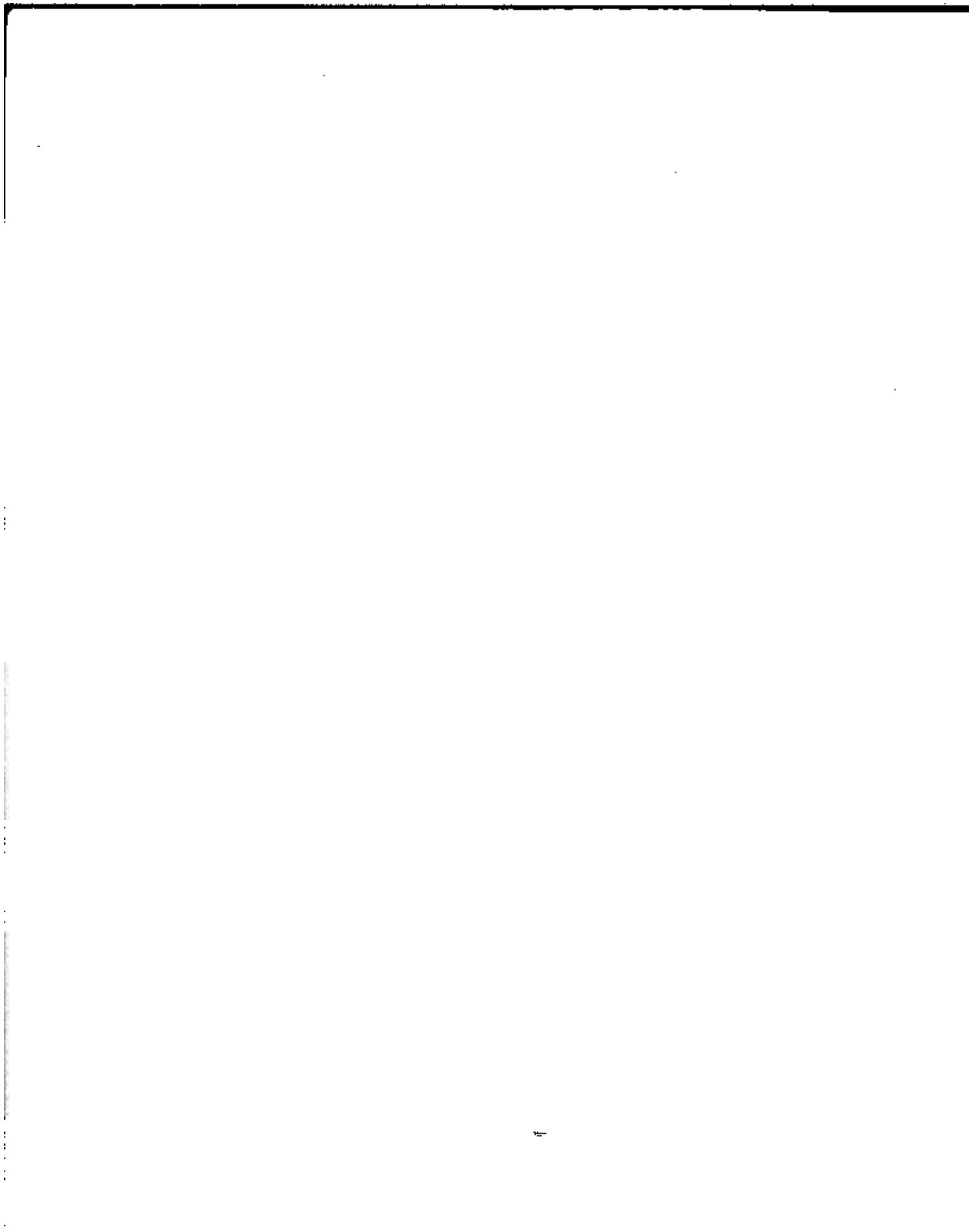
En nuestra área de estudio este equilibrio ha sido alterado en toda la parte perteneciente a la zona de las barrancas y aún alcanza a penetrar en algunas partes del talud transicional. En las partes altas de la cuenca la ruptura de este equilibrio aún no llega a presentar la importancia que tiene en la zona de las barrancas, no obstante, se empieza a desarrollar una morfogénesis como consecuencia de la acción humana que destruye las áreas boscosas.

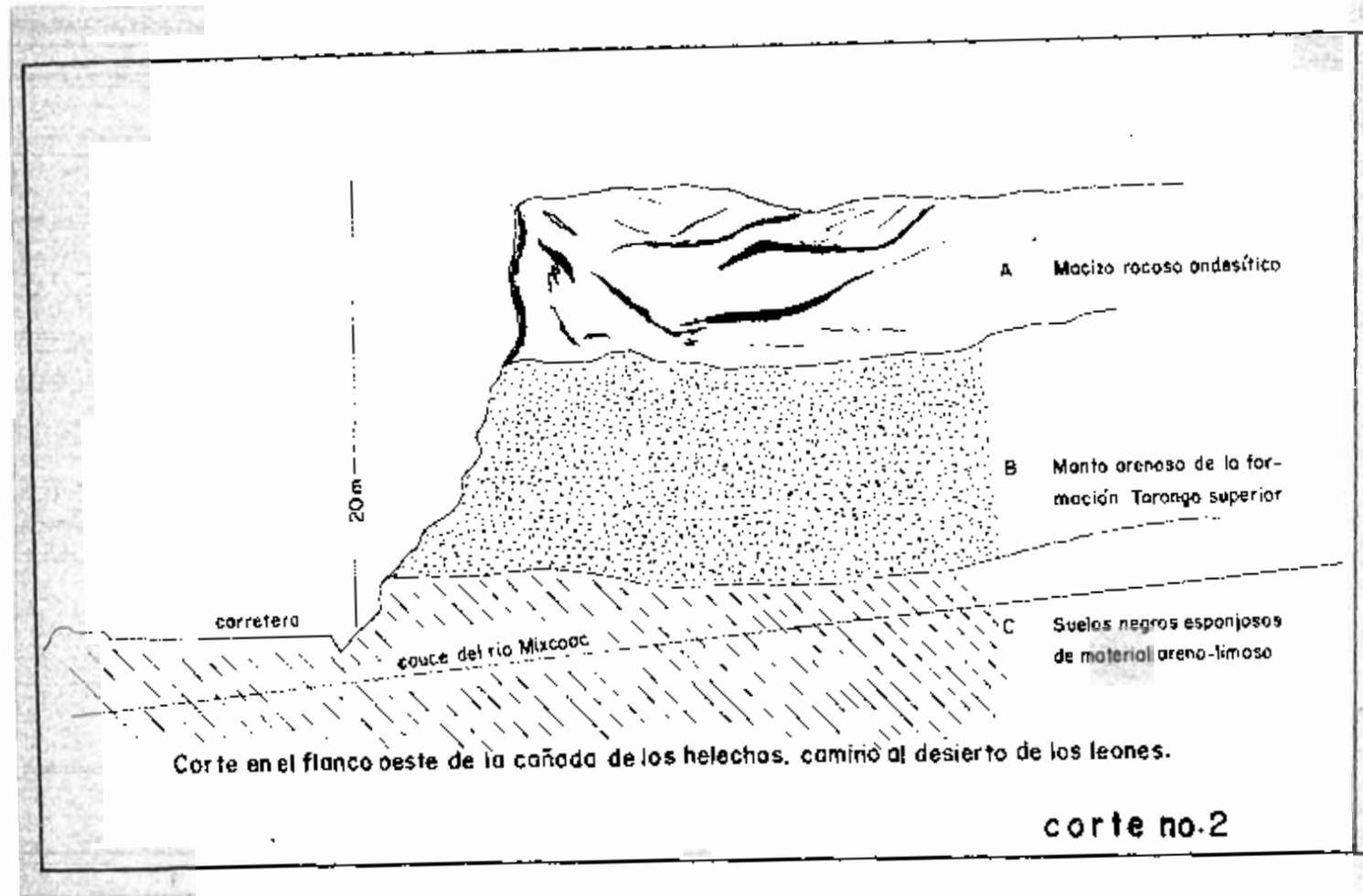
La aplicación actual de prácticas defectuosas de aprovecha-

miento, está destruyendo los recursos naturales de la cuenca. Los suelos, por ejemplo, afrontan graves problemas de erosión, los bosques se pierden constantemente y el valor de las tierras con pastos también ha disminuido; inútil es decir que la vida animal ha desaparecido por completo en las partes bajas y sólo se refugia, en mínima parte, en las zonas montañosas más alejadas de la cuenca, adaptándose a otro medio ecológico.

CONSERVACION DEL SUELO.

Debe ser considerado como un recurso natural no renovable y por lo tanto, los métodos de conservación deben ser intensificados al máximo, toda vez que esta zona es una de las pocas que quedan en la cuenca de México con una relativa abundancia de vegetación natural. Se debe insistir en la protección del ataque del agua, pues la abundancia de las precipitaciones y la deforestación propician que, en las laderas de fuertes pendientes, se tengan escurrimientos difusos e intensos, que arrasan con las delgadas capas de suelo, sobre todo de litosuelos. Luego que la alteración de las rocas produce un material suelto, éste es removido rápidamente sin tener tiempo de evolucionar a un suelo completo (22). En sitios en donde los procesos superficiales son menos intensos, los suelos logran evolucionar aún a costa de perder constantemente materiales de su horizonte superficial por una erosión pluvial o fluvial; no obstante esta pérdida está compensada por una continua evolución en sus horizontes inferiores, en donde el efecto químico de las aguas infiltradas continúa incrementando la pedogénesis. (3F).





Este proceso se nota en particular en la parte baja de las vertientes en donde todos los materiales de los litosuelos de las partes altas son depositados, de manera que forman espesas capas de vertisoles.

Debido a procesos de solifluxión muy intensos, los suelos no llegan a presentar una diferencia bien marcada en horizontes, ya que éstos se mezclan unos con otros como consecuencia de los movimientos en masa. Al pié de las laderas el escurrimiento difuso, la reptación, los asentamientos y la solifluxión, acumulan material proveniente de la parte superior de las laderas, constituido en su mayor parte por materiales superficiales de suelos. Se forman así, potentes perfiles coluviales y aluviales de suelos al pié de las vertientes cuyos materiales semi-evolucionados no pueden ser relacionados con el substrato. No obstante la evolución de estos perfiles es continua aún después de su depositación, toda vez que las grandes filtraciones y la presencia de una buena carpeta vegetal incrementan la pedogénesis de los materiales semievolucionados, en la medida en que su decapitación superficial lo permite. Ver corte No. 2.

En las partes bajas de la cuenca, sobre todo en la zona de las barrancas y la parte inferior del talud, los suelos han sido muy erosionados por diferentes causas, entre las que pueden mencionarse el avance paulatino de la colonización humana, que ocupa continuamente estos terrenos para construcciones o para otros usos, y que por lo tanto destruye la escasa cubierta vegetal que cubre y protege estos suelos. Originalmente los suelos de esta zona deben de haber tenido

características similares a las de las vertientes superiores de la cuenca; ésto es posible si consideramos que en esta zona deben de haber quedado gran parte de los materiales aluviales y coluviales que ocupaban la región como zona de tránsito en su paso de las partes superiores a las inferiores.

De no existir el factor negativo de la pendiente, estos suelos hubieran podido ser bien aprovechados en labores agrícolas, ya que sus características de estructura y grado de fertilidad lo permiten, de ahí que, en algunas partes planas de las vertientes, como la zona de San Bartolo Ameyalco, sobre la cuenca del Río Guadalupe, ó bién en la cuenca del río Mixcoac, cerca de San Mateo Tlaltemango, se tengan buenos rendimientos de los cultivos. Si en estos terrenos se hicieran algunas obras de defensa para la protección y conservación del suelo, se tendrían mejores resultados. Por desgracia en las demás zonas pertenecientes a esta unidad las capas de suelos se han perdido por completo y, hoy día, alcanzan mayores áreas en un avance continuo que ha llegado inclusive a la parte media del talud transicional, tal como se observa en el cerro del Judío y zonas colindantes.

XI.- ELABORACION DE LA CARTA GEOMORFOLOGICA.

La elaboración de la carta geomorfológica que acompaña a este trabajo se hizo con base a los acuerdos tomados por la Sub-Comisión de Cartas Geomorfológicas de la Unión Geográfica Internacional en su Reunión de Paris, celebrada en esa ciudad del 1 al 4 de febrero de 1964. En dichos acuerdos se indicó que las cartas geomorfológicas deben ser elaboradas bajo las siguientes bases:

- 1.- Las cartas deben ser morfográficas y morfométricas, aportando detalles precisos concernientes a las formas del relieve.
- 2.- Morfodinámicas, es decir, que deben dar una definición exacta de la naturaleza de las formas del relieve.
- 3.- Morfocronológicas, esto es que señalen la indicación temporal y la edad relativa de las formas del relieve.
- 4.- Además, deben suministrar datos litológicos y tectónicos que son necesarios para la comprensión de la evolución de las formas. La carta debe levantarse sobre el terreno y siempre tomando como base una carta topográfica de cierta precisión.

Los principios anteriores se siguieron en la elaboración de la carta geomorfológica de la Cuenca del río Churubusco, con ligeras variantes obligadas por limitaciones económicas y de tiempo.

Se utilizaron como base topográfica las cartas de la Defensa Nacional, escala 1: 25 000; del: Desierto de los Leones, Ajusco, Tlalpan y Topilejo. La escala 1: 25 000 resulta de gran interés para un trabajo de este tipo ya que se pueden indicar de manera clara, detallada

da y precisa las formas esenciales del relieve. De este modo los detalles concernientes al modelado de disección pueden ser bien representados, guiados siempre por el factor litológico, en tanto que, en contraposición a este modelado de disección, los conjuntos estructurales son poco notables en su representación gráfica a esta escala, y su observación sólo es posible mediante el uso de métodos indirectos.

Morfometría y morfografía: la excelente base topográfica -- utilizada permitió representar en forma precisa la morfometría mientras que la morfografía fué de fácil identificación. Las curvas de nivel -- a la escala 1: 25 000 permiten identificar las formas esenciales del relieve así que se conservaron en la carta geomorfológica sin que su presencia modifique lo esencial del dibujo y le reste claridad, tanto en la lectura como en el aspecto plástico. Para resolver este problema se utilizaron sólo las curvas con equidistancia de 50 metros (curvas maestras) y se dibujó todo el fondo topográfico a lápiz para que su registro en la carta resultara menos intenso que el de los caracteres dibujados con tinta, obteniéndose entonces dos tonalidades diferentes en la estructura general de la carta haciendo posible con ello la distinción de las unidades topográficas y de las unidades geomorfológicas. Así, sin que las cartas quedaran sobrecargadas pudieron indicarse las formas esenciales del relieve, tanto planimétrica como altimétricamente. Algunas de las curvas maestras sirvieron también para delimitar las grandes unidades geomorfológicas que, por lo menos en esta zona, siempre corresponden a una altimetría límite.

Por otra parte, las curvas de nivel, aún con equidistancias

de 50 mts., son siempre un recurso eficaz para la estimación de las pendientes ya que las características montañosas de la zona impiden errores apreciables en la evaluación de los desniveles. Como caso concreto, el análisis planimétrico, tanto de altura como de longitud de las curvas de nivel, permitió obtener todos los perfiles longitudinales de las cuencas tributarias al río Churubusco. Estos perfiles longitudinales manifestaron también que los cursos de los ríos se adaptaban a las características de la topografía.

Morfogénesis: Se refiere a la representación gráfica de la naturaleza de las formas (modelado de disección) y se presenta de tres diferentes maneras:

1.- Ciertas formas que son lo suficientemente grandes como para ser representadas en su verdadera magnitud, pueden enumerarse y medirse así como indicar la superficie que ocupan; por ejemplo, los escarpamientos o los macizos rocosos que forman cornisas cuya situación y magnitud, están muy bien indicadas en la carta.

2.- Otro tipo de formas que son demasiado pequeñas para ser representadas en forma individual, pero lo suficientemente numerosas y dispersas en un área bastante continua, pero muy irregular para ser delimitada con exactitud, forman aquellos fenómenos de difícil representación en la carta de modo que se figuraron por medio de grupos de formas como es el caso de un grupo de asentamientos, un grupo de abarrancamientos, etc. Con estos grupos de formas se pueden obtener en la carta datos planimétricos referentes a su área cuando ésta es continua y regular.

3.- Existen otras formas que también son pequeñas para ser representadas a escala, y que además son poco densas o muy raras para poder ser incluidas en un grupo de formas o en una representación real a escala. Fué necesario entonces indicar su presencia gráfica por medio de signos convencionales cuya utilidad es la de indicar la naturaleza del fenómeno y su ubicación en el terreno; desde luego será imposible planimetrar la superficie que ocupan y sólo podrán enumerarse cuando los signos convencionales no sean colectivos.

4.- Datos estructurales: (naturaleza y textura de las rocas, movimientos tectónicos) Por lo que se refiere a la litología y a la estructura, es necesario confrontar en la carta las formas creadas a expensas de la litología y aquellas que se derivan directamente de la estructura, de manera que estas dos distinciones nos indiquen en forma clara si el modelado está bajo influencias climáticas o si, por el contrario, está supeditado a la estructura de las rocas. Es indispensable que la carta haga notar lo más claramente posible la diferencia entre regiones de acumulación y de ablación. En las regiones de acumulación, la litología está representada fundamentalmente por la granulometría de los materiales, en tanto que en las superficies de ablación son los fenómenos de la dinámica geomorfológica los que indican el desarrollo del relieve actual. Es necesario también que exista una correspondencia lógica entre los agentes que actúan en las zonas de ablación y los materiales a que dan origen, que estarán en las zonas de acumulación. En el caso de esta carta se dió preferencia fundamental a los fenómenos de ablación toda vez que su presencia y uniformidad es constante pro-

duciéndose siempre en la parte alta de las vertientes. Las regiones de acumulación correspondientes a estos efectos siempre se van a encontrar representadas en los lechos de los ríos y, debido a que éstos se encuentran limitados por altas vertientes, no es posible representar en forma gráfica y clara los materiales de la zona de acumulación por lo que su observación sólo puede ser analizada indirectamente de los procesos de ablación que resultan en las vertientes.

Los accidentes localizados, las fallas en este caso, dan origen a escarpas de fácil determinación de modo que en las zonas en donde se presenten cornisas, debe existir una serie de afallamientos principalmente en bloques. Los conjuntos estructurales son poco notables en su representación gráfica a esta escala, de ahí que sólo en una región perteneciente a la zona del cañón de Contreras fué posible la figuración de una falla que fracturó los bloques andesíticos y generó la evolución del río de la Magdalena. Esta representación fué posible gracias a que la magnitud y la extensión del accidente fueron localizadas con cierta precisión de tal modo que no afectó la representación de los caracteres del modelado de disección. Es indudable que toda esta zona está afallada y fracturada completamente pero la simbolización de ambos fenómenos es muy difícil de establecer ya que en primer lugar la mayor parte de las fallas más importantes han sido aprovechadas por los cursos fluviales y en segundo lugar, porque las fallas menores han sido enmascaradas por una gran cantidad de clásticos, sedimentos y escombros de otro tipo que hacen imposible su identificación y continuidad aún en las subcuencas

de la zona. En estas condiciones, bajo la anterior consigna, se interpretaron como fallas probables aquellas zonas dislocadas que manifestaron menores probabilidades de error y sólo se consignó una sólo falla plenamente identificada.

La edad de las formas: la carta suministra indicaciones cronológicas que por una parte se refieren a la ubicación temporal de las estructuras rocosas y, por otra, a la dinámica de las diferentes unidades geomorfológicas. La primera ubicación cronológica se hizo de acuerdo con la cronología indicada en el plano geológico general de la Cuenca de México levantada por el Ing. Federico Mosser con la que se localizaron en el terreno y en la carta los diferentes contactos geológicos que separaban distintos depósitos litológicos obteniendo así la litología general de la Cuenca, su cronología y ubicación. La segunda indicación cronológica, referente a la morfogénesis de las unidades geomorfológicas, fué obtenida íntegramente del estudio analítico del terreno por medio de una cartografía y una simbología propia del método geomorfológico. De esta cronología únicamente se utilizaron los fenómenos que atañen a los dos últimos periodos del Cenozoico, Pleistoceno y Holoceno, incluyendo dentro de este último periodo los fenómenos que suceden en la actualidad. La representación gráfica de estos dos periodos se indica por diferentes gruesos de los caracteres dibujados a tinta, correspondiendo siempre a los fenómenos que deben haber sido más comunes, tanto en el Pleistoceno como en el Holoceno. Los fenómenos estructurales o de otro tipo que no pudieron representarse a diferentes gruesos deben interpretarse de acuerdo con la edad

de los caracteres litológicos. Los fenómenos actuales se representan con los caracteres más gruesos y su presencia debe ser analizada indirectamente por las manifestaciones climáticas y físicas que imperan actualmente en la Cuenca.

XII.- CONCLUSION.

Como quedó establecido en el prólogo de este trabajo las razones que alentaron su desarrollo fueron las de indicar la importancia que tiene la geomorfología en los estudios especializados en problemas concernientes al medio físico que, como se demuestra a través del estudio, mantiene una dinámica continua con variaciones sujetas tanto a acciones propias del medio físico como del medio humano. Dichas acciones repercuten siempre en la morfología del medio de manera que se establece una interacción continua entre el medio físico y el medio humano. Del predominio de una de estas dos formas surge el mejor aprovechamiento humano de la región. Muchas de estas acciones no se presentan en forma rápida sino que su evolución es lenta; otras por el contrario, evolucionan rápidamente y su presencia genera nuevas transformaciones que se manifiestan en el complejo morfogenético. Las acciones simples así como las complejas forman la morfogénesis del medio físico, que tiene una influencia directa en los fenómenos humanos; según el hombre se dé cuenta o no de la evolución del medio natural, obtendrá un mayor o menor aprovechamiento de los recursos naturales de que dispone. La ciencia geomorfológica tiene entonces la finalidad de señalar la evolución que sufre el medio físico en la actualidad y además preveer, hasta donde sea posible, las tendencias futuras que manifieste la evolución del modelado de acuerdo con los caracteres de la dinámica actual. En esta forma el método geomorfológico mantiene un análisis continuo de los elementos del relieve y de las dinámicas que originan su evolución constante.

Cuando estos datos son llevados a una representación gráfica (carta geomorfológica) no sólo representan un puro interés analítico para el especialista; por el contrario, éstos son de una gran importancia para especialistas de otras disciplinas tales como la hidrología, la edafología, la agronomía y en general para todas aquellas disciplinas que directa o indirectamente tengan que ver con el medio natural.

La carta geomorfológica que acompaña este trabajo representa la dinámica morfogenética creada a partir de la mitad del Pleistoceno; un mayor conocimiento del campo y un equipo adecuado para el análisis de la morfología hubieran permitido hacer dataciones anteriores al Pleistoceno medio, pero la carencia de esos elementos sólo permitieron el reconocimiento de los efectos dejados por las dos últimas glaciaciones (Riss y Würm) que se manifestaron en esta región por grandes épocas diluviales que dejaron una serie de valles cuya disposición está adaptada siempre a la estructura litológica y a un medio climático propio de ese tiempo.

Por otra parte, una dificultad siempre presente para poder realizar dataciones con un mayor margen de seguridad la constituye la depositación de los bancos de clásticos y escombros volcánicos en forma discontinua, con estratificaciones poco claras, con magnitudes y disposiciones que no siempre corresponden a los fenómenos volcánicos que les dieron origen. La mayor parte de los bancos de escombros volcánicos se encuentran al pié de las montañas en forma caótica debido a una depositación aluvial y eluvial, por lo que los materiales no se

acomodaron en una estratigrafía lógica. De ahí que siempre que se base una cronología en la estratigrafía pura, resultarán errores que sólo podrán ser compensados haciendo un análisis exhaustivo de los depósitos, de manera que exista una comparación entre depósitos similares o bien que los materiales admitan una extrapolación continua.

Por las consideraciones anteriores, en este estudio la cronología de los procesos morfogenéticos y del modelado resultante es muy relativa, y queda abierto un campo importante para futuros estudios cuyo análisis sea más particular.

Los problemas más importantes que se presentan en la cuenca, se pueden clasificar de acuerdo con las unidades geomorfológicas en -- que se subdividió el terreno.

Primera unidad: región montañosa y zona de las tierras altas.

No presentan grandes problemas los procesos morfogenéticos; -- la mayor parte de los terrenos que la componen son muy competentes a -- los fenómenos erosivos y ésto da por resultado que su evolución sea bastante lenta pero continua. Tanto la zona de montaña como la región de las tierras altas presentan características climáticas y vegetacionales semejantes, de manera que no se puede distinguir un proceso cuya intensidad y magnitud dé una característica particular a la región.

Segunda unidad: zona del talud transicional:

En esta zona las características del terreno con desniveles pronunciados provoca una variación continua en las precipitaciones y -- en las temperaturas por lo que también varían las asociaciones vegetales, y, por lo tanto, la intensidad de los diversos procesos morfogené

tivos es distinta. En algunas zonas pertenecientes a esta unidad, la acción antrópica es un importante agente que acelera la intensidad, - del modelado de ablación.

El mal uso que se está haciendo de los bosques en esta zona propicia la lenta pero continua desaparición de las laderas, provocando así que las áreas boscosas se reduzcan continuamente; hasta el momento, estas áreas son reforestadas en forma escasa y con técnicas -- inadecuadas. Este fenómeno que afecta a la vegetación provoca indirectamente escurrimientos masivos e intensos que decapitan, en forma notable, las delgadas capas de suelos creadas al abrigo de la cubierta vegetal. En esta forma, los fenómenos de ablación impuestos a las vertientes son máximos ya que la acción del agua corriente arrasa mayores áreas de terreno lo que se traduce por menores coeficientes de infiltración y consecuentemente mayores crecidas en los gastos de los ríos. Todo ésto crea problemas en la regularización del flujo, aguas abajo de la cuenca. Por lo tanto es necesario que, para regularizar el equilibrio hidrológico en las cuencas, se impidan al máximo las corrientes superficiales intensas y esto sólo se puede hacer mediante una reforestación de las zonas afectadas bajo las siguientes condiciones:

- 1.- No es aconsejable, como se hace en la actualidad, una reforestación mediata a base de pequeños árboles debido a que su fijación en el terreno es lenta ocasionando con ello que, durante los primeros años de su desarrollo, queden expuestos a una destrucción rápida, originada por algunos procesos dirigidos por el agua.

En un terreno, como el que nos ocupa, el agua puede saturar los materiales que de por sí son poco compactos; este fenómeno hace disminuir el grado de compactación de manera que la cohesión del terreno se pierde y, por efectos de la pendiente aunada al peso de los árboles, se provocan continuos deslizamientos y asentamientos del terreno cuya conformación es una de las características principales de la zona.

2.- Es recomendable, por lo expuesto anteriormente que se inicie una reforestación a base de pastos y arbustos de fijación rápida al terreno, con lo que se puede cubrir grandes áreas en un tiempo relativamente corto. Con esto se ganaría una mayor cohesión superficial del terreno ya que, además del enraizamiento completo de este tipo de vegetación, su menor peso evitaría en gran parte los asentamientos y deslizamientos del terreno. Por otra parte, la reforestación de pastos y arbustos reduciría el efecto de la escorrentía superficial y sólo ayudaría a la incisión de la escorrentía concentrada ya que el agua tendría mayores coeficientes de infiltración en las vertientes y se obtendrían flujos mayores en el escurrimiento hipodérmico y subterráneo, cuyas venas de agua afloran en las pequeñas incisiones del terreno, conocidas como vallecitos, por medio de pequeños manantiales. En esta forma, también se podría tener un gran avance en la regularización hidrodinámica de las cuencas.

Después de esta primera etapa el terreno quedaría dispuesto a una reforestación de árboles de mayor tamaño y, por último, seguir en la forma en que se hace actualmente.

Tercera unidad: zona de las barrancas.

Esta unidad es la que presenta mayor alteración de su equilibrio ecológico siendo entonces la parte en donde la intensidad de los procesos, tanto físicos como humanos, es máxima. En efecto, es aquí - en donde los torrentes provenientes de las partes superiores de la cuenca se inciden notablemente en los materiales, muy delezna**bles**, que ocupan esta región, dando por resultado la conformación de los abarrancamientos que caracterizan a la unidad.

La acción del hombre es la causante directa en la ruptura del equilibrio natural de toda la unidad; la deforestación, la construcción de casas habitación, la explotación de canteras y la explotación agrícola de la región han destruido el equilibrio natural de toda la zona. Volver a reconstituir a la región sus características naturales equivale a erogar grandes sumas de dinero que no representa la forma más práctica para solucionar los problemas. Por esta razón, es mejor permitir el avance de la ciudad a esta región, pero siempre tomando en consideración las características del terreno en que se vaya edificando ya que, como se ha visto anteriormente, los materiales de esta zona son poco coherentes y manifiestan siempre tendencias hacia fenómenos de deslizamientos, derrumbes y asentamientos que con el peso de las construcciones se incrementarían. Así entonces, es necesario tomar en cuenta esas características cuando ocurra la organización de la zona puesto que su intensidad no sigue siempre un patrón regular; si en la actualidad estos fenómenos tienen mediana importancia bien puede llegar el día en que su magnitud aumente arrastrando con ello todo lo edificado con las consecuentes pérdidas tanto materia

les como humanas, que serían de lamentar.

Estos son entonces, en forma general, los problemas fundamentales que afectan a la zona. De su correcta ubicación, de la magnitud del área que afecta, de los fenómenos que le dan origen y de su probable evolución se trata en el texto general de estudio.

INDICE DE CORTES.

- 1:) Corte en el camino al cerro La Palma.
- 2:) Corte en el flanco oeste de la cañada de Los Helechos.

INDICE DE CUADROS

- 1:) Secuencia geológica de las formaciones en el Valle de México.
- 2:) Las diferentes glaciaciones ocurridas en Norte-América.
- 3:) Secuencia estratigráfica de las formaciones en la cuenca de México.

INDICE DE GRAFICAS.

- 1:) Gráfica de la variación de las lluvias medias anuales, período 1920-1958.
- 2:) Relación de lluvias medias anuales y volúmenes escurridos, período 1950-1958.
- 3:) Gastos medios mensuales de los ríos Magdalena y Eslava, período 1944-1958.
- 4:) Gastos medios mensuales del río de La Magdalena período 1932-1937.
- 5:) Gastos medios mensuales del Río Mixcoac período 1932-1939
- 6) Gastos medios mensuales del río Texcalatlaco período 1936- 37.
- 7) Perfil Longitudinal de los ríos Magdalena y Barranca de Guadalupe.
- 8:) Perfil Longitudinal de los ríos Mixcoac y Eslava.
- 9:) Perfil Longitudinal de los ríos de la zona de las Barrancas.
- 10:) Representación gráfica de las cuencas de la zona Hidrológica número 2. (Relación de áreas, precipitación, escurrimiento, - infiltración y evapotranspiración).

INDICE DE PLANOS.

- 1:) Plano Geológico de la zona.
- 2:) Plano de Isotermas medias anuales período 1920-1958.
- 3:) Plano de Isotermas medias, mínimas anuales período 1920-1958.
- 4:) Plano de Isotermas medias, máximas anuales período 1920-1958.
- 5:) Plano de Isoyetas medias anuales período 1920-1958.
- 6:) Plano de la clasificación Hidrológica de corrientes.

INDICE DE TABLAS

- 1:) Promedio de la precipitación anual de las cuencas.
- 2:) Recarga natural aprovechable según las características geológicas de los acuíferos.
- 3:) Clasificación de las corrientes formadoras del río Churubusco.
- 4:) Relación de la precipitación y el escurrimiento por cuencas.

REFERENCIAS

Las gráficas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 fueron tomadas del Tomo No. 3 Capítulos 4 y 5 Editados por la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.

El plano No. 6 fué tomado del Tomo No. 1 Capítulo 2° Editado por la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.

Los planos 2, 3, 4 y 5 fueron tomados del Tomo 2° Capítulo 3ero. Editado por la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.

Las Tablas 1 y 4 fueron tomadas del Tomo 3^{ero}. Capítulo 5° Editado por la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.

La Tabla No. 2 del tomo 4°, Capítulo 7° Editado por la Comisión

Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.

La Tabla No. 3 fue tomada del tomo 1 capítulo 2° Editado por la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- A. R. V. Arellano. Estratigrafía de México.
Memoria del Congreso Científico Mexicano. Tomo III, pag. 172-186
- 2.- A. R. V. Arellano. La Composición de las Rocas Volcánicas en la parte Sur de la Cuenca de México.
Bol. Soc. Geológica Mexicana. Tomo XIII, pag. 82 Mex. 1948
- 3.- A.R.V. Arellano. Datos Geológicos sobre la antigüedad del hombre en la Cuenca de México.
Segundo Congreso Mexicano de Ciencias Sociales. Vol. V, pag. 217-219 Mex. 1946.
- 4.- Aguilera, A.J.E.G. Ordoñez. Bosquejo Geológico de México.
Bol. Inst. de Geología. Nos. 4-6, 1896.
- 5.- Branson, Tarr, Keller. Elementos de Geología.
Editorial Aguillar pag. 76-99. Madrid 1959.
- 6.- Bryan Kirk. Los Suelos complejos y fósiles de la Altiplanicie Mexicana en relación con los cambios climáticos.
Bol. de la Soc. Geol. No. 13 Mex. 1948
- 7.- Bryan Kirk. Aplicación del criterio Edafológico a la determinación de la edad de los Volcanes en la Cuenca de México.
Bol. de la Soc. Geol. Mex. Tomo XIII, pag. 14 - 19 Mex. 1948.
- 8.- Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. Climatología.
Tomo II, Cap. III. Mex. 1963.
- 9.- Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. Estimación de los recursos hidráulicos superficiales.
Tomo III, Cap. V pag. 5-40, 5-47 Mex. 1963.
- 10.- Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. Estimación

de los recursos de las aguas subterráneas.

Tomo IV Cap. VII pag. 7-24, 7-43 Mex. 1964.

- 11.- Congreso Geológico Internacional. Excursión A-15 Vigésima Sesión pag. 7-17, 57-61 Mex. 1956.
- 12.- De Terra H. Tepexpan Man. pag. 30, 1949.
- 13.- García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. pag. 1-17, 27-31 U.N.A.M. Mex. 1964 (Edic. Propia)
- 14.- García Quintero A. Los efectos de la deforestación en el régimen de los ríos. Revista Irrigación en México, No. 5 Vol. 22, Sep. - Oct. de 1941 pag. 339-347.
- 15.- García Quintero A. y Benassini Oscar. Gastos Máximos Instantáneos Revista Irrigación en México. No. 6 Vol. 23 pag. 5 Nov.-Dic. de 1942
- 16.- Golomb Berl. La Cuenca del Valle de México. Localización y descripción general. Ponencia presentada en el Simposio sobre el Valle y la Ciudad de México. De la Conferencia Regional Latinoamericana de la U.G.I. Mex. 1966 Tomo IV pag. 1-13.
- 17.- Holmes A. Geología Física. Editorial Omega. Barcelona 1952.
- 18.- H. Williams Volcanismes of the Paricutin Region Mexico. U.S.G.S, pag. 169-173, -271 fig. 90-94. Bull. 965 p. 1950.
- 19.- Informe sobre la Geología de la Cuenca del Valle de México y zonas colindantes. Publicación No. 6 Méx. 1961 C.H.C.V.M.
- 20.- Koeppen W. Climatología. Fondo de Cultura Económica. Primera Edición. Méx. 1948.
- 21.- López R. La Dinámica Fluvial. (Manuscrito inédito) Mex. 1966

- 22.- Macías Villada M. Correlación entre los grandes grupos de Suelos del mundo y los tipos de Suelos de la Clasificación Americana. Rev. Irrigación en México. Vol. XXVI- Num. 1 Enero-Febrero pag. 127-132.
- 23.- Molina Berbeyrer. Geoquímica de las aguas de la Cuenca de México. Memorias del Congreso Científico Mexicano. Tomo IV. pag. 9-32 Méx. 1953.
- 24.- Opúsculo de ayuda para la Clasificación de las rocas S.O.P. Dirección General de Proyectos y Laboratorios Mex. 1965.
- 25.- Ordoñez E. Las Rocas Eruptivas del Suroeste de la Cuenca de México. Inst. de Geología. Vol. II Méx. 1895.
- 26.- Pomerol Charles y Roberto Fouet. Las Rocas Eruptivas. Cuaderno EUDEBA No. 99 Buenos Aires 1963.
- 27.- Sandoval R.C. Datos sobre la Radiación Solar en México. Memoria del Congreso Científico Mexicano. Tomo IV pag. 258-264 Méx. 1953
- 28.- Schmitter E. G, Faust, C. Fries Jr. Nota Sobre Portlandita en Morelos, México. American Mineralogist Vol. 35 pag. 614. 1950.
- 29.- Schmitter E. Investigación Petrológica de las lavas del Pedregal de San Angel. Memoria del Congreso Científico Mexicano. Tomo III pag. 218-237.
- 30.- Thornbury William. Principios de Geomorfología. Edit. Kapelus Buenos Aires 1960 pag. 17-35.
- 31.- Tricart J. Geomorfología y Pedología. Revista Geográfica de la U. de los Andes. Mérida Venezuela Vol. IV y V pag. 39 - 53.
- 32.- Tricart J. Los Tipos de Lechos Fluviales. Revista Geográfica de

la U. de Venezuela Vol. II No. 5 y 6 Mayo de 1960, Abril de 1961

Mérida Venezuela.

- 33.- Tricart J. Aplicación de la Geomorfología en las obras de Ingeniería y especialmente en los estudios Agrológicos. Ponencia en la Conferencia Regional Latinoamericana de la U.G.I. Tomo III pag. 3-10. México. 1966.
- 34.- Zeevaert L. Estratigrafía y Problemas de Ingeniería en los depósitos de arcilla lacustre en la Ciudad de México. Memorias del Congreso Científico Mexicano. Tomo V pag. 58-70 Méx. 1953.

RELACION ENTRE LA PRECIPITACION Y EL ESCURRIMIENTO POR CUENCAS

R I O	Sitio o Tramo	Area de cuenca Km ²	Lluvia media anual mm.	Volumen anual llovido miles de m ³	Esgurrimiento anual			Gasto medio anual m ³ /seg	Rendimiento unitario miles de m ³ /Km ²	Coeficiente de escurrimiento anual %	Esgurrimiento mm.
					máximo	mínimo	medio				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10=8/3	11=8/5	12
I. Eslava	Desviación alta	65.5	1289	84454	6314	456	3578	0.1113	54.6	4.23	54.62
II. Magdalena "	Cota 2,250	46.0	1253	54643	10837	3465	6638	0.210	144.3	11.51	144.30
III. Barranca de Anzaldo	Preso San Jerónimo	6.0	1064	6384	1918	624	1066	0.034	177.7	16.69	177.66
IV. San Angel	Preso Texcala-tlaco	7.0	987	6909	2241	517	1037	0.033	148.1	15.01	148.14
V. Barranca de Guadalupe	Cota 2,250	23.5	1021	23994	4443	1646	2927	0.093	124.6	12.19	124.55
VI. Barranca del Muerto	Preso Tarango	4.7	907	4263	988	302	652	0.021	138.7	15.27	138.70
VII. Mixcoac	Preso Mixcoac	32.8	1200	39360	12472	2337	5222	0.166	159.2	13.26	159.21
VIII. Complemento de la zona		7.1	790	5609						30.80	244.22
IX. Area Urbanizada desagué de la Cd. de México		41.4	610	25274	23697	8701	11844	0.376	286.1	46.85	244.22
Totales		234.0	1085	253890			32964			12.98	

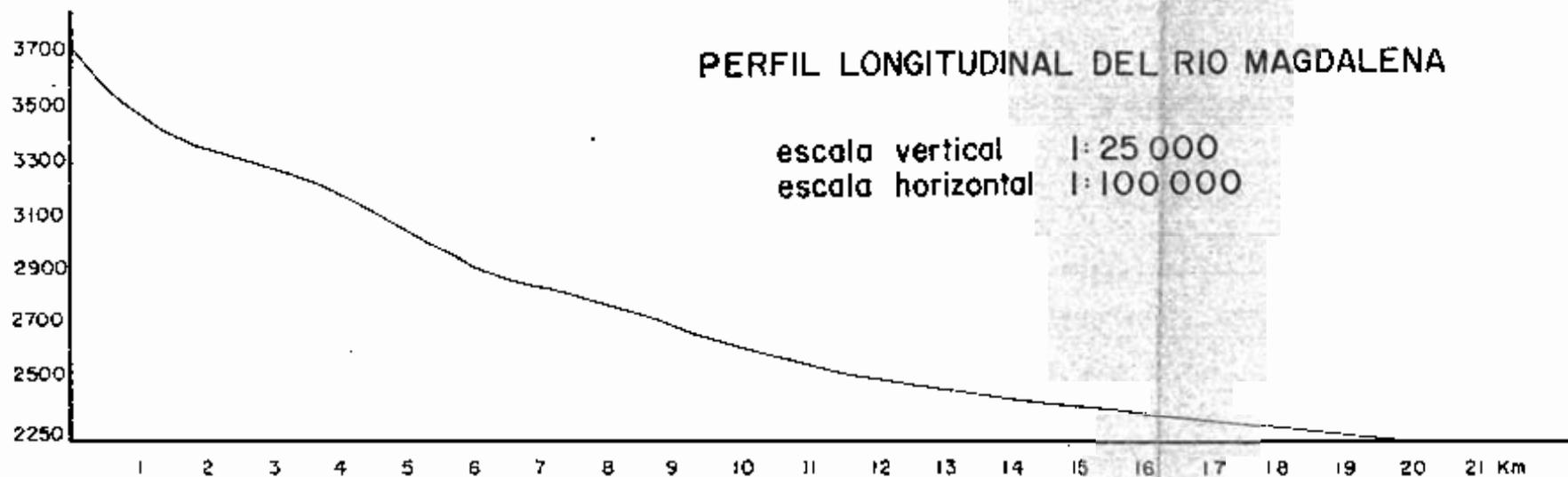
" Sin incluir los rios Eslava, Anzaldo y San Angel
Volumen general infiltrado - 34.8 millones de M³

período 1920-1958

TABLA No. 4

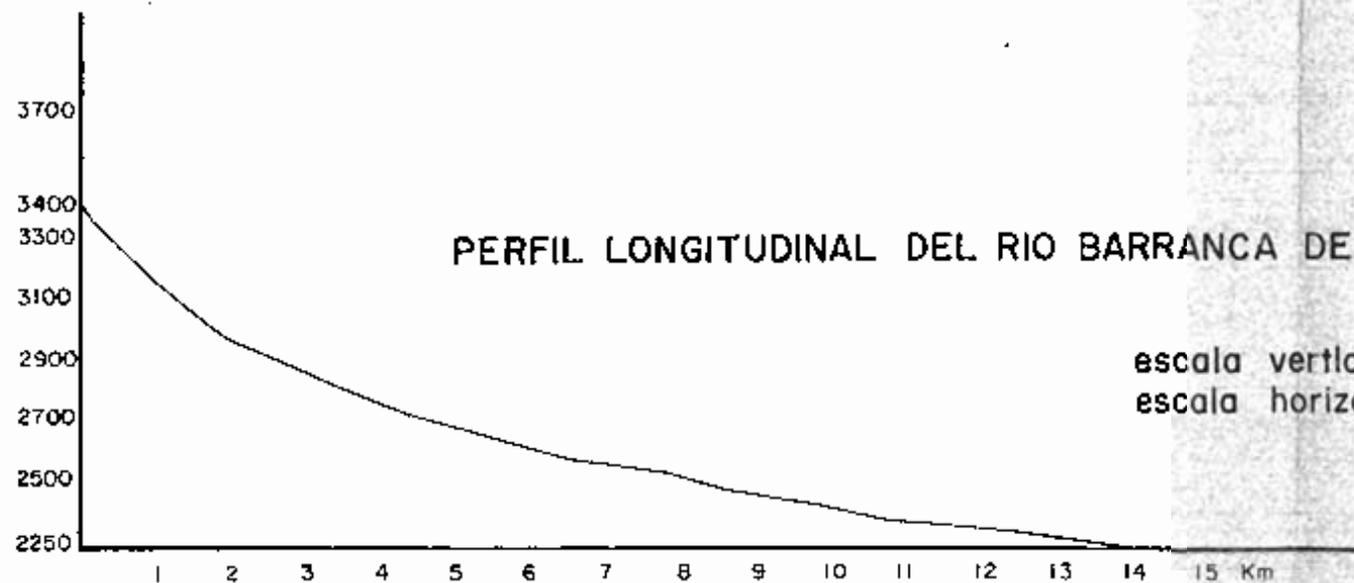
PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO MAGDALENA

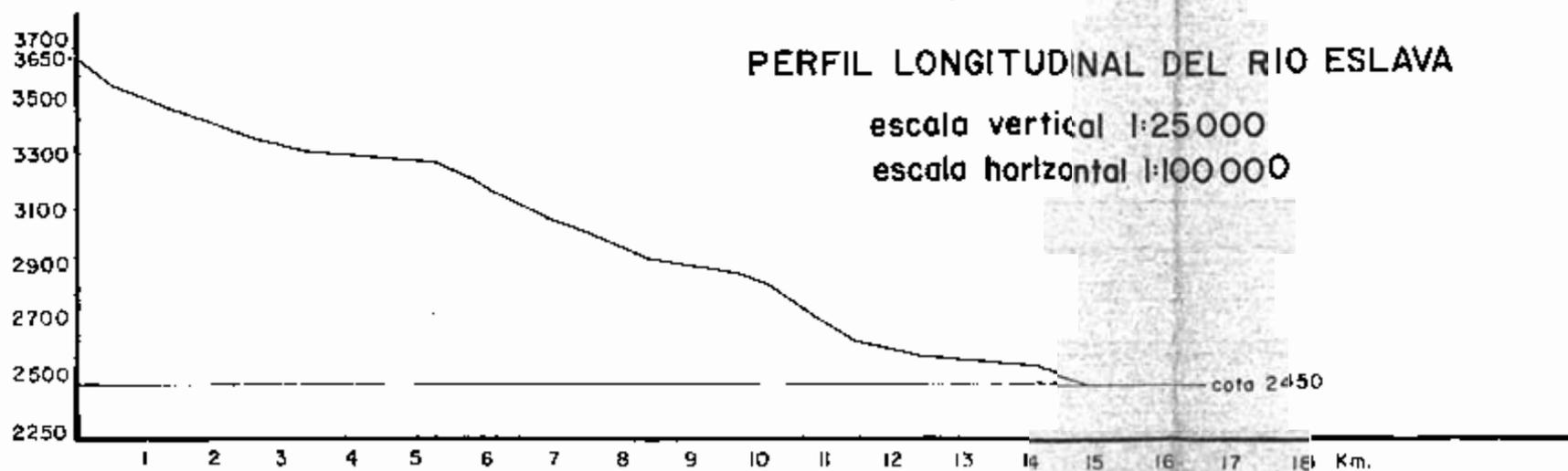
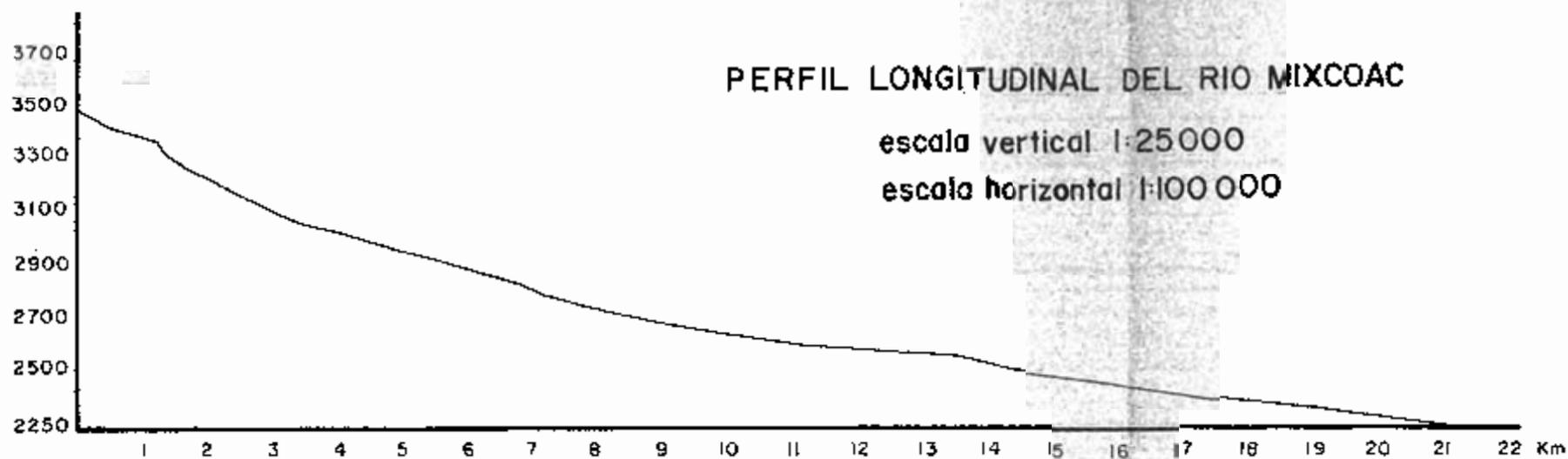
escala vertical 1:25 000
escala horizontal 1:100 000



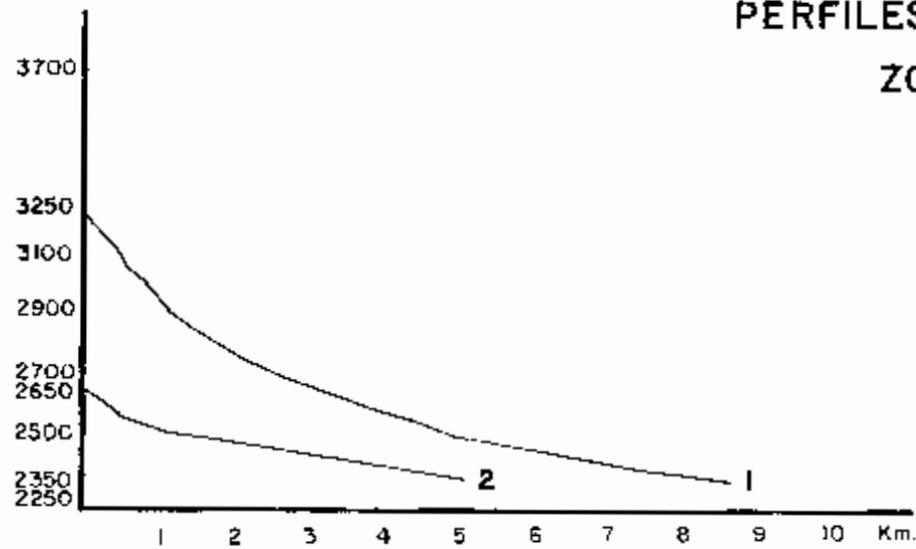
PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO BARRANCA DE GUADALUPE

escala vertical 1:25 000
escala horizontal 1:100 000

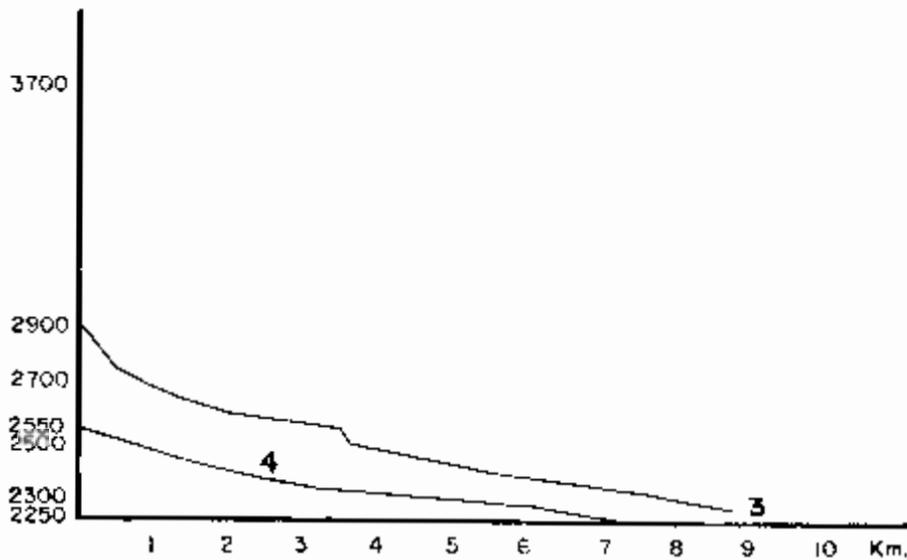




PERFILES LONGITUDINALES DE LOS RIOS DE LA
ZONA DE LAS BARRANCAS 3a.unidad



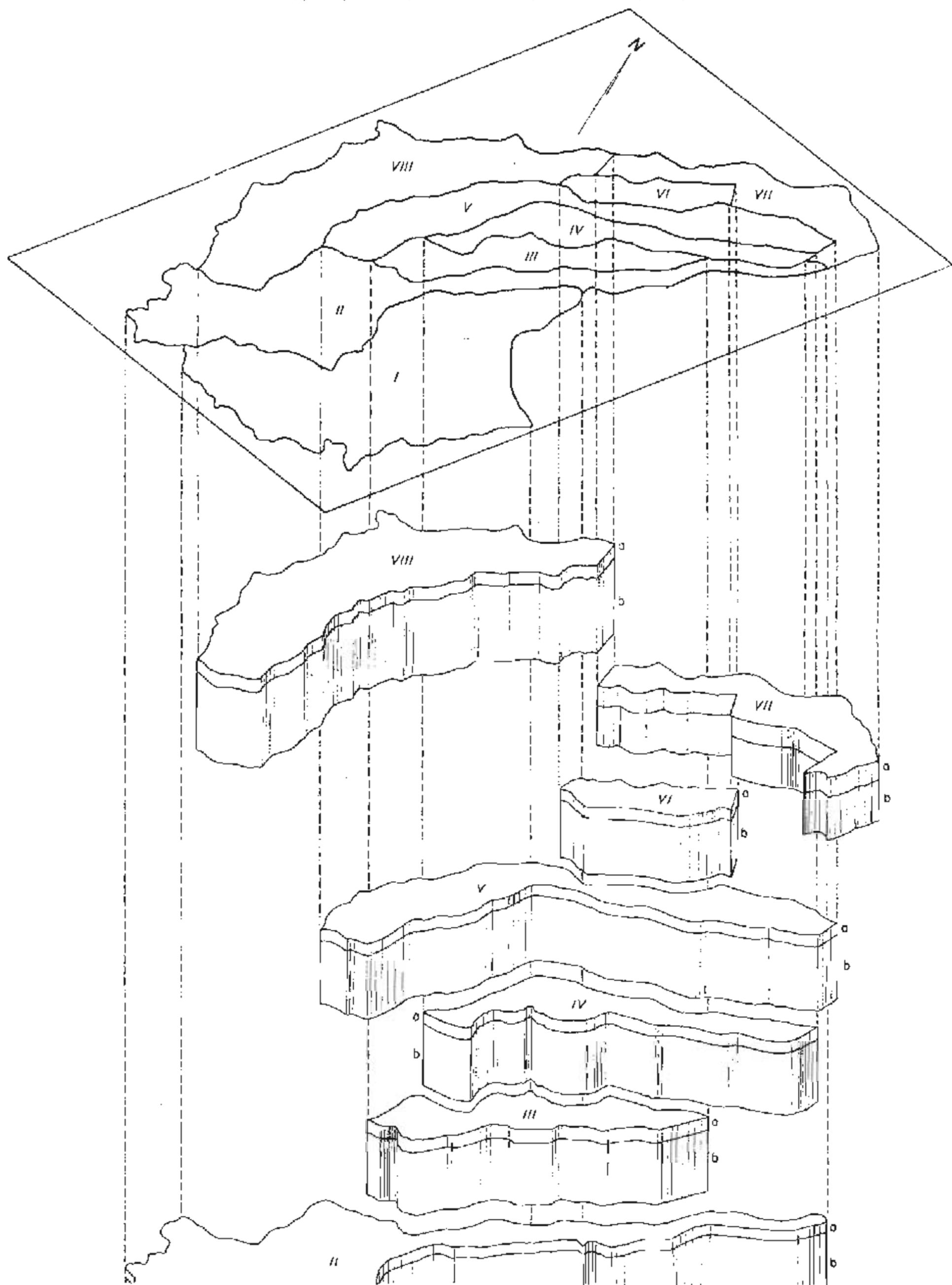
- 1 RIO SAN JERÓNIMO
- 2 RIO BCA. DE LA PROVIDENCIA

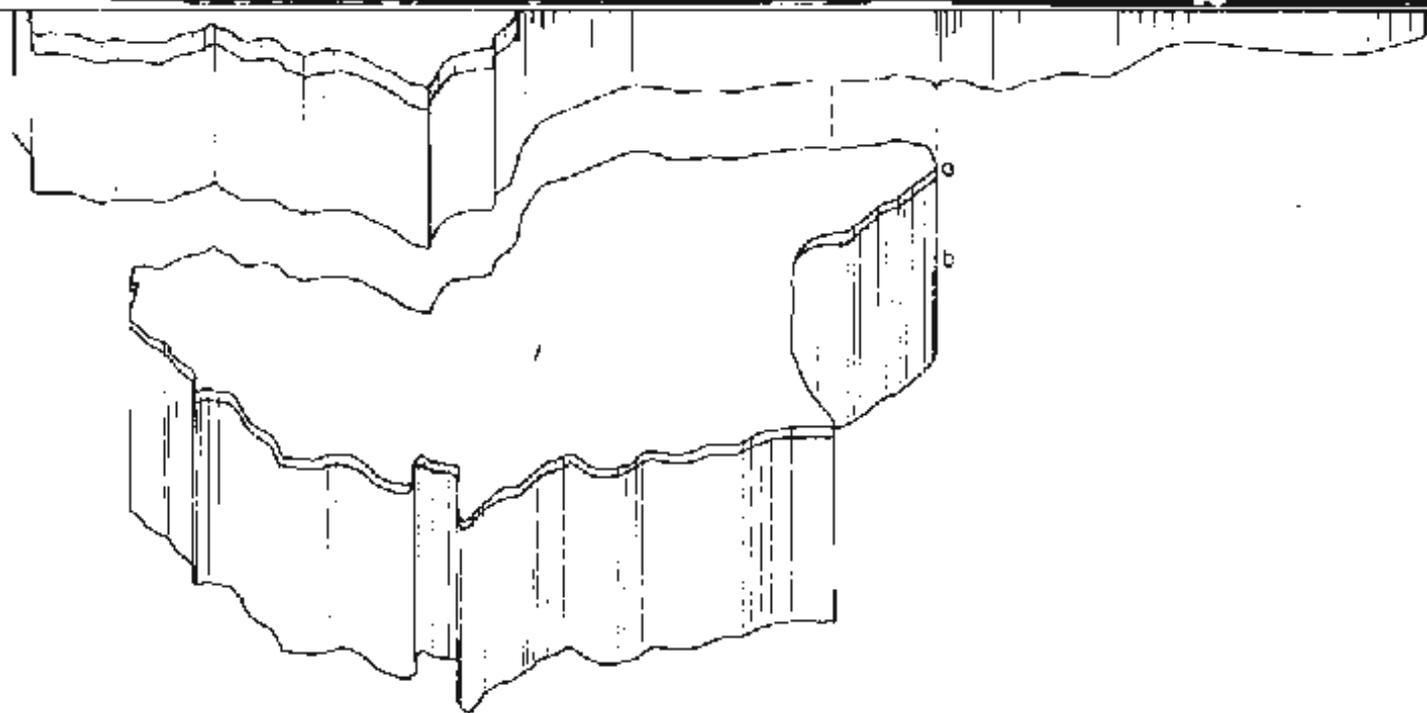


- 3 RIO SAN ANGEL
- 4 RIO BCA. DEL MUERTO

escala horizontal | : 100 000
escala vertical | : 25 000

REPRESENTACION GRAFICA DE LAS CUENCAS DE LA ZONA HIDROLOGICA No.2
(relación de áreas, precipitación, escurrimiento, infiltración y evapotranspiración)





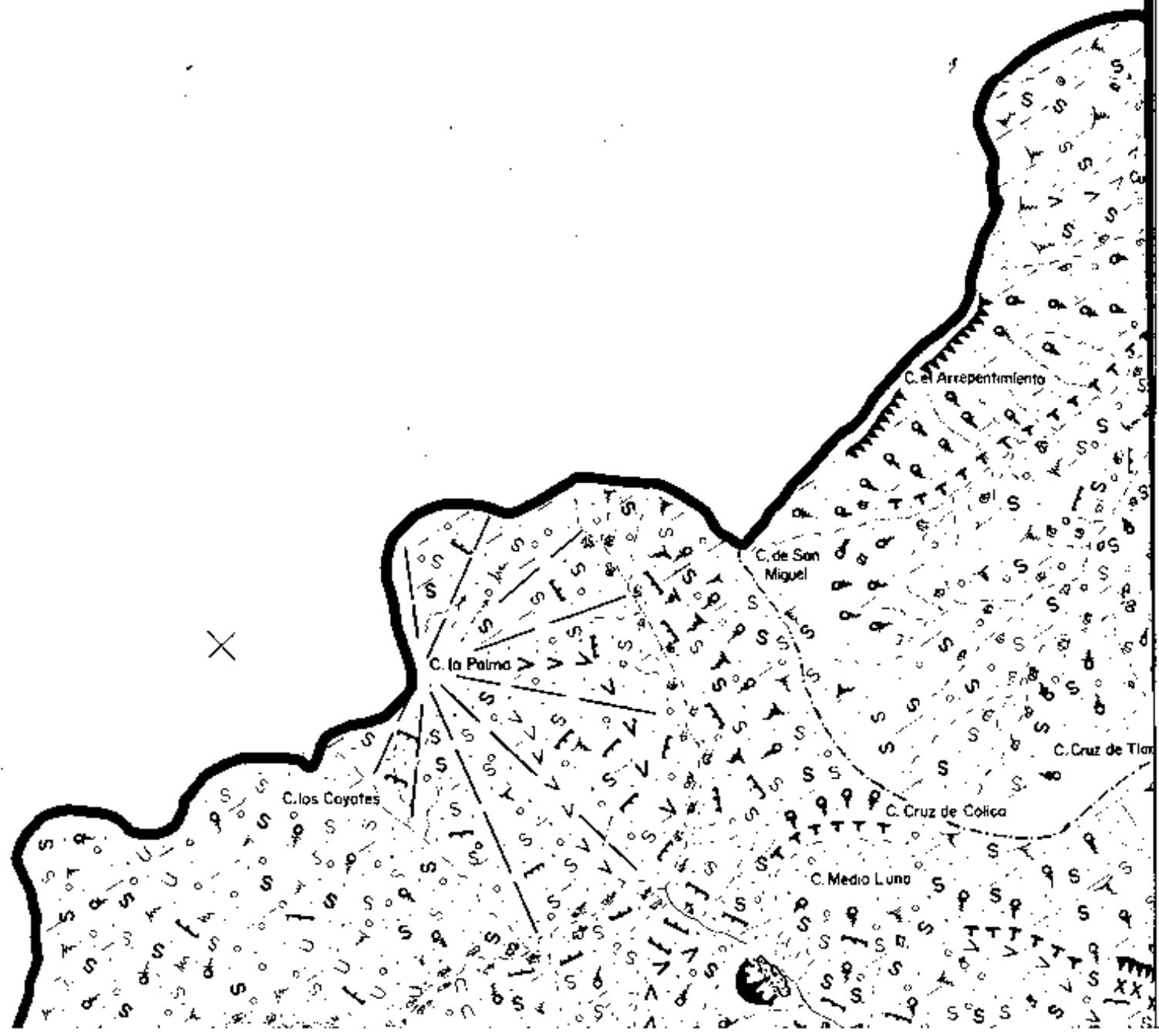
GRÁFICA No. 10

C U E N C A S	Área de la cuenca km.2	lluvia media anual en mm. (a+b)	escorrentía media anual en mm. (a)	infiltración y evapotranspi- ración anual en mm. (b)				coeficiente de escorri- miento anual — (%)	
				1	2	3	4		
I	Eslova	6 5 5	5 4 6 2	1	2	3	4	3 8	4 2 3
II	Magdalena	4 6 0	1 4 4 3 0	1	0	8	7	0	1 5
III	Barranca de Amolado	6 0	1 7 7 6 6	8	8	6	3	4	6 6 9
IV	San Angel	7 0	1 4 8 1 4	8	3	6	8	6	1 5 0
V	Barranca de Guadalupe	2 3 5	1 0 2	1	2	4	5	5	1 2 1 9
VI	Barranca del Muerto	4 7	1 3 8 7 0	7	6	8	3	0	1 5 2 7
VII	Complemento de la zona	7 1	7 9 0	5	4	5	7	8	3 0 6 0
VIII	Micaque	3 2 8	1 5 9 2 1	0	4	0	7	9	1 3 2 6

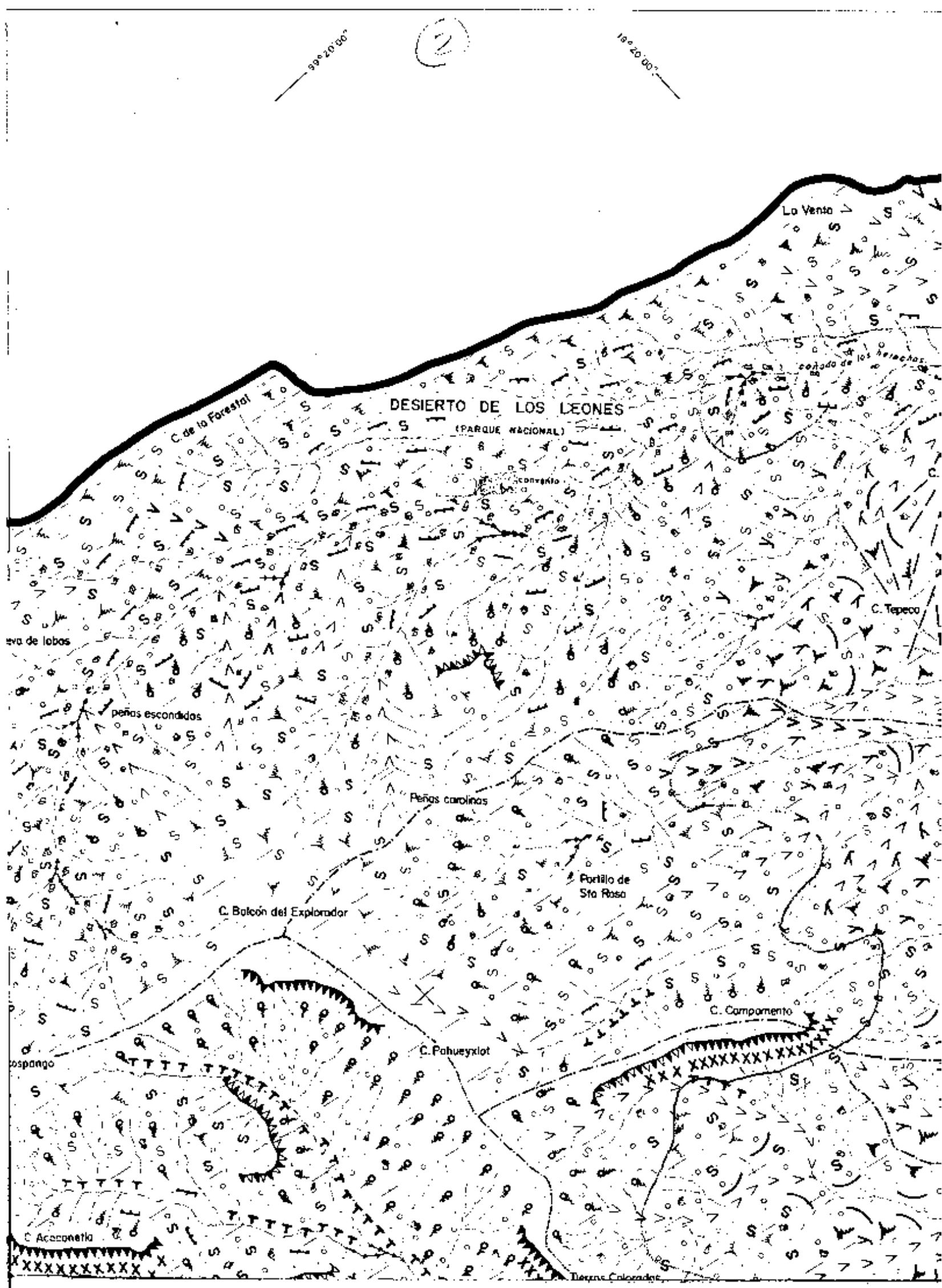
19° 17' 30"

19° 15' 00"

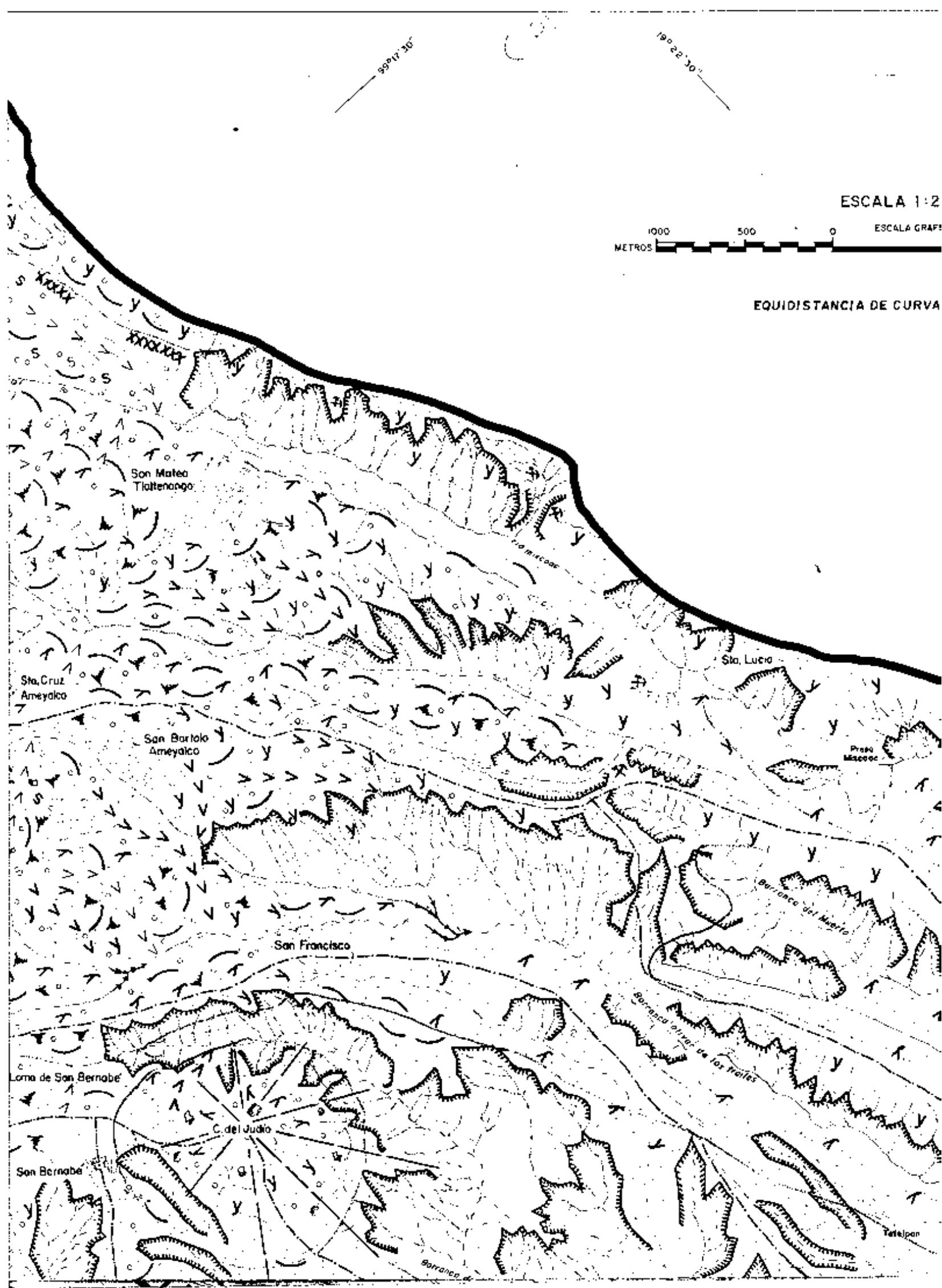
19° 20' 00"



Carta Geomorfológica de



Cuenca del Río Churubusco



99°15'00"

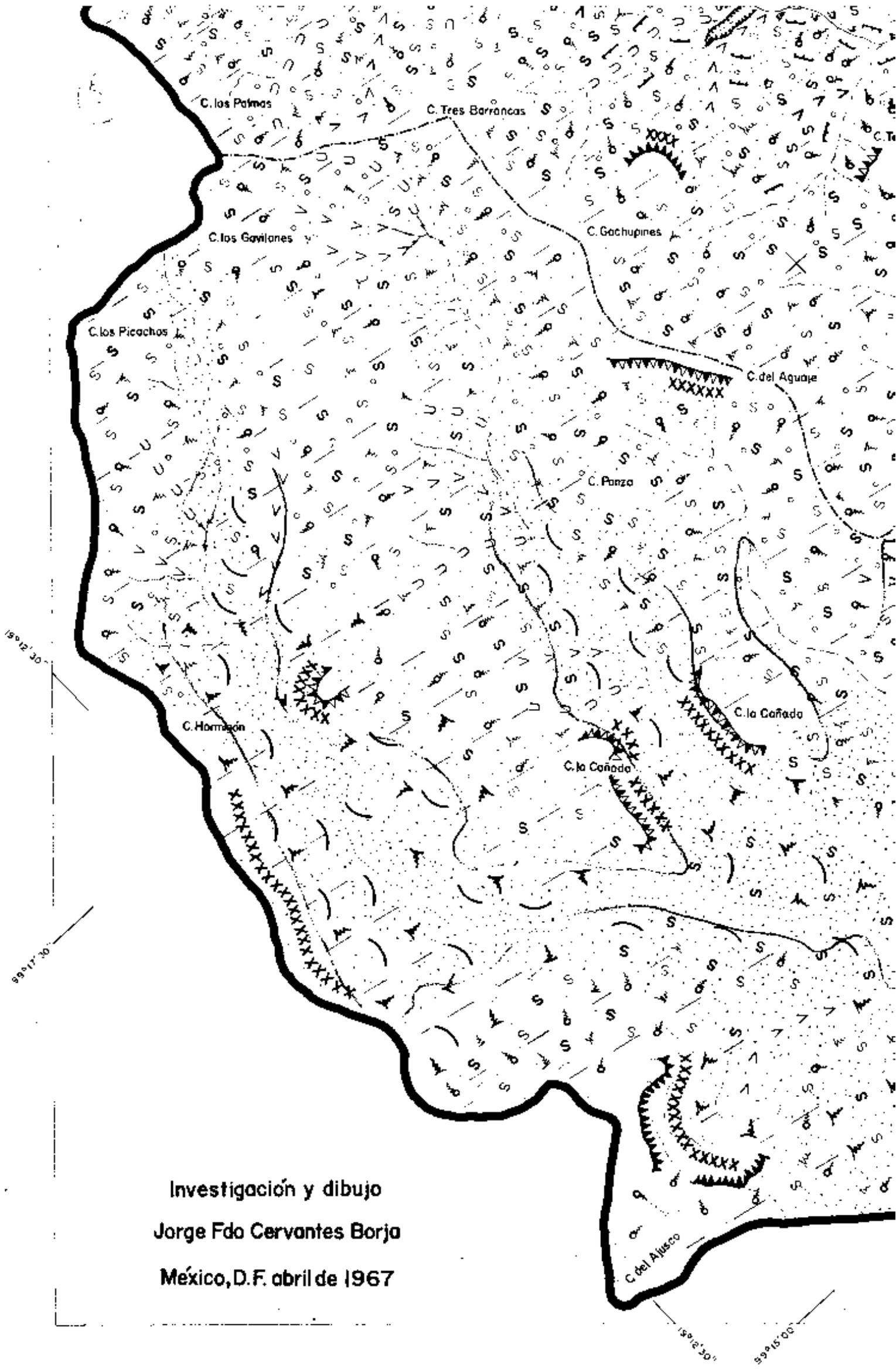


EL 50 METROS

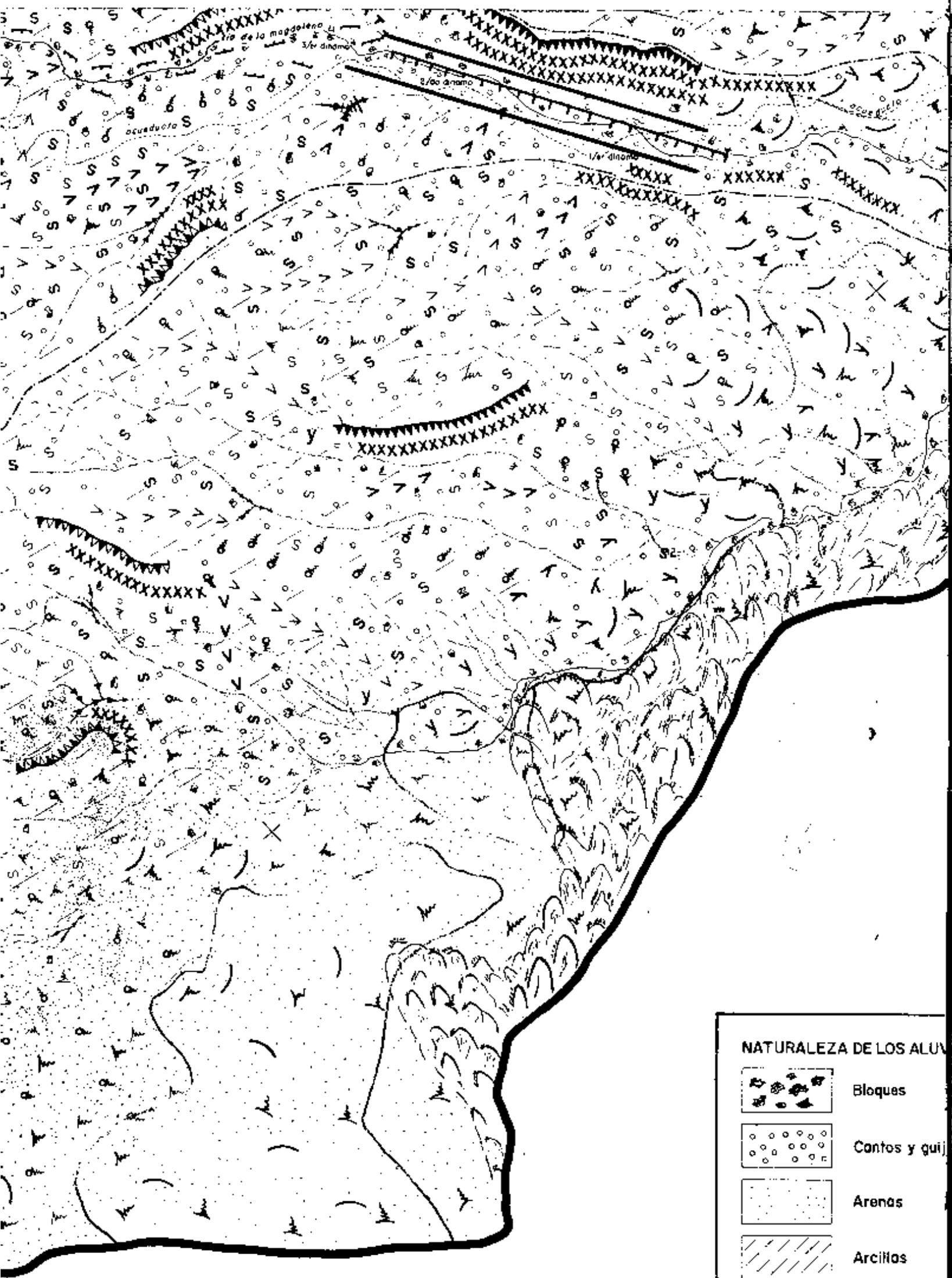
X

99°2'30"





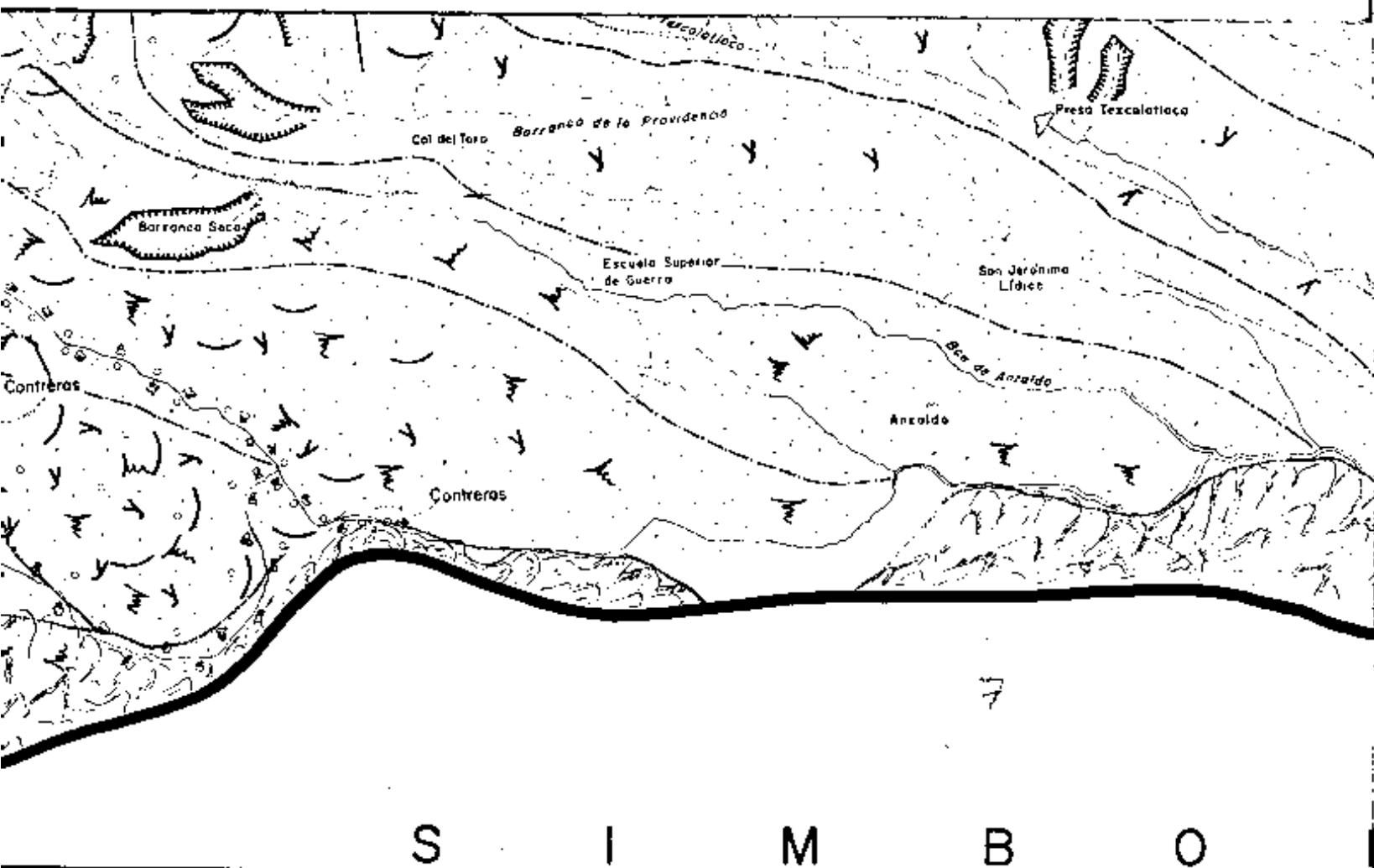
Investigación y dibujo
 Jorge Fdo Cervantes Borja
 México, D.F. abril de 1967



NATURALEZA DE LOS ALUV

	Bloques
	Cantos y guij
	Arenas
	Arcillas

1:50,000
99-12-30



I. DATOS CRONOLOGICOS

Pleistoceno : Riss-Würm (línea delgada)

Holoceno : actual (línea gruesa)

II. DATOS LITOLÓGICOS

	Qc	Depósitos aluviales cuaternarios
	Qcb	Serie volcánica Chichinautzin
	Qtn	Formación Tarango Superior
	Qtv	Conos volcánicos
	tpt	Formación Tarango inferior
	tpa	Serie volcánica andesítica del Ajusco
	tpcr	Serie volcánica andesítica de la Sierra de las Cruces

HOLOCENO
 PLEISTOCENO

III. DATOS ESTRUCTURALES

	Cornisa
--	---------



Falla visible

Falla probable

Cañón estructural

IV. FORMAS DE ABLACION

A. Modelado general



Embrionaria

Difusa

Superficial

Intensa con reguera

Reptación generalizada

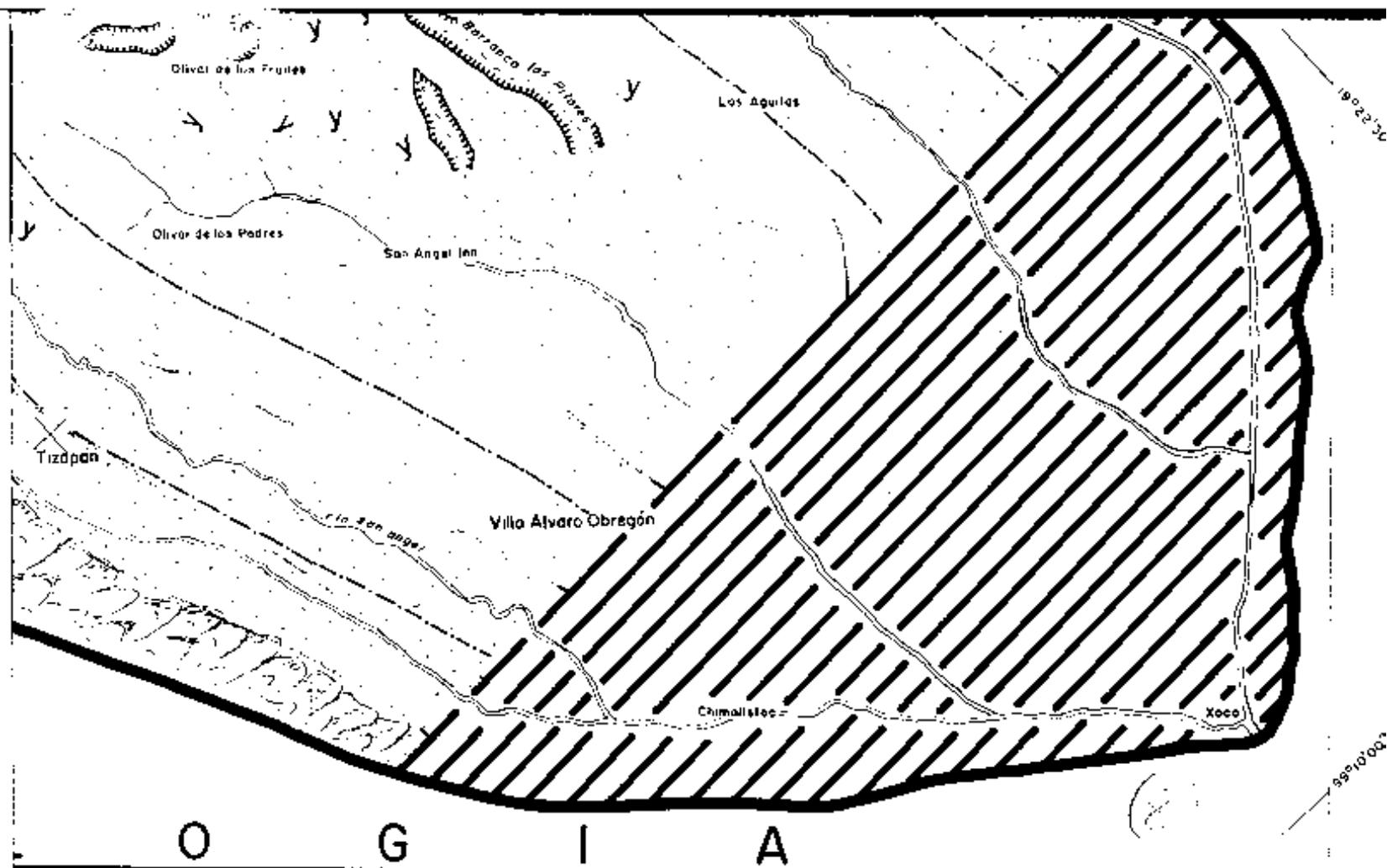
Soliflucción pelicular

ESCORRENTIA

B. Modelado localizado



Asentamiento



O G U I L Á

	Abarrancamiento		E scorrimiento estacionario
	Bad lands		Subescurrimiento
	Derrumbe por paquetes		Cascada sobre losas
	Coladas de lava	VII. MODELADO DE SOCAVAMIENTO	
	Incisión de torrente		Vallecillos en V
PRECISIONES TOPOGRAFICAS Y MORFOMETRICAS			Vallecillos en U
	Cornisa de 10 a 50m.	VIII. MODELADO ANTROPICO	
	Cornisa de más de 50m.		Superficie construída
	Línea parteaguas		Canteras
DATOS HIDROGRAFICOS			Terrazas de labor
	Límite del lecho mayor		Caminos
	E scorrimiento perenne		Carreteras
			Vías férreas