

01059
1984



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

#24570

Análisis del medio natural de la Cuenca de
Captación de la ^{xo} Presa La Concepción,
Estado de México.

(Ensayo Metodológico)

\$650 CUENCAS HIDROLOGICAS - MEXICO

#30096P



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

TESIS

YOLANDA S. QUERO GARCIA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1981



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO.

Introducción.

1. El método.
2. Los módulos del medio natural.
 - 2.1 Módulo climático.
 - 2.2 Módulo litológico.
 - 2.3 Módulo edáfico.
 - 2.4 Módulo hidrográfico.
 - 2.5 Módulo biótico.
3. Sinopsis: El sistema geomorfológico.
 - 3.1 El subsistema morfoestructural.
 - 3.2 El subsistema morfodinámico.
4. Conclusiones.
 - 4.1 Regionalización.
 - 4.2 Corolario.
5. Bibliografía.
6. Fuentes Cartográficas.

TABLAS, GRAFICAS Y MAPAS.

Tabla I. Resumen de datos climáticos.

Gráfica 1. Termograma de la estación Danxhó, Estado de México.

Gráfica 2. Temperatura, precipitación y evaporación. Estación Danxhó, Estado de México.

Gráfica 3. Climograma de la estación Danxhó, Estado de México.

Gráfica 4. Termograma de la estación Villa del Carbón, Estado de México.

Gráfica 5. Climograma de la estación Villa del Carbón, Estado de México.

Gráfica 6. Termograma de la estación Santiago Tlazala, Estado de México.

Mapa No. 1. Localización del área en estudio.

Mapa No. 2. Clima.

Mapa No. 3. Litología.

Mapa No. 4. Edafología.

Mapa No. 5. Vegetación.

Mapa No. 6. Subsistemas morfoestructurales.

Mapa No. 7. Procesos morfodinámicos.

Mapa No. 8. Regionalización.

INTRODUCCION.

En los últimos decenios, la toma de conciencia de los grandes problemas de nuestras ciudades y sus entornos ha llevado a los estudios de las relaciones ambientales a intentar la búsqueda de soluciones adecuadas para el inminente deterioro ambiental cuyos alcances actuales afectan tanto a medios urbanos como a regiones rurales.

Infelizmente, la mayor parte de nuestros especialistas, atados a la superespecialidad, atacan el problema desde una sola perspectiva y soslayan el conjunto, con los consiguientes errores en la concepción clara de la realidad. En efecto, la yuxtaposición de investigaciones sectoriales, por lo que respecta a estudios limitados sólo a un aspecto restringido, no hace más que reflejar una distorsión en la concepción metodológica, favoreciendo unilateralmente el análisis en detrimento de la síntesis, elemento indispensable en la comprensión del funcionamiento del medio natural.

Y no es que los estudios especializados sobre un elemento del medio natural sean malos "per se", sino que constituyen, cada uno, elementos aislados que no explican las interrelaciones y las interacciones en juego dentro de un contexto general. Esta es la razón por la cual nuestros programas de desarrollo resultan inoperantes, puesto que no se llegan a determinar las causas de los fenómenos ni los mecanismos que entran en juego para modificar tal o cual ambiente.

En el presente trabajo que no pretende, ni con mucho, establecer los lineamientos de una planeación integral, se marca una serie de directrices que se deben seguir para llegar a establecer una regiona -

lización del medio natural que sería el punto de partida de estudios - de otro orden, tales como los socioeconómicos que, conjuntamente con el del medio natural ofrezcan alternativas de acción para desarrollar adecuadamente nuestras regiones y nuestro país.

El punto de partida que, insistimos, debe ser el del conocimiento del medio natural y el de su regionalización, permite, en primera instancia, conocer nuestros recursos naturales; determinar y cualificar el deterioro de los mismos; encontrar vías de solución puesto que no sólo se conocen sus efectos, sino sus causas, habida cuenta que sabemos como funcionan los medios; identificar las áreas de posible riesgo y, por tanto, estar en condiciones de predecir desastres; precisar las vocaciones del suelo y, en consecuencia, poder señalar los usos y destinos a que deben ser destinados de manera racional; señalar con detalle aquellos sitios que requieren de atención urgente o de cuidado a largo plazo, dentro de los planes conservacionistas; en fin, - coadyuvar con otros especialistas para responder a futuros programas de planeación y desarrollo.

A manera de ejemplo se tomo la cuenca de captación de la presa la Concepción, en el estado de México, ubicada al occidente de la cuenca de México que, por su calidad paisajística y la gran cercanía a regiones de gran desarrollo urbano, se encuentra ante la inminente amenaza de ser convertida en región de "fraccionamientos campestres", con el consiguiente deterioro ambiental resultante de la alteración de las organizaciones dinámicas que integran sus estructuras naturales.

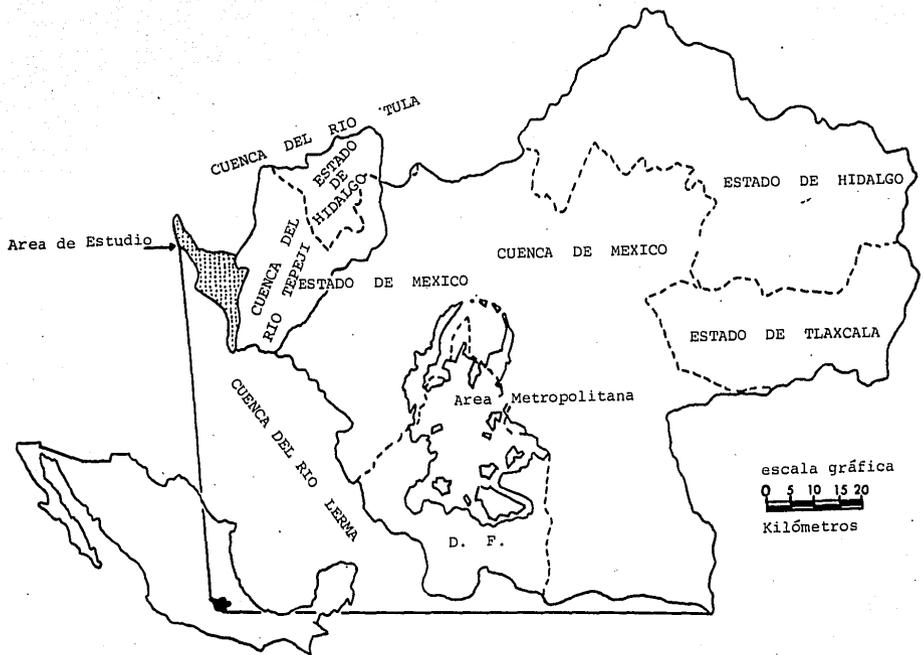
Esta zona se localiza al norte del estado de México, a lo largo de los municipios de Chapa de Mota y, parcialmente, del de Villa -

del Carbón. De forma subcónica, colinda al norte con la cuenca del río Tepejil, y por el oeste y sur con la cuenca del río Lerma (ver mapa No.1),

La topografía del terreno sobre el que se extiende la cuenca es en general accidentada. Las principales formaciones montañosas ocupan más del 75% de la superficie total de la cuenca, con altitudes promedio de 3100 metros sobre el nivel del mar. La mayor parte de estas zonas altas se encuentran cubiertas de bosques.

El resto de la cuenca, con altitudes de 2750 metros, como promedio, se encuentra ocupado por planicies de pequeña extensión en donde existe, principalmente, vegetación a base de pastizales, y un leve talud, con ligeras ondulaciones, ocupado también por la misma vegetación y bosquesillos aislados.

Esta cuenca, que forma parte de la gran cuenca del río Tula, es drenada por numerosos arroyos intermitentes y por el arroyo El Pescado, de régimen perenne, que es la corriente principal de la cuenca. Se extiende sobre una zona con rasgos netamente volcánicos, del neógeno, que se ubica a lo largo del sistema volcánico transversal, con características climáticas casi uniformes correspondientes a la zona templada.



LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

MAPA No.1

1. EL METODO.

La investigación de las estructuras naturales morfodinámicas, debe conceptuarse como la integración funcional de todos sus elementos propios considerados como subestructuras que constituyen, en sí, el análisis de módulos operativos que adquieren significado cuando se analizan como un todo.

Sin perder de vista la operación funcional de dichas estructuras, ni las relaciones dinámicas que guardan en el conjunto, en el presente estudio se decidió optar por la presentación de los diversos elementos naturales a manera de unidades modulares temáticas, opción cómoda que ofrece la posibilidad de una aplicabilidad futura conveniente al desarrollo del estudio mismo. Por ello, las perspectivas manejadas en cada módulo se seleccionaron con la condición de que permitieran un estudio que presentara la dualidad de una investigación temática, por una parte, a la vez que fuera concebida dentro de un todo integral.

Toda vez que se propone que, los elementos del medio natural sean empleados como medidas expresivas de la función que cada uno guarda con el entorno, se optó por el uso del término "módulo" para indicar la propiedad calificativa de cada unidad temática.

Pero el análisis modular queda siempre como tal, y, para llegar a la síntesis, se recurrió a la geomorfología que juega un papel importante en el estudio integrado de los sistemas naturales toda vez que, desde el punto de vista práctico, en el estudio de sus estructuras la dinámica es fundamental y determinante. De modo tal que, al analizar las características morfodinámicas de un medio nos encontramos ante una aparente dualidad de aspectos de la realidad geomorfológica que interviene a nivel interdisciplinario jugando un papel fundamental en las investigaciones aplicadas:

- Un punto de vista descriptivo, genético-histórico, que se define en el marco de la morfogénesis y que sirve de corolario a los otros aspectos geodinámicos que imprimen su fisonomía al medio natural.
- Y un punto de vista dinámico que toma en consideración los procesos que actualmente modelan la superficie terrestre, que se ejercen simultáneamente con otros procesos naturales.

Esta aparente dicotomía, previa a la regionalización del medio natural, queda expresada en el estudio como los subsistemas morfoestructural y morfodinámico, o sea los dos aspectos constitutivos de la geomorfología vista como un sistema de acciones y reacciones.

En tales términos, el estudio se inició con el análisis de los módulos temáticos que comprenden los elementos del medio natural, que se conforman por: el análisis del módulo climático, el del litológico, del edáfico, del hidrográfico y del biótico.

Para la elaboración del estudio climático se utilizó como base la carta climática Detenal-Instituto de Geografía,¹ pero con la finalidad de detectar posibles anomalías climáticas y ampliar la información, se estimó necesario recopilar datos complementarios en los archivos de las fuentes oficiales.

Por lo que al análisis climático de la cuenca se refiere, éste se realizó con base en el sistema Koeppen, adaptado a México por Enri - queta García² quien adicionó índices, anotaciones, fórmulas y sím -

1.- DETENAL- INSTITUTO DE GEOGRAFIA, 1970. Hoja México. Clave 14Q-V. - Escala 1: 500 000. México.

2. García, E. 1973. Modificaciones al sistema climático de Koeppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Ed. de la autora. Offset-Larios. México.

bolos nuevos que lo complementan, ofreciendo un panorama más detallado sobre las condiciones de las diferentes áreas del país.

La carencia de datos fidedignos, por no existir estaciones meteorológicas en la cuenca, se salvó recurriendo a la interpolación de datos de las estaciones situadas en regiones aledañas, tales como la estación Danxhó, localizada a 19° 47' norte y 99° 32' oeste; la estación Villa del Carbón, situada a 19° 50' norte, 99° 23' oeste, y la Santiago Tlazala, ubicada a los 19° 33' norte y 99° 24' oeste. De ellas se obtuvieron datos de temperatura, de 22 años en la primera, tres años en la segunda y cuatro en la tercera, en tanto que los datos de precipitación corresponden a un periodo de 22 años en la primera y 10 años en las dos restantes.

El estudio litológico de la cuenca se efectuó con base en el levantamiento fotogeológico de la cuenca del río La Bufo, realizado en 1977,³ a escala 1:50 000. Toda vez que el presente estudio se trabajó a escala menor, 1:25 000, las unidades antes reportadas hubieron de ser adaptadas y rectificadas en sus contactos, por medio de una refotointerpretación, con el fin de proporcionar mayor detalle. Labor que fue respaldada con la respectiva verificación de campo y muestreo de rocas que, a su vez, fueron analizadas en el laboratorio.

3 Quero G., Y. 1977 Geomorfología de la Cuenca del Río La Bufo, Estado de México. (Un enfoque morfoestructural). Tesis. Colegio de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM.

Con toda la información obtenida se elaboró el mapa litológico, que complementa este estudio, que muestra la distribución de las diferentes rocas que afloran en el área.

Asimismo, se procedió a correlacionar la formación geológica correspondiente con cada una de las unidades cartografiadas, todo ello con el fin de ubicarlas cronológicamente.

Toda vez que los informes edáficos de una zona proporcionan datos de gran interés que permiten deducir el comportamiento de ella, ante los diferentes procesos geomorfológicos y antrópicos que ahí se efectúan, así como la manera como dichos procesos condicionan y modifican la evolución de los perfiles de suelos, se procedió al análisis de las características físicas preponderantes de los suelos: permeabilidad, agregación, porosidad, textura, etc., que revelan datos indicativos que permiten apreciar la mayor o menor resistencia que dichos suelos presentan a los procesos erosivos que actúan sobre ellos, sin olvidar que la densidad de la cobertura vegetal condiciona el grado de erosión a que están sujetos.

Entre los datos edafológicos que auxilian en la integración del estudio geomorfológico, están: la génesis del suelo, que incluye el origen de éste, su modo de formación y el grado de desarrollo; las características distintivas del perfil, drenaje interno, condiciones físicas y químicas, material parental y su morfología.

Para la elaboración del estudio edáfico se hizo una modificación a la metodología de la Dirección de Agrología de la Secretaría de

Recursos Hidráulicos, ⁴ y se fotointerpretó edafológicamente, con fotos a escala 1: 25 000, determinando los grupos de suelos de acuerdo con la clasificación FAO/UNESCO, ⁵ por considerarse la más recomendable para nuestros propósitos, ya que permite un pronto diagnóstico mediante una amplia visión de las características de los suelos.

Todos los datos obtenidos se verificaron y ampliaron con muestras de campo, recabándose 12 muestras tipo, de 0 a 60 centímetros de profundidad, como promedio.

Para la integración del módulo hidrográfico se tomó como base la información proporcionada por el Boletín No. 45 de la Dirección de Hidrología de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos; las cartas de las regiones hidrológicas, a escala 1:500 000, y las cartas de DETENAL a escala 1: 50 000, con el recurso de interpretación de fotografías aéreas. Todos los datos obtenidos fueron verificados en recorridos de campo; anexándoles observaciones complementarias.

Por lo que al módulo biótico se refiere, el análisis se realizó tomando en cuenta que el objetivo principal que se persigue con el estudio de la cobertura vegetal es relacionarla con la litología, las pendientes y el clima como factores esenciales del escurrimiento.

4. S.R.H. 1972. Metodología para el informe de un estudio agrológico detallado. Publ. No. 3. Dirección General de Estudios. Dirección de Agrología. México.

5. Dual, R. 1968. "Definitions of soil units for the soil map of the world". FAO. Rome.

Por lo que se tomaron en cuenta diversas características vegetales, tales como la densidad del estrato vegetativo, su estado de conservación, el predominio de hojas caducas o perennes; así como la temporalidad de algunas coberturas, especialmente la agrícola.

Se realizó la fotointerpretación de la cuenca con el fin de determinar los tipos principales de vegetación, delimitándose las áreas silvícolas y agropecuarias, y su estado actual de conservación, principalmente en las zonas forestales. Los datos obtenidos se comprobaron por medio de recorridos de campo, recolectándose muestras de especies vegetales características, para su identificación taxonómica en el Herbario Nacional del Instituto de Biología de la UNAM.

Una vez realizada la investigación correspondiente a las estructuras naturales, se procedió al análisis de las diversas organizaciones dinámicas resultantes de las combinaciones en que se asocian los distintos elementos que conforman el medio natural.

Tras evaluar diversos métodos de investigación, se llegó a la conclusión de que la geomorfología es la disciplina que proporciona la metodología más adecuada para comprender el medio natural en toda su compleja integración.⁶ De modo que, a través del estudio geomorfológico se obtuvo un primer epitome de las organizaciones ambientales que se presentan en la zona.

Siendo el principal objetivo del estudio geomorfológico clasificar y explicar las formas del relieve, debe basar sus métodos en el

⁶ López Recéndez, R. Et al. 1974. "El medio natural como marco del desarrollo urbano". Centro de Actualización del Conocimiento. División de Estudios Superiores. Escuela Nal. de Arquitectura. UNAM. México.

análisis tanto de procesos endógenos como exógenos, quedando, así, definido como un eslabón entre la litosfera, por un lado, y la atmósfera e hidrosfera por otro.

En efecto, las formas del relieve dependen, ante todo, de la organización de la corteza terrestre o estructura que existe como consecuencia de la tectónica. La disposición de las rocas en un relieve es el resultado de deformaciones diversas debidas a la tectogénesis,⁷ y, en forma zonal, por la afectación del vulcanismo.

Hasta ahora sólo nos hemos referido a los factores particulares a la litosfera, denominados endógenos, que son aplicables a los su puestos estructurales, de manera que únicamente hemos considerado aspectos morfológicos.

Así como las formas se están creando por la orogénesis, sabemos que el relieve no es estático, sino se encuentra en constante modificación producida por la acción de la "gliptogénesis"⁸ o factores endógenos que se manifiestan a través de mecanismos morfogénéticos ligados al clima, que tienen lugar por influencia de la gravedad.

De manera que se llega a la idea de que, si el relieve depende sobre todo de la estructura, el modelado se debe al clima, en primer término, así como a diversos grados de influencia de los otros elementos integradores del medio natural, quedando, así, definidos los linea-

7. Viers, G. 1974. "Geomorfología". Ediciones Oikos-Tau, S.A. Barcelona, España.

8. Viers, G. 1974. Op. Cit.

mientos del método geomorfológico:

La primera etapa, geomorfología estructural, que consiste en identificar los procesos internos que originan el relieve, que proporciona datos básicos para llegar a la geomorfología dinámica; segunda etapa, o análisis del comportamiento, modificación y desarrollo de las formas por los agentes del modelado íntimamente relacionados con el clima; todo ello con el fin de investigar la definición de las formas del relieve y la elucidación de sus funciones en el sistema ambiental.

Como hemos podido comprobar, existen relaciones dialécticas entre estos dos aspectos geomorfológicos; se estudian separadamente sólo por comodidad, pero, en realidad, no se puede concebir un estudio geomorfológico cabal que no considere un enfoque morfodinámico del relieve.

Con esta base, en este estudio se realizó en primer término, un análisis morfoestructural de la zona, seguido por el análisis de las influencias morfoclimáticas que afectan y modifican el relieve de la misma, sin dejar de tomar en cuenta las influencias secundarias que podrían presentarse bajo la acción de procesos azonales, cumpliendo, así, con las bases conceptuales "morfodinámicas" de la geomorfología.

En virtud de que la cuenca de la presa La Concepción corresponde a una porción de la cuenca del río La Bufo, y de que anteriormente se realizó un detallado estudio morfoestructural⁹ de esta zona, se consideró válido basar la integración de este informe en las conclusiones y datos obtenidos en la investigación previamente realizada que, por abarcar un área mayor, da una idea clara y más amplia de la constitución y características de cada una de las estructuras reportadas.

9. Quero, Y. 1977. Op. Cit.

Con esta base, se procedió a la fotointerpretación de los rasgos morfoestructurales, respaldada por una comprobación de campo, con las que se amplió la información antes obtenida y se determinaron pequeñas anomalías locales dentro de las unidades; características que en el estudio anterior no pudieron ser detectadas por limitaciones de escala, modificándose así, en cierto modo, la nomenclatura utilizada para denominar cada unidad.

Por realizar el estudio de los subsistemas morfoestructurales partiendo de las bases estructurales anteriormente estudiadas, se pudo pasar fácilmente del contexto general al particular.

Mientras que en el análisis morfoestructural nos limitamos a realizar una yuxtaposición de información de carácter tectónico y litológico, y, en cierto modo, también de los aspectos climáticos; el análisis morfodinámico requiere de mayor amplitud de ángulo de visión, lograda mediante la jerarquización de los elementos del medio natural y su análisis taxonómico,¹⁰ que se define por los siguientes pasos:

Primeramente, el estudio de las características morfogenéticas que nos permiten determinar la evolución del modelado, así como las relaciones entre las condiciones climáticas y la litología. En función de estas características morfogenéticas se delimitan las unidades que constituyen el marco en el cual se continúa el análisis.

La definición de las unidades morfogenéticas se sustentó en

10. Tricart, 1973. "La geomorfología en los estudios integrados de manejo del medio natural" *Annales de Géographie*, juillet-août. Edit. Armand Colin, Paris.

las condiciones climáticas, del relieve, y de la litología, dirigidas por el marco estructural. Por tal motivo, se realizó una interpolación entre las características morfoclimáticas y las litovariantes evidentemente definidas por las características litológicas. Por otro lado, se tomaron en cuenta los aspectos topográficos que influyen sobre la morfodinámica, tales como el valor de la pendiente, desniveles, longitud de vertientes, etc.

Puesto que en este tipo de estudio se requiere de la visualización de combinaciones regionales; por las mismas razones expuestas en el estudio morfoestructural, se consideró pertinente tomar como base el estudio realizado en 1977, para la cuenca del río La Bufa ¹¹, adicionándolo con detalles particulares a cada litovariante, ajustándolo a las características de las unidades que se tratan.

Posteriormente se procedió al estudio de los procesos morfológicos actuales, que se basa en la interrelación e interacción de los diferentes elementos del medio natural. El objetivo principal de este estudio es la determinación de la naturaleza de los procesos geomorfológicos así como su distribución espacial en el área estudiada.

Infortunadamente no es posible proporcionar la intensidad con que se presentan estos procesos, por carecer de posibilidades para realizar apreciaciones cuantitativas, por lo que las observaciones hechas al respecto presentan sólo un carácter cualitativo que, sin embargo, se basa en criterios cuidadosamente definidos y principalmente en las diversas características de las litovariantes y topovariantes, así como -

11. Quero, Y. 1977. Op. Cit.

en la condición morfoclimática.

Una vez ponderadas las características geomorfológico-estructurales y geomorfológico-dinámicas, a manera de subsistemas, y a la luz de los procesos morfogenéticos y de la degradación antrópica, se pudo precisar una evaluación final de los datos compilados, por medio de la cual se está en posibilidades de llegar a un diagnóstico de la tendencia evolutiva de los diferentes medios, en un marco de regionalización.

2. LOS MODULOS DEL MEDIO NATURAL.

2. 1 MODULO CLIMATICO.

En los procesos geomorfológicos, especialmente en los erosivos, los elementos meteorológicos juegan un papel de suma importancia, principalmente la precipitación, el viento y la temperatura.

Las lluvias se concentran principalmente en 4 o 5 meses, periodo en el cual los intensos chubascos deslavan las tierras desprovistas de vegetación, dando lugar a que la erosión se extienda en forma acelerada; por ésta y otras razones, se requiere elaborar un estudio climático que permita determinar las áreas más afectadas y poder establecer, así, medidas capaces de prevenir fuertes procesos erosivos, a la vez que racionalizar el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales propios de la región.

Con el fin de conocer los elementos necesarios para la aplicación de la clasificación climática de Koeppen, modificada por E. García¹², en la Tabla I se han resumido los datos de temperatura media anual, así como los de altura de lluvia, en los periodos considerados en cada una de las estaciones analizadas.

12. García, E. 1964. Op. cit.

RESUMEN DE DATOS CLIMATICOS
 TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN GRADOS CENTIGRADOS Y PRECIPITACION
 ANUAL EN MILIMETROS.

ESTACION.	PERIODO CONSIDERADO.	E.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	ANUAL.	
Danzhó, Edo. de México.	T	- 22 años	14,9	16,1	18,1	19,4	19,5	19,6	18,8	18,9	18,6	17,2	15,9	15,1	17,7
	P	- 22 años	12,8	5,6	9,0	26,8	61,7	150,2	183,5	169,1	166,1	66,2	19,5	9,51	964,6
Villa del - Carbón, Edo. de México.	T	- 3 años	12,5	14,2	16,3	17,7	18,6	17,5	16,2	15,7	16,3	15,3	14,0	11,9	15,5
	P	- 10 años	16,0	8,0	22,0	42,0	102,0	182,0	266,0	244,0	238,0	98,0	30,0	10,0	1200,5
Santiago - Tlazala, Edo. de México.	T	- 4 años	8,5	9,5	11,5	13,0	13,5	13,8	13,4	12,9	12,5	11,5	9,5	8,8	11,5
	P	- 10 años	15,0	8,0	10,0	58,0	89,0	178,0	248,0	286,0	247,0	75,0	25,0	6,0	1211,3

TABLA I

A continuación se citan las principales características de las estaciones meteorológicas cuyos datos fueron empleados para interpolarlos a la cuenca en estudio. Las claves utilizadas representan y definen los tipos climáticos y sus características principales, determinando los límites de temperatura y humedad que distinguen a cada región.

Estación: Danxhó, Estado de México.

Localización : 19° 47' N.

99° 32' W

Mes más cálido: junio, 19.6 ° C.

Mes más frío: enero, 14.9° C.

Oscilación térmica: 4.7° C.

* P/T: 54.7

Porcentaje de lluvia

invernal: 2.8%

* El cociente P/T resulta de la división de los datos de

P= precipitación media anual = 964,6 mm. entre los datos de

T= temperatura media anual en grados centígrados = 17.7° C.

El clima representativo de la estación Danxhó corresponde al tipo:

Cw₁ (w) big.

En donde " C " corresponde a un clima templado lluvioso con temperatura media del mes más frío entre -3° y 18° C, y la del mes más caliente mayor de 10° C.

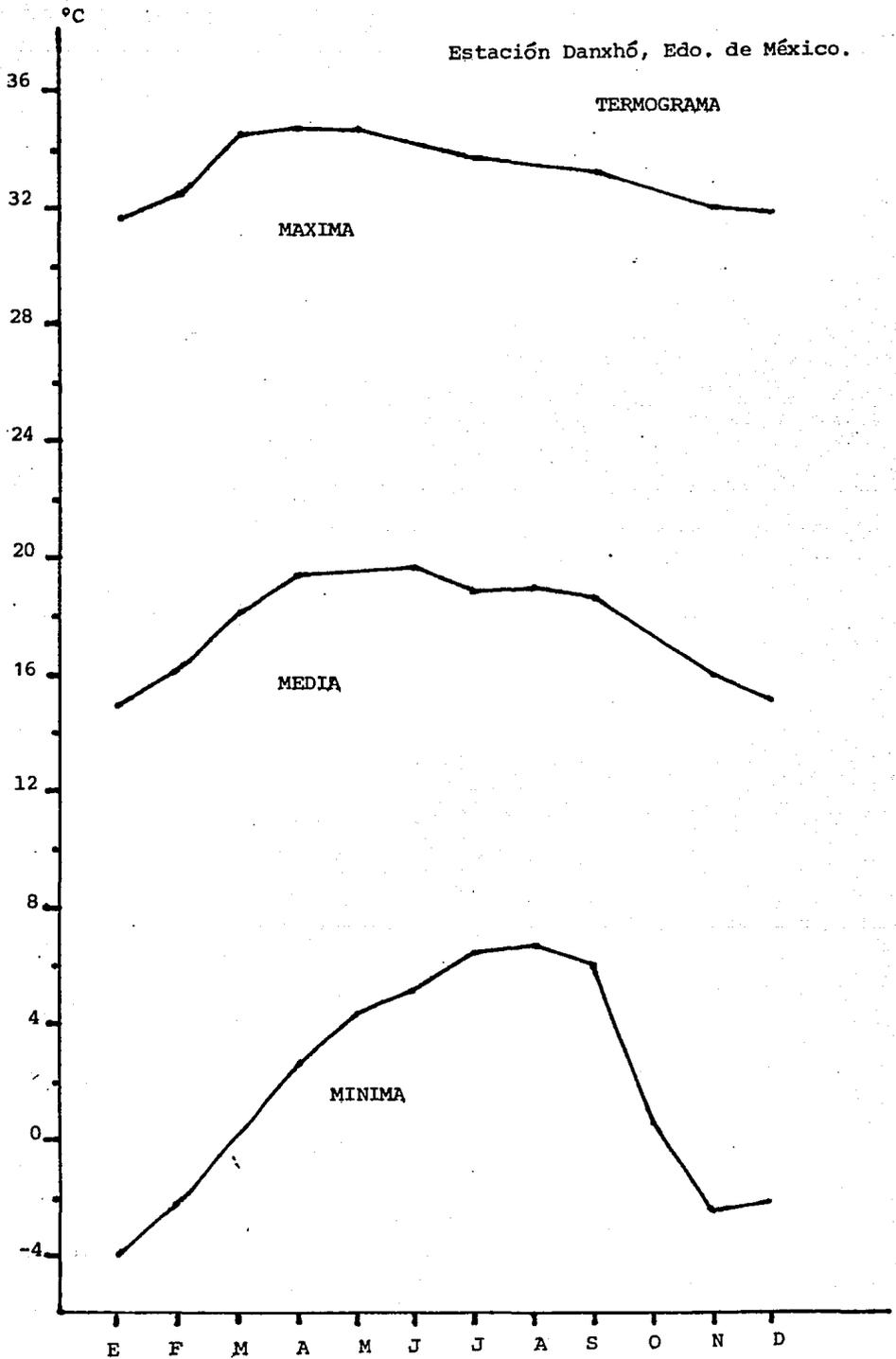
El grado de humedad se determina por el cociente P/T, es decir, la precipitación anual entre la temperatura media anual; el símbolo "w" define un régimen pluvial con precipitación del mes más húmedo (en este caso dentro de la estación del verano), 10 veces mayor que la del mes más seco, siendo el valor de este mes menor de 40 mm. De acuerdo con su grado de humedad, los climas " Cw " se dividen, según el sistema adaptado para México ¹³, en tres subtipos climáticos: Cw₀, Cw₁ y Cw₂, de los cuales el Cw₁ corresponde a un clima intermedio en cuanto a humedad se refiere, con lluvias en verano y cociente P/T entre 43.2 y 55.0.

Cuando, como en este caso, el porcentaje de lluvia invernal es inferior al 5% de la anual, se utiliza el símbolo (w) precediendo al tipo climático, con lo que quiere indicarse que la precipitación invernal no es abundante; este dato se obtiene mediante la suma de la precipitación de los meses de enero, febrero y marzo, dividida entre la precipitación anual:

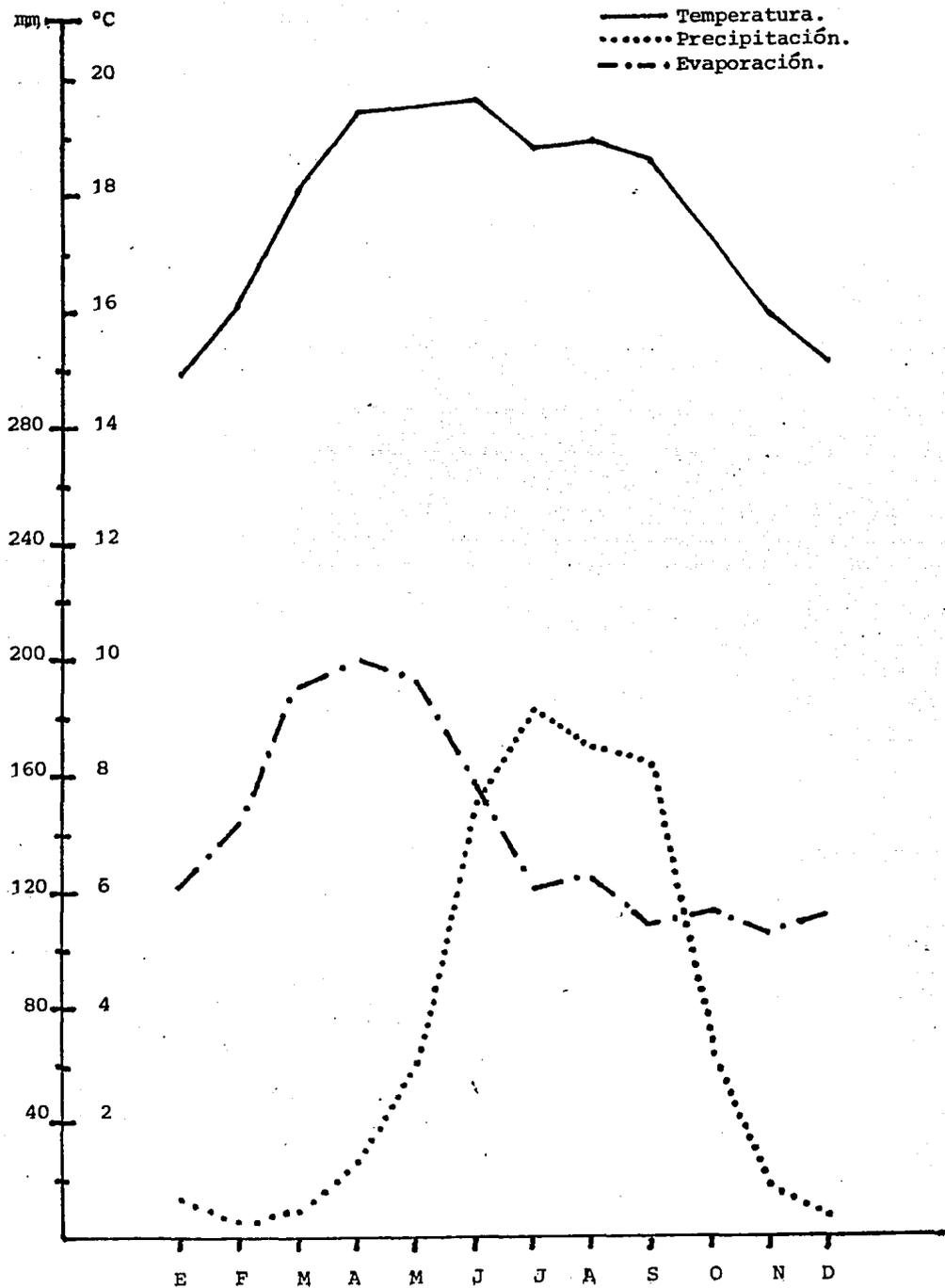
$$\% \text{ lluvia invernal} = \frac{\text{Ene} + \text{Feb} + \text{Mar}}{T}$$

Debido a que los límites de la temperatura media anual se encuentran entre 12° y 18° C, la temperatura media del mes más frío (de -3° C a 18° C) y la del mes más caliente (de 6.5° a 22° C), este subtipo de

13. García, E. 1964 Op. cit.



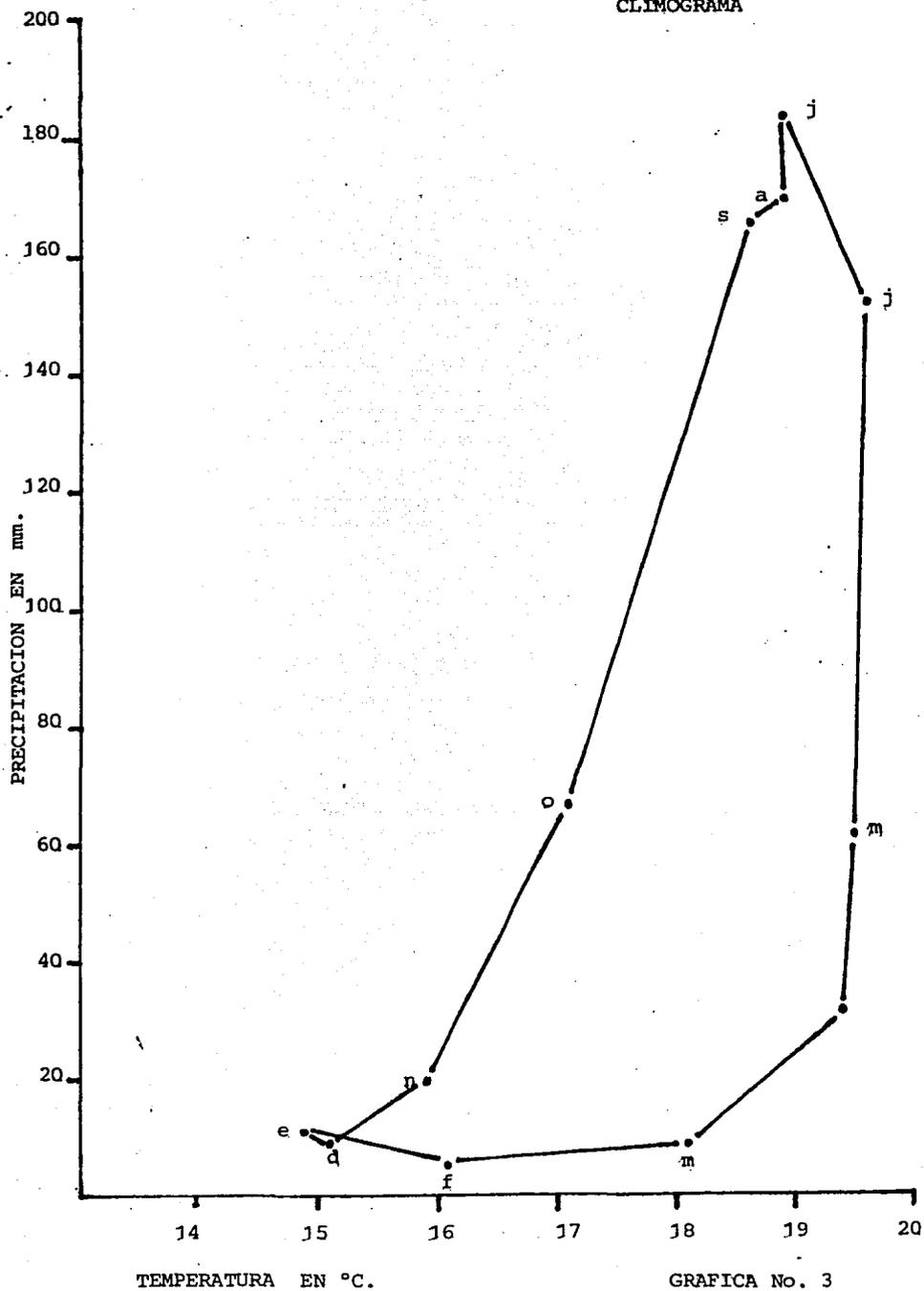
Estación Danxhó, Edo. de México. .



GRAFICA NO. 2

Estación Damián, Edo. de México.

CLIMOGRAMA



clima se considera templado con verano fresco y largo, y se indica con el símbolo " b ".

La oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es menor de 5° C, por lo que se considera isotermal: " i ". La máxima temperatura se registra antes del solsticio de verano y, por tanto, la marcha anual de la temperatura es tipo ganges: " g ".

En conclusión tenemos:

Clima: Cw_1 (w) big. Templado subhúmedo; intermedio en cuanto a humedad; con régimen de lluvias en verano y bajo porcentaje de lluvia invernal; con verano fresco y largo; isotermal; con marcha anual de la temperatura tipo ganges.

Estación :	Villa del Carbón, Estado de México
Localización:	19° 50' N. 99° 23' W.
Mes más cálido:	Mayo, 18.6° C.
Mes más frío:	Diciembre, 11.9° C.
Oscilación térmica:	6.7°C.
* P/T	77.4
Porcentaje de lluvia invernal:	2.6 %

* P= Precipitación media anual en milímetros = 1 200. 5 mm.

T= Temperatura media anual en grados centígrados= 15.5° C.

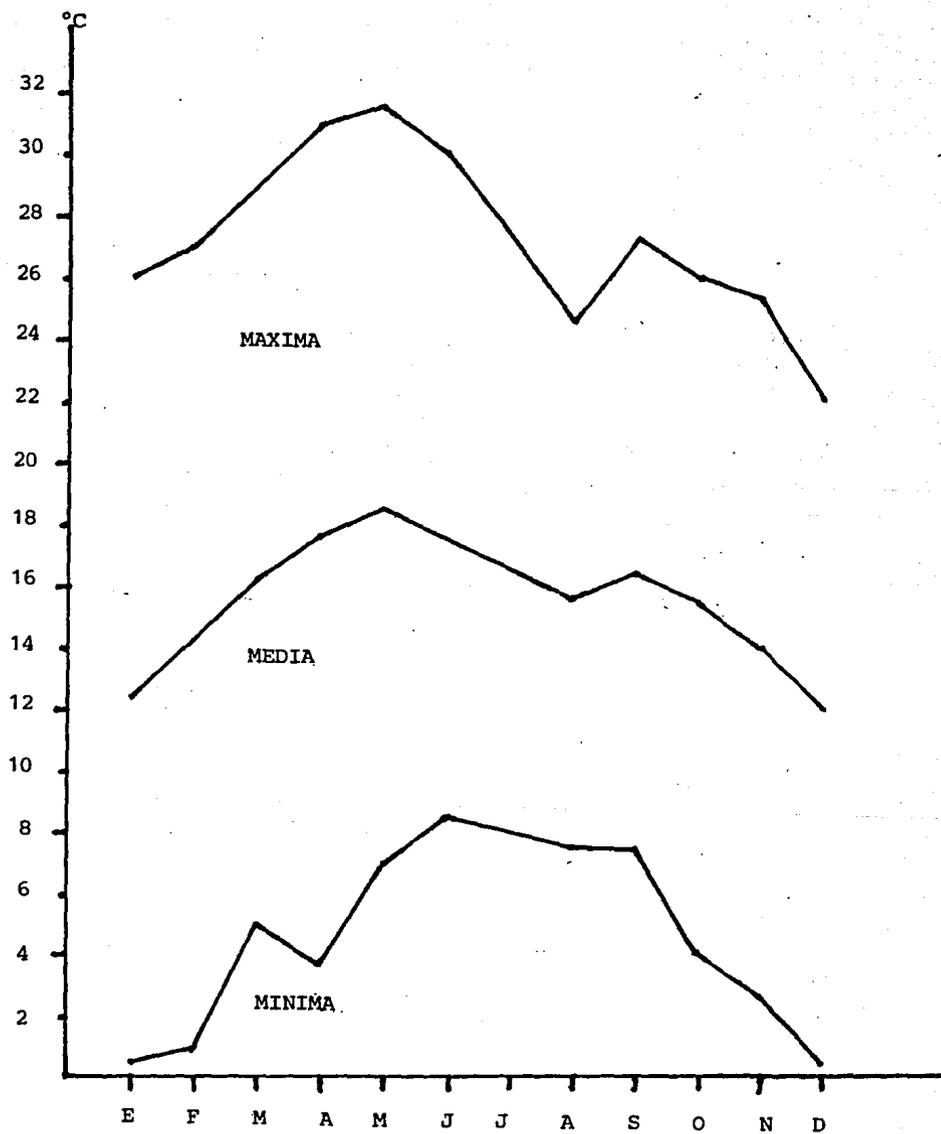
Tipo climático "C" = templado húmedo.

Por su régimen de lluvias (w_2), el más húmedo de los templados subhúmedos.

Por su régimen térmico, " b " = verano fresco y largo, con tem -

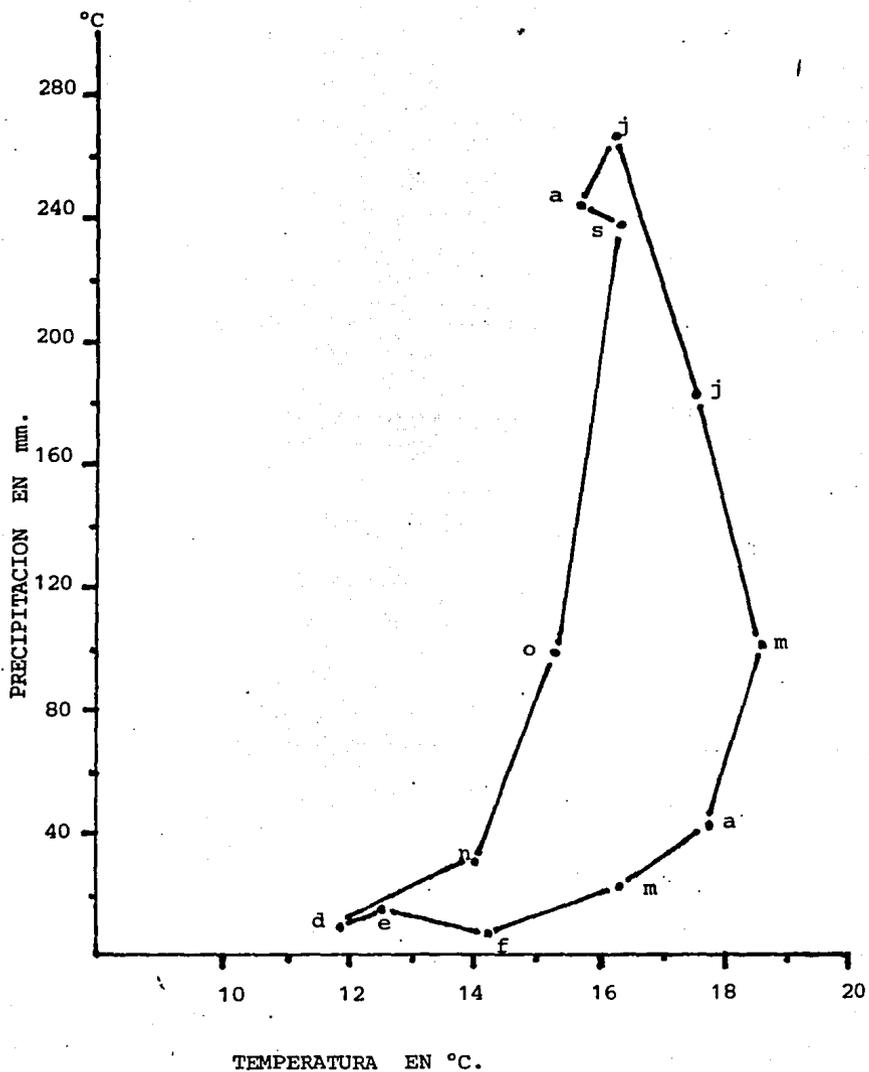
Estación Villa del Carbón, Edo. de México.

TERMOGRAMA.



Estación Villa del Carbón, Edo. de México.

CLIMOGRAMA



peratura media del mes más caliente entre 6.5° y 22° C.

i', por su oscilación térmica entre 5° y 7° C.

g, marcha anual de la temperatura, tipo ganges.

Clima: C (w₂) (w) b (i') g.

Definición: Templado húmedo, con lluvias en verano, retrasadas hasta parte del otoño; con porcentaje de lluvia invernal menor al 5% de la total anual. Régimen térmico de verano, fresco y largo. Con una oscilación térmica de poca diferencia, entre 5° y 7° C, presenta la máxima temperatura antes del solsticio de verano.

Estación climática:	Santiago Tlazala, Estado de México.
Localización:	19° 33' N. 99° 24' W.
Mes más cálido:	Junio, 13.8 ° C.
Mes más frío:	Enero, 8.5° C.
Oscilación térmica:	5.3° C.
* P/T:	105.3
Porcentaje de lluvia invernal:	2.4 %

* P = Precipitación media anual en milímetros = 1 211.3 mm

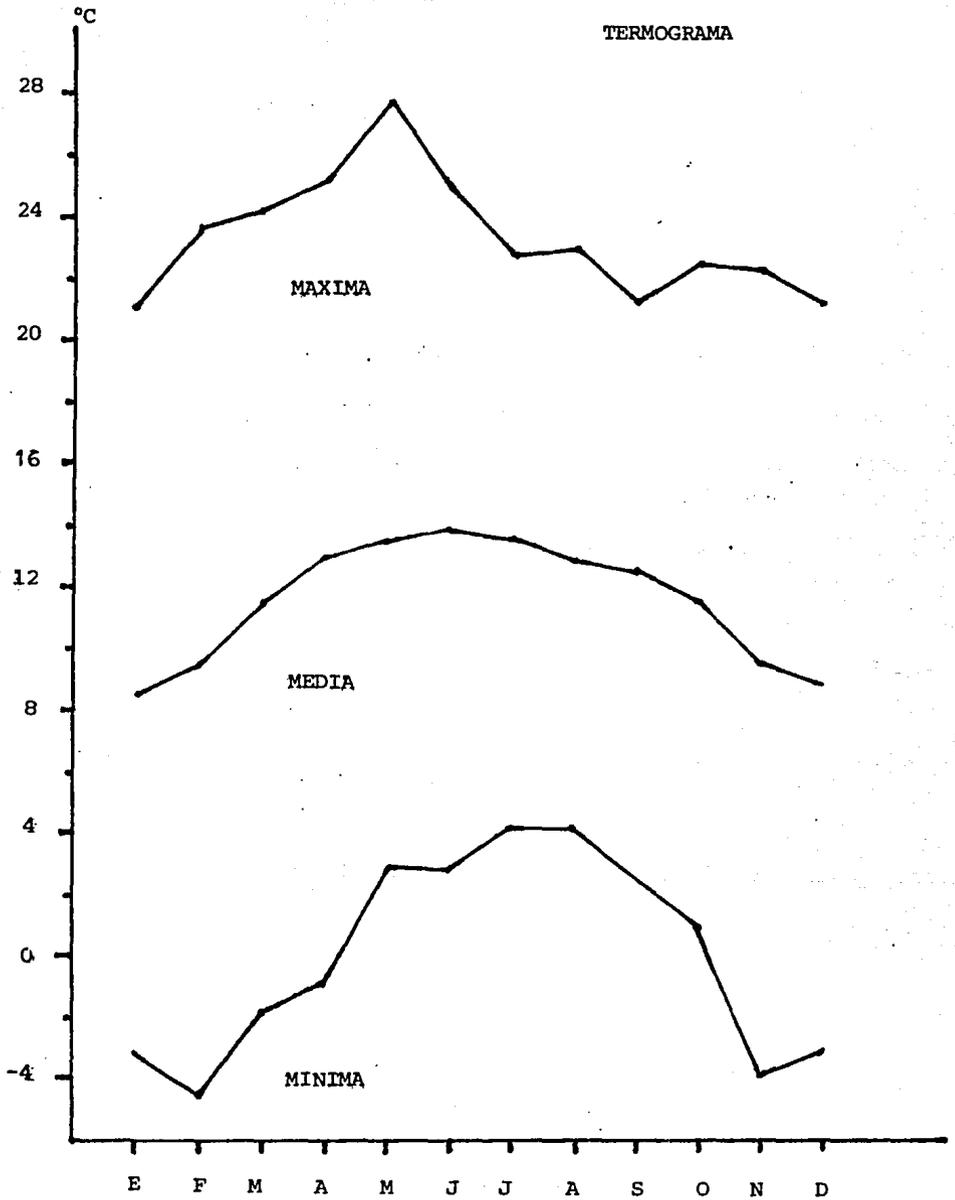
T = Temperatura media anual en grados centígrados = 11.5° C.

Tipo C = Templado.

Subtipo w₂. El más húmedo de los templados, con lluvias en verano, y cociente P/T mayor de 55.0.

(w), con porcentaje de lluvia invernal menor del 5% de la anual.

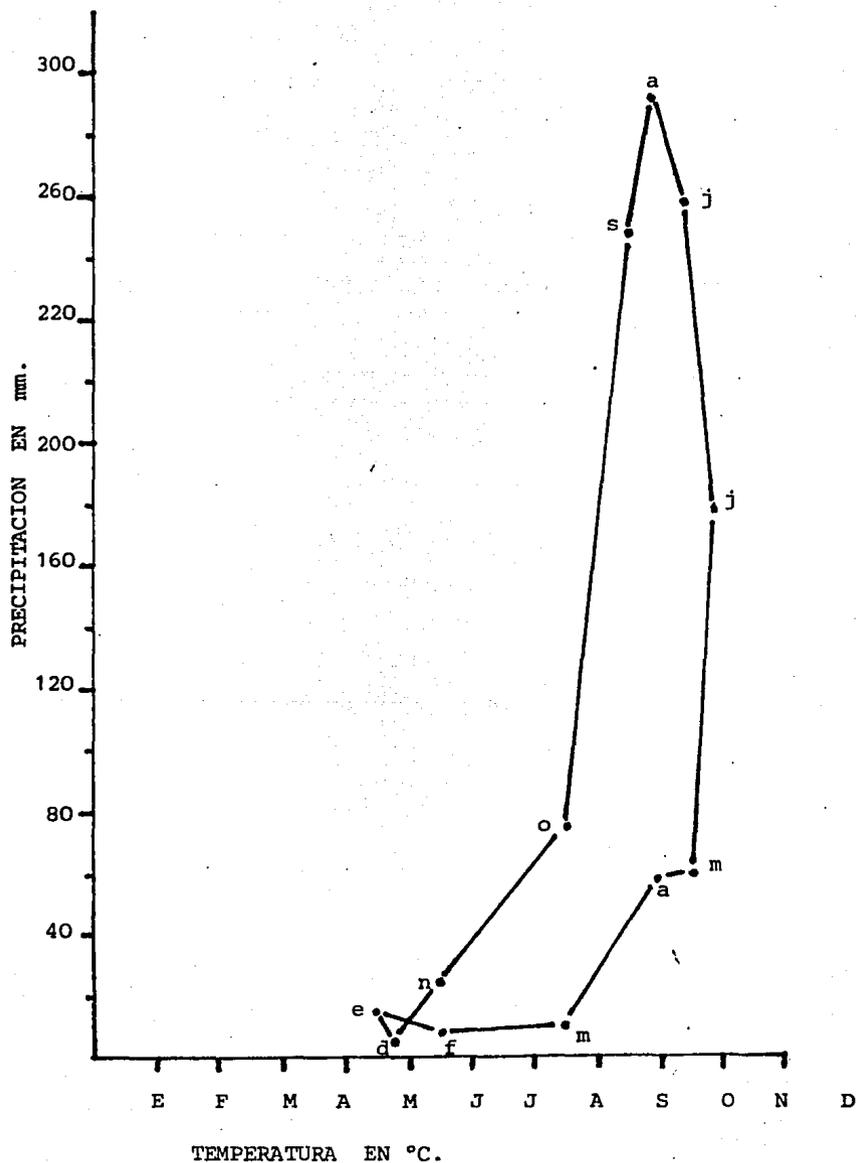
Estación Santiago Tlazala, Edo. de México.



GRAFICA No. 6

Estación Santiago Tlazala, Edo. de México.

CLIMOGRAMA



Régimen térmico (b') semifrío, con verano fresco y largo y temperatura media del mes más caliente entre 6.5° y 22° C.

Oscilación térmica i', con escasa oscilación entre 5° y 7° C.

Marcha anual de la temperatura tipo ganges, g.

Máximo de claves aceptado:

C (w₂) (w) (b') (i') g.

Definición: Clima templado, el más húmedo de los templados -- subhúmedos, con lluvias en verano desplazadas hacia el otoño y porcentaje de precipitación invernal menor al 5 % de la total anual. Régimen térmico semifrío, con verano fresco y largo; con escasa oscilación térmica (de 5° a 7° C), presenta la máxima temperatura antes del solsticio de verano.

En resumen, las características climáticas que se presentan en la cuenca son casi uniformes, con pequeñas variantes en cuanto a temperatura y humedad se refiere.

En términos generales, se puede observar en toda la cuenca -- un periodo seco y frío que se presenta en el lapso de octubre a marzo, por lo que podemos deducir una condición climática característica de -- un invierno netamente continental; durante este periodo también suelen ocurrir heladas negras que afectan fuertemente el estrato vegetativo y hielan los suelos.

Durante los meses subsecuentes, la temperatura asciende de manera continua hasta llegar a las máximas temperaturas absolutas antes -- del solsticio de verano, lo que trae como consecuencia una sequía que -- retarda notablemente la siembra y germinación de los cultivos. Con la --

llegada de las perturbaciones ciclónicas tropicales la zona adquiere -
 flujo de mayor humedad, por las importantes precipitaciones que se su -
 ceden tanto en frecuencia como en cantidad.

Durante la estación calurosa, la cuenca se ve afectada por :-
 abundantes lluvias causadas por enfriamientos adiabáticos de las masas
 de aire, que propician frecuentes tormentas eléctricas, aguaceros y,
 ocasionalmente, granizadas. Este fenómeno se presenta por las tardes y
 favorece notoriamente los procesos erosivos ya que el agua escurre to -
 rrencialmente sobre la superficie. También se presentan lluvias orográ -
 ficas, produciendo precipitaciones vespertinas y nocturnas. 14

Comparativamente, la zona correspondiente a la porción baja -
 de la cuenca observa un ligero aumento en la temperatura, como resulta -
 do de la variación topográfica, así como también un descenso en preci -
 pitación. Sin embargo, estas variaciones son tan pequeñas y de carác -
 ter local que no afectan la clasificación climática empleada, de modo
 que se puede unificar toda la superficie ocupada por la cuenca con un
 clima $Cw_2(w) bi'g$:
 templado; el más húmedo de los subhúmedos; con lluvias en verano retra -
 sadas hasta parte del otoño; bajo porcentaje de lluvia invernal; con ve -
 rano fresco y largo; poca oscilación térmica y marcha anual de la tem -
 peratura tipo ganges (ver mapa no. 2).

14. Oropeza, O. 1979. "Dinámica fluvial de la Cuenca Alta del Río Tepeji!"
Boletín Núm. 9. Instituto de Geografía. -
 U N A M .

2. 2 MODULO LITOLÓGICO.

La observación de los materiales litológicos que afloran en la cuenca sugiere la influencia de un fuerte tectonismo y vulcanismo, en las diferentes etapas de su formación. Dado que la mayoría de los depósitos son de origen volcánico y que el relieve principal está representado por formas volcánicas individuales o por complejos integrados por la superposición de productos de varios volcanes, se deduce la existencia de numerosas fallas y fracturas que, en su mayor parte, se encuentran enmascaradas por la depositación simultánea de las emanaciones volcánicas.

Con tales premisas, del análisis de los diversos materiales litológicos encontrados en la zona se puede deducir un eminente origen tecto-volcánico neogénico evidenciado por la presencia de diferentes acumulaciones piroclásticas que van desde el plioceno superior hasta la época actual, representadas por lavas andesíticas, tobas y variados depósitos volcánicos heterogéneos.

ANDESITAS.

El material más antiguo en la zona es de naturaleza andesítica, recubre las principales estructuras volcánicas y constituye, además, el basamento local.

Los macizos de las sierras de las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo, cuyas estribaciones constituyen el extremo sur de la cuenca, probablemente fueron formados hacia el final del mioceno o bien en el --

pleistoceno ¹⁵. Entre sus componentes petrológicos se encuentran derrames de lavas mesocráticas, porfídicas y andesitas de piroxena. Presentan rocas con coloraciones pardas y texturas mesocristalinas vítrofi - cas.

La divisoria noroccidental corresponde a las estribaciones de un conjunto volcánico denominado Las Palomas, cuya característica relevante es la presencia de una litología predominante de rocas andesíticas mesocristalinas, porfídicas, de color grisáceo, con plagioclasa - sódica y contenidos variables de magnetita y hematita; en la que se - destacan las andesitas de hiperstena.

En tanto que en la sierra de Las Masas, que constituye la di - visoria norte y occidente, sobresale un contenido petrográfico de an - desitas porfídicas y de lamprobolita con coloraciones de pardo a rosa, de textura mesocristalina y contenidos de fenocristales de plagioclasa sódica, hiperstena y magnetita en diversas cantidades.

Ambos sistemas volcánicos, tanto por su composición litológica como por el grado de alteración que presentan sus materiales inte - grantes, parecen ser de un origen posterior a la primera unidad descri - ta, tal vez de principios del pleistoceno o del pleistoceno tardío.

AGLOMERADOS Y CONGLOMERADOS VOLCANICOS.

La unidad que abarca mayor extensión en la cuenca está repre -

15. Schlaepfer, C. 1968. Resumen de la Geología de la Hoja México, D.F. y Estados de México y Morelos. Instituto de Geología. UNAM. México.

sentada por diversos depósitos heterogéneos volcánicos que se presentan principalmente a manera de aglomerados y conglomerados volcánicos con contenidos variables de bloques y gravas de origen volcánico separados por un horizonte de pómez. Su característica litológica relevante es el estado caótico en que se presentan sus series piroclásticas, cementadas en una matriz tobácea de coloraciones claras. Esta unidad ocupa las laderas del cerro La Bufa, extendiéndose hacia el centro y norte de la cuenca y dando lugar a una unidad que semeja las formas de un piedemonte surcado por fuertes abarrancamientos (ver mapa No.3, adjunto).

A medida que este grupo litológico va descendiendo hacia las partes bajas, disminuye en su contenido de bloques brechoides, hasta quedar como una unidad básicamente tobácea.

Toda vez que la composición de esta unidad de carácter clástica y poligénica nos evidencia un origen resultante de simultáneos procesos erosivos y actividades volcánicas, su datación se ha atribuido a la etapa pleistocénica¹⁶ en la que se sucedieron fuertes cambios climáticos precedidos de intermitentes pero intensas erupciones volcánicas.

TOBAS.

La unidad tobácea se presenta en el área en dos porciones: al norte, en el talud de la sierra Las Palomas y zona baja adyacente a la misma, y al sur, en la zona comprendida entre la sierra de Las Masas y las estribaciones de la sierra Catedral, como parte integrante de una -

16. Mooser, F. 1961. Informe sobre la geología de la Cuenca del Valle de México y zonas colindantes. S.R.H. Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. Tomo I. México.

depresión.

En la zona norte es notable el predominio de tobas principal - mente de carácter pumítico, que muestran gran diversidad de texturas a causa de amplias variaciones en su porosidad y grado de deformación de sus componentes vítreos, así como foliación localizada.

Sin embargo, en la porción sur destaca la presencia de tobas soldadas (ignimbríticas) que en la matriz de la roca exhiben localmente estructuras fluidales megascópicas.

Ambas zonas se manifiestan a manera de potentes depósitos piroclásticos que se caracterizan por la presencia de coloraciones claras, gran permeabilidad de las gravas y arenas que forman parte de su formación, altos contenidos de arcillas de montmorillonita y caolín, y estratificación en gran escala.

Aparentemente la datación de esta unidad es pleistocénica, correspondiendo sus características a la formación resultante de la intensificación de las erupciones volcánicas que, durante el cuaternario, afectaron a la región occidental de la cuenca de México. ¹⁷

DEPOSITOS ALUVIALES.

Es el elemento litológico más reciente, se localiza en las zonas adyacentes a los cauces de las corrientes que drenan la cuenca, como resultado de la acción erosiva fluvial; por ello su presencia de un

17. Bryan, K. 1948 "Los suelos complejos y fósiles de la Altiplanicie Mexicana, en relación con los cambios climáticos". Bol. Soc. Geol. Mexicana. V. 13. pp. 1-20. México.

año a otro es efímera, variando en espesor y extensión.

Por tanto, cartográficamente sólo ubicamos, en el mapa número 3, adjunto, dos núcleos en los que su constancia, en cuanto a presencia y acumulación, ha sido significativa: alrededor de la presa La Concepción, en donde por ser el nivel de base de las corrientes, la depositación de clásticos es mayor, y una porción hacia la región del centro de la cuenca, que corresponde a un pequeño plan que actúa a manera de zona de ruptura de pendiente, en el cauce de la corriente principal.

El contenido petrográfico de esta unidad es muy variable, encontrándose desde arenas, gravas y limos hasta arcillas y cenizas volcánicas. Muestra una gran diversidad en el tamaño y grado de redondez de sus componentes, siendo éstos, a veces, arredondados y en otras subangulares; y, en general, presenta una textura fina.

En suma, podemos concretar que, durante el neógeno se manifestó un fuerte vulcanismo singularizado por grandes emisiones de lavas, dando lugar a los principales abruptos de la cuenca. Este complejo de lavas, en principio ácidas y posteriormente andesíticas, principalmente de piroxena, sepultaron los elementos antiguos, de manera que en la actualidad no encontramos evidencias paleogénicas en la cuenca.

Hacia el final del pleistoceno la actividad volcánica disminuye y es seguida por un importante tectonismo que propició el desarrollo de afallamientos en bloque, con dirección SSE - NNW. Este afallamiento produjo, nuevamente, la emisión de lavas andesíticas de hiperstena y la efusión de avalanchas ardientes con alto contenido de tobas pumíticas, bloques, cantos y gravas de origen volcánico, frecuentemente separadas

por delgadas capas de pómez.¹⁸ Simultáneamente, un brusco cambio en las condiciones climáticas preeminentes dio lugar a una fuerte acción denu-
datoria que ataca los elementos litológicos recientemente depositados.

El resultado de estas dos acciones es un material cáótico de -
piroclastos cementados por una matriz lodosa, de composición tobácea,
frecuentemente alterada, que se acumuló al pie de las sierras.

Consecutivamente se intensificaron las erupciones volcánicas,
esta vez manifestándose por medio de explosiones, - que dieron lugar a
grandes volúmenes de nubes ardientes - rellenando el terreno con mate-
rial acumulativo volcánico de alto contenido tobáceo, arenoso y, en me-
nor proporción, brechoide de composición andesítica y traquiandesítica.

Más tarde un marcado hundimiento afecto la zona propiciando la
formación de grabenes y la aparición de conos cuaternarios basálticos -
que, aunque en la cuenca no se evidencian son frecuentes en regiones -
aledañas y permiten corroborar la efectividad y veracidad de estos hun-
dimientos.

Por último, podemos observar, aun en la actualidad, un fenóme-
no de acumulación, producido por la acción fluvial, el cual ha formado
en las zonas bajas, depósitos fluviales y aluviales de escaso espesor e
importancia.

18. Bryan, K. 1948. Op.cit.

2. 3 MODULO EDAFOLOGICO.

En la cuenca de captación de la presa La Concepción encontramos que la mayor parte de los suelos son jóvenes y poco desarrollados.

Toda vez que la mayor parte de los suelos son derivados de rocas volcánicas, para su clasificación se pueden unificar desde el punto de vista parental; así, encontramos dos grandes unidades de suelos: la de andosoles y la de planosoles y, dos grupos de asociaciones principales: las asociaciones de andosoles con otros suelos y las de feozem con otros grupos edáficos.

UNIDADES DE SUELOS.

De acuerdo con los datos obtenidos a través de la fotointerpretación y el análisis en laboratorio de las muestras tipo, en la zona predominan suelos formados por materiales volcánicos que, comúnmente, tienen un horizonte de superficie obscura, por efecto de las cenizas volcánicas poco intemperizadas, y proporciones variables de acumulaciones de materia orgánica, principalmente en la parte superficial. Estos suelos constituyen la Unidad de andosoles.

Andosoles húmicos (Th).

Son suelos que presentan una secuencia normal en sus horizontes, y se han desarrollado a partir de materiales vítreos, con más del 60 % de cenizas volcánicas, ricos en vidrio y otros materiales piroclásticos. Tienen baja densidad de masa y presentan un complejo de intercambio en el que predomina el material amorfo.

Poseen un horizonte "A" con elevada capacidad de intercambio catiónico, y un horizonte alterado que alcanza, por lo menos, 25 centímetros de profundidad, con textura de arena migajonosa muy fina, mientras que su estructura es pulverulenta. Contiene algunos materiales fácilmente alterables por la intemperización, y ciertas muestras de alteración evidenciadas por saturaciones de color más fuerte, o matiz más rojos que los horizontes subyacentes.

Este tipo de suelo representa una unidad muy local que se ubica en la porción sur de la cuenca, a lo largo de los arroyos que surcan materiales volcánicos (ver mapa No. 4, adjunto).

Debido a la facilidad que presentan para ser intemperizados, su textura varía, encontrando desde migajones arenolimosos hasta arcillosos y francos con consistencias untuosas, lo que indica alta retención de agua, por lo menos de un 20 por ciento.

Hacia la zona centro-este de la cuenca se localizan, sobre pendientes suaves, suelos con coloraciones pálidas, muy porosos y con alta retención de agua, con características correspondientes a los andosoles ócricos (To).

Estos suelos, que se presentan con una profundidad media entre 60 y 90 centímetros, con una textura principalmente de migajón arcilloso, muestran en el primer horizonte tonalidades claras debidas a gran fijación de fósforo, y una cantidad de materia orgánica entre el 5 y 8 %

Unidad de Planosoles.

Planosol Mólico (Wm).

Son suelos con acumulaciones iluviales de arcilla que traen - como consecuencia cambios bruscos en la secuencia textural de los horizontes. Se caracterizan por presentar un horizonte superficial obscuro, de estructura fuerte y cuando menos un contenido de 1 % de materia orgánica; un horizonte en el que la arcilla y el óxido de hierro han sido removidos, seguido de un horizonte con alto contenido de arcillas - iluviadas, notándose un cambio brusco entre la textura de éste y la del subsecuente.

Tienen un horizonte gléyico que se caracteriza por la humedad excesiva, que se muestra con coloraciones moteadas y concreciones de hierro y magnesio.

En la región objeto de nuestro estudio, los planosoles mólicos se localizan en una breve porción hacia el centro - oeste de la cuenca, sobre terrenos planos con deficiencia de drenaje (ver mapa No. 4, adjunto).

ASOCIACIONES DE SUELOS.

Cuando la predominancia de un suelo no está clara, o bien se encuentran mezcladas pequeñas unidades de suelos no cartografiables, se asocian dichas áreas jerarquizando el predominio de suelos por el orden de aparición en la clave. Así, el primer suelo que aparece predomina - cuando menos en un 60 % sobre los que le siguen.

La tendencia general de la cuenca es la asociación de unidades

de suelos, pudiéndose distinguir dos agrupaciones principales:

- 1) Asociaciones de andosoles
- 2) Asociaciones de feozems.

Las asociaciones de andosoles en la cuenca pueden ser de tres tipos: asociaciones de andosoles húmicos (Th), de andosoles mólicos (Tm) y de andosoles ócricos (To), que pueden aparecer mezclados - entre sí o con otros grupos de suelos. Abarcan la mayor parte del área de la cuenca, localizándose principalmente en las zonas montañosas o al pie de éstas, sobre depósitos volcánicos. Así, encontramos andosoles - húmicos asociados con andosoles ócricos (Th + To) cuya principal di - ferencia radica en el contenido de materia orgánica, siendo notablemen - te menor en los segundos debido a mayor lixiviación; este proceso tam - bien imprime en los horizontes superficiales las coloraciones claras - características de esta asociación de suelos.

Las agrupaciones de andosoles húmicos y ócricos se encuentran localizadas en la porción sur de la cuenca, en las estribaciones de la sierra Catedral. A mayores altitudes se aprecia un predominio de ando - soles húmicos (Th + To), y a medida que se desciende, la presencia de andosoles ócricos prevalece (To + Th).

Hacia la porción central de la cuenca se localizan las asocia ciones de andosoles húmicos, con suelos ricos en materia orgánica, bien desarrollados y con acumulaciones iluviales de arcilla, características connotativas de los feozem lúvicos (H1), que suelen tener un horizon - te "A" con coloraciones oscuras, saturación de base mayor del 50 % y, por lo menos, el uno por ciento de materia orgánica; también un horizon -

te "B" que contiene arcilla iluvial laminada y reticulada que, generalmente, se forma bajo un horizonte eluvial con distintas variedades, según las características de las arcillas que lo componen.

Son suelos profundos, de 90 a 120 centímetros, que presentan condiciones favorables para la retención de agua.

Estas asociaciones se han desarrollado sobre depósitos volcánicos. Hacia la porción alta de los volcanes existe predominio de andosoles húmicos (Th + H1), mientras que a los pies del cono el feozem lúvico representa más del 60 % de la unidad (H1 + Th).

En la porción situada entre el cerro Los Idolos y Monte de Peña, y al pie de estos abruptos estructurales se localiza una porción de andosoles ócricos asociados con feozem háplico (To + H1), suelos que presentan fase lítica de 10 a 50 centímetros de profundidad y textura de migajón limoso.

Debido a la gran degradación que sufren los andosoles ócricos, aunada a la fuerte lixiviación y erosión, estos suelos pueden transformarse en luvisoles crómicos ¹⁹; así, en la porción occidental de la sierra de Monte Alto y Monte Bajo y al pie del Monte de Peña los encontramos asociados entre sí (To + Lc y Lc + To).

En las sierras de Las Masas y Las Palomas encontramos andosoles mólicos (Tm) que son suelos que tienen las mismas características

19. Meza, M. 1976. Interpretación de los elementos climáticos en la evolución morfológica de la cuenca baja del río Tepeji, Hgo. Tesis profesional. Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras. UNAM.

que los andosoles húmicos, a excepción del contenido de materia orgánica que, en los mólicos se acumula en mayor proporción debido a la mayor abundancia de bosques. Se encuentran asociados a feozem lúvicos (Tm + H1), presentan texturas medias y se desarrollan sobre fuertes pendientes, presentando fases líticas profundas.

Dentro de las asociaciones de feozems encontramos la coexistencia de feozem lúvico y luvisol crómico (H1 + Lc).

Esta agrupación se ubica al norte de la presa La Concepción.

Es una porción que ha estado sujeta a procesos erosivos y de lixiviación, de modo que sus suelos ofrecen acumulaciones de arcilla - iluviada y concreciones de óxido de hierro y sílice.

En las faldas de la sierra Las Palomas los mismos procesos se presentan intensificados, de modo que el predominio de luvisoles crómicos sobre los feozem lúvicos se hace patente (Lc + H1). En esta zona, debido a numerosas concreciones de óxido de hierro y sílice, se observan fases dúricas a una profundidad de 30 centímetros como promedio. El horizonte "A" ha sido decapitado por la erosión, y en aquellas porciones muy locales en las que aún se puede apreciar, se presenta con coloraciones pálidas y endurecimientos en seco. En la mayor parte de la unidad el horizonte "B" se encuentra en superficie, y suele reunir las características propias de un horizonte argilúvico, con coloraciones de café oscuro a rojo y saturaciones de base del 35 % o más, sobre todo en su parte más baja.

Otro grupo de asociaciones de feozem lo constituyen los feo -

zem háplicos (Hh), que son suelos que siguen una secuencia normal y simple en sus horizontes; tienen un horizonte "A" obscuro, con una estructura dura aterrada.

En pequeñas porciones a lo largo de estrechos valles fluviales aparecen asociados con andosoles húmicos (Hh + Th), presentando coloraciones muy oscuras y pequeños bloques subangulares en su estructura, que favorecen la retención de agua.

Por otra parte, en los alrededores de la presa La Concepción los feozem háplicos se han asociado a diversos tipos de suelo. Así, en terrenos de ladera, sumamente delgados, al sur de la presa, predomina la asociación de feozem háplico con luvisol crómico (Hh + Lc), mientras que en el este de la presa debido a un aceleramiento en los procesos iluviales predominan los luvisoles sobre los feozem (Lc + Hh). Ver mapa No. 4, adjunto.

La textura de este grupo de suelos es fina, formada por arcillas, arcillas limosas, arcillas arenosas, margas arcillosas y migajones limo-arcillosos con más del 35 % de arcillas.

En general, las pendientes del terreno donde se localizan estos suelos son suaves, con ligeras ondulaciones. Su espesor es variable y en algunas porciones presenta fase lítica, o sea que el lecho rocoso se encuentra entre 50 y 100 centímetros de profundidad.

Las márgenes oeste y noroeste de la presa La Concepción, así como sus alrededores se encuentran ocupados por feozems háplicos mezclados con suelos oscuros con alto contenido de arcillas clasificados

como vertisoles pélicos (Hh + Vp).

Estos suelos, debido al alto contenido de arcilla, muestran texturas pesadas y frecuentemente grietas profundas. Son suelos en constante movimiento, de consistencia pegajosa y estructura masiva en los que frecuentemente se produce un microrrelieve a base de pequeñas ondulaciones, del tipo " gilgai ". 20

20. Castillo, J. B. 1968. Apuntes sobre el curso de génesis y clasificación de suelos. Primer Seminario para profesores de suelos. IICA, Turrialba, Costa Rica.

2. 4 MODULO HIDROGRAFICO.

Dado que el agua, mediante el escurrimiento y la escorrentía concentrada, es el agente más importante de la erosión hídrica que degrada a la cuenca, y en forma secundaria coadyuvadora de otros numerosos procesos, se hace necesario efectuar una descripción hidrográfica de la zona, lo que, posteriormente, servirá de apoyo en el análisis geomorfológico.

La cuenca presenta una forma alargada, tendiente a la subcónica, cuyo eje mayor, orientado de norte a sur, corresponde al dren principal de la cuenca, y el eje subparalelo, de orientación sureste-noroeste, define la base del cono y el límite septentrional de la cuenca. Esta forma, aunada a las características pluviales de la zona, favorece un drenaje torrencial, con corrientes de poca extensión tendientes a ser paralelas entre sí.

En la divisoria de aguas con la cuenca del Alto Lerma, a 3 350 metros sobre el nivel del mar, nace la corriente principal que drena el área en estudio, con rumbo general de sur a norte.

El arroyo El Pescado, nombre con el que inicia su escurrimiento, nace en el cerro San Pablo, mejor conocido como La Bufa, por su apariencia geológica, en un punto que se localiza a 12 kilómetros al este-sureste del poblado de Santiago Yetche, en el Estado de México, que forma parte de la Sierra Catedral, estribación de las sierras de Monte Alto y Monte Bajo.

En esta porción sur la cuenca se caracteriza por presentar nu-

merosos escurrimientos con sensible orientación submeridional y casi rectilínea, mostrando un drenaje a base de corrientes paralelas que convergen en la depresión central de la cuenca, que permiten asegurar un control estructural resultante del intenso tectonismo de carácter tensional que afectó a esta porción, posiblemente durante el plioceno.

Hacia la porción central de la cuenca, una vez más, la hidrografía se ve influida por la tectónica. En esta porción, la corriente principal sufre un marcado control que se deduce del hecho de que, corriendo en un cauce rectilíneo norte - sur, sin aparentes motivos topográficos ni litológicos, cambia bruscamente su dirección hacia el noroeste, conservando esta orientación hasta verter sus aguas en la presa La Concepción.

Antes de llegar a su nivel de base recibe por la margen derecha numerosas aportaciones que descienden de la sierra Las Masas todas ellas conservando el patrón norte- sur.

El nivel de base de las corrientes de la cuenca es la presa - La Concepción, que se localiza a $19^{\circ} 46' 30''$ de latitud norte y $99^{\circ} 35' 15''$ de longitud oeste, la que, por tener finalidades reguladoras, carece de estación hidrológica.

Además de las aportaciones del arroyo El Pescado, principal corriente de la cuenca, la presa recibe por la margen izquierda escurrimientos de la sierra Las Palomas, tales como los arroyos Cachoncuac y los Ocotes Chinos, así como otros pequeños flujos de escasa importancia.

El control estructural en esta zona, nuevamente es definitivo en el comportamiento de la red fluvial, mostrando codos angulares rec-

tilíneos y cambios bruscos en sus direcciones.

Por la margen derecha llegan a la presa algunos escurrimientos de la sierra Las Masas, en los que su dirección rectilínea reafirma el reconocimiento del control estructural de las corrientes de la zona.

Toda vez que carecemos de datos relativos al funcionamiento de la presa y, en general, al funcionamiento hidrológico de la cuenca, con el fin de inferirlos se recurrió a las observaciones directas en el campo, en diferentes épocas del año y tomando indicadores naturales. Así, concluimos que:

La principal alimentación hidrológica de la zona es pluvial, dependiendo básicamente de la frecuencia e intensidad de las precipitaciones.

Sólo la corriente principal se presenta con caudal permanente durante todo el año, esto se debe al hecho de que en la zona de contacto litológico entre las andesitas y los depósitos volcánicos heterogéneos aparecen incipientes manantiales que coadyuvan al gasto permanente de la corriente. Por supuesto, el caudal entre los meses de estío y los lluviosos presenta notable diferencia.

Toda vez que la mayor parte de los escurrimientos se presenta con carácter intermitente, durante los meses de junio a septiembre puede apreciarse una actividad hidrológica intensa, mientras que de octubre a mayo se observan sólo ligeros hilos de agua eventuales, mismos que desaparecen, en su mayor parte, en los meses de noviembre a febre-

ro.

Durante la época de estiaje el volumen de escurrimientos baja considerablemente, por lo que durante los meses de noviembre a marzo - el embalse de la presa presenta su nivel mínimo de contención. De abril a julio, mes este último en el que se inicia la temporada de lluvias, - las aguas empiezan a subir paulatinamente, hasta alcanzar su máxima capacidad en los meses de agosto, septiembre, y ocasionalmente en octubre, época que coincide con el registro de la mayor altura de precipitaciones.

2.5 EL MODULO BIOTICO.

La capa vegetativa, como anteriormente quedó asentado, es de fundamental importancia para la adecuada organización ambiental de una zona. Sin embargo, es uno de los elementos que más fuertemente ha sido atacado por el hombre en su afán de desarrollo y expansión.

Los métodos de destrucción y perturbación de la vegetación han tenido variados alcances que van desde el desmonte, sobrepastoreo, tala desmedida e incendios, hasta modificaciones ecológicas definitivas que alteran el desarrollo de las comunidades bióticas, tales como la erosión, cambios de características del suelo, modificaciones del régimen hídrico, etc.

Con tales premisas, al analizar el actual estado vegetativo de la cuenca encontramos que, las planicies y zonas bajas de la misma, en general, se destinan a actividades agrícolas, practicándose principalmente agricultura de temporal, práctica que se extiende también a las laderas de algunas sierras, lo que favorece notablemente la acción de la erosión, de modo que es muy frecuente encontrar la zona de talud fuertemente denudada por la acción del embate hídrico (ver mapa No. 5, adjunto).

Cuando en terrenos con suelos bien desarrollados, como los fegzem lúvicos de las zonas bajas de la cuenca, se practica la agricultura, la degradación de los suelos presenta un problema que, atacado a tiempo, puede ser factible de solucionar. Sin embargo, cuando la práctica de la agricultura afecta terrenos con suelos débilmente desarrollados sobre cenizas volcánicas, como los andosoles, la denudación del suelo trae

consigo la presencia de fuertes procesos erosivos con una problemática difícilmente solucionable. °

Debido a la gran porosidad característica de estos suelos, la cual favorece la infiltración, la presencia de andosoles en la cuenca representa una fuente de abastecimiento de agua para los mantos freáticos. Por otra parte, la escasa compactación de sus materiales los hace fácilmente denudables. Por tales motivos, la cobertura vegetal que los protege representa un factor decisivo en su conservación y funcionamiento como recarga acuífera.

Infortunadamente, debido a que la mayor parte de la agricultura en la cuenca se lleva a cabo sobre este tipo de suelos, esta práctica tiende a desarrollarse con consecuencias nefastas.

Los elementos montañosos se encuentran principalmente recubiertos por áreas forestales que representan la vegetación nativa de la zona.

Los bosques de coníferas forman comunidades de 10 a 20 metros de alto. Se localizan en el flanco sudoccidental de la sierra de Las Masas, entre 2 800 y 3 000 metros sobre el nivel del mar, en pequeños núcleos aislados. Presentan buen estado de conservación, con un género predominante de Pinus.

Los bosques de encino, comunidades en las que domina el género Quercus, se localizan en la línea divisoria de las aguas de Monte de Peña, a una altitud aproximada de 2 850 metros sobre el nivel del mar. Presentan buen estado de conservación y comunidades de 4 a 14 metros de

altura.

En la mayor parte de las serranías y aparatos volcánicos de la zona se localizan amplias zonas de bosque de pino-encino, con diversas especies representativas y en proporciones variables. Estos bosques, - que se presentan entre los 2 700 a 2 950 metros sobre el nivel del mar, muestran un estado de semiperturbado, con posibilidades de regeneración, a francamente perturbado. Sólo una pequeña masa forestal de este tipo de bosques, localizada en el extremo sur de la cuenca, a más de 3 000 - metros sobre el nivel del mar, presenta un estado de conservación favorable.

Como el área forestal se encuentra sobre suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas, con espesores de 25 a 50 centímetros, la importancia de este elemento vegetativo, para la recarga de acuíferos e infiltraciones hipodérmicas, es primordial.

Es evidente, pues, la importancia de proteger la zona donde se genera este fenómeno, contra procesos erosivos. Al desaparecer la cubierta forestal, los suelos son erosionados, arrastrados y depositados por - el agua en las partes bajas, obturándose los conductos por donde circulan las aguas subterráneas y permeabilizando las superficies, o, bien, al desaparecer por completo la capa donde se realizan las infiltraciones, estas aguas se convierten en escurrimientos concentrados que pueden provocar la formación de cárcavas. Si este proceso erosivo no se detiene, el ciclo hidrológico se verá sensiblemente modificado, disminuirá el régimen de lluvias, aumentará el valor de la evapotranspiración y, por tanto, tenderá a disminuir el volumen de agua que actualmente se infiltra. De la conservación y restauración del estrato bióti



CENTRO DE INFORMACION
DE
POSGRADO

co dependerá la abundancia y permanencia del caudal de las aguas.

Sin embargo, con pena, se puede apreciar que el ataque antrópico sobre este importante elemento natural se realiza día a día en forma cada vez mas inmoderada; los individuos forestales muestran sangrías en número no menor de siete u ocho cortes por árbol, degradando considerablemente sus características vegetales. En numerosas ocasiones la deforestación se ha efectuado con el fin de dar lugar a nuevos terrenos de cultivo, lo que, al afectar terrenos con andosoles, provoca el desarrollo de procesos críticos irreversibles, con una problemática difícilmente solucionable. Un ejemplo patético se puede apreciar en la parte superior de la sierra Las Palomas, en donde se ha desarrollado una pequeña planicie intermontana en la que la deforestación ha alcanzado proporciones críticas; actualmente se practica una agricultura temporalera muy precaria, y gran sobrepastoreo, provocando ambos fuertes procesos erosivos y la ausencia casi total de la delgada capa de suelos.

Estas áreas afectadas por la deforestación han dado lugar, en el mejor de los casos, al desarrollo de pastizales, comunidades vegetales de zonas templadas subhúmedas que representan un elemento básico en la protección de las zonas afectadas, ya que se presentan en sitios con pendientes mayores al 10 %, sobre terrenos tobáceos fácilmente deleznable, o, bien, en la región de piedemonte con pendientes del 15 % y más.

Entre las especies que se presentan con mayor frecuencia en la zona, se encuentran: agrupaciones de navajita (Bouteloua gracilis), amacolladas, como (Heteropogon contortus) y zacate espiga negra (Hila-

ria cenchroides); gramíneas que anteriormente abarcaban pequeñas áreas planas y que actualmente ocupan amplias superficies de las lomas y valles.

Estos pastizales han estado sujetos a intenso sobrepastoreo, motivo por el cual, actualmente, estas tierras presentan diferentes procesos erosivos que han dado lugar a formas como "pie de vaca", y fuertes asentamientos.

En las laderas de la sierra septentrional las zonas de pastizales presentan acaravamientos críticos como consecuencia de la pérdida del estrato vegetal.

En las márgenes occidentales de la corriente principal de la cuenca se encuentran, entremezclados con el pastizal, pequeñas porciones de matorrales leguminosos del tipo inerme y subinerme, o sea matorrales cuya presencia es un reflejo de la gran perturbación que ha sufrido la vegetación nativa de la zona, con individuos índice tales como el hojaseñ (Flourenxia cernuda) y la opuntia sp.

Estas áreas pobladas con matorrales, pastizales y algunos relictos de vegetación nativa, se utilizan como praderas naturales, sumamente degradadas, que pueden considerarse como tierras desmontadas, con pendientes moderadas, en proceso acelerado de erosión, que requieren de atención inmediata.

3. SINOPSIS: EL SISTEMA GEOMORFOLOGICO.

Como anteriormente habíamos asentado, a través del estudio geomorfológico se proporciona el método más adecuado para comprender el medio natural en toda su compleja integración. De modo tal que la primera conclusión de las condiciones ambientales de una zona se engloban en el análisis de las unidades morfoestructurales de la región. Y, finalmente, a manera de corolario, por el análisis morfodinámico de la misma se puede obtener el marco cognocitivo de la realidad ambiental de la región.

3.1 EL SUBSISTEMA MORFOESTRUCTURAL *

La cuenca de captación de la presa La Concepción presenta una forma subcónica con orientación sur - noroeste, en la que la base se ubica al norte, con una longitud de 12 kilómetros, sobre un terreno montañoso. Se aprecia un eje subparalelo que alcanza una extensión de 6,25 kilómetros y un submeridional de 12,85 kilómetros. La parte más estrecha, de aproximadamente un kilómetro de ancho, se localiza en la porción sur de la cuenca, sobre un terreno francamente volcánico.

*

El análisis de las unidades morfoestructurales que se destacan en la zona en estudio, se realizó tomando, parcialmente, como base el análisis morfoestructural de la cuenca del río La Bufa, Estado de México, trabajo efectuado en 1977 por la autora, con el fin de optar al título de licenciatura en Geografía.

La observación de los elementos que afloran en la cuenca sugiere la influencia de fuerte tectonismo y vulcanismo en las diferentes etapas de su formación. Toda vez que la mayoría de los depósitos son de origen volcánico y que el relieve principal está representado por formas volcánicas individuales o por complejos integrados por la superposición de productos de varios volcanes, se deduce la existencia de numerosas fallas y fracturas que en su mayor parte se encuentran enmascaradas por la depositación simultánea de emanaciones volcánicas.

Como resultado de la acción conjunta de los procesos endógenos, antes mencionados, y de procesos exógenos tales como la denudación y la acumulación, en el área estudiada se significan tres tipos de unidades morfoestructurales:

Las tectovolcánicas, que deben su origen a la acción de procesos endógenos puestos de manifiesto por la tectónica y el vulcanismo. En la cuenca se encuentran presentados por cuatro bloques estructurales bien definidos: las estribaciones de la sierra de Monte Alto y Monte Bajo, la sierra Las Masas, el complejo La Peña y la sierra Las Palomas.

Las depresiones, cuya génesis se debe tanto a la acción de procesos tectónicos como a la acumulación. Este elemento se encuentra representado por una serie de pequeñas planicies escalonadas que se diferencian entre sí por sus características morfológicas.

Talud de piedemonte. Se encuentra representado por una serie de depósitos volcánicos en los que los movimientos tensionales han dejado marcada huella.

En conclusión, en la cuenca estudiada se encuentran las siguientes unidades:

UNIDADES MORFOESTRUCTURALES.

A. ELEMENTOS TECTOVOLCANICOS:

(Complejos volcánicos.)

a. Estribaciones de la sierra de Monte Alto y Monte Bajo.

b. Sistema de elevaciones septentrionales:

b₁ Sierra Las Masas.

b₂ Complejo La Peña.

b₃ Sierra Las Palomas.

B. TALUD DE PIEDEMONTE.

C. DEPRESION ACUMULATIVA.

a. Planicie de la Concepción.

b. Planicie Central.

(Véase mapa No. 6, adjunto).

A. ELEMENTOS TECTOVOLCANICOS.

Es una unidad representada por cuatro grupos de elevaciones

cuyas estructuras se deben a una serie de aparatos volcánicos agrupados en forma de unidades orográficas bien definidas. Tres de ellos, la sierra de Las Masas, el complejo La Peña y la sierra Las Palomas —muy semejantes entre sí en cuanto a sus contactos litológicos y morfología— constituidos por numerosos volcanes que, a su vez, dan origen a conjuntos volcánicos, conforman el sistema de elevaciones septentrionales. En tanto que la sierra de Monte Alto y Monte Bajo, que por sus rasgos morfológicos parece ser el elemento más antiguo de la cuenca, se evidencia como un elemento independiente en la región meridional de la misma. Genéticamente se trata de un relieve tectovolcánico—denudatorio en el que se significan simultáneamente la acción tectónica y la volcánica manifestada por emanaciones de lavas surgidas como consecuencia de las fracturas que a fines del plioceno y pleistoceno afectaron esta región, y cuya actividad prevalece aún en la actualidad.²¹

Complejos volcánicos:

a. Estribaciones de la sierra de Monte Alto y Monte Bajo.

El extremo sur de la cuenca queda comprendido por los umbrales de una sierra andesítica cuyas características morfológicas y grado de disección permiten concluir que se trata de una estructura que ha estado sujeta a tectonismo intenso, en su mayor parte tensional, que probablemente durante el pleistoceno medio provocó un sistema de fracturas diagonales submeridionales, seguido por un vulcanismo evidenciado por grandes emisiones de lavas y materiales piroclásticos, y, por último, una acción denudatoria que favoreció la presencia de depósitos

21. Mooser, F. 1961. Op. Cit.

gravitacionales.

Predomina un relieve montañoso, con vertientes suaves en general, orientadas hacia el norte, en el que la disección moderada de las corrientes, con sensible dirección norte - sur y franco paralelismo, - denota marcado control estructural.

b. Sistema de elevaciones septentrionales.

b₁. Sierra de Las Masas.

Hacia el norte de la cuenca se levantan las principales elevaciones de la zona. Se trata de una estructura formada por seis aparatos volcánicos correspondientes a dos bloques topográficos bien delimitados y separados entre sí por una anomalía tectónica.

El bloque septentrional ocupa la porción centro-norte de la cuenca y representa un complejo volcánico que es el principal elemento montañoso de ésta.

Contiguamente, hacia el sur, se levanta el segundo bloque, representado por un complejo de superposición de productos volcánicos entre los que destaca un sólo cono volcánico.

La unidad conjunta presenta dos flancos, uno de orientación sureste, con extensión de tres kilómetros y pendientes suaves, en el que las corrientes que cortan esta parte de la sierra tienen una decisiva dirección norte-sur; y el otro, de cinco kilómetros de longitud, de alineación rectilínea, con orientación hacia el occidente, y una red de drenaje paralela que desemboca perpendicularmente en la corriente

te principal, dando lugar a la formación de codos en ángulo recto que corroboran el franco control estructural de las corrientes por los aflamientos tensionales.

Las partes altas de las sierras están representadas por las cumbres de los aparatos volcánicos, con altitudes promedio de 3 000 metros sobre el nivel del mar, cuya tendencia a alinearse de sureste a noroeste sugiere la presencia de una fractura originaria de este conjunto volcánico. Paralelamente, hacia el sur, claramente se puede apreciar la presencia de una falla de igual orientación que secciona la unidad separándola, en apariencia topográfica, en los dos bloques antes descritos. Esta debilidad ha sido aprovechada por la corriente principal, para labrar su talweg.

b₂. Complejo La Peña.

Está representado por el volcán La Peña, cuyos derrames de lavas andesíticas y depósitos tobáceos constituyen un complejo volcánico del cual sólo una vertiente se incluye en el área en estudio. Dicha vertiente, con una extensión de escasos 1.5 kilómetros, se encuentra fuertemente disecada por corrientes paralelas y rectilíneas que siguen la misma dirección del flanco, noroeste-suroeste.

De acuerdo con los estudios anteriormente realizados,²² y las características litológicas y morfológicas de esta sierra, podemos concluir que se trata de un elemento de estribación de la sierra de Las Masas, descrita en el inciso anterior, que por razones topográficas

22. Quero Y. 1977. Op. cit.

ficas aparece separado de la unidad principal, semejando una estructura independiente.

b₃. Sierra Las Palomas.

Se levanta hacia el extremo noroccidental de la cuenca. Se presenta como una estructura resultante de los derrames andesíticos emanados de los volcanes La Pluma y De Enmedio, constituyendo una vertiente de orientación sudoriental y 1.5 kilómetros de extensión. Está disecada, en forma moderada, por corrientes rectilíneas de orientación igual a la vertiente.

Toda vez que estas tres últimas estructuras, la sierra Las Masas, el complejo La Peña y la sierra Las Palomas muestran características morfológicas semejantes; pendientes suaves, en general, que se agudizan en los aparatos volcánicos, definiéndose como estructuras independientes; composición litológica con base en derrames andesíticos - mio-pliocénicos; comportamientos tectónicos análogos evidenciados por corrientes casi rectilíneas y paralelas; alineación de volcanes y fallas noroeste - noreste; podemos concluir que se trata de macizos volcánicos dispuestos a manera de sierras, de origen simultáneo, que constituyen una sola unidad tectovolcánica que, por haber estado sujeta a fuertes movimientos tensionales, se vio separada en un conjunto de bloques.

B. TALUD DE PIEDEMONTE.

Se ubica en el extremo sur, al pie de la sierra de Monte Alto y Monte Bajo. Se extiende hacia la zona centro y norte de la cuenca, y tiene por límites: por el noreste, la depresión de La Concepción; por

el norte, la depresión central; por el este, la sierra Las Masas, abarcando una superficie con altitudes que van de los 2 700 a los 2 900 - metros sobre el nivel del mar.

Este tipo de relieve se presenta a manera de un piedemonte, - sobre elementos volcánicos heterogéneos, clásticos, que se acumulan en una superficie de erosión, sobre rocas más antiguas, a causa de la con dición climática de carácter semiárido que prevalecía durante el pleis to ceno.

Para poder determinar sus características genéticas es necesario recurrir al análisis de los acontecimientos geológicos que afectaron a la cuenca: durante el pleistoceno, sabemos que, por las fracturas típicas de este periodo, se produjo la emisión de nubes ardientes y materiales piroclásticos que se depositaron formando, probablemente, un talud transicional entre las sierras y las planicies, dando lugar a una zona de materiales volcánico- acumulativos. Un cambio repentino en las condiciones climáticas generó una fuerte denudación de dichos mate riales. La acumulación de clásticos y materiales poligénicos resultantes de la denudación mencionada dio como resultado un depósito caótico de materiales de acarreo, piroclastos, nubes ardientes y material brechoide, volcánico en general, que, a medida que se aproximan a las zonas bajas van disminuyendo hasta dar lugar a un franco predominio de material tobáceo.

Aquí los movimientos de tipo tensional se manifestaron dando paso a un sistema de fracturas profundas que se reflejan en la superfi cie por una topografía de pequeños lomeríos paralelos entre sí, con pequeños valles intermedios por los que corrientes de agua drenan en for

ma rectilínea, con una sensible dirección tendiente a la submeridional, disecándolos moderadamente.

C. DEPRESION ACUMULATIVA.

Se caracteriza por una serie de planicies escalonadas compuestas por potentes depósitos de piroclastos.

De acuerdo con sus características morfológicas y con su orientación estructural, se reconocen dos planicies principales: la planicie de la Concepción y la planicie central.

a. Planicie de La Concepción.

En la cuenca queda comprendido sólo el escalón meridional y - más alto de una vasta depresión acumulativa de forma rectangular, que se prolonga hacia el noreste.²³ Esta subdepresión se presenta como una planicie compuesta por potentes depósitos de piroclastos pumíticos en los que la actividad tectónica ha impreso una serie de características regionales.

De acuerdo con sus características tectónicas podemos dividir en dos partes a esta subregión: la porción sureste, que se caracteriza por la presencia de una falla activa de dirección noreste-suroeste, cuyo bloque elevado se localiza hacia el sur y delimita la depresión, en tanto que el hundido ha sido aprovechado como embalse de la presa - La Concepción. Evidentemente, por ser este graben el relieve más bajo de la cuenca, constituye el nivel de base de las corrientes. Toda vez que este rasgo es el más relevante, el nombre de la Concepción fue ge-

23. Quero Y. 1977. Op.cit.

neralizado a toda la depresión.

La porción noroeste muestra un patrón de fracturas orientadas de noroeste a sureste que rigen el comportamiento hidrológico del área. La topografía en esta porción es de ligeras ondulaciones redondeadas, paralelas, de alturas no mayores a 20 metros, separadas entre sí por arroyos que, aprovechando las líneas de debilidad, han labrado sus cauces. En ellas es posible observar una marcada incisión a manera de pequeños barrancos, lo que nos permite inferir un posible levantamiento de toda la unidad.

b. Planicie Central.

Se encuentra ubicada en la porción central de la cuenca, al pie de la sierra Las Masas. Se trata de una pequeña depresión formada por dos pisos separados por una falla.

La parte sur representa la parte más alta del escalón, con un promedio de 2740m de altitud. Es la porción más amplia y tiene la apariencia topográfica de un pequeño valle. Está surcado por numerosos arroyos cuyos cauces se entallan a las características tectónicas regidas por fracturas con tendencia sur-norte y suroeste-noreste. Sin embargo, la corriente principal de la cuenca, que la limita por el este, sufre un brusco cambio en la dirección de su cauce, de sur-norte a sureste-noroeste.

La zona de contacto entre el talud de piedemonte y esta subplanicie actúa a manera de zona de ruptura de pendiente, por lo que los depósitos aluviales en esta área se multiplican. Coincide con esta li -

nea una falla que delimita la zona.

La parte norte constituye la porción baja del escalón. Es una zona reducida, delimitada por edificios volcánicos cuya presencia, posiblemente, redujo su extensión inicial.

Tiene una altitud promedio de 2730 metros y un patrón estructural con fracturas de dirección noreste-suroeste, sureste-noroeste y norte-sur, que nuevamente se manifiestan principalmente a través de la red fluvial.

Toda la unidad se localiza sobre una zona acumulativa volcánica representada por tobas que, por haber sido afectadas por un tectonismo activo que propició el levantamiento diferencial, se disecaron en pisos estimulándose la denudación en diversos grados.

El análisis de las condiciones estructurales que privan en la cuenca brinda una base para poder establecer una serie de conclusiones sobre el patrón tectónico que rige a la zona, el comportamiento y condición de sus estructuras y, en general, sobre el funcionamiento de la cuenca misma.

De tal modo que podemos concluir que el tectovulcanismo es el factor de mayor importancia en la génesis y desarrollo de la cuenca; este factor, a pesar de su lentitud, ha conferido características peculiares al relieve, que se traducen en la presencia de un conjunto de bloques elevados bien definidos y claras depresiones; ambos elementos muy fracturados.

En la cuenca, de acuerdo con sus semejanzas geodinámicas, se

han podido reconocer dos sistemas de fallas y fracturas con características distintivas: un sistema de fracturas meridionales, con sensible dirección norte-sur, que sólo es posible reconocer en aquellos sitios donde los depósitos acumulativos posteriores no han cubierto la falla, o, bien, donde la red fluvial muestra un comportamiento francamente estructural. Este sistema de fracturas parece ser el más antiguo de la zona, pudiendo corresponder al que durante el neógeno originó la sierra de Las Cruces y sus estribaciones.

El segundo sistema característico, el diagonal, es el más significativo en la cuenca. Está integrado por dos grupos de fallas: las noreste-suroeste, que parecen ser el resultado de un periodo de fuerte tectonismo que afectó esta zona hacia el final del mioceno; tectonismo por el cual, consecuentemente, surgieron grandes emisiones de lavas y avalanchas ardientes enmascarando el relieve anterior.

Subsecuentemente se verificaron esfuerzos tectónicos horizontales que causaron la formación de fracturas tensionales, con dirección sureste-noroeste, ²⁴ que representan el segundo grupo de fallas diagonales. Estas anomalías tensionales facilitaron, a su vez, la emisión de lavas andesíticas, quedando, así, integrado el sistema de bloques de dirección sursureste-nornoroeste y las pequeñas fosas orientadas al noreste que caracterizan el principal relieve de la cuenca.

Por otro lado, podemos asegurar que toda la cuenca está afectada por un neotectonismo que se manifiesta por medio de un levantamiento actual y activo, aunque zonalmente diferencial, que estimula en di-

24. Mooser, F. 1975 "Historia geológica de la Cuenca de México". Memoria de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal. Tomo I. pp.7- 38. México.

versos grados el proceso denudatorio.

La red fluvial, por su disposición casi rectilínea y paralela indica un claro control estructural; así como su incidencia y grado de disección en las diversas vertientes corroboran el levantamiento diferencial de la cuenca.

Por último, la acumulación de depósitos aluviales en la zona transicional entre el talud de piedemonte y la parte más elevada de la depresión central, hace pensar en la posibilidad de un levantamiento activo y más intenso de esta porción de la cuenca.

3.2 EL SUBSISTEMA MORFODINAMICO.

3.2. 1. Morfogénesis.

A pesar de que no se determinaron edades absolutas para los diferentes tipos de relieve, podemos afirmar que se trata de una zona joven cuya génesis data del final del neógeno, edad correspondiente a las vertientes y divisorias de los macisos volcánicos; y principalmente del cuaternario, edad relativa a los depósitos de las planicies.

Con este criterio, los principales sistemas morfogénéticos - que caracterizan a la cuenca son:

A. Sistema tectovolcánico- denudatorio.

Este tipo de relieve corresponde a las estructuras principales de la cuenca, resultantes de una importante acción tectónica primaria seguida de vulcanismo y, finalmente, de una acción denudatoria.

Se trata de un conjunto de estructuras andesíticas mio-pliocénicas dispuestas a manera de sierras en las que destaca la sobreposición de volcanes. Presenta características morfológicas semejantes entre sí, predominio de relieve con pendientes suaves a medias, grado de disección moderada y un marcado control estructural de las corrientes hidrológicas que la disecan.

B. Sistema volcánico - denudatorio.

Al pie de las sierras de Monte Alto y Monte Bajo se extiende con dirección sur - norte, una serie de pequeños lomeríos paralelos en

tre sí, con pequeños valles intermedios que, en su conjunto dan apariencia semejante a un piedemonte. El origen de este elemento morfológico - se debe a acontecimientos geológicos que afectaron la región durante el pleistoceno. ²⁵

Durante esta época, por las fracturas típicas de este periodo, se produjo la emisión de nubes ardientes y materiales piroclásticos que se acumularon produciendo un material volcánico - acumulativo. Un brusco cambio de las condiciones atmosféricas generó fuerte denudación de dichos materiales así como la de los macizos volcánicos circundantes.

La unión caótica de los materiales volcánico - acumulativos y los clásticos y poligénicos dieron como resultado los depósitos actuales que caracterizan este sistema en el que se presenta un grado de disección moderada y pendientes suaves a medias, en la parte correspondiente a los lomeríos, y disección y pendientes muy suaves en la zona correspondiente a los valles intermedios.

C. Sistema acumulativo - volcánico - denudatorio.

Está representado por una zona de depresiones que se presentan a manera de planicies escalonadas compuestas por fuertes depósitos de piroclastos.

Dadas las características de estas planicies, podemos deducir que se trata de una antigua estructura que, probablemente durante el hológeno, se vio afectada, localmente, por movimientos tectónicos de levantamiento que la disecaron en dos pisos por los que se estimuló la

25. Kirk, B. 1948. Op. cit.

acción erosiva que observamos en la actualidad.

En general, las dos depresiones escalonadas presentan pendientes suaves, predominando las menores a 5 grados, en las que se puede apreciar una fuerte disección de las corrientes que la surcan; dichas corrientes, una vez más, presentan un marcado control estructural. Es esta unidad la que muestra mayores cicatrices de las afectaciones tectónicas a que ha estado sujeta la zona.

D. Sistema acumulativo - fluvial.

Este relieve, que representa las acumulaciones aluviales en el nivel de base de las corrientes, se localiza principalmente en dos zonas: en los alrededores de la presa La Concepción, con un espesor escaso y de poca coherencia, y en los umbrales de la planicie central, en la zona de ruptura de pendientes entre ésta y el talud de piedemonte, en donde se presenta como una potente acumulación fluvial de extensión variable de año a año, resultante del acarreo del arroyo El Pescado.

Ambos depósitos, debido a su escaso espesor y poca coherencia son fácilmente denudados, de modo que su composición, espesor y presencia son muy variables.

3. 2. 2. Procesos morfológicos actuales.

Con base en los conceptos definidos en las páginas anteriores, nos avocaremos ahora a precisar las diversas modalidades con que se presentan los procesos morfogenéticos, así como su distribución espacial en la cuenca.

En la región comprendida en la cuenca de captación de la presa La Concepción encontramos dos tipos de procesos morfogenéticos (A) a los que llamaremos naturales, unos dirigidos por acciones hídricas (a) y otros motivados por la gravedad (b). Ambos grupos constantemente tienen afectado su equilibrio funcional por procesos antropogénicos (B) y biógenos (C) y, por ello, se presenta una situación de variabilidad - continua en la intensidad de los procesos modeladores de las formas superficiales.

A. Procesos morfogenéticos:

a. Procesos hídricos.

Se presentan como resultado de la intervención conjunta, por un lado, de la acción agresiva del agua sobre la superficie y, por otro, del comportamiento del suelo, la litología y la vegetación ante el ataque de la misma.

Su modalidad más generalizada en la cuenca es la acción de la escorrentía en sus diversos tipos, * y representa uno de los agentes más importantes en el modelado de las vertientes. Se presenta con diversas intensidades dando lugar, asimismo, a variadas formas del terreno.

Para que la presencia de una escorrentía se efectúe es necesario que el agua de la precipitación no llegue a definirse como cauce, organizándose un movimiento del agua, a manera de una película que es-

* La clasificación de los tipos de escorrentía se hizo con base en los estudios realizados por Rubén López Recéndez en 1966. "El escurrimiento y su importancia geomorfológica". Manuscrito inédito.

curre desordenadamente sobre el terreno previamente impermeabilizado - por el efecto del impacto pluvial. De tal manera que la primera etapa la constituye la escorrentía areolar o pelicular que se presenta principalmente en zonas cubiertas por una vegetación forestal, en las que el impacto de las gotas de lluvia sellan los suelos, impermeabilizán - dolos y provocando un flujo pelicular que se desplaza lentamente hasta encontrar zonas más permeables. Este tipo de escorrentía tiene poca - eficacia en el modelado del relieve de la cuenca y sólo contribuye a - desagregar la superficie del suelo e impermeabilizar áreas cada vez más extensas, preparando así al terreno para posteriores embates hídricos. A pesar de que su área de acción, en general, es muy local, y debido a un constante cambio de sitio, es posible observar amplias zonas de las vertientes afectadas por este tipo de escorrentía (ver mapa No. 7 adjun - to.)

La segunda etapa, la escorrentía discontinua, se presenta de - bido a la persistencia del embate pluvial sobre las superficies previa - mente preparadas por la escorrentía areolar, aunada al efecto de la pen - diente. Estos dos aspectos favorecen el flujo del agua en pequeños hi - los que se esparcen a manera de pequeñas láminas que poco a poco desa - parecen por efectos de la infiltración y la evaporación, por lo que su acción es efímera y variante. Su eficacia en el modelado morfológico es un poco más significativa que la anterior, ya que se efectúa el trans - porte de materiales ligeros que, al desaparecer el hilo de agua, cons - tituyen pequeños depósitos que se dispersan.

Cuando los hilos de agua alcanzan cierta continuidad en su - flujo, se realiza la escorrentía difusa o tercera etapa de escorrentía.

Sin embargo, el paso de una etapa a la siguiente no se reali -

za en forma violenta, encontrándose escorrentías que por sus características no se clasifican dentro de la una ni de la otra; éste es el caso del flujo laminar realizado en condiciones de suficiente cantidad de precipitación como para realizar un importante transporte de material, que, por ser laminar, afecta sólo capas muy delgadas de la superficie. A este tipo se le ha clasificado como escorrentía difusa moderada, con el fin de diferenciarla de la escorrentía difusa fuerte que tiene condiciones más características.

En este caso los hilos de agua aunque poco débiles, llevan el suficiente gasto para no desaparecer; por lo que deben conjuntarse, por un lado, precipitaciones intensas y, por otra parte, una infiltración débil, todo ello aunado a la influencia de una pendiente considerable que permita un rápido flujo.

En cuanto a su importancia en el proceso de modelado, el transporte sigue efectuándose sobre materiales muy pequeños y superficiales, pero debido a que su poder de alcance es mayor afecta áreas más extensas.

En ambos casos debido a la abundancia de los hilos de agua, se provoca una escorrentía continua que sólo se adapta a las condiciones topográficas sin tener poder de incisión en los suelos, y es por esta adaptación que se puede apreciar una concentración de las pequeñas corrientes, con anastomosis.

Cuarta etapa, la escorrentía concentrada. Cuando las condiciones de pendiente se acentúan, así como la impermeabilidad del suelo, y especialmente cuando la precipitación se intensifica o perdura por un

largo lapso de tiempo, ²⁶ se verifica un tipo de arroyada con un gasto de agua suficientemente abundante y capaz de incidir el terreno hasta lograr la presencia de un baden que año con año será aprovechado por las aguas, incidiéndose cada vez más hasta lograr la presencia de un talweg elemental y, con ello, la iniciación de una red hidrográfica.

La acción de este tipo de escorrentía puede fomentar la creación de varias formas de modelado; en la cuenca se identifican alveolos de escorrentía, suelos leprosos y cárcavas.

Los alveolos ²⁷ se forman por la injerencia de un flujo hipodérmico y la acción de la escorrentía. El primero socava y tunela el terreno provocando un desprendimiento seguido por un asentamiento; el material alojado es posteriormente transportado y depositado por la escorrentía quedando, así, primero un desprendimiento en forma de circo, seguido por una porción sentada, un talweg y, finalmente, una acumulación.

Cuando el agua de la arroyada no fluye uniformemente por toda la superficie, sino a manera de corrientes entremezcladas, los suelos se van horadando con pequeñas incisiones a manera de regueras que recibe el nombre de badenes. El conjunto de badenes en un área localizada trae como consecuencia la integración de un suelo estriado.

26. Cervantes, J. 1974 "Importancia de la escorrentía en la erosión del suelo". VII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Gto., México.

27. Dropeza, O. 1976. Análisis de los procesos geomorfológicos en la cuenca alta del río Tepeji, Hgo. Tesis profesional. Colegio de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. - UNAM. México.

Cuando el agua de escorrentía incide sobre una determinada superficie cortándola rápidamente en profundos y estrechos barrancos, se origina una cárcava.

Una vez que aparecen las cárcavas éstas pueden seguir evolucionando según las condiciones que ofrezcan las superficies sobre las que se desarrollan; bien pueden frenar su desarrollo e incluso obliterarse por la acción de la vegetación, de deslizamientos, etc. o, bien, pueden evolucionar en una red de surcos paralelos ramificados, con fuertes retrocesos de las cabeceras, hasta formar bad lands.

Escurrimientos superficiales.

El umbral entre la escorrentía y el escurrimiento es la formación de un talweg elemental a partir del cual la escorrentía deja de ser considerada como tal y pasa a ser clasificada como parte del escurrimiento o flujo encauzado que, al irse entrelazando, da lugar a la formación de la red fluvial.

El poder erosivo de estas corrientes, así como las formas resultantes de su acción, están sujetos a numerosos factores tales como el clima, la estructura, la litología, los suelos y la vegetación.

De todos ellos, el clima es el factor determinante del régimen hidrológico; con base en éste las corrientes pueden ser clasificadas como perennes, de régimen constante; y estacionales, cuyo régimen es intermitente. En la cuenca sólo el río principal, El Pescado, presenta un régimen perenne debido a que recibe alimentaciones hipodérmicas y de manantiales que afloran al pie de las vertientes de las sierras de Mon-

te Alto y Monte Bajo, y de la sierra de Las Masas. El resto de la red fluvial es estacional y con características torrenciales.

El factor estructural, como se asentó tanto en la explicación hidrográfica correspondiente, como en el estudio geomorfológico estructural, representa un control decisivo para la distribución y comportamiento de la red hidrológica; las corrientes, en general, describen cursos rectos y paralelos, formando ángulos rectos en sus confluencias.

La litología determina muchas de las características del avenamiento, ya que de la naturaleza de la roca y su resistencia a los embates hídricos depende el tipo de lecho, la anchura del cauce, socavación de márgenes, etc. En general, en la cuenca las corrientes que surcan las zonas de las sierras, con materiales litológicos coherentes, tienen un fondo fijo y presentan irregularidades en sus pendientes longitudinales, que se traducen en pequeños rápidos, mientras que al entrar a la zona de depósitos volcánicos heterogéneos cambian su tipo de fondo a móvil y se adaptan a las condiciones del escurrimiento.

En términos generales, el escurrimiento de la cuenca tiende al encajonamiento, lo que trae como consecuencia mayor torrencialidad y potencia de arrastre, que aunados a las condiciones climáticas, litológicas, y al carácter neotectónico que priva en la zona, motivan la formación de valles en "V", lechos encajonados y valles con rebordes de terraza con alturas hasta de cinco metros.

Escurremientos subsuperficiales.

Representan el agua de infiltración que, debido a las condi -

ciones del suelo, se ve obligada a fluir a escasa profundidad, aflorando en las irregularidades del terreno y al pie de las vertientes, a manera de ojos de agua o manantiales.

La presencia de este fenómeno, muy generalizado en la cuenca, provoca una disminución en la escorrentía y asegura, por otro lado, la persistencia de la corriente principal. Y toda vez que por medio de la infiltración se realiza una lixiviación de las partículas finas del suelo, hacia las partes inferiores, se ocasionan oquedades subterráneas que posteriormente por razones gravitacionales motivarán pequeños asentamientos y deslizamientos del terreno dando lugar a formas escalonadas. Por este fenómeno, llamado sufosión, que acelera el desprendimiento irregular del suelo en forma selectiva, por paquetes, se originan los llamados suelos leprosos, cuya génesis responde a la acción conjunta hídrica y gravitacional.

b. Procesos gravitacionales.

En este grupo, como su nombre lo indica, el agente principal que origina el avance de los materiales es la gravedad.

En la cuenca, además del fenómeno de sufosión recientemente descrito, apreciamos deslizamientos que constituyen un proceso denudatorio muy importante en la zona.

B. Procesos antrópicos:

Una vez conocidas las modalidades de la dinámica natural, mediante el análisis de los sistemas morfogénéticos y los procesos que se asocian para dar lugar a dichos sistemas, se hace necesario comprender

los mecanismos de degradación antrópica.

Toda vez que el hombre al hacer uso de su medio ocasiona modificaciones en las condiciones naturales de éste, ya sea modificando el relieve de las superficies, remodelando en forma decisiva, o bien alterando en diversos grados la eficiencia de ciertos procesos, su influencia en el desarrollo de los sistemas morfogénéticos se manifiesta en forma radical.

La forma más generalizada de degradación antrópica actúa principalmente por la transformación de las superficies boscosas y zonas arbustivas, tierras de cultivo y pastoreo; pero también por la sobrecarga pastoral y el inadecuado trazo de caminos. El resultado de estas acciones es una intensificación de los procesos erosivos que actúan a través de las escorrentías y el escurrimiento, y el favorecimiento de las condiciones para que se efectúen deslizamientos masivos del terreno.

C. Procesos biógenos:

En este grupo se incluyen los procesos originados por la actividad de animales. Esta manifestación está principalmente representada por el pie de vaca, forma que se ha denominado así por ser atribuida a la acción de las pisadas del ganado que transita las vertientes perpendicularmente a las líneas de máxima pendiente, que provocan un modelado a base de pequeños asentamientos a manera de peldaños, con una cobertura vegetal discontinua. Generalmente son el reflejo del sobrepastoreo a que se ha visto sujeto el terreno.

4. CONCLUSIONES.

4.1 REGIONALIZACION.

Con base en los resultados obtenidos en lo que podría denominarse una primera aproximación sintética de los subsistemas morfoestructural y morfodinámico, que resumen todos los módulos estudiados, se pudieron identificar tres regiones diferentes entre sí, pero con características propias cada una, equivalentes a lo que la escuela rusa denomina geosistemas, si bien el camino para llegar a definirlos es muy diferente al método que aquí se ha expuesto. En tal virtud, congruentes con la sinopsis elaborada a través de los subsistemas ya expresados, hemos querido mantener el criterio "morfodinámico" puesto que es la esencia de cómo es, cómo funciona y cómo reacciona el medio natural en un momento dado y, por tanto, la regionalización se divide en:

- a. Regiones morfodinámicamente estables o equilibradas.
- b. Regiones morfodinámicamente de transición.
- c. Regiones morfodinámicamente inestables.

4. 1. 1. Regiones morfodinámicamente estables o equilibradas. La noción de estabilidad se aplica principalmente al modelado que evoluciona lentamente y de manera difícilmente perceptible. De modo que la peculiaridad principal de estos medios es la constancia en su evolución, la permanencia en el tiempo con que actúan los procesos geomorfológicos.

Cabe observar, sin embargo, que a falta de mediciones, difícilmente realizables, e indicadores que pueden poner en evidencia estas al

teraciones y que conduzcan a resultados claramente interpretables, nos limitaremos a observaciones meramente deductivas y analógicas.

En la cuenca objeto de este estudio, las áreas que reúnen las características suficientes para ser consideradas morfodinámicamente estables son: la región de los parteaguas, en las sierras de Monte Alto y Monte Bajo, y en la sierra de Las Masas; pequeñas porciones aisladas de la región del piedemonte, correspondientes a las partes altas - de los lomeríos que la integran; y, en el extremo norte de la cuenca, la porción media - alta de la sierra Las Palomas (ver mapa No. 8, adjunto).

La condición de estos medios morfodinámicamente estables, en la cuenca se caracteriza por:

a) Una cubierta vegetal convenientemente conservada y de densidad considerable como para poner freno al desencadenamiento de los procesos de la morfogénesis. De modo tal que el principio de conservación de estos medios queda implícito en la preservación de la cubierta vegetal nativa, bosques de Quercus, lo suficientemente densa o, bien, en su caso, por el mantenimiento de una cubierta inducida, pastizales o cultivos adecuados, o ambos, que mantenga los efectos equivalentes a los de la cubierta natural.

b) Los suelos, representados por el grupo de andosoles, se han formado a partir de materiales piroclásticos volcánicos, básicamente arenas y cenizas volcánicas ricas en vidrio; presentan profundidades variables y permiten una permeabilidad que va de buena a moderada, favoreciendo la infiltración de aguas y, con ello, la recarga de acuíferos, además

de evitar el desarrollo de los procesos de la morfogénesis.

c) En estas porciones de la cuenca el factor litológico juega un papel importante en la evolución de las vertientes, al compensar los efectos de la tectónica en relación con la incisión hídrica. En efecto, a pesar de que, como quedó previamente asentado, la tectónica en la cuenca representa un factor activo que provoca la incisión de las corrientes en las vertientes, en estas zonas geodinámicamente estables queda amortiguado su efecto por la presencia, por una parte, de un sustrato litológico andesítico resistente, y, por otra, por la casi uniforme cobertura vegetal.

d) Por otro lado, tenemos la intervención moderada de la acción hídrica que se manifiesta por una desagregación pelicular del suelo, mediante la escorrentía areolar, y la decapitación laminar evidenciada por la remoción de delgadas láminas, separadas, disgregadas y transportadas por una escorrentía difusa moderada. Pero, como ya quedó expresado, esta acción se realiza afectando áreas muy pequeñas, con carácter local, en forma moderada, y sobre la película superficial del terreno.

Todas estas características permiten afirmar que en estos medios se genera una erosión superficial que se presenta en forma heterogénea sobre el terreno, atersando las superficies; dada su eficacia en el modelado se clasifica como una erosión de ligera a moderada (E_1 a E_2).²⁸

Debido a la inaccesibilidad de la zona, por su situación topo-

28. Cervantes, J. 1974. Op. cit.

gráfica la influencia antrópica aún no ha adquirido alcances importantes sobre el funcionamiento natural de estos medios. Sin embargo, aunque el uso de estas microrregiones no es exhaustivo, sí empieza a notarse la existencia de presión sobre ellas, manifestada por la explotación clandestina de maderas, sangrías innumerables en el estrato arbóreo, con la consecuente degradación vegetativa, así como la penetración agrícola y pastoril en algunas porciones, prácticas que, obviamente, amenazan el incipiente equilibrio funcional de estos medios.

4. 1. 2. Regiones morfodinámicamente de transición.

Como su nombre lo sugiere, estos medios aseguran el paso gradual entre las regiones equilibradas y los medios inestables. Surgen como resultado de la alteración geodinámica realizada principalmente a través de las actividades antrópico - biógenas, motivando una perturbación vegetativa que, a su vez, desencadena las modalidades de los procesos morfológicos que afectan únicamente la superficie del suelo y que, por tanto, tienen influencia sobre el balance pedogenético - morfogenético; de modo tal que la característica principal de estos medios es la interferencia permanente entre la morfogénesis y la edafogénesis, la cual se ejerce, concurrentemente, sobre un mismo espacio.

En la cuenca en estudio estos medios se ubican a lo largo de la región de piedemonte, al pie de las estructuras tectovolcánicas septentrionales y en amplias zonas de las depresiones Central y de La Concepción (ver mapa No. 8). Es un tipo de medio ampliamente difundido en la zona, lo que nos permite afirmar que la cuenca presenta vastas zonas alteradas que, de no ser adecuadamente protegidas y favorablemente utilizadas, están en inminencia de convertirse en medios fuertemente ines-

tables.

En suma, podemos concluir que se trata de medios que, en la cuenca, tienen las siguientes características:

- a) La vegetación presenta fuertes perturbaciones producidas por el ataque antrópico; éstas son las áreas afectadas por el desmonte, la transformación de áreas forestales a terrenos agrícolas, y la sobrecarga pastoril.
- b) Como resultado de la degradación vegetativa, recién mencionada, el embate diluvial se ha favorecido propiciando una alteración pedogénica, y puede decirse que los feozem y andosoles que se desarrollan en la zona sufren una ablación lenta, pero crónica, de su parte superior, mientras continúa su desarrollo en profundidad.
- c) El material litológico que subyace en la zona está representado por depósitos volcánicos heterogéneos, de composición brechoide y tobácea, que se presentan como materiales fácilmente deleznable; de modo tal que la actividad neotectónica encuentra un medio favorable en el que su influencia se manifiesta notablemente sobre las superficies, actuando la incisión de incipientes surcos que evolucionan a lo largo de las vertientes, en los que la erosión diluvial adquiere mayor eficacia. Asimismo, los obstáculos ofrecidos por las irregularidades microtopográficas hacen que las láminas de agua, en su choque con ellos, formen remolinos que socavan sus bases favoreciendo el desarrollo de talwegs que también son controlados por la tectónica.
- d) Efectivamente, los flujos hídricos que surcan las vertientes de estos medios están representados por talwegs fuertemente incididos en

las superficies y muestran un decisivo control estructural en su desarrollo que se manifiesta por corrientes rectilíneas, codos angulares rectos y marcado paralelismo.

Por todas las características precedentes podemos afirmar - que, debido a la particular sensibilidad que estos medios presentan ante las influencias que los modifican, se ha propiciado una gran variedad en las modalidades de sus procesos morfogenéticos.

En este tipo de medios la escorrentía adquiere capacidad de - trabajo, socavando y removiendo las superficies. La erosión diluvial, evidenciada por la escorrentía difusa fuerte y la escorrentía concen - trada, se presenta como resultado de lluvias violentas y persistentes, tales como las de convección y las frontales que frecuentemente se pre - sentan en la cuenca; de suerte que la ineficiencia de la mediocre pan - talla vegetal que recubre las superficies propicia una intensa lacera - ción del suelo, que se ha jerarquerizado como erosión fuerte (E_3).²⁹

Por otro lado, cuando la inestabilidad geodinámica se acre - ciente se refleja en la aparición de numerosos procesos morfológicos resultantes de la combinación de la acción de las escorrentías y de la gravedad. Así, aparecen áreas afectadas por sufosión, alveolos de esco - rrentía, etc.

4. 1. 3. Regiones morfodinámicamente inestables.

Son regiones en las que la morfogénesis es el elemento predo - minante en la dinámica natural, y constituye un factor determinante del

29. Cervantes, J. 1974. Op. cit.

sistema natural al que se subordinan los otros.

Toda vez que las modalidades morfodinámicas son variadas, - ofrecen la posibilidad de subdividir estos medios. En la zona en estudio encontramos dos etapas de inestabilidad geodinámica:

Zonas altamente perturbadas. Se localizan en amplias zonas de la vertiente sudoriental de la sierra Las Palomas, al pie de Monte de Peña, en la parte central del parteaguas occidental de la cuenca, así como en la mayor parte de las áreas ocupadas por la depresión Central y de La Concepción (ver mapa No. 8, adjunto). Aquí las condiciones geodinámicas muestran franca inestabilidad, pero con posibilidades de regeneración o adaptación.

Tal condición puede tener diferentes orígenes susceptibles de combinarse entre sí; así tenemos:

Una fuerte influencia tectónica que dirige los procesos gravitacionales y en las áreas de levantamiento favorece la incisión de los escorrimientos hídricos.

Dichos flujos hídricos muestran un efectivo control estructural y favorecen el acrecentamiento de las vertientes.

Por supuesto, en estos modelos de disección los efectos de la tectónica se combinan con los de la litología que, por estar integrada por materiales tobáceos, presentan una resistencia nula.

Por otra parte, la cobertura vegetal interviene no sólo como protección intrínseca sino, también, como moduladora de la intensidad de las escorrentías; dependiendo de que sus características morfológicas -

cas, de su estructura vegetativa, etc., la influencia que ejerza. Sin embargo, es en estas zonas donde se muestra la mayor perturbación vegetativa, de manera que las manifestaciones meteorológicas extremas no encuentran ningún impedimento para lacerar fuertemente los suelos.

La degradación antrópica se añade a los efectos naturales antes expresados, y es particularmente eficaz debido a que son zonas que por largo tiempo han estado sujetas al ataque humano, por prácticas intensas de actividades agrícolas inadecuadas, fuerte sobrepastoreo, construcciones inadecuadas de caminos, canales de riego mal dirigidos, etc.

Por lo que a la morfogénesis se refiere, en este primer caso de inestabilidad geodinámica el grado de erosividad que se presenta es muy fuerte (E_4).³⁰ Son zonas en las que se reportan movimientos de masa puestos de manifiesto por fenómenos de sufosión, asentamientos diferenciales en paquete, suelos estriados, etc.

El segundo caso, las zonas fuertemente alteradas se presentan como una acción que lesiona profundamente las superficies, decapitando totalmente el suelo y parte del subsuelo. Son zonas con un alto grado de inestabilidad geodinámica en las que la perturbación biótica ha sido total, el material litológico ha sido radicalmente alterado por la acción hídrica torrencial y el subsuelo ha desaparecido en su totalidad.

En estas zonas la acción erosiva de la escorrentía y el escu rrimiento concentrado, aunados al levantamiento activo del terreno, han

30. Cervantes, J. 1974 Op. cit.

lacerado las superficies en su totalidad, o casi íntegramente, con un grado de erosividad que se jerarquiza como total (E₅).³¹

Obviamente, en estos casos la degradación antrópica propicia una brusca activación morfodinámica que conduce a la destrucción rápida de los suelos preexistentes, dando como resultado modelos con acarcamamiento del tipo "bad lands", suelos leprosos, etc.

En la cuenca encontramos estos medios extremos en la vertiente de la sierra Las Palomas, y a lo largo de una extensa franja en la vertiente occidental del río principal, sobre el lomerío donde se ubica el poblado de La Concepción (ver mapa No. 8, adjunto).

31. Cervantes, J. 1974. Op. cit.

4. 2 COROLARIO

Para el conocimiento de la organización ambiental es necesario el análisis temático de cada uno de los elementos del medio natural, desde el punto de vista de la integración de cada uno de ellos con la estructura natural, lo que facilita el desarrollo de las investigaciones interdisciplinarias indispensables para alcanzar objetivos prácticos, permitiendo adaptar diversos métodos comunes a las diferentes ramas del estudio de la naturaleza y, así, obtener beneficios metodológicos.

Este método se diferencia claramente de los estudios tradicionales, ya que, al partir de una investigación del medio físico y sus aptitudes naturales, la regionalización se delinea por sí misma a través de cada una de las etapas de estudio, de modo tal que la sinopsis es producto de una racionalidad natural en la que la subjetividad no interviene. Es decir, el método propuesto es eminentemente objetivo.

La regionalización morfodinámica permite mediante la delimitación de las relaciones causa - efecto, entre los distintos elementos y su entorno, la definición de lo que la escuela rusa llama geosistemas y, por tanto, se puede razonar en términos de balances y calidades obtenidos por las características y propiedades de cada uno de los elementos naturales, evitando parcialmente las deficiencias que, por la carencia de observaciones cuantitativas, se presentan en cualquier metodología teórica - práctica.

El conocimiento de las estructuras naturales a través de la regionalización morfodinámica, permite apreciar las aptitudes y las limitantes del empleo del medio, de modo que se puedan prever las modifi-

caciones por las que deba optar determinado tipo de acondicionamiento.

Tras evaluar los resultados obtenidos mediante este proceso - metodológico que, en general, responde favorablemente a las demandas de investigación, nos hemos percatado de la necesidad de crear una visión de conjunto así entre los sistemas del medio natural como entre - los sistemas socioeconómicos.

Sólo en función de estos nexos de interdependencia se podrán - integrar programas de acondicionamiento, y políticas válidas que coadyu - ven al desarrollo regional.

5. BIBLIOGRAFIA.

1. Adejuwon, A. 1975. Guidelines for Organization of Environmental Studies Programs for Universities in Developing Countries. Pennsylvania State University, University Park. U.S.A.
2. Arellano, A.R.V. 1953 "Estratigrafía de la cuenca del Valle de México". Memoria del Congreso Científico. Vol. 3, México.
3. Aylesworth, T.G. 1974. La Crisis del Ambiente. Colección - Popular Núm. 125. F.C.E. México.
4. Beltrán, E. 1958. El Hombre y su Medio Ambiente. La Destrucción del Equilibrio Ecológico en el Valle de México. F.C.E. México.
5. Bryan, K. 1968 "Los suelos complejos y fósiles de la Altiplanicie de México en relación con los cambios climáticos". Bol. Soc. - Geol. Mexicana. Tomo XIII. México.
6. Castillo, J. 1968. Apuntes sobre el curso de génesis y clasificación de suelos. Primer Seminario para profesores de suelos. IICA. Turrialba, Costa Rica.
7. Cervantes, J. 1974 Importancia de la escorrentía en la erosión del suelo. VII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Gto., - México.
8. Cesarman, F. 1972. Ecocidio: La Destrucción del Medio Ambiente. Cuadernos Joaquín Mortiz, México.
9. Corbel, J. 1959. Velocidad de la erosión. Zeitschr für Geomorph. Alemania.

10. Crosby, T. 1973. How to play environment game. A Pingium Special. England.
11. Cruz, C.R. 1969. Contribución al conocimiento de la ecología de los pastizales en el Valle de México. Tesis profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN. México.
12. Chorley, R. y Kennedy, B. 1971. Physical Geography, a systems approach. London, Prentice Hall Intern. England.
13. Derruau, M. 1966 Geomorfología. Ediciones Ariel, S.A. - Barcelona, España.
14. Dual, R. 1968. Definitions of soil units for the soil map of the world. FAO . Rome.
15. FAO, Departamento de suelos / UNESCO. 1971 Definición de las unidades de suelos para el mapa de suelos del mundo. Guía para la descripción de perfiles con base en la clasificación FAO / UNESCO. Roma.
16. Fries, C. 1964. "Geología del Estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México". Instituto de Geología. Boletín No. 60. México.
17. Gasca, A. y Reyes M. 1977. La cuenca lacustre pliopleistocénica de Tula - Zumpango. Departamento de prehistoria. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México.
18. García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana.) Talleres Offset-Larios, S.A. México.

19. George, P. 1972. El medio ambiente. Colección ¿ Qué sé ? No. 75. Editorial Oikos - Tau. Barcelona, España.
20. López R, R. et al. 1974, El medio natural como marco del desarrollo urbano. Centro de Actualización del Conocimiento. División de Estudios Superiores. Escuela Nacional de Arquitectura. UNAM. México.
21. Márquez, E. 1973. El Medio Ambiente. Colección Archivo del Fondo. Núm. 4. F.C.E. México.
22. McHarg, I. 1971. Design with nature. American Museum of Natural History. Doubleday/ Natural History Press. Doubleday & Co. Inc. - Garden city, New York, U.S.A.
23. Menard, H.W. 1961. "Some rates of regional erosion", Journal of Geology.
24. Meza, M. 1976. Interpretación de los elementos climáticos en la evolución morfológica de la cuenca baja del río Tepeji, Hgo. Tesis - profesional. Colegio de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.
25. Millar, C.E., Turk, L.M. y Foth, H.D. 1961. Fundamentos de la ciencia del suelo. Compañía Editorial Continental. México.
26. Miranda, F. y Hernández, X.E. 1963. "Los tipos de vegetación en México y su clasificación". Boletín de la Sociedad Botánica de México.
27. Mooser, F. 1961. Informe sobre la geología de la Cuenca del Valle de México y zonas colindantes. S.R.H. Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.

28. Mooser, F. 1975. "Historia geológica de la Cuenca de México". Memoria de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal. Tomo I. pp.7-38 México.

29. Dropeza, D. 1976. Análisis de los procesos geomorfológicos en la cuenca alta del río Tepeji, Hgo. Tesis profesional. Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México.

30. Dropeza, D. 1979. "Dinámica fluvial de la cuenca alta - del río Tepeji". Boletín Núm. 9. Instituto de Geografía, UNAM. México.

31. Quero, Y. 1977. Geomorfología de la Cuenca del Río La Bufo, Estado de México (un enfoque morfoestructural). Tesis profesional. Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México.

32. Quevedo de León, A. 1970. "El conglomerado Texcoco y el posible origen de la cuenca de México" Revista del Instituto Mexicano del Petroleo. Vol. II. Núm. 3. Julio. México.

33. Sachs, I. 1974. "Ambiente y estilos de desarrollo" Revista del Banco de Comercio Exterior. Vol. XXIV. Núm. 4. Abril. México.

34. Sánchez, C.P. 1935. Geografía del Eje Volcánico, cordillera que atraviesa la República Mexicana de E. a W. sensiblemente sobre el paralelo 19°. Inst. Panamericano de Geografía e Historia. - Publ. 11. México.

35. Secretaría de Salubridad y Asistencia. 1972. Cuadernos de Mejoramiento del Ambiente. Año 1. Núm. 2. Septiembre. México.

36. Secretaría de Salubridad y Asistencia. Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. 1973. Memoria de la 2a. Reunión Nacional sobre Problemas de la Contaminación Ambiental. Tomo I y II. México.

37. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Dirección General de Estudios. Dirección de Hidrología. 1971. "Cuenca del Río Tula". Boletín Hidrológico No. 45. Región Hidrológica. No. 26. Tomo I y II. México.

38. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Dirección General de Estudios. Dirección de Agrología. 1970. Metodología para el informe de un estudio agrológico detallado. Publ. No. 2. México.

39. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Dirección General de Estudios. Dirección de Agrología. 1972. Metodología para el informe de un estudio agrológico detallado. Publ. No. 3. México.

40. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Dirección de Agrología. Dirección General de Estudios. 1972. Metodología para el informe de un estudio agrológico semidetallado. Publ. No. 4. México.

41. Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. 1952. "Zonas de Vegetación en México". Boletín, Volumen 73. Números 31 - 33. México.

42. Tarlet, J. 1977 "Medio natural y manejo o acondicionamiento. Los métodos de planificación ecológica." Annales de Géographie, Bull. 474. Société de Géographie. Centre National de Recherche Scientifique. France.

43. Tricart, J. 1966. "Approche méthodologique: géomorphologie et pédologie." Science du sol. France.

44. Tricart, J. 1968. Aspects métologiques de études de re - sources pour le développement. Mélanges O. Tulippe, Duculot, Gembloux. France.

45. Tricart, J. 1973. "La geomorfología en los estudios integrados de manejo del medio natural". Annales de Géographie. Juillet - août. Edit. Armand Colin, Paris. France.

46. Viers, G. 1974. Geomorfología. Ediciones Oikos-Tau, S.A. Barcelona, España.

47. Vivas, L. 1966. "Metodos de Investigación hidrogeomorfológica aplicados en el estudio de una cuenca hidrográfica". Revista de Geografía. Vol. VIII. Nos. 16 - 17. Enero- Diciembre. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

6. FUENTES CARTOGRAFICAS.

1. Comité de la Carta Geológica de México. Carta Geológica de la República Mexicana. Escala 1: 2 000 000. México, 1968.
2. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. Secretaría de la Presidencia. Carta Topográfica Villa del Carbón; E - 14 - A - 28. Escala 1: 50 000. México. 1973.
3. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. Secretaría de la Presidencia. Carta Topográfica Tepeji del Río; E - 14 - A - 18. Escala 1: 50 000. México, 1974.
4. Comisión de Estudios del Territorio Nacional, Secretaría de la Presidencia- Instituto de Geografía, UNAM . Carta de Climas; México 14Q - V. Escala 1: 500 000. México, 1970.