

SXS 665053



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFIA

DIAGNOSTICO INICIAL PARA LA  
CONSERVACION DE LOS RECURSOS  
FORESTALES EN EL AREA DEL  
COMPLEJO HIDROELECTRICO DE  
NECAXA, PUE.



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA



Instituto de Geografía

T E S I S

PARA OPTAR POR EL TITULO DE  
LICENCIADO EN GEOGRAFIA  
P R E S E N T A  
CARLO ALEJANDRO D'LUNA FUENTES



BIBLIOTECA

INSTITUTO DE  
GEOGRAFIA  
U N A M

MEXICO, D. F.

SET. 22 1989

SECRETARIA DE  
ASUNTOS ESCOLARES

T  
1989  
D278F

JUAN V. G.

TG90797



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



Instituto de Investigaciones

A MI MADRE Y MIS ABUELOS  
A MIS FAMILIARES Y HERMANOS  
A MIS MAESTROS  
A MIS AMIGOS.

## T E M A R I O

	Pág.
<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>CAP. 1 : RELACIONES ENTRE LA VEGETACION Y LOS COMPONENTES AMBIENTALES.</b>	
1.1 Ubicación de la zona de estudio.	6
1.2 Los sistemas naturales	7
1.3 Factores ambientales	11
a) Factores geológico-geomorfológico	13
b) Factor climático-hidroológico	15
c) Factor edáfico <sup>2</sup> biótico	25
d) Factor antrópico	32
<b>CAP. 2 : LOS RECURSOS FORESTALES</b>	
2.1 La vegetación y su influencia en el medio geográfico.	44
a) Utilidad de los bosques al medio natural	44
b) Utilidad de los bosques al hombre	46
2.2 Tipos de vegetación en el área	48
a) Bosque de coníferas	48
b) Bosque mixto	53
c) Bosque mesófilo de montaña	56
d) Selva perennifolia y subperennifolia	61
2.3 Aprovechamiento actual de los bosques	65
2.4 Causas principales de la reducción de las masas forestales.	67
a) Causas naturales	67
b) Causas antropogénicas	70
2.5 Diagnóstico actual del recurso forestal	74
<b>CAP. 3 : PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS Y LA CONSERVACION DE LOS RECURSOS FORESTALES.</b>	
3.1 Algunas ideas sobre la conservación.	85
3.2 Propuestas para el desarrollo de las actividades económicas primarias	87



	Pág.
a) Estrategia de uso múltiple	87
b) El ecodesarrollo	95
c) Granjas integradas	97
3.3 Propuestas para la conservación y aprovechamiento de los recursos forestales	99
a) Compatibilidad de varios usos de áreas forestales.	100
b) Uso múltiple del bosque	103
c) Métodos de reforestación y de protección a los bosques	105
d) Especies florísticas susceptibles de aprovechamiento	114
e) Areas naturales protegidas y recreación	119
CONCLUSIONES	124
BIBLIOGRAFIA	127

## INDICE DE MAPAS, FIGURAS Y CUADROS

### MAPAS.

1. Localización del área de estudio
2. Regionalización por pisos altitudinales
3. Topografía
4. Litología
5. Isoyetas e isotermas.
6. Hidrología
7. Edafología
8. Sistema hidráulico de Necaxa
9. Vegetación
10. Porcentaje de áreas forestales

Pág.

### FIGURAS.

- |  |     |
|--|-----|
| 1. Macrosistemas y mesosistemas geográficos  | 8   |
| 2. Relaciones entre componentes ambientales y los bosques  | 10  |
| 3. Gráficas ombrotérmicas de Huauchinango y Necaxa, Pue.   | 17  |
| 4. Relación entre el relieve, la orientación, la insolación y la vegetación  | 19  |
| 5. Comparación pluviométrica de dos estaciones   | 20  |
| 6. Factores que afectan al suelo   | 26  |
| 7. Agentes de perturbación de los bosques  | 75  |
| 8. Distribución original y actual de los tipos de vegeación y uso del suelo  | 76  |
| 9. Uso múltiple en un cafetal totonaco.  | 91  |
| 10. Evolución del uso del suelo y uso potencial basado en la estrategia de uso múltiple en el transecto Tejocotal-Mazacoatlán. | 94  |
| 11. Relaciones entre los elementos que componen las granjas integradas.  | 98  |
| 12. Cortinas rompeviento   | 112 |
| 13. Brechas cortafuego   | 113 |

	Pág.
<b>CUADROS.</b>	
1. Clasificación de la zona por pisos altitudinales	12
2. Producción de energía eléctrica en el Complejo Hidroeléctrico de Necaxa	39
3. Elementos físicos en las presas del Complejo Hidroeléctrico de Necaxa	40
4. Características hidrológicas en las presas del Complejo Hidroeléctrico de Necaxa	41
5. Porcentajes de áreas forestales por pisos altitudinales	77
6. Compatibilidad entre diversos usos del suelo forestal	101
7. Especies sugeridas para reforestación.	109

## I N T R O D U C C I O N

Las corrientes modernas de la geografía se han encaminado a la búsqueda de las complejas relaciones existentes entre el medio natural y el medio antrópico y su manifestación sobre un espacio determinado. A partir de ésto, han surgido diversas teorías en diferentes escuelas, como la soviética y la francesa, entre otras; cada una busca comprender en una forma más real la relación hombre-naturaleza con una abstracción determinada dependiendo del enfoque del estudio y sin olvidar la influencia con otros elementos que integran el conocimiento geográfico.

Algunas investigaciones recientes se han enfocado al conocimiento de la utilización, sobreexplotación y potencialidad de los recursos naturales del planeta, como el suelo, el agua, la flora y la fauna, etc., buscándose un aprovechamiento racional y sostenido, de modo que los recursos no sólo suplan las necesidades humanas inmediatas sino que también satisfagan los requerimientos de las generaciones futuras.

Las perturbaciones drásticas del hombre hacia la naturaleza han provocado alteraciones a los ecosistemas naturales que repercuten en las actividades económicas. El medio natural ha sobrepasado, en muchas ocasiones, su capacidad de resistencia y no es capaz de retornar a su estado original. La situación es más crítica en los países de economía capitalista subdesarrollada, debido a los problemas de explosión demográfica, dependencia económica, sobreexplotación de recursos, etc. aunado a fenómenos físicos como heladas, inundaciones, plagas, erupciones volcánicas sequías, desertización, etc., que impulsan a un uso excesivo de los recursos naturales para satisfacer las demandas alimentarias y/o económicas de la población. Las consecuencias son fácilmente apreciables: incremento acelerado de los procesos erosivos, modificación de los climas y aumento considerable de plagas resultado del desequilibrio del ambiente, entre otras.

México no se ha visto eximido de estos problemas; desde épocas prehispánicas el medio natural se ha visto alterado, aunque en la mayor parte de los casos no se rebasaron los umbrales naturales de resistencia. La alteración a los recursos aumentó considerablemente durante la época colonial y el período independiente.

En la actualidad pueden notarse las consecuencias del uso irracional de los recursos, manifestado con un 80% del territorio nacional con diversos grados de erosión, la desecación total o parcial de algunos ríos y lagos (como Chapala, Cuitzeo, Pátzcuaro, Texcoco, Xochimilco, Zumpango, etc.), deforestación a gran escala, extinción de especies florísticas y faunísticas, etc.

El presente trabajo es un estudio de caso sobre la penetración del hombre en los ecosistemas naturales y su afectación a los recursos forestales (conceptualizados como aquellos vegetales leñosos o semileñosos que son susceptibles de ser aprovechados por el hombre) y el planteamiento de algunas propuestas que ayudarían a mejorar la situación alimentaria y forestal de la zona.

El área de estudio comprende la zona de influencia del Complejo Hidroeléctrico de Necaxa, en el estado de Puebla. El recurso forestal, particularmente los bosques, ejercen una particular importancia en este espacio ya que las masas forestales influyen en los ciclos hidrológicos y los procesos erosivos, mismos que repercuten en el conjunto de presas que forman parte del Sistema Necaxa.

Se consideró como área de influencia a la subcuenca del río Necaxa, en vista que todas las actividades humanas y procesos naturales que ocurren en este espacio tienen incidencia en mayor o menor grado sobre el grupo de presas. La importancia primordial de esta zona radica en el hecho de que el Sistema Necaxa provee de energía eléctrica al estado de Puebla, parte de Veracruz y Tlaxcala y de la ciudad

de México, entre otros lugares. Además de la trascendencia de este conjunto hidráulico, se presenta la importancia del recurso forestal como un mecanismo regulador de los ecosistemas naturales y una fuente de provisión industrial, maderera, alimenticia, medicinal y económica para la población local, compuesta por mestizos e indígenas. Este grupo posee un amplio conocimiento empírico del medio geográfico que lo circunda, mismo que podría ser aprovechado para el desarrollo global de la región.

Los fines que se persiguen en este estudio son los siguientes :

- Realizar un diagnóstico inicial de los recursos forestales en la subcuenca del río Necaxa y su importancia en el sistema natural-antrópico. Para llegar a este diagnóstico, se realizará un análisis de los componentes ambientales de la subcuenca y su relación con la vegetación, además del estudio de cada tipo de comunidad vegetal y las causas sociales y naturales que generan la disminución de las masas boscosas.
- Proponer algunas medidas viables para la protección y conservación de los recursos forestales de la zona.

Se parte de dos hipótesis generales: se considera que el clima y el suelo ejercen una influencia del mismo peso hacia los tipos de vegetación; también se consideraba que el hombre, por las actividades agrícolas era el primer agente de perturbación, seguido por las plagas; por lo cual sería conveniente proporcionar medidas para la autosuficiencia alimentaria.

Para la realización del trabajo fue necesario realizar una zonificación, debido a la heterogeneidad de condiciones naturales de la zona. Se tomó como base de esta sectorización los pisos altitudinales de la cuenca, que se encuentran en una estrecha relación con el clima, y por lo tanto, con la distribución de los tipos de vegetación.

Se consideró conveniente para el análisis del factor climático tomar los elementos del clima (temperatura, precipitación, humedad, luz, etc.) y no tanto las clasificaciones climáticas, debido a que las fórmulas convencionales no incluyen la luz o la humedad, ni tampoco la variación térmica o pluvial a lo largo del año, mismas que influyen en las actividades económicas, el fuego, las plagas y la fenología de los bosques. Por otra parte, en la cuenca existe una sola estación termopluviométrica completa y confiable, y algunas pluviométricas empleadas por el Complejo Necaxa.

El desarrollo de la investigación pudo realizarse básicamente por cartografía, fotografías aéreas escala 1:20,000, 1:30,000 y 1:80,000 y algunas visitas de campo, mismas que fueron de suma importancia para la obtención de muestras florísticas, datos estadísticos y el análisis de la realidad socioeconómica y natural de la región, aunque se tuvieron algunas limitantes de tiempo, recursos y medios adecuados de movilización.

La bibliografía específica de la zona fue mínima, por lo que se recurrió a la interpolación de datos de regiones con características geográficas similares a la cuenca de estudio. Se intentó evitar la disociación entre el hombre y el medio ambiente, buscando aplicar la geografía de una forma más real y sin caer en un estudio ecológico, botánico o forestal, o una mera descripción. En muchas ocasiones, fue necesario generar la información a partir de las fotografías aéreas y las visitas de campo.

Este estudio se encuentra dividido en tres capítulos: el primero, titulado "Relaciones entre la vegetación y los componentes ambientales", pretende mostrar estas influencias, tomándose como base un esquema que señala la compleja interacción de los bosques con el medio geográfico. Se estudiaron cuatro tipos de componentes y su relación con los tipos de vegetación. Estos grupos son : litología-geomorfología, clima-agua, suelo-fauna y el hombre como transformador del medio.

El segundo capítulo, intitulado "Los recursos forestales", señala la

importancia del recurso para el medio geográfico; posteriormente se explican los tipos básicos de vegetación, su aprovechamiento y sus problemas; las causas naturales y antrópicas de la reducción de los bosques para finalmente obtener un diagnóstico global del recurso, con la base de los mecanismos perturbadores y su relación con la densidad arbórea. Se dió cierto énfasis a las márgenes de las presas ya que constituye uno de los elementos centrales del estudio.

Finalmente, el tercer capítulo llamado "Propuestas para el desarrollo de las actividades económicas primarias y la conservación de los recursos forestales", muestra algunas ideas y técnicas de aprovechamiento de los recursos. Se tomó como base la necesidad alimentaria de la población; de este modo, sería más factible la protección y conservación de los bosques y podría mejorarse la calidad de vida de la población y una dinámica de los ecosistemas naturales más equilibrada.

Se agradece a todas aquellas personas e instituciones que de una u otra forma colaboraron para la realización de este estudio.

## CAPITULO I. RELACIONES ENTRE LA VEGETACION Y LOS COMPONENTES AMBIENTALES

### 1.1 UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

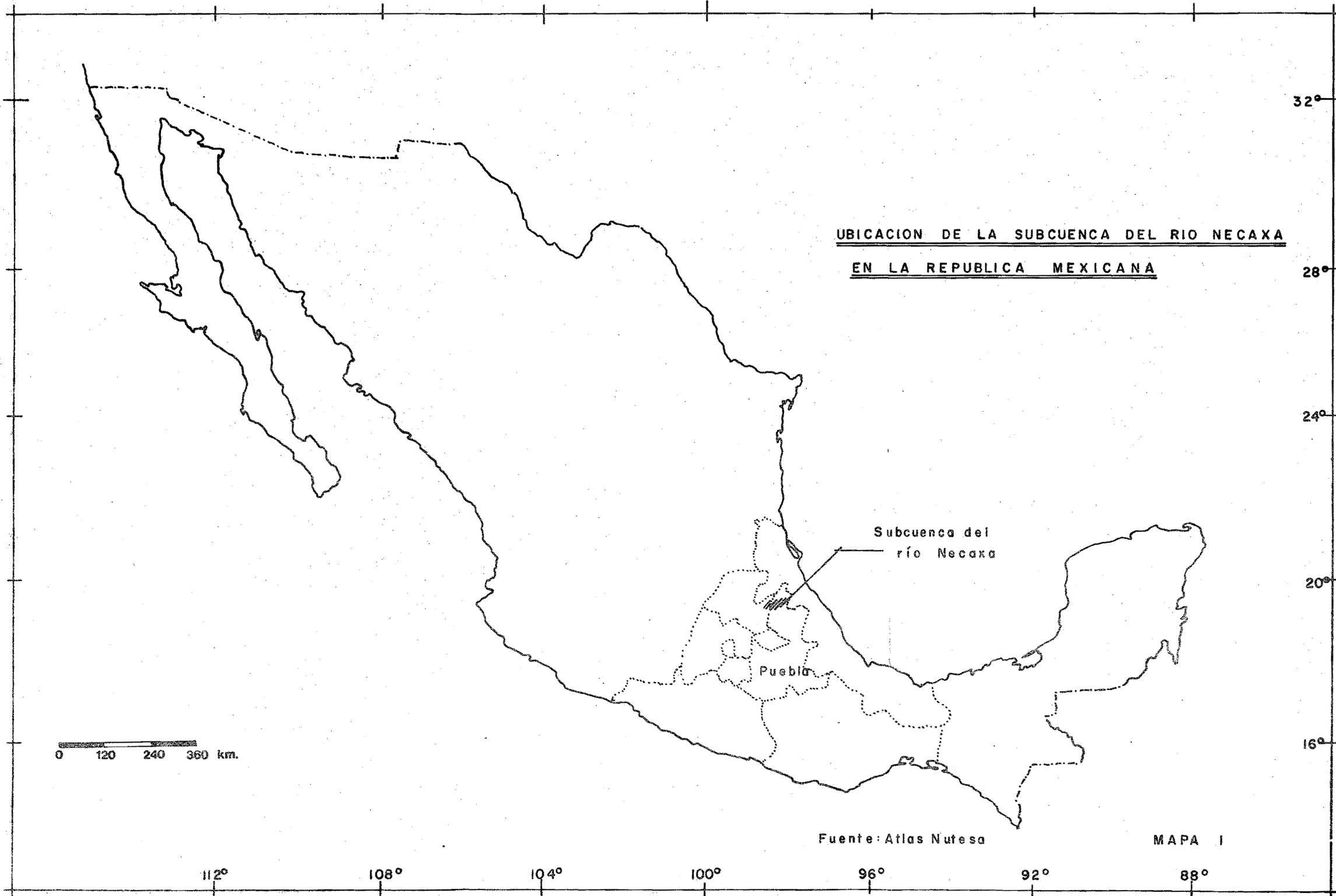
El Complejo Hidroeléctrico de Necaxa se localiza en el noroeste del Estado de Puebla y una pequeña porción del sureste de Hidalgo. Este complejo incluye un grupo de cinco presas, cuatro plantas hidroeléctricas y un conjunto de canales y túneles; sin embargo, la zona recibe la influencia de elementos naturales y sociales que se encuentran alejados del complejo propiamente dicho.

Para considerar estas influencias, se tomó como área de estudio a toda la subcuenca del río Necaxa; éste constituye el cauce principal que abastece al sistema hidráulico. Este río forma parte de la cuenca del río Tecolutla que desemboca en el Golfo de México.

La subcuenca del río Necaxa se encuentra dentro de dos provincias fisiográficas: la Sierra Madre Oriental, constituido principalmente por plegamientos de material sedimentario y el Sistema Volcánico Transmexicano, formado por material volcánico del Cenozoico. Pertenece a la región natural de la Sierra Norte de Puebla, según la clasificación de Fuentes (1972), que está integrada por las Sierras de Teziutlán, Tlatlauquitepec, Zacapoaxtla, Tetela, Chignahuapan, Zacatlán y Huauchinango, ésta última dentro de la zona de estudio.

Las coordenadas extremas de la zona de estudio son: 20° y 20°11' de latitud norte y 97°51' y 98°15' de longitud oeste. Limita al norte con la cuenca del río Cazones, al sur con la subcuenca del Axaxalpan, también afluente del Tecolutla; al este continúa el río Necaxa y al oeste limita con la cuenca del río Pánuco.(Mapa 1).

Desde el punto de vista administrativo, la región comprende parte del municipio de Acaxotitlán en el estado de Hidalgo y a los municipios de Huauchinango, Zihuateutla y Ahuazotepec en el estado de Puebla.



UBICACION DE LA SUBCUENCA DEL RIO NECAXA  
EN LA REPUBLICA MEXICANA

Subcuenca del  
río Necaxa

Puebla

0 120 240 360 km.

Fuente: Atlas Nutesa

MAPA I

112° 108° 104° 100° 96° 92° 88°

32°  
28°  
24°  
20°  
16°

La subcuenca tiene una extensión aproximada de 500 km<sup>2</sup> y presenta una gran variedad de paisajes a pesar de ser un área relativamente pequeña, debido a que abarca un amplio rango altitudinal, desde los 350 m.s.n.m. en el extremo oriental de la subcuenca hasta los 2700 m.s.n.m. en las montañas que marcan los límites de la cuenca. Esta diversidad de altitudes, aunada a las variaciones climáticas y la morfología propia de la región (un complejo sistema de barrancas y montañas que forma parte de la Sierra Norte de Puebla), propicia la existencia de varios tipos de suelo y de vegetación natural, principalmente bosque de coníferas, mixto y bosque mesófilo de montaña.

## 1.2 LOS SISTEMAS NATURALES.

Un sistema se define como un conjunto de reglas o principios sobre una materia, enlazados entre sí. Los sistemas se dan en la relación naturaleza-sociedad, en donde existe un conjunto de componentes que interactúan entre ellos y se enlazan por flujos energéticos y materiales. Algunas nuevas corrientes de la geografía han llamado a la relación entre los sistemas naturales y los sistemas sociales como geosistemas.

La Tierra, bajo este enfoque, se considera como un gran macrosistema con cuatro mesosistemas, enlazados entre sí por flujos de materia y energía. Estos son:

- mesosistema litosférico
- mesosistema hidrosférico
- mesosistema atmosférico
- mesosistema antrópico.

El siguiente es un esquema modificado de Drew (1987) para ilustrarlo anterior.

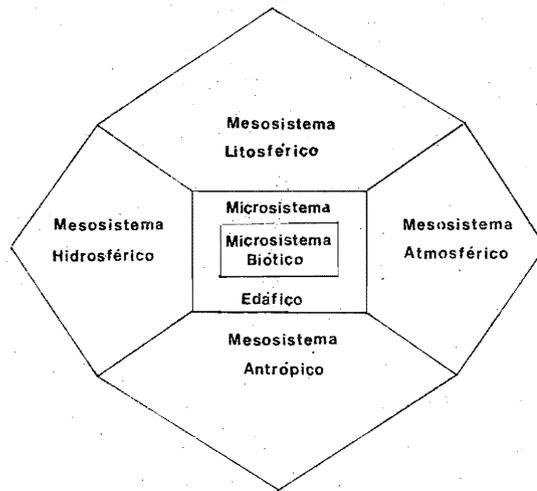


Fig. 1: Macrosistemas y mesosistemas geográficos.

El mesosistema litosférico comprende las manifestaciones de la corteza terrestre que conforman la litología y la morfología de un espacio dado. El mesosistema hidrosférico consiste en los ciclos y la dinámica de los cuerpos de agua y vapor de agua. El mesosistema atmosférico comprende los fenómenos que se presentan en las capas por arriba de la superficie terrestre, como el viento, la humedad, la temperatura, etc. De la interrelación entre estos tres mesosistemas surgen otros como los componentes edáficos y los bióticos, en donde podría entrar el hombre, aunque por la importancia que representa dentro del medio geográfico se le puede considerar como un mesosistema independiente.

El ser humano se ha manifestado como un importante agente transformador del medio natural, y su influencia puede ser considerada igual o mayor que los otros tres mesosistemas mencionados anteriormente. Esta es la razón por la cual, en los estudios geográficos como el presente, el mesosistema antrópico posee un valor igual al de los mesosistemas naturales.

Cada uno de los mesosistemas mantiene relaciones recíprocas con los

otros y éstos varían en el tiempo, espacio e intensidad en función de su susceptibilidad a los cambios.

Los componentes bióticos comprenden toda manifestación de vida sobre la Tierra. Tienen un alto grado de sensibilidad a los cambios causados por fenómenos naturales y antrópicos; una transformación o alteración repentina a la biota puede provocar la sustitución o pérdida de algunos de sus componentes faunísticos o florísticos. Los componentes bióticos, como se señaló en la figura anterior, surgen de la interrelación de los mesosistemas y con una fuerte ingerencia del hombre. Los bosques forman parte de los componentes bióticos, y por tanto, con una estrecha unión con la litósfera, la hidrósfera, la atmósfera y el hombre.

Se presenta un esquema basado en Billings (1970) para mostrar las relaciones entre los bosques y los componentes ambientales, en el que se consideran algunos aspectos que no fueron contemplados en el esquema original. Los principales son los siguientes :

- Jerarquía.

Se refiere al grado de importancia existente entre dos elementos; por ejemplo no tiene la misma intensidad la relación entre el clima y el bosque que entre la gravedad y el bosque.

- Direccionalidad.

Se refiere al sentido de la relación. Por ejemplo: la altitud influye en el bosque, pero éste no tiene ninguna influencia hacia la altitud.

- Influencia.

Muestra las relaciones reales entre dos componentes, ya que algunas de las relaciones mostradas en el esquema de Billings no son verídicas.

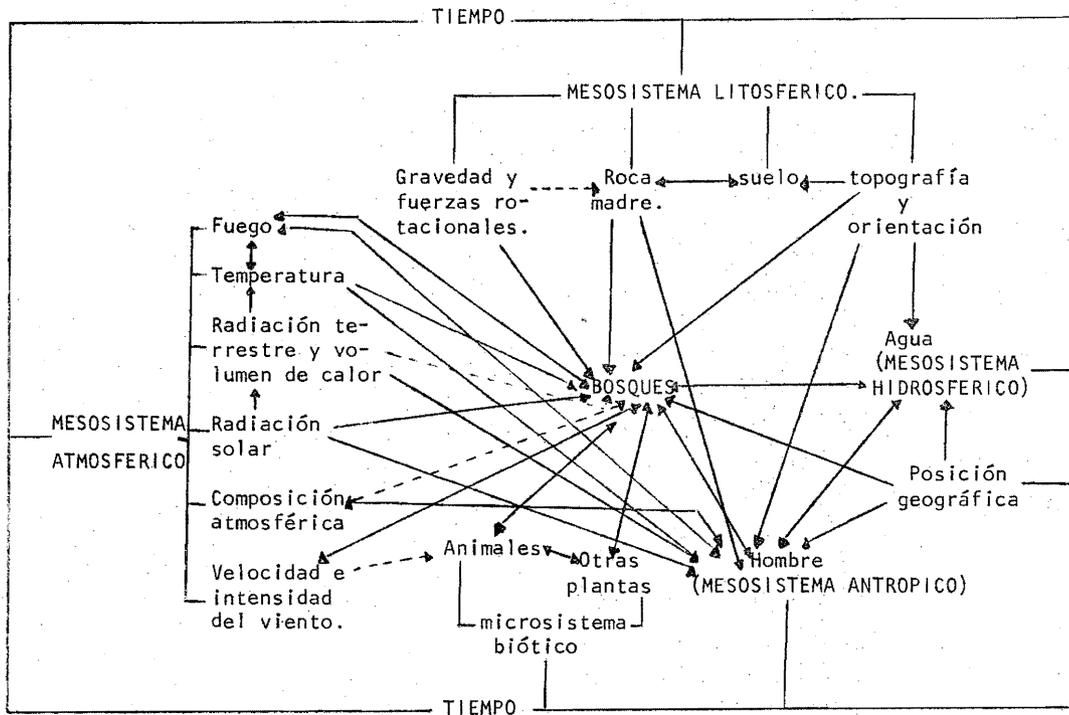


Fig. 2: Relaciones entre los componentes ambientales y los bosques.

El esquema muestra los mesosistemas mencionados, enlazados entre sí por el tiempo y la energía. Cada mesosistema tiene una serie de divisiones llamadas "componentes ambientales", que repercuten sobre los bosques en diverso grado. en el diagrama se muestran únicamente las relaciones con el hombre y los bosques (elementos básicos dentro de un marco geográfico específico), ya que si se pusieran todas las relaciones entre todos los componentes quedaría una red muy densa y confusa.

Para la investigación sería ideal el análisis específico de cada componente, sin embargo, requeriría de un mayor tiempo y una serie de instrumentos especiales de los cuales se carece, por lo cual se integrarán todos (o la mayoría) en los siguientes factores ambientales:

- Factores geológico-geomorfológicos (como integrante del mesosistema litosférico).

Incluye aquellas características litológicas y morfológicas que influyen sobre la vegetación, y los procesos geomorfológicos producidos a partir de la desaparición de la cubierta vegetal.

- Factores climático-hidrológicos (mesosistemas atmosférico e hidrosférico)  
Se consideran aquellos elementos del clima (temperatura, precipitación, viento, humedad, etc.) que repercuten en el desarrollo de las plantas. La hidrología se encuentra íntimamente asociada con la precipitación y tiene una relación importante en la densidad del arbolado.

- Factores edáficos y bióticos (resultantes de los dos anteriores).  
Se toman en cuenta los tipos de suelo, sus características físicas y los micro y macroorganismos que se sustentan por la capa edáfica. Se relacionan con la cubierta forestal y las áreas deforestadas, que impulsan la degradación y el arrastre de suelos.

- Factor antrópico (mesosistema antrópico).  
Se considera la influencia del hombre en la vegetación y las causas antrópicas que generan la deforestación por razones sociales, económicas (que incluye el sistema Necaxa) y políticas.

### 1.3 FACTORES AMBIENTALES.

En este punto se analizan los componentes ambientales de la subcuenca del Necaxa, como son los climas, el relieve, el agua, etc., y su relación con las comunidades forestales. Se considerará particularmente la influencia del factor antrópico, ya que el hombre ha modificado algunas de las condiciones naturales que afectan a los bosques, además de incidir directamente sobre ellos.

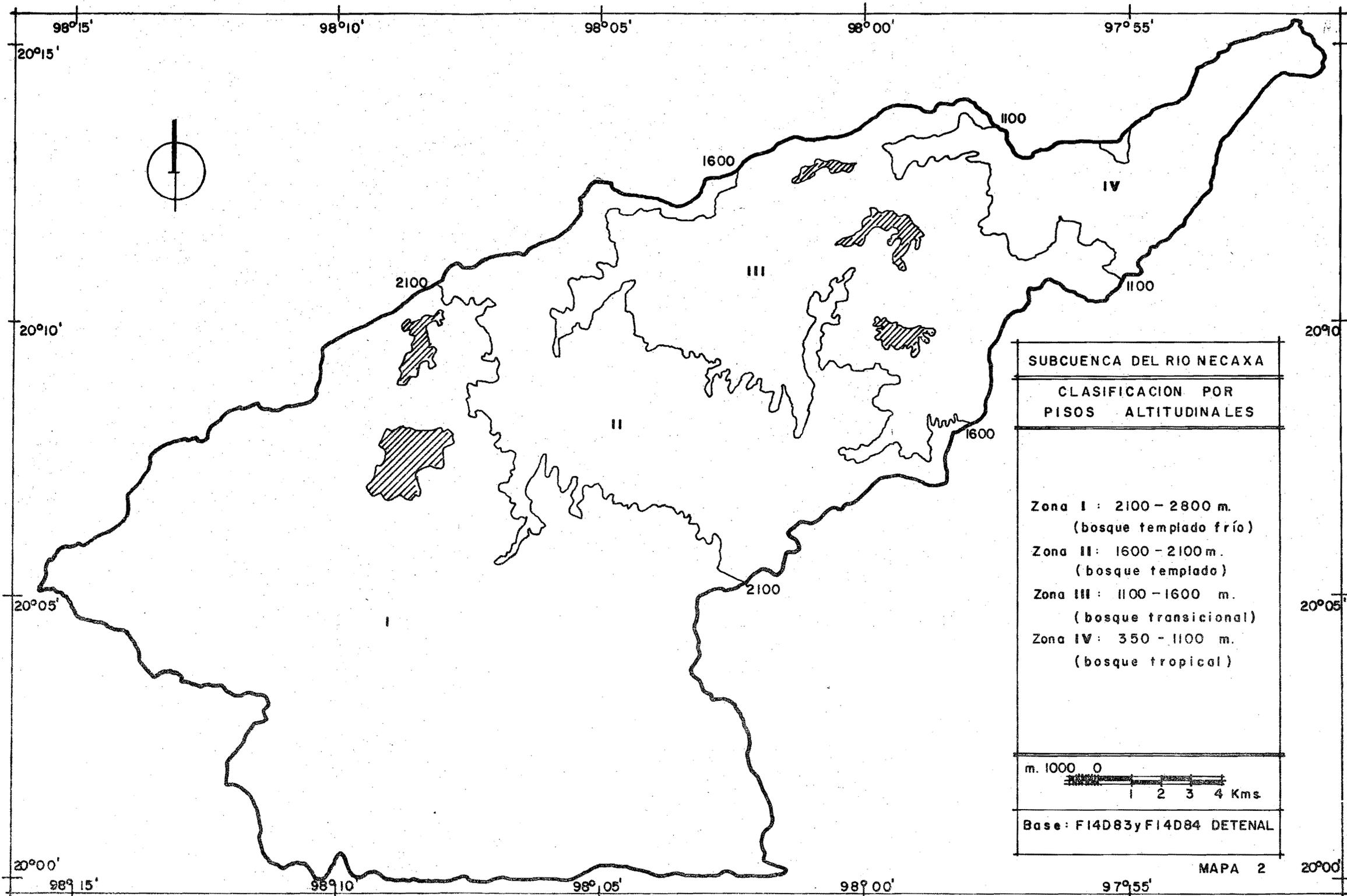
En el análisis de algunos factores ambientales, es necesario partir

de una regionalización de la subcuenca, para facilitar su estudio. La clasificación se basará en los pisos altitudinales de la zona, que tienen una relación directa sobre el clima, y consecuentemente, con el punto central de este estudio: la vegetación.

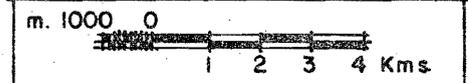
CUADRO 1.- CLASIFICACION DE LA ZONA POR  
PISOS ALTITUDINALES. (Mapa 2)

ZONA	RANGO ALTITUDINAL	TIPO PREDOMINANTE DE VEGETACION
I	2100-2800	zona de bosques templado-fríos
II	1600-2100	Zona de bosques templados
III	1000-1600	Zona de bosques transicionales
IV	350-1000	Zona de bosques subtropicales

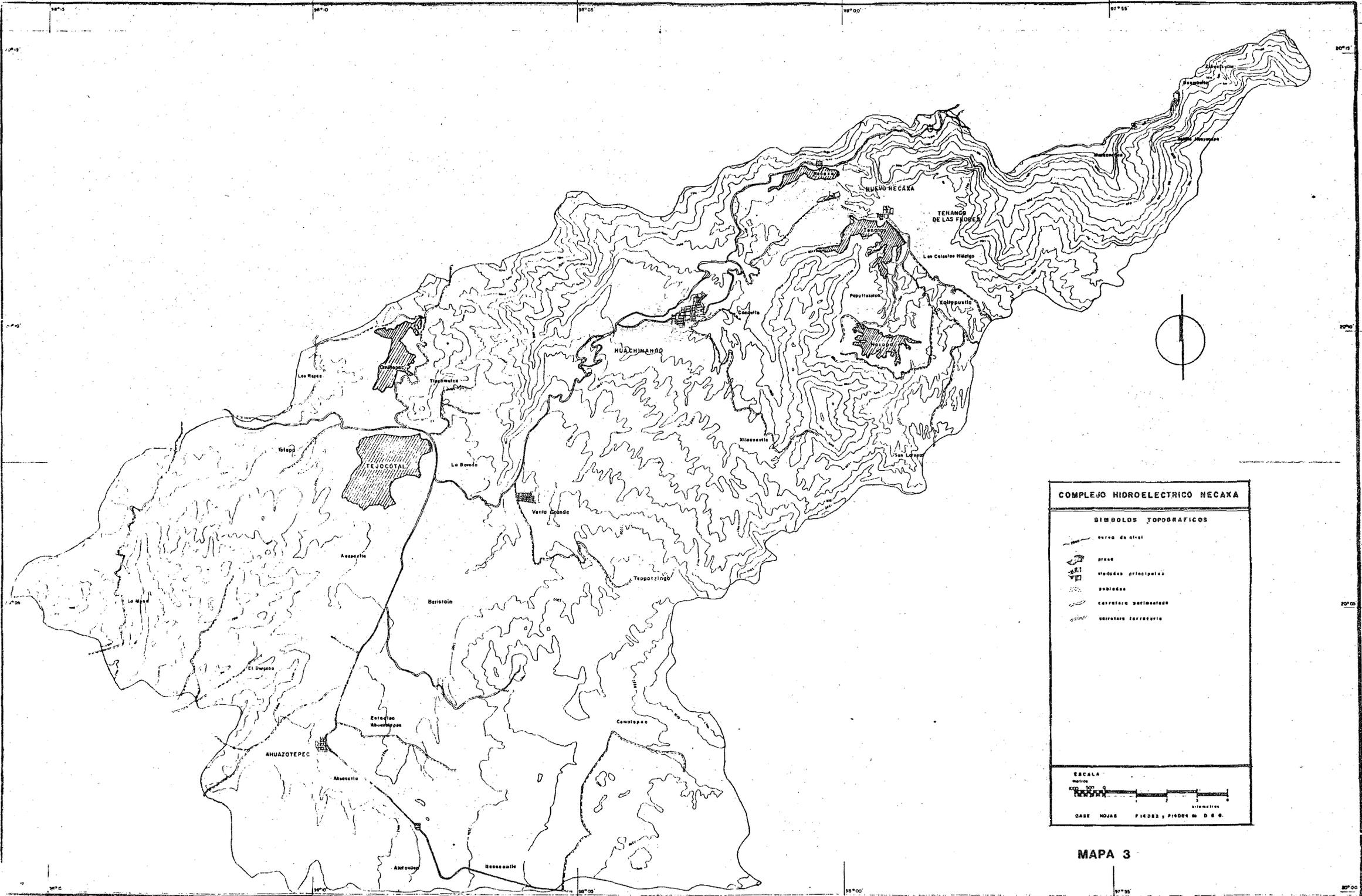
Esta clasificación permite una mejor comprensión de la distribución de los componentes ambientales de la zona. Los rangos establecidos corresponden de una forma general, no absoluta, a las comunidades ya que éstas pueden estar afectadas por factores de carácter físico-local o por razones socioeconómicas.



SUBCUENCA DEL RIO NECAXA	
CLASIFICACION POR PISOS ALTITUDINALES	
PISOS	ALTITUDINALES
Zona I :	2100 - 2800 m. (bosque templado frío)
Zona II :	1600 - 2100 m. (bosque templado)
Zona III :	1100 - 1600 m. (bosque transicional)
Zona IV :	350 - 1100 m. (bosque tropical)



Base: F14D83y F14D84 DETENAL



**COMPLEJO HIDROELECTRICO NECAXA**

**SÍMBOLOS TOPOGRÁFICOS**

- curso de agua
- presa
- hidroeléctricas principales
- población
- carretera pavimentada
- ferrocarril

**ESCALA**  
 metros  
 0 100 200 300 400 500  
 kilómetros

**BASE HOJAS F.14283 y F.14284 de D. G. O.**

**MAPA 3**

#### a) FACTOR GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

La subcuenca del río Necaxa se encuentra en una zona de transición de dos sistemas importantes: el Sistema Volcánico Transmexicano y la Sierra Norte de Puebla, que forma parte de la Sierra Madre Oriental.

La zona de material volcánico ocupa aproximadamente un 70% de la superficie total de la subcuenca, y está constituida principalmente por basaltos y tobas ácidas, ambas del Terciario Superior, mientras que las rocas de origen sedimentario se componen de calizas, lutitas interestratificadas con calizas y algunas asociaciones de areniscas con conglomerados. (De acuerdo con la cartografía de DETENAL).

Tomando como base la regionalización por pisos altitudinales, se pueden establecer algunas relaciones entre la litología y la vegetación.

La zona I (más de 2100 metros de altitud) tiene un sustrato de tobas ácidas y basaltos, y concuerda con una vegetación natural de bosque de pinos, aunque las grandes extensiones planas de esta zona ha favorecido la apertura de áreas para cultivo. Rzedowski (1981) menciona que en este tipo de vegetación "es notable la preferencia que muestran los pinares de México por áreas cubiertas por rocas ígneas, tanto antiguas como recientes"; aunque todavía no se descubren claramente las razones de esta preferencia. Posiblemente la relación estribe en que los pinos se desarrollen principalmente sobre suelos ácidos, derivados de un sustrato también ácido. La zona ha sido afectada seriamente por las talas, ya que el pino es la especie que más se aprovecha en la zona, para leña y construcción, por lo que se han originado procesos de erosión en las zonas deforestadas, por ejemplo, asentamientos del terreno, erosión laminar, etc.

La zona II, situada entre los 1600 y los 2100 metros, contiene rocas ígneas (principalmente tobas) y sedimentarias (caliza, lutita y arenisca-conglomerado). La vegetación dominante es de bosque mixto, tanto de pino-encino como de encino-pino.

Los encinos tienen la particularidad de crecer sobre cualquier tipo de roca, y en esta zona tienen predominio sobre los pinos ya que éstos rechazan los sustratos calizos.

Existe además un manchón de bosque mesófilo en la barranca del río Texcapa, en este caso la orientación de dicha barranca, la niebla y la humedad alta permiten el desarrollo de este tipo de bosque.

Las tobas de esta zona tienen poca consolidación, y al efectuarse la deforestación se aceleran los procesos de arrastre de materiales. Sin embargo, esta región se encuentra poco habitada y poco comunicada, por lo que los bosques presentan poca perturbación.

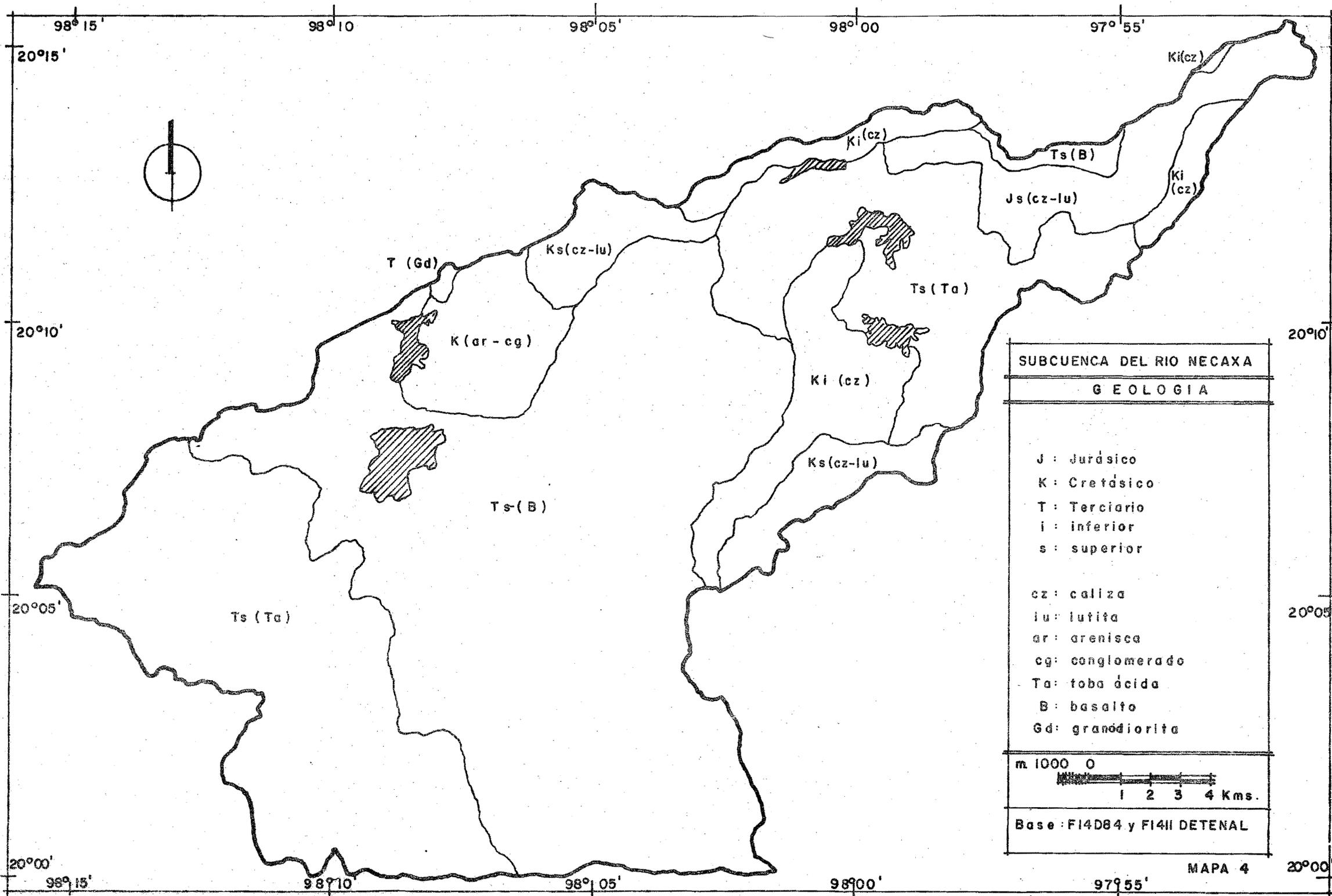
La zona III presenta una vegetación natural predominante de bosque mesófilo, aunque en muchos casos no existe un ecotono\* definido con los bosques mixtos. El mesófilo es típico de zonas de transición entre rocas ígneas y sedimentarias, y requieren de una topografía abrupta, con cañadas profundas con determinada orientación que le permita recibir y mantener las masas de aire húmedas. Sin embargo, la zona se encuentra muy alterada ya que existen muchos asentamientos humanos y actividades económicas. La dinámica de los procesos exógenos se manifiesta en una forma similar a la región anterior, aunque se incrementa su velocidad debido a la mayor precipitación, mayor escorrentía causada por la deforestación y por las pendientes más fuertes que la zona III.

Finalmente, la zona IV se localiza únicamente en la Barranca de Necaxa, donde se encuentran materiales volcánicos en las márgenes (inclusive basaltos columnares), y rocas sedimentarias en el fondo de la barranca, que afloran por la acción desgastante o erosiva vertical del río.

La vegetación de esta zona es muy variada. Aunque Rzedowski marca como límite altitudinal de las selvas la cota de 1000 metros, existen particularidades locales que modifican este parámetro de vegetación. Las paredes de la barranca tienen una inclinación en ocasiones superior a los 70°, aflorando la roca madre, por lo que no existe ni suelo

---

\*El ecotono se define como un límite o una franja limítrofe entre dos tipos de vegetación.



SUBCUENCA DEL RIO NECAXA	
G E O L O G I A	
J :	Jurásico
K :	Cretácico
T :	Terciario
i :	inferior
s :	superior
cz :	caliza
lu :	lutita
ar :	arenisca
cg :	conglomerado
Ta :	toba ácida
B :	basalto
Gd :	granodiorita
m 1000 0	
Base : FI4D84 y FI4II DETENAL	

MAPA 4

ni vegetación. En algunas partes de la ladera donde se reduce la pendiente y hay suelo se desarrollan algunos árboles propios del bosque mesófilo.

El fondo de la barranca muestra procesos muy diferentes al resto de la subcuenca, ya que recibe la influencia de conos de talud y crecidas que aportan continuamente material al lecho del río, e impide el desarrollo de masas grandes de árboles. Únicamente crecen algunos arbustos que viven durante los pocos meses de sequía, para quedar posteriormente sepultados en la época de lluvias. Sin embargo, existen algunos lugares próximos al río que no presentan la limitante de la roca desnuda ni las pendientes excesivas. Es aquí donde se presentan algunos manchones de selva media subperennifolia y bosques secundarios derivados del mismo, con distintos rangos de alteración dependiendo de su ubicación dentro de la barranca.

En las zonas contiguas al río también existen algunas condiciones que favorecen la formación de bancos de materiales, originados por la diferente constitución de las laderas y por las crecidas del río durante la temporada lluviosa.

#### b) FACTOR CLIMATICO-HIDROLOGICO.

Los pisos altitudinales mencionados anteriormente también tienen relación con el clima, lo que repercute en el suelo y en la cobertura vegetal. En el estudio de los factores climáticos se consideran varios elementos. Se comenzará por la temperatura.

Un agente importante que influye sobre la temperatura (y consecuentemente sobre el clima) es la altitud. La subcuenca tiene un rango de altitudes que van desde los 350 metros en la parte inferior de la barranca hasta los 2700 metros en los límites superiores de la cuenca. Esta diversidad de altitudes se refleja también en una diversidad de temperaturas, que oscilan desde los 14 grados de temperatura media anual,

dados en general en altitudes superiores a los 2400 metros, hasta los 22 grados de temperatura media anual en altitudes inferiores a los 400 metros.

Las unidades de relieve presentan los siguientes rangos de temperatura:

<u>ZONA</u>	<u>RANGO ALTITUDINAL</u>	<u>TEMPERATURA MEDIA</u>
I	2100-2700 m.	inferior a los 16 grados.
II	1600-2100 m.	de 16 a 18 grados
III	1000-1600 m.	de 18 a 20 grados
IV	inferior a 1000 m.	superior a los 20 grados

=====  
 Puede apreciarse una relación entre la temperatura, consecuencia principalmente de los pisos altitudinales, y los grandes tipos de vegetación, por ejemplo, los pinos comienzan a dominar a partir de los 2100 metros, lo que corresponde con la isoterma de 16 grados. A medida que aumenta la altitud también varía la especie de pinos, sin embargo hay que mencionar que la zona cercana a la presa de Tejocotal presenta una escasa cobertura vegetal, ya que la pendiente mínima favorece la existencia de cultivos, de manera que la vegetación original en esta zona se encuentra principalmente en las zonas montañosas, de pendientes fuertes y difícilmente accesibles.

Otra relación importante entre la altitud, la temperatura y la vegetación aparece en la zona II, en donde varía rápidamente la dominancia de pino-encino a encino-pino, en un rango térmico comprendido entre los 18 y los 16 grados. Sin embargo, existen otros factores que originan otros tipos de vegetación, como la presencia de cañadas con determinada orientación, niebla constante y humedad alta que favorecen el desarrollo del Bosque Mesófilo de Montaña (el mejor ejemplo se encuentra en la cañada del río Texcapa). Este mosaico de vegetación continúa en la zona III y IV, pero existe una mayor incidencia de factores externos que alteran la vegetación original, como las poblaciones, las presas,

la agricultura, etc.

Finalmente, la zona de la barranca (IV) también constituye un mosaico de tipos de vegetación, desde el bosque mesófilo y de encino-pino en los bordes de la barranca, hasta algunos manchones de selva mediana perennifolia, favorecida por las altas temperaturas, superiores a los 20 grados.

Para el estudio de las relaciones entre la vegetación y la temperatura, es importante conocer los termoperíodos y termofases de la zona, ya que las oscilaciones térmicas a lo largo del año influyen sobre el ciclo vegetativo de las especies, e intervienen en sus fases fenológicas como la floración, los inicios de fructificación, la caída de hojas, etc.

En el siguiente diagrama se muestran las variaciones de la temperatura y la precipitación a lo largo del año, registradas en dos estaciones meteorológicas de la subcuenca.

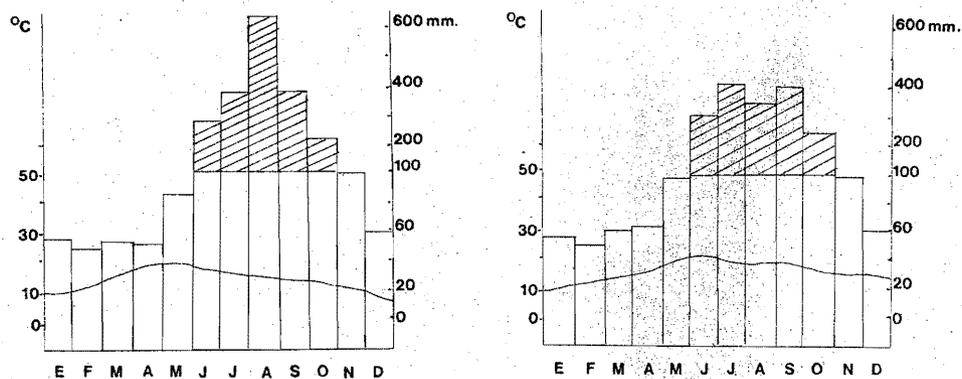
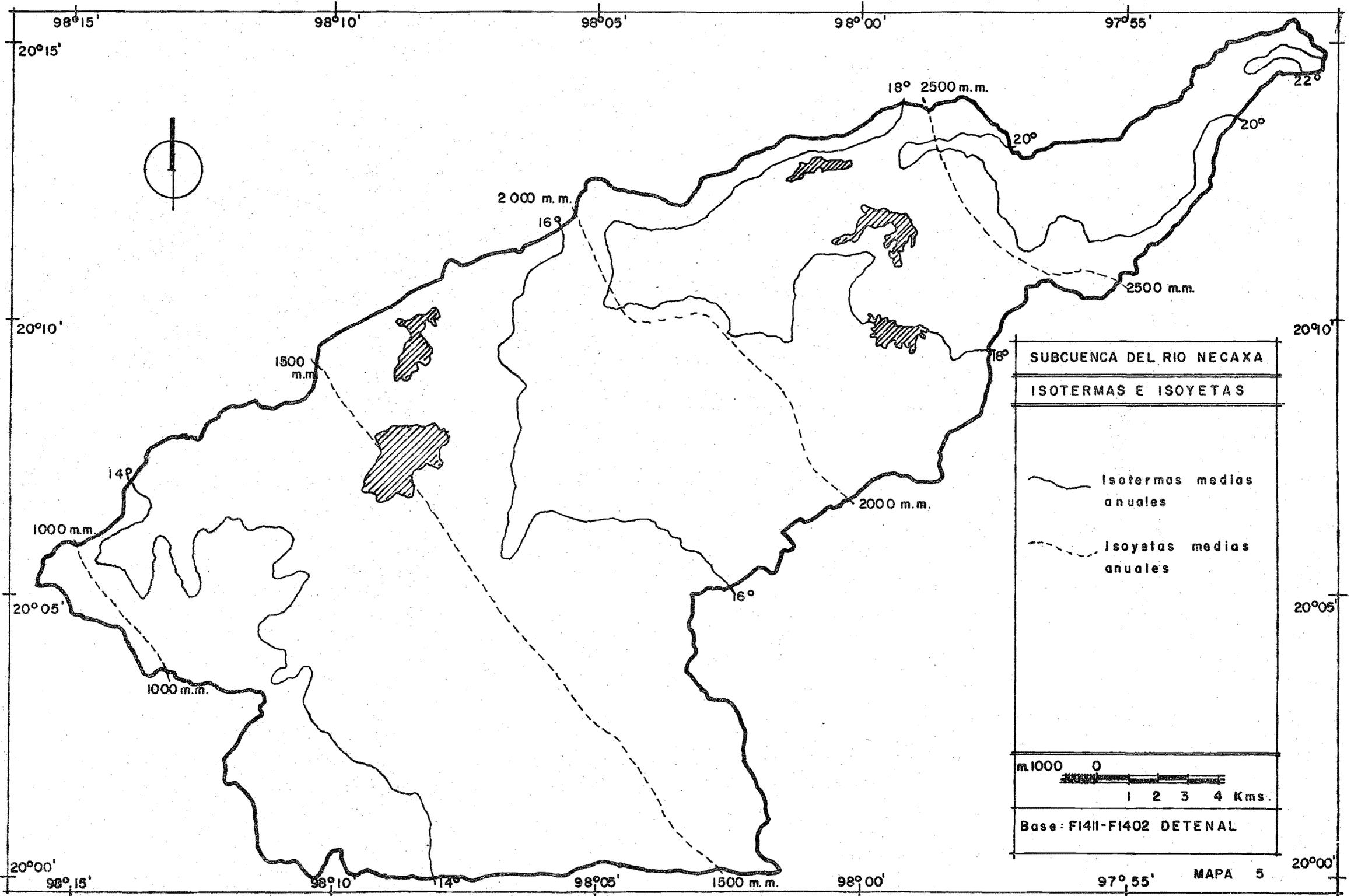


Fig. 3

Huauchinango, Pue.

Necaxa, Pue.



**SUBCUENCA DEL RIO NECAXA**  
**ISOTERMAS E ISOYETAS**

-  Isotermas medias anuales
-  Isoyetas medias anuales



Base: FI411-FI402 DETENAL

Como se ilustra en la gráfica, las temperaturas de las dos estaciones son isotermales, pues solamente registran una oscilación térmica anual de 7 grados. Esto repercute sobre la vegetación en el hecho de que muchas de las plantas que ahí se encuentran son estenotermas, es decir, no toleran grandes cambios de temperatura (un ejemplo de esto son los helechos). Las especies que presentan una mayor resistencia al frío y a las oscilaciones térmicas fuertes o euritermas se encuentran en las partes altas de la subcuenca, en donde llegan a presentarse nevadas; estas especies forman parte del bosque de coníferas. En cambio, las plantas que se encuentran dentro del Bosque Mesófilo y en los relictos existentes de las selvas perennifolias presentan poca tolerancia a cambios drásticos de temperatura, aún a lo largo del año. Una helada ocasional trae consigo graves daños que afectan a toda la planta y al suelo. Por ello, se considera a la parte baja de la subcuenca como la más susceptible a daños causados por fenómenos meteorológicos.

La luz solar es otro elemento climático que influye en el desarrollo de las plantas, ya que es la encargada de proveer la energía que es utilizada para la fotosíntesis. Es también la principal fuente de entrada de energía para la constitución de cadenas y redes tróficas. La estructuración de los diferentes estratos de vegetales es consecuencia de la competencia entre las plantas por la luz solar. Un buen ejemplo lo constituye el café (uno de los principales cultivos en la parte baja de la subcuenca), el cual crece mejor si se encuentra a la sombra de otros árboles, como el chalahuite o el liquidámbar, los cuales detienen la luz directa. Otras especies esciáfilas (de sombra) son los helechos (Pteridium sp.), la mafafa (Xanthosoma robustum), etc.

En esta región, el factor de orientación es muy importante en su relación con la llegada de luz solar, ya que el relieve abrupto modifica la incidencia de los rayos solares. De este modo, puede observarse en la Barranca de Necaxa que la ladera norte tiene menos vegetación que la ladera sur, ya que los rayos solares inciden directamente sobre la primera vertiente, es decir, provoca más evaporación. La

ladera sur mantiene una sombra más intensa y por ende, una mayor conservación de la humedad. La incidencia sobre un monte es similar a la descrita, y se ilustra en la siguiente figura (de Bennett, 1981).

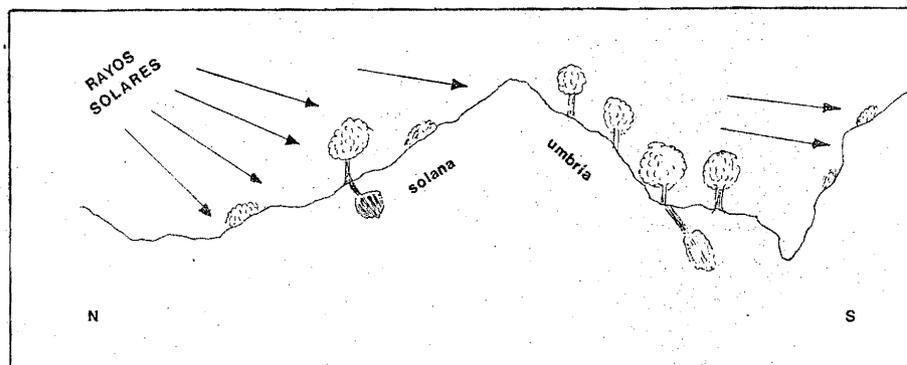


Fig. 4 Relación entre el relieve, la orientación, la insolación y la vegetación.

Puede notarse la relación que tiene la luz con la orientación y el relieve. En la ladera sur, la vegetación crece con más vigor, ya que se reduce la evaporación y se mantiene la humedad. (tomado de Bennett, 1981).

Otro de los elementos climáticos que condicionan la distribución de la vegetación es la precipitación. La subcuenca analizada se encuentra del lado de barlovento, por lo que las montañas actúan como barreras que detienen las masas de aire húmedas provenientes del Golfo, éstas a su vez suben, se condensan y precipitan. Toda la región puede ser considerada como húmeda, habiéndose aplicado algunos índices de aridez.\* La zona con mayor precipitación corresponde a la barranca de Necaxa, cuya cantidad anual sobrepasa los 2500 milímetros. La razón es que la mencionada barranca está orientada hacia el Golfo,

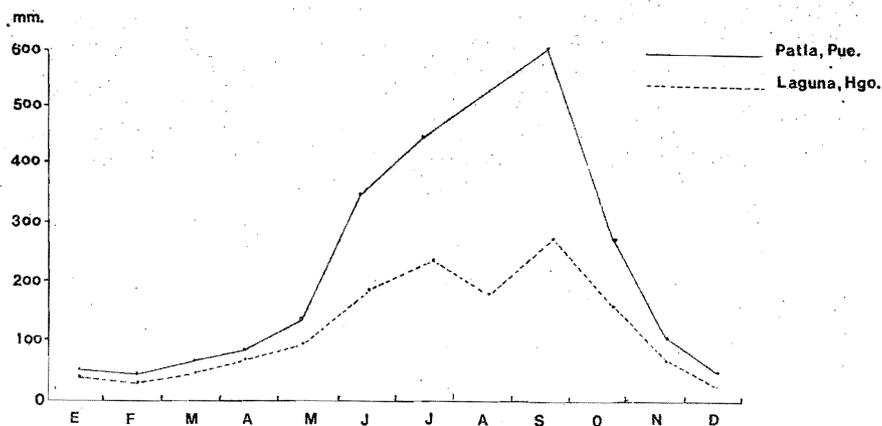
\*los índices de aridez fueron tomados de García(1984), Lang(1915) y E. de Martonne, señalados por Maderey (1982).

y recibe los vientos marítimos de frente. Por otra parte, las paredes son lo suficientemente altas (unos 600 metros) para que el aire húmedo sufra cambios de temperatura y alcance a condensarse el vapor de agua.

La mayor parte de las lluvias precipitan en la mencionada barranca, sin embargo, el resto de la zona continúa con precipitaciones elevadas. La zona III, donde se encuentran las presas de Necaxa, Tenango y Nexapa tienen una precipitación anual entre 2000 y 2500 mm. (2414 en Necaxa y 2317 en Nexapa). La zona II se encuentra entre los 1500 y los 2000 milímetros, y la zona I tiene la menor cantidad de precipitación de la subcuenca, entre 1000 y 1500 mm. En esta zona se encuentra la estación pluviométrica de Laguna, junto a la presa de Tejocotal, que arroja un total de 1381 mm. anuales.

Es también importante considerar la distribución de la precipitación a lo largo del año. En general, la zona recibe influencia de los nortes durante el período seco, por lo que prácticamente no existen meses secos en el año. Los meses más húmedos son Julio, Agosto y Septiembre, y el más seco es Febrero.

Para ilustrar los diferentes comportamientos de la precipitación a lo largo del año en la zona de estudio, se graficarán a continuación dos estaciones: Patla, que es la que registra una mayor cantidad de precipitación, y Laguna, que es la que registra la menor cantidad.



Con el análisis de este cuadro se pueden sacar conclusiones interesantes en cuanto a la distribución de la precipitación a lo largo del año en dos zonas diferentes dentro de la subcuenca.

Las dos localidades se encuentran en la misma zona, ambas del lado de barlovento. Durante los cuatro primeros meses el comportamiento y la cantidad de la precipitación es muy similar en las dos estaciones (ligeramente superior en Patla). Febrero es el mes más seco. Las lluvias invernales son resultado de los nortes, los que aparentemente afectan a toda la cuenca en una forma semejante. Los cambios importantes entre las estaciones se dan de mayo a septiembre, en donde prácticamente se duplica la cantidad de precipitación en Patla con respecto a Laguna. Es posible que los ciclones tropicales tengan más influencia sobre la barranca que sobre la parte alta de la cuenca. También puede observarse que Laguna presenta canícula, aunque ésta es ligera.

La precipitación influye en la vegetación en forma importante, desde las funciones fisiológicas normales de las plantas hasta la selección de especies y la variedad de los tipos de vegetación. Por ejemplo, un pino común en la subcuenca es el Pinus patula, el cual crece principalmente con precipitaciones superiores a los 1000 milímetros. Como comunidades vegetales se pueden citar al Bosque mesófilo de montaña y a la selva perennifolia, cuyas necesidades hídricas requieren de precipitaciones superiores a los 1500 mm. (Rzedowski, 1981).

Puede apreciarse también que todos los tipos de vegetación están adaptados a condiciones altas de humedad, aún en los meses secos en los cuales hay un promedio de 8 días con lluvia apreciable, mientras que en los meses húmedos llega hasta 23 días con lluvia (SARH, 1976). Sin embargo, a pesar de la alta precipitación no existen problemas graves causados por exceso de agua, ya que los suelos tienen buen drenaje y las especies arbóreas nativas e inducidas consumen una gran cantidad de agua. La potencialidad del riesgo de inundación se da en lugares donde ha habido tala de árboles con su consecuente arrastre de tierras.

Aunque las precipitaciones diarias son muy abundantes (hasta 232

mm. en 24 horas), no ocasionan graves daños a la cubierta vegetal, ya que se presentan principalmente como lloviznas continuas y no como fuertes chubascos. El granizo sí daña a las plantas, sobre todo a los renuevos, pero raramente se registra en la zona (unas dos veces al año). Los fenómenos meteorológicos que ocasionan más daño son las heladas y las nevadas, que afectan principalmente las partes superiores de la subcuenca. En la parte media se registran hasta 10 heladas al año, lo cual ocasiona graves daños a la agricultura, la fruticultura y a las escasas zonas con prácticas silvícolas. La región también presenta un índice relativamente alto de tormentas eléctricas, más de 20 al año. Los incendios forestales provocados por rayos no son muy frecuentes dada la elevada humedad, con excepción de la zona I que tiene menor densidad de árboles y un número mayor de meses secos que el resto de la subcuenca.

La orientación de la región de estudio también favorece la presencia continua de nieblas, registrándose un promedio de 120 días nublados al año. Este dato la convierte en la zona con mayor número de días nublados en el país. Este evento meteorológico es otro de los factores que favorecen la existencia del Bosque mesófilo de montaña, también conocido como "Cloud forest" o "selva nublada".

Las nieblas proporcionan al ambiente una humedad alta, en la zona se presenta un promedio anual superior al 60%. Por otra parte, la humedad tiene influencia sobre la evapotranspiración -índice de pérdida de agua por parte de animales y plantas-, manteniéndose en una relación inversamente proporcional: a mayor humedad, menor evapotranspiración.

El viento también constituye un elemento importante en su relación con la vegetación. Desplaza las masas de aire húmedas provenientes del mar y provee de humedad a la región. También incide en las fluctuaciones de la evapotranspiración. Bennett (1981) menciona que "en lo alto de los farallones donde el viento es casi continuo, los árboles presentan un crecimiento asimétrico; esto y el crecimiento

uniforme en los árboles del bosque, se debe en gran medida a la muerte de los renuevos más expuestos a consecuencia de la excesiva transpiración".

Por otra parte, el viento actúa como un agente mecánico que motiva la caída de hojas, principalmente de los caducifolios, por ejemplo la magnolia o el liquidámbar; sin embargo, el viento excesivo puede provocar daños a los árboles y los renuevos.

El viento también actúa como un agente de propagación de las semillas (dispersión anemocoria). En la subcuenca estudiada, los vientos dominantes son procedentes del Noreste (alisios) y transportan semillas y polen hacia las partes altas. Por esta causa, es posible encontrar especies de helechos del bosque mesófilo de montaña en altitudes superiores a los 2000 metros, que mueren rápidamente a causa del frío.

La vegetación también ejerce influencia hacia los climas, ya que regulan la humedad, mantienen una temperatura poco extremosa, sirven de barreras contra la acción mecánica del viento, favorece la presencia de lluvias, etc. La creciente deforestación en la subcuenca del Necaxa ha ocasionado modificaciones a los climas locales, por ejemplo, temperaturas más extremosas y disminución de la precipitación anual, además de un mayor impacto del viento sobre las localidades y los cultivos.

## HIDROLOGIA

En la zona se presenta una relación estrecha entre el clima y la hidrología, ya que ésta es condicionada principalmente por la precipitación.

En este punto se considerarán brevemente algunas características hídricas de la subcuenca con origen natural. El sistema de presas, canales y túneles que componen el Complejo Hidroeléctrico se analizarán más adelante, dentro de los Factores Antrópicos.

La zona de estudio corresponde a la subcuenca hidrológica de Necaxa,

a su vez comprendida dentro de la cuenca del Tecolutla que finaliza en el Golfo de México. La subcuenca tiene una forma triangular, teniendo como vértices algunas montañas cuyas cimas llegan a los 2700 metros de altitud.

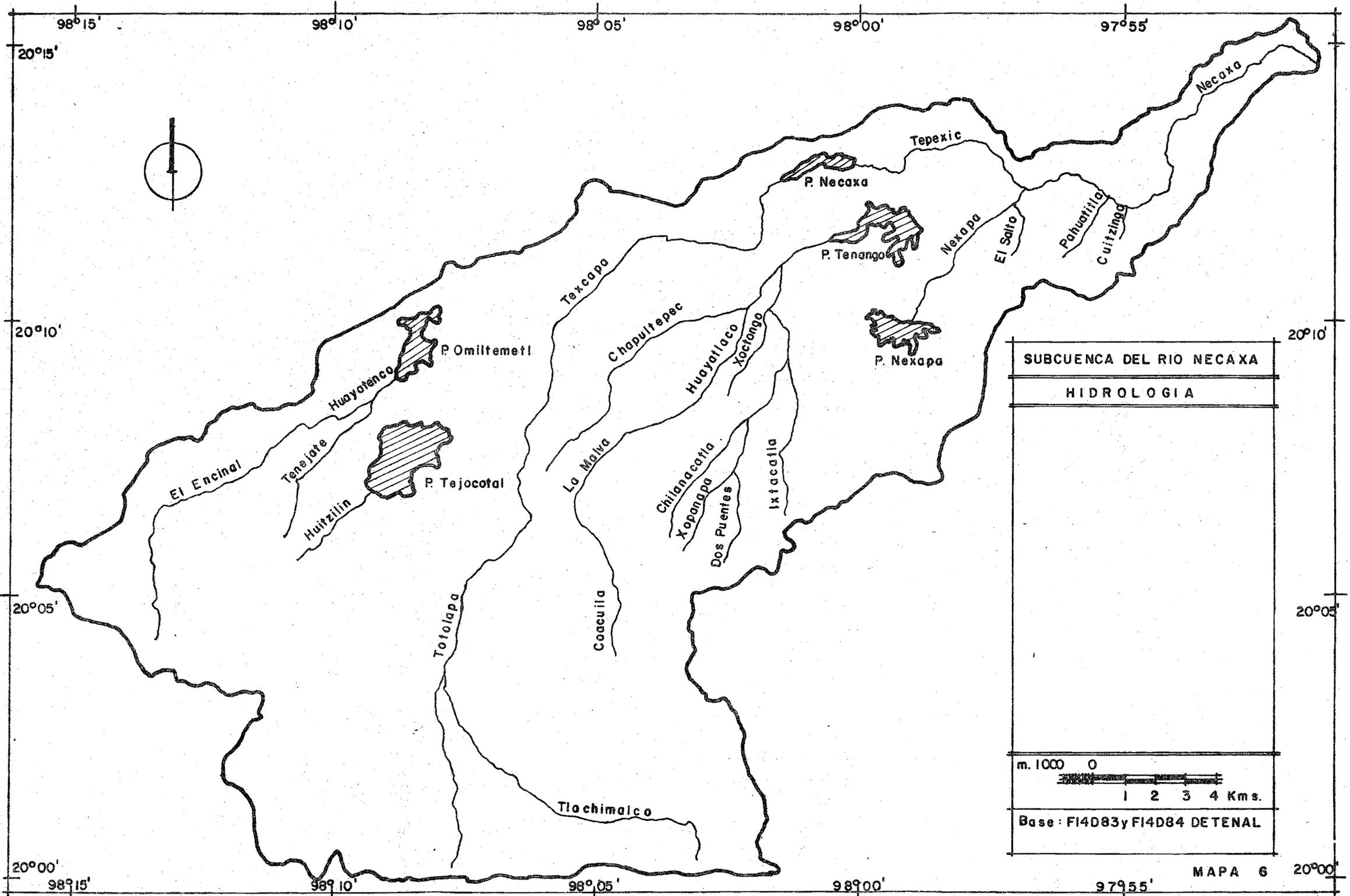
Las montañas y planicies volcánicas, correspondientes a la zona I y con una constitución basáltica, manifiestan una densidad baja de corrientes, debido a que el material es más compacto y por lo tanto es más difícil de ser abierto por la incisión de los ríos, además de que la precipitación es menor que en otras zonas (unos 1500 mm), y la pendiente es más débil. En esta zona se presentan algunos ríos de corta longitud como el Tenejate, el Huitzilín y el Huayatenco, los cuales desaguan en las presas de Tejocotal y Omiltemetl. El cauce principal en esta zona es el Totolapa, que posteriormente es llamado Necaxa.

La zona II presenta una mayor densidad de drenaje, debido al cambio de pendiente y de litología, constituido principalmente por tobas transportadas, las cuales son más deleznable que los basaltos y las calizas, y por tanto favorecen el desarrollo de barrancos y de ríos. Por otra parte, la zona recibe mayor influencia de las masas de aire húmedas que favorecen una mayor cantidad de precipitación que alimentará a las corrientes.

En esta zona surgen corrientes importantes como el río Chapultepec, el Huayatlaco, el Chilanacatla, el Xoxtongo, etc., los cuales desaguan principalmente en la presa de Tenango, y de aquí se comunica con el vaso de Necaxa.

El río Necaxa sigue su curso hacia la barranca, y se alimenta por otras corrientes permanentes como el arroyo El Salto, el río Pahuititla y el Cuitzongo, entre otros. La barranca está constituida por paredes de basalto y por calizas en la parte inferior, por lo que la dureza de estos materiales es una limitante para la incisión de corrientes.

Como se aprecia en el mapa 6, la zona con mayor número de corrientes



se presenta en la zona II y III, en donde también se presentan las mayores masas de bosque mesófilo que se favorece por el aporte continuo de agua; en cambio, el bosque de coníferas se presenta en lugares con pocos ríos permanentes, sin embargo, la fuerte infiltración permite el crecimiento de especies que requieren de una gran humedad.

Las corrientes principales de agua son el principal factor que origina los bosques de galería, manteniéndose estos principalmente en áreas con procesos de desertificación provocadas por las deforestaciones.

El avance del hombre sobre los bosques ha traído como consecuencia una disminución de los mantos freáticos, y por lo tanto, una disminución e inclusive una desecación de los manantiales y de los ríos, que pueden afectar en cierto grado a las presas del sistema Necaxa.

#### c) FACTOR EDAFICO-BIOTICO

Existe una relación estrecha entre el suelo y la vegetación. La existencia de uno está casi siempre en función de la existencia del otro. Si desaparece o se deteriora uno de ellos, la probabilidad de afectación del otro es muy alta. Si no hay suelo, las raíces de una planta difícilmente podrán obtener sus nutrimentos, y si no hay vegetación, el suelo estará más expuesto a los procesos erosivos.

El suelo es resultado de la interacción de varios componentes ambientales, como el sustrato rocoso, los climas, el relieve e incluso factores de carácter biótico (plantas, animales y microorganismos), como se puede apreciar en el esquema de Bennett.

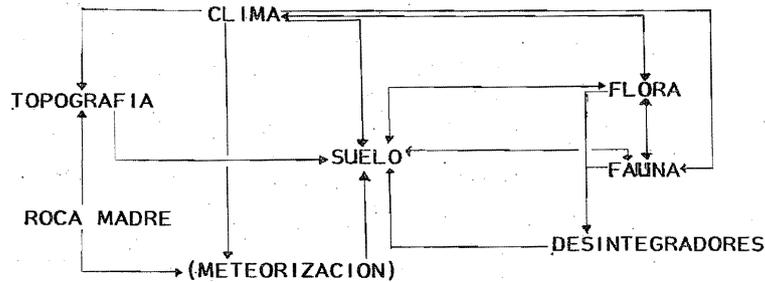


Fig. 6 : Factores que afectan al suelo.  
(modificado de Bennet, 1981)

Este conjunto de componentes generan la formación de suelo. En las líneas siguientes se mencionará muy brevemente este proceso.

La edafogénesis comienza con la meteorización de la roca, y se origina a partir de la acción de agentes externos como la lluvia, el viento, la gravedad, etc. Esta meteorización puede ser física: fragmentación mecánica, o química: resultado de reacciones entre compuestos que provocan oxidación, hidrólisis, etc. El producto final es una mezcla de materiales fragmentados cuya proporción de arenas, limos y arcillas determina la textura del suelo. Posteriormente los organismos descomponedores generan a partir de la materia orgánica una capa húmica que permite un mejor funcionamiento de la dinámica de la vegetación.

La subcuenca del Necaxa tiene características ambientales que favorecen la formación de suelos en una forma rápida: las temperaturas elevadas, la precipitación abundante y las pendientes abruptas, que juntas permiten la meteorización del sustrato. La diversidad de rocas da lugar a un mayor número de procesos; ésto genera una amplia variedad de suelos que tienen repercusión en las masas arbóreas.

Según la clasificación de la FAO modificada por DETENAL, la zona presenta los siguientes tipos de suelo: andosol, acrisol, luvisol, regosol, cambisol, rendzina, fluvisol, vertisol y litosol. Su distribución espacial se expresa en el mapa 7.

Los andosoles constituyen el tipo más abundante de la subcuenca. Este suelo es típicamente derivado de material volcánico, que aquí se encuentra en una proporción alta. Su localización corresponde a los basamentos volcánicos, aunque también se presenta como suelos secundarios sobre un material sedimentario, en las proximidades de las presas, posiblemente a consecuencia del arrastre de estos suelos.

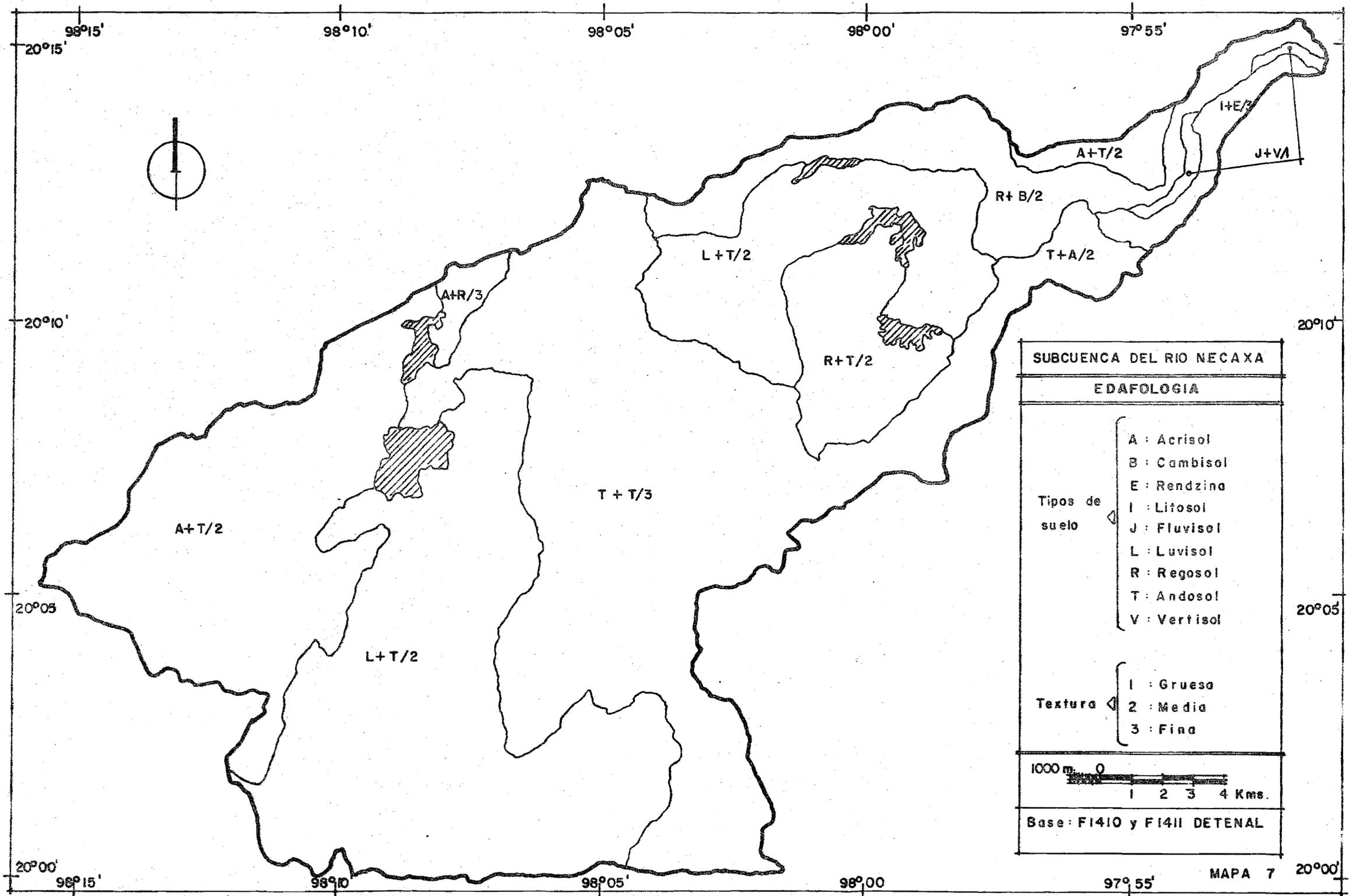
Los andosoles se presentan bajo condiciones diversas de temperatura y precipitación, ya que el factor edafogenético principal en este caso es el sustrato geológico y no el clima. Se encuentra en un rango altitudinal entre los 1300 y los 2700 metros. En general, este suelo es de desarrollo bajo, con poca profundidad, pH cercano a la neutralidad, textura media y un contenido variable de materia orgánica.

Estas características edáficas tienen relación con la vegetación. Se encuentran bajo bosques de coníferas y mixtos, los cuales toleran un pH ligeramente más ácido que el bosque mesófilo, aunque éste también crece sobre andosoles debido al relieve y a la orientación particular en algunas zonas.

Algunos de los cultivos (principalmente maíz) tienen una producción media o baja, ya que estos suelos tienden a retener el fósforo e impiden que este sea tomado por las plantas. Los andosoles presentan una susceptibilidad alta a la erosión, por lo que la deforestación tiene consecuencias graves sobre estos suelos; un ejemplo de ello se presenta en un margen de la presa de Tenango, donde la inexistencia de plantas ha favorecido la formación de bad-lands\*, un proceso común en los suelos volcánicos.

Los acrisoles se presentan únicamente en dos porciones de la región de estudio: en parte de la zona I (2300-2700 m), y en una pequeña

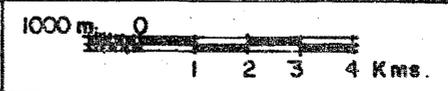
\*El término se encontró como bald-land y como bad-land. En este trabajo se empleará el segundo término debido a su mayor difusión. Hasta ahora, no se ha aceptado un equivalente en castellano para este proceso.



SUBCUENCA DEL RIO NECAXA

EDAFOLOGIA

Tipos de suelo	A : Acrisol
	B : Cambisol
	E : Rendzina
	I : Litosol
	J : Fluvisol
	L : Luvisol
	R : Regosol
	T : Andosol
V : Vertisol	
Textura	1 : Gruesa
	2 : Media
	3 : Fina



Base: F1410 y F1411 DETENAL

porción al noreste de la subcuenca, en las proximidades del pueblo de Mazacoatlán (900-1200 m). Este suelo se caracteriza por encontrarse en zonas muy lluviosas, tener un pH bajo, y una importante concentración de arcilla; tales características corresponden a su localización dentro de la subcuenca. Las dos zonas coinciden con un basamento de tobas ácidas, lo cual puede favorecer a su coloración y la textura media y fina que presentan estos suelos.

No existe una correlación directa entre acrisoles y tipos de vegetación. La zona alta tiene un predominio de bosque de coníferas, en tanto que en Mazacoatlán existen pastizales, aunque posiblemente la vegetación original en este lugar era de tipo bosque mesófilo. La relación estriba únicamente en que tanto los acrisoles como especies con características de zonas húmedas, como el Pinus patula, el liquidambar styraciflua, etc. son propias de ambientes muy húmedos.

Los luvisoles presentan una clara coincidencia con el relieve, ya que se presentan en la gran planicie situada al sur de Tejocotal y en otra planicie en donde se asientan las ciudades de Huauchinango y Nuevo Necaxa; además se encuentran en la mayor parte de las márgenes de las presas de Necaxa, Tenango y Nexapa, coincidiendo con un sustrato rocoso de tipo volcánico. Sus características físicas son semejantes a los acrisoles, aunque son menos ácidos que éstos y con mayor fertilidad. Esta característica se manifiesta en la agricultura de la zona, consistente en maíz, trigo, cebada y avena en la porción sur de Tejocotal y de frutales, flores y café con buenos rendimientos en las proximidades de Huauchinango. El relieve más o menos plano sobre el que se asientan los luvisoles, así como la fertilidad de éstos, han motivado el avance de la agricultura, y por ende, la desaparición casi total de la cubierta forestal, que consistía principalmente de bosque de coníferas y bosque mixto.

Estos suelos presentan una susceptibilidad alta a la erosión, misma que se incrementa al desaparecer la cubierta vegetal natural.

Los regosoles se caracterizan por su coloración clara, la ausencia de capas distintas y su pedregosidad, ya que se encuentra en las laderas de las sierras. En la subcuenca de este estudio coincidí claramente con un sustrato de rocas sedimentarias: caliza y caliza-lutita presentada sobre un relieve abrupto de montañas o de barrancas, ambas con una pendiente superior a los 35°. El regosol presenta cierta correspondencia con la vegetación, aunque ésta obedece más bien a las condiciones altitudinales y morfológicas de la zona en que se presentan. De este modo, se encuentran asociados a bosques mixtos y mesófilos, con diversas especies de encinos y algunos pinos. Es posible que los suelos derivados de calizas tengan cierta influencia positiva sobre los encinos y hasta cierto punto negativa sobre los pinares, ya que aunque la altitud y la morfología pudieran favorecer el desarrollo de éstos, casi no se presentan en comunidades importantes.

Una porción considerable del Bosque mesófilo se encuentra sobre estos suelos, y tienen un grado de perturbación bajo debido a que la pedregosidad propia del regosol dificulta las labores agrícolas; sin embargo, se detectan algunos cafetales sembrados en estas condiciones.

En el fondo de la barranca, como ya se ha mencionado, existen algunas especies representativas de bosques tropicales (perennifolio y subperennifolio), favorecidas por la temperatura y la humedad elevada; además se encuentran bosques de galería constituido principalmente por sauces y álamos. En algunos sectores del lecho del río hay una mayor penetración de las actividades agropecuarias; este hecho ha provocado la disminución y probablemente la extinción de algunas de las especies semitropicales naturales de la zona.

Los cambisoles, al igual que los suelos restantes, ocupan una porción muy específica dentro de la subcuenca del Necaxa; en este caso corresponden a suelos secundarios alternados con regosoles en las montañas y barrancas de constitución sedimentaria. Los cambisoles se caracterizan por ser suelos poco desarrollados, propios de zonas húmedas y subhúmedas, que tienen un alto contenido de arcillas, de carbonato de calcio,

fierro, manganeso, etc., y que alcanzan poca profundidad. Al igual que los regosoles, se encuentran bajo bosques mixtos y mesófilos.

Las rendzinas también se presentan como suelos secundarios, alternados con litosoles en la ladera sur de la barranca de Necaxa. Son suelos comunes en zonas semihúmedas y húmedas, derivados de las rocas calizas. Dado que se encuentran en zonas con asentamientos humanos, no se presentan comunidades boscosas sino pastizales empleados para ganadería y agricultura de temporal. Es posible que su rendimiento sea bajo debido a las pendientes fuertes y a la abundancia de material rocoso en el perfil. Por su orientación, características climáticas y el relieve en que se presentan, las zonas con rendzinas pudieron haber tenido bosque mesófilo como vegetación original.

El fluvisol se localiza en una pequeña porción en el fondo de la barranca, en donde existen lechos extensos que permiten cierta formación de suelo; sin embargo, está sujeto a crecidas del río que transportan y depositan nuevos materiales, por lo que no existe una vegetación estable sobre estos suelos (únicamente arbustos).

Los vertisoles se encuentran alternados con el fluvisol, y posiblemente se originen a partir de cubetas de decantación en el lecho del río. La vegetación se da en forma similar al tipo anterior.

Finalmente, se presentan los litosoles en lugares donde aflora la roca madre, sea ésta de cualquier tipo; además de lugares con deforestación intensa. Las plantas que crecen en estos suelos son principalmente herbáceas, ya que no hay espacio suficiente entre las rocas para que se desarrollen los suelos o para que crezcan raíces grandes. Se localizan asociados con las calizas en la ladera sur de la barranca de Necaxa y en lugares aislados en los montes de toda la subcuenca.

#### FACTORES BIOTICOS

Los factores bióticos son todas las manifestaciones de vida, sean estos

vegetales o animales. Tienen una relación estrecha con el suelo, ya que la descomposición de organismos muertos favorece la formación de materia orgánica y humus que ayudan en los procesos edafogenéticos. También se presenta una influencia recíproca cuando el suelo sirve de sostén y fuente de alimentación para los vegetales, formándose las cadenas tróficas.

Las características morfológicas y altitudinales de la subcuenca del Necaxa, condicionan la existencia de una amplia gama de especies tanto animales como vegetales. Las especies originarias de la zona se han visto reducidas en número, y muy posiblemente algunas ya se han extinguido debido a las alteraciones provocadas por el hombre.

En la zona existe actualmente fauna de tipo neártica y neotropical, y todavía pueden encontrarse tejones, mapaches, ardillas, zorras, temazates, así como una gran diversidad de aves y de reptiles. La destrucción de los bosques ha provocado que los animales emigren hacia zonas más recónditas al ser alterado o destruido su hábitat natural; o bien muchas especies han sido erradicadas debido al valor comercial que representan, por ejemplo: venados y ocelotes. Al sobrevenir la deforestación, también se afecta la microfauna que habita en el suelo y en los árboles, incluyendo las bacterias descomponedoras de materia orgánica que ayudan a la fertilidad del suelo.

Los vegetales pueden estudiarse tomando como base su constitución: leñosas y no leñosas. Las leñosas, que conforman las comunidades forestales, se analizarán con detalle en el capítulo dos.

Las plantas no leñosas se encuentran en todos los tipos de vegetación de la zona (bosque de coníferas, bosque mixto, bosque mesófilo y selva media), y proporciona una cobertura importante que protege al suelo de la erosión. En algunas localidades, por ejemplo en las proximidades de la presa de Tejocotal, hay problemas de erosión laminar en un predio reforestado, debido a que no existe una cubierta arbustiva o herbácea que proteja al suelo; por otra parte las gotas de lluvia

compactan el suelo y no permiten la fácil germinación de las semillas de los árboles. Las plantas no leñosas, a pesar de que tienen menor aprovechamiento y menor valor comercial que los árboles, tienen un papel importante dentro de la dinámica de los ecosistemas. Dado que todos los arbustos y hierbas forman parte de comunidades arbóreas, se explicarán sus especies y distribución con más detalle en el siguiente capítulo.

#### d) FACTOR ANTROPICO.

Desde el punto de vista político-administrativo, la zona de estudio pertenece a dos estados: Hidalgo (municipio de Acaxochitlán) y Puebla (parte de los municipios de Huauchinango, Ahuazotepec, Zacatlán, Zihuateutla y Juan Galindo).

La interrelación entre el hombre y las comunidades forestales pueden estudiarse desde tres puntos de vista: demográfico, económico y tecnológico.

##### 1. Aspectos demográficos:

La población asentada en las principales ciudades es mestiza, mientras que la mayor parte de la zona rural está poblada por indígenas nahuas. Se encuentran algunos totonacos en el municipio de Zihuateutla. Los indígenas aún conservan muchas de sus tradiciones en el lenguaje, vestido, festividades, alimentación, etc., sin embargo, la penetración mestiza ha ocasionado un decremento de los valores culturales propios de la comunidad, y ésta se ha ido incorporando paulatinamente a la forma de vida del mestizo. El municipio más poblado de la zona es Huauchinango, con 85,000 habitantes aproximadamente. Su cabecera es la ciudad de Huauchinango con unos 50,000 habitantes aproximadamente. Esta localidad ha tenido un crecimiento demográfico muy intenso, ya que pasó de 25,000 habitantes en 1970 a más de 50,000 en 1985; es decir, la población se duplicó en tan sólo 15 años. La situación de este municipio es similar a los otros que conforman el área de

estudio. Es importante destacar que esta zona tiene una de las densidades de población más altas del estado. Nuevo Necaxa, la cabecera del municipio de Juan Galindo, también ha tenido un incremento de población semejante a Huauchinango, además, se suma el hecho de que en esta población se encuentran las oficinas administrativas del Complejo Hidroeléctrico y también las plantas hidroeléctricas de Necaxa y Tepexic. De hecho, gran parte de la población de Nuevo Necaxa (el poblado original fue inundado cuando se llenó la presa) está involucrada con el Complejo.

Estas dos ciudades, Huauchinango y Nuevo Necaxa, están próximas a los bosques. Junto a Huauchinango existe una comunidad arbórea importante de encino-pino, y cerca de la segunda ciudad se da el bosque mesófilo de montaña. Ambas localidades han crecido ganándole terreno al bosque, por lo que las áreas forestales adyacentes a las cabeceras municipales se encuentran con un alto grado de perturbación.

La baja alteración de las comunidades forestales en las cercanías de las ciudades se debe a dos factores; el primero que son las fuertes pendientes, lo que impide el acceso y el establecimiento de predios. El segundo: la ubicación dentro de la jurisdicción del sistema, lo que mantiene un área más o menos conservada de bosque mesófilo de montaña y que impiden las actividades económicas y los asentamientos humanos en esta comunidad.

En las áreas rurales, la situación de los bosques no es más favorable. La escasez de espacios adecuados para la agricultura obliga al campesino a talar los bosques para poder sembrar sus cultivos, aún en lugares con una pendiente fuerte. Se llegaron a observar terrenos para cultivos sobre pendientes con 43° de inclinación.

La situación se presenta crítica en la cuenca de captación de la presa Nexapa, una de las zonas con mayor densidad de población rural, la cual requiere de una gran cantidad de alimentos para

satisfacer sus necesidades. Esta zona estaba originalmente cubierta por bosques de encino-pino y mesófilos; en la actualidad se conserva únicamente un 15% cubierto con bosques, y el resto ha sido desmontado para cultivos. Pudo observarse que los surcos están dispuestos en forma paralela a la pendiente, lo que ocasiona que las fuertes lluvias acarreen los suelos, llevándose consigo los pesticidas y los fertilizantes químicos. Todo esto va hacia la presa y aumenta el azolvamiento y los procesos de eutrofización en el embalse. La situación observada en la cuenca de Nexapa se puede extender a la mayor parte de la zona montañosa de la subcuenca de Necaxa.

Los problemas de la población son similares al resto de la población indígena del país. Existen problemas de desnutrición, analfabetismo, alcoholismo y enfermedades, principalmente de carácter respiratorio en las partes altas y gastrointestinales en las zonas semicálidas.

Las relaciones entre el bosque y el hombre son importantes ya que el primero proporciona frutos y medicamentos, fibras, combustible vegetal y materia prima para construcciones, entre otras cosas, por ello un buen manejo del bosque proporciona beneficios tanto al medio natural como al cultural.

## 2. Aspectos Económicos :

Las actividades económicas son el principal reflejo del hombre como modificador del medio ambiente. En la región de estudio, estas actividades han transformado en gran manera los paisajes naturales. Aproximadamente el 50% de la subcuenca del Necaxa se encuentra cultivado sobre áreas originalmente boscosas. Los cultivos de la zona se eligen a partir de las condiciones climáticas prevalecientes; de este modo, en las partes altas de la cuenca (superiores a los 2000 metros de altitud) se encuentran cultivos como maíz y frijol, en temporada de primavera-verano; y trigo, cebada y avena durante otoño e invierno. A pesar de que el clima es favorable para el desarrollo de estos cultivos, no existe

una producción abundante, ya que se carece de maquinaria adecuada, créditos para el campesino y de asistencia técnica. Además de ésto, los campesinos de la zona enfrentan problemas de plagas y enfermedades de los cultivos, como el nenech y la conchiela en el trigo y el gusano cogollero en el maíz. Adicionalmente se presentan heladas fuertes y algunas nevadas que llegan a destruir los cultivos.

La vegetación original de esta porción era de bosque de coníferas; en la actualidad, estas masas arbóreas se encuentran principalmente en las montañas situadas al SE y SW de la presa de Tejocotal. Hacia el sur de esta presa, existe una planicie con una pendiente mínima, la cual está totalmente cubierta por cultivos. Es muy posible que originalmente esta planicie estuviera cubierta por bosques de coníferas, ya que la temperatura y la humedad son favorables para su desarrollo.

A medida que disminuye la altitud van cambiando algunos cultivos, que ya no son tan resistentes al frío. De los 1200 a los 2000 metros se produce col y chile, además del maíz y el frijol que prácticamente se encuentran en toda la subcuenca. También se cultivan algunos frutales como el durazno, aguacate, chirimoya, capulín y ciruela. Estos cultivos se encuentran situados en lugares con relictos de bosques mixtos; gran parte de ellos ya han sido talados, pero aún prevalece una comunidad importante que está poco alterada debido al difícil acceso y a la topografía abrupta.

El bosque mesófilo de montaña, como ya se ha mencionado, se encuentra en lugares muy específicos, principalmente en cañadas protegidas de la acción directa de los rayos solares y con alta humedad y nubosidad. En esta zona se ha introducido café, debido a que las condiciones ecológicas son propicias para el desarrollo de este producto. La ventaja que ofrece este cultivo es que únicamente se rozan los arbustos y se sustituyen por cafetos, manteniéndose el estrato arbóreo para dar sombra al cultivo. Por otra parte,

los cafetos aminoran la fuerza de las lluvias e impiden el arrastre de los suelos. Sin embargo, un gran número de especies arbustivas propias del bosque mesófilo de montaña, como los helechos arborescentes son quitadas para introducir el café. La producción de este cultivo es abundante y de buena calidad, y destacan las variedades de café Bourbon, Nuevo Mundo, Oro, etc.

La ganadería de la subcuenca del Necaxa no es muy abundante, y su crianza es principalmente para usos familiares. El ganado vacuno es el más importante, ya que además de ser fuente de carne y productos lácteos, sirve para arar las tierras destinadas al cultivo. En la zona hay también ganado lanar, porcino y caprino; y en los últimos años se le ha dado impulso a la avicultura y la apicultura.

La ganadería ocasiona trastornos serios a las comunidades forestales, ya que los animales se comen o aplastan las plántulas, y por tanto impiden en cierto grado la regeneración natural.

Otras actividades económicas primarias de menor importancia son la pesca, que es practicada en algunas de las presas; y la extracción de materiales como el caolín en las cercanías de Ahuazotepec o la caliza cerca de Necaxa. La explotación forestal es principalmente para uso doméstico, para leña y artículos sencillos a excepción de la zona circundante a la presa de Tejocotal.

Desde el punto de vista forestal, la parte alta de la cuenca pertenece a la región Chignahuapan-Zacatlán del estado de Puebla. (SARH, 1989). A pesar de que el gobierno estatal decretó veda indefinida en 1947, la explotación se ha dado de una forma masiva por un aserradero en la ciudad de Huauchinango. Aquí se explota principalmente madera de pino y liquidámbar, y se transforma en pilotes y tablas. Los árboles empleados son de una altura media de 25 metros y unos 60 cm. de diámetro. De cada árbol, se emplea el 40% para la producción de madera y el 60% restante para leña y carbón vegetal.

Las comunicaciones y los transportes también tienen influencia sobre las masas forestales. Al abrir una brecha o una carretera, es necesaria la tala absoluta de los árboles, y las comunidades adyacentes a los caminos tienden al cambio. Surgen especies secundarias que tienen una mayor resistencia a los cambios en un microambiente determinado y al paso continuo de personas, animales y vehículos. Gran parte de las especies naturales mueren al ser cambiadas sus condiciones ecológicas, en este ejemplo, debido a la creación de caminos.

En general, la zona de estudio tiene una red de comunicaciones poco densa. Las dos carreteras principales son la de Tejocotal-Zacatlán y la México-Poza Rica, que atraviesa transversalmente la subcuenca. Existen otros caminos secundarios pavimentados, de menor importancia y longitud, como un camino que comunica a una torre de microondas, o algunos otros que enlazan a algunas plantas hidroeléctricas. El resto son caminos de terracería con poco flujo de vehículos, que comunican a las comunidades indígenas con los principales poblados. Estos caminos atraviesan por comunidades arbóreas poco alteradas, en cambio, las especies ubicadas a las orillas de las carreteras pavimentadas, se encuentran en un alto grado de perturbación.

La industria de generación de energía eléctrica también forma parte de las actividades económicas que guarda relación con la vegetación, sin embargo, por la importancia que tiene en este estudio, se tomará como un aspecto aparte en el siguiente punto.

### 3. Aspectos Tecnológicos (Sistema Hidroeléctrico de Necaxa).

En este punto se enfatizará sobre el Complejo Hidroeléctrico de Necaxa, el cual actúa en su conjunto como un medio de transformación de elementos naturales en elementos útiles al hombre (tecnología), en este caso, la transformación de la energía cinética del agua a la generación de energía eléctrica.

En la zona existen tres tipos básicos de infraestructura hidroeléctrica: presas, plantas y una subestación eléctrica.

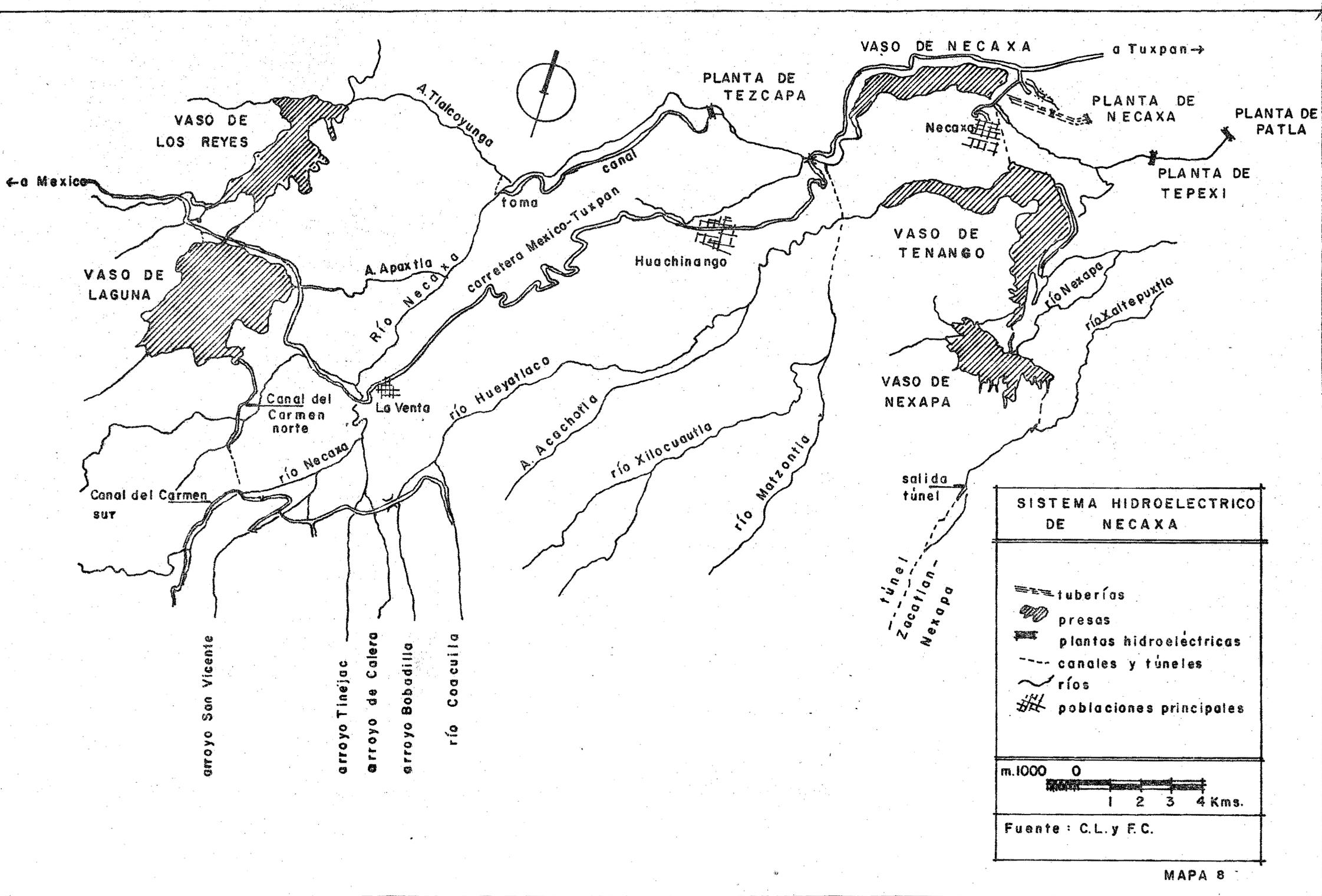
La presa de Necaxa fue la primera en terminarse en todo el Sistema, en el año de 1909, aprovechándose las aguas del Arroyo Necaxa. En 1910 se concluyeron las obras de las presas de Tenango, Nexapa y Omiltemel o Los Reyes., y en 1912 se concluyó el embalse de Laguna o Tejocotal. Se aprovecharon algunos ríos como el Xaltepuxtla, el Coacuilá y el Apaxtla para abastecer de agua al sistema. Paralelamente a la construcción de cortinas, se hizo una serie de canales y túneles que comunicaban a las presas, y destaca el llamado Túnel de Zacatlán, que comienza en un punto situado cerca de la población del mismo nombre. Capta una serie de manantiales y arroyos, y después de 30 kilómetros de recorrido concluye en la presa de Nexapa. De aquí hay un canal de corta longitud que desagua a Tenango, y finalmente llega a Necaxa por un tercer canal.

A partir de los vasos de Los Reyes y Laguna salen conductos que confluyen a los arroyos de Apaxtla y Tlalcoyunca, los cuales son afluentes del río Necaxa o Texcapa (ver mapa 8).

El abastecimiento continuo de agua proveniente del río Necaxa y el vaso de Tenango, aunado a la precipitación abundante durante todo el año, hacen que el embalse principal (Necaxa) tenga suficiente cantidad de agua durante todo el año para satisfacer los objetivos de generación de energía eléctrica.

A partir de Necaxa salen otras tuberías y llegan al borde de la barranca. Los conductos atraviesan un monte y sufren un desnivel de casi 500 metros; en este trayecto el agua aumenta de velocidad y llega finalmente a la casa de máquinas situada en el fondo de la barranca. Esta planta, también llamada Necaxa, tiene diez turbinas que juntas producen un total de 115,500 kw.

Aguas abajo se encuentran otras dos plantas, Tepexic y Patla. Esta úl



SISTEMA HIDROELECTRICO DE NECAXA	
	tuberías
	presas
	plantas hidroeléctricas
	canales y túneles
	ríos
	poblaciones principales
m.1000 0  1 2 3 4 Kms.	
Fuente : C.L. y F.C.	

MAPA 8

tima está enlazada con Necaxa por un túnel de 6200 metros de longitud.

La cuarta planta hidroeléctrica del Sistema se ubica sobre el río Texcapa, poco antes de llegar a la presa de Necaxa. El número de turbinas, así como la producción de cada planta, aparece en el cuadro siguiente :

NOMBRE	MUNICIPIO	PRODUCCION	No. DE TURBINAS
Necaxa	Juan Galindo	115,000 kw.	10
Patla	Zihuateutla	45,600 kw.	3
Texcapa	Huauchinango	5,367 kw.	1
Tepexic	Huauchinango	45,000 kw.	3
	Total :	210,967 kw.	17

=====  
Cuadro 2 : Producción de Energía Eléctrica en el C.H.N.

El Complejo Hidroeléctrico de Necaxa produce, por todas sus plantas el 47.3% del total de energía generada en todo el estado de Puebla.

Las presas tienen la peculiaridad de localizarse en la parte alta y media de la cuenca, y no en la parte baja como la mayoría de las existentes en el país. Teóricamente, el motivo de construirlas en esta porción fue aprovechar los fuertes escarpes en la barranca para aumentar la fuerza del agua y el volumen de agua de las presas. Cada embalse tiene características distintas en cuanto al medio natural que los circunda y las condiciones hidrológicas y técnicas de las presas. Estas características se resumen en los dos cuadros siguientes. La explicación de cada componente en el primer cuadro se ha descrito en los apartados anteriores.

PRESA	ALTITUD	SUBSTRATO GEOLOGICO CIRCUNDANTE	FUENTE DE ABASTECIMIENTO.	TEMP.	PREC.	SUELO	VEGETACION
NECAXA	1330 m.	CALIZAS Y TOBAS	RIO NECAXA	17.6°	2410 mm.	REGOSOLES LUVISOLES	BOSQUE MIXTO, PASTIZAL INDUCIDO
TENANGO	1349 m.	TOBAS Y CALIZAS	R. COACUILA	17.5°	2300 mm.	LUVISOLES REGOSOLES	PASTIZAL INDUCIDO BOSQUE MIXTO
NEXAPA	1360 m.	CALIZAS Y TOBAS	R. XALTEPUXTLA.	17.5°	2181 mm.	REGOSOLES LUVISOLES	PASTIZAL INDUCIDO BOSQUE MIXTO Y BOSQUE MESOFILO.
LAGUNA (TEJOCOTAL)	2148 m.	BASALTOS	R. APAPAXTLA	15.0°	1500 mm.	ACRISOLES LUVISOLES ANDOSOLES	BOSQUE REFORESTADO DE PINOS. AGRICULTURA DE TEMPORAL.
LOS REYES (OHILTEMETL)	2165 m.	BASALTO, ARENISCA, CONGLOMERADO	R. APAPAXTLA	15.5°	1600 mm.	ACRISOLES ANDOSOLES	AGRICULTURA DE TEMPORAL PASTIZAL INDUCIDO BOSQUE DE PINOS.

CUADRO 3 : ELEMENTOS FISICOS EN LAS PRESAS DEL COMPLEJO HIDROELECTRICO DE NECAXA.

Elaboró : A. D'Luna.

PRESA	DATOS DEL VASO			DATOS DE LA CUENCA					
	AÑO DE TERMINACION	TIPO DE CORTINA	ALTURA	LONGITUD	VOLUMEN (MILES DE M3)	CAP. TOTAL	AREA	ESCURRIMIENTO ANUAL	GASTO MAXIMO REGISTRADO
NECAXA	1909	ENROCAMIENTO	58 m.	372 m.	3500	43,000	292 km <sup>2</sup>	504 hm <sup>3</sup>	593 m <sup>3</sup> /s
TENANGO	1910	TIERRA	39 m.	2912 m.	1389	50,000	210 km <sup>2</sup>	378 hm <sup>3</sup>	--
NEXAPA	1910	TIERRA	34 m.	325 m.	500	17,000	700 km <sup>2</sup>	320 km <sup>3</sup>	--
LAGUNA	1912	TIERRA	17 m.	675 m.	458	50,000	--	--	--
LOS REYES	1910	TIERRA	39 m.	118 m.	163	32,500	--	--	--

CUADRO 4: CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LAS PRESAS  
DEL COMPLEJO HIDROELECTRICO DE NECAXA

Elaboró : A.D. Luna.

Como puede apreciarse en el cuadro de elementos físicos de las presas del Complejo Hidroeléctrico de Necaxa, la mayor parte de la vegetación circundante a la presa es de pastizales inducidos y de cultivos de temporal; y en mínima parte son bosques, lo cual provoca la erosión de los suelos adyacentes con el consecuente riesgo de azolvamiento de las presas. La deforestación y sus consecuencias en las márgenes de las presas se desarrollarán en el Capítulo 2.

Las relaciones entre estas actividades tecnológicas y los bosques pueden verse desde un punto de vista negativo y otro positivo. Por un lado, al construirse las plantas hidroeléctricas, túneles, canales, caminos de acceso, subestaciones y edificios administrativos, fue necesario talar una importante extensión de bosques de coníferas, mixtos y principalmente mesófilos para poder edificar las construcciones. Además, al llenar las presas posiblemente quedaron inundadas otras comunidades arbóreas, o también pudieron haberse talado para las construcciones. Estos sucesos acontecieron a principios de siglo, y a la fecha no parecen haberse efectuado más cambios drásticos que afectarían las comunidades vegetales (a excepción de la planta de Patla construida en la década de los 50); no obstante, la cubierta forestal ha disminuido por otras razones de índole social y económica.

Sin embargo, esta idea de la dualidad es importante para el desarrollo de las poblaciones, y es necesario pagar un alto precio tanto financiero como ecológico. A más de 80 años de su construcción, siguen funcionando todas las plantas y todas las presas, y han proporcionado sus beneficios a los estados de Hidalgo y Puebla y a la Ciudad de México. Los embalses se han incorporado a la dinámica de los ecosistemas de la zona, además de constituir un beneficio visual para la población pues las presas de Tejocotal y Necaxa sirven como imanes de atracción turística. Es importante destacar que la industria hidroeléctrica es menos contaminante y menos riesgosa que las termoeléctricas o las nucleoeeléctricas. La Compañía de Luz y Fuerza, responsable del funcionamiento del Sistema, tiene también un área forestal protegida, ubicada entre la presa de Necaxa

y la planta del mismo nombre, además de algunas áreas con acceso restringido en donde han reforestado (Tejocotal y Omiltemetl), por lo que dicha compañía hace un intento por mejorar la situación forestal.

Las comunidades forestales tienen también cierta influencia en el Complejo Hidroeléctrico, ya que las raíces de las plantas retienen el suelo y reducen la erosión y el arrastre hacia las presas, deteniéndose otros fenómenos consecuentes como la eutroficación. Como se afirmó líneas arriba, en el capítulo 2 se hablará con más detalle respecto a la importancia de la vegetación en el Complejo Hidroeléctrico.

## CAPITULO 2. LOS RECURSOS FORESTALES.

### 2.1. LA VEGETACION Y SU INFLUENCIA EN EL MEDIO AMBIENTE.

Hasta ahora se ha hablado de algunas características ambientales en la subcuenca del Necaxa, así como la influencia recíproca que tienen con los tipos de vegetación y sus causas de distribución. En este inciso se explicará la importancia de los bosques en el medio natural y social, de modo que se aprecie la importancia de este recurso en el funcionamiento de la región y en la relación con cada uno de los componentes ambientales ya mencionados.

Los beneficios del bosque pueden considerarse desde dos puntos de vista: utilidad al medio natural y al hombre. (UNESCO,1980; Tricart,1982; Billings, 1970).

#### a) Utilidad del bosque al medio natural.

- Una masa boscosa en un buen estado de conservación proporciona protección a los suelos debido a que los árboles interceptan y reflejan las radiaciones solares, evitándose la quema de las plantas de los estratos inferiores.
- Modifican la fuerza de la precipitación e impiden la erosión del suelo por salpicamiento, y protegen a las plantas del impacto mecánico de las gotas.
- Sirven como cortinas que detienen la acción directa del viento y pueden modificar su trayectoria. Esto permite que las plantas puedan germinar sin ser arrastradas violentamente por el viento. Además, al ser reducida su intensidad decrece la potencialidad de transpiración de las plantas, y consumen una menor cantidad de agua, manteniéndose las concentraciones de humedad.
- Actúan como indicadores de condiciones o acontecimientos del medio ambiente en el pasado, manifestados a través de estudios paleopalínológicos (polen fósil) o por investigaciones dendronómicas (análisis de los anillos del árbol). Estos estudios dan evidencia

de incendios, cambios de temperatura y humedad, estado del suelo, etc.

- Permiten la absorción, reserva y liberación de algunos componentes químicos de la atmósfera, como son el anhídrido carbónico, el oxígeno y algunos elementos minerales del suelo y del aire, por lo que colaboran con los ciclos biogeoquímicos de la naturaleza.
- Ayudan a la captación y transformación de la energía proveniente del sol, tanto luminosa como química, a través de los procesos fotosintéticos, y procesan dicha energía para ser aprovechable para los seres vivos en forma de compuestos orgánicos.
- Colaboran para la disminución de sustancias químicas extrañas en la atmósfera, como los aerosoles, el humo, etc., además de otros elementos contaminantes como el ruido, por lo que ayudan a una mejor adaptación de los organismos a su hábitat.
- Favorecen la infiltración y las reservas de agua en el suelo, sea ésta líquida o higroscópica (adherida a las partículas), por lo cual favorecen la formación de capas de agua subterránea y la presencia de manantiales, deteniéndose los procesos de desertificación y desertización. Regulan el régimen hídrico superficial y favorecen el ciclo del agua.
- Constituye la fuente principal de materia orgánica para que posteriormente se transforme en humus y proporcione nutrientes al suelo, aumentando su fertilidad.
- Sirve como regulador de la temperatura del suelo, manteniéndola fresca y con suficiente humedad a lo largo del día y del año.
- ".modifica la epidermis de la tierra desde un punto de vista geoquímico. Sus raíces extraen los iones de las formaciones superficiales, forman un obstáculo a la migración mecánica de las partículas. Ocasiona una determinada rugosidad de la superficie que frena la arroyada y provoca la dispersión de parte de su energía, lo que -

traba su concentración y la incisión de torrentes" (Tricart,1981).

- Indican condiciones ambientales actuales, por ejemplo, la coloración de las hojas puede indicar la presencia de lluvias ácidas o ausencia de algún nutriente en el suelo; detecta ciertos minerales de la roca, cuerpos de agua, etc.
- Representan el nivel trófico base dentro de la Ecología de los seres vivos, ya que las plantas son las únicas que emplean directamente la energía del sol, la procesan y continúan con las cadenas y redes tróficas.
- Sirve como habitat a un gran número de especies animales y vegetales, proporcionándoles alimento, y en el caso de los animales, madrigueras para su alojamiento y reproducción.
- Contienen procesos propios de regeneración de las comunidades forestales y de autoregulación de su influencia dentro de los ecosistemas.
- La regeneración y autoregulación también puede reflejarse en la producción de madera, frutos, corteza y hojas, mismas que sirven a la biota y al suelo.

#### b) Utilidad del bosque al hombre.

Los beneficios del bosque al medio natural que se puntualizaron anteriormente, también presentan ventajas al hombre, aunque en una forma un tanto indirecta.

A continuación se mencionarán algunos beneficios directos que proporcionan los bosques para la sociedad, algunos de ellos semejantes a los descritos en la primera parte.

- Actúan como protectores de los suelos agrícolas contra algunos agentes erosivos, principalmente el agua y el viento, ayudando a la conservación del suelo.

- Protegen a los cultivos contra fenómenos atmosféricos como las sequías extremas, las oscilaciones térmicas intensas, los vientos y la incidencia directa de los rayos solares.
- Ayudan a las poblaciones contra el ataque de algunos contaminantes sean éstos de origen natural como las tolvaneras o las cenizas volcánicas; o de origen antrópico como los contaminantes, el ruido, olores desagradables, etc.
- Proporcionan una mejoría de las condiciones atmosféricas en las grandes ciudades, como la regulación de la temperatura y la humedad y protección contra los vientos intensos.
- Proporcionan un ambiente de bienestar en algunos asentamientos humanos como parques, árboles a la orilla de avenidas y carreteras, etc.
- Actúan como centro de diversión y de distracción para los habitantes de las localidades, principalmente en áreas protegidas como parques urbanos, parques naturales, parques nacionales, etc., mejorándose la calidad de los paisajes.
- La madera sirve para fabricar una gran cantidad de productos como postes para teléfono y luz, construcciones, muebles, vigas, pisos, polines, artesanías, chapados, durmientes, etc.
- Los árboles también proporcionan algunos productos además de la madera, como aceites, resinas, aguarrás, brea, taninos, medicamentos, pulpa para papel, carbón vegetal, ácido piroleñoso, alquitrán y subproductos como alcohol metílico, ácido gético, cloroformo, etc.
- Constituyen una fuente importante de empleos al efectuarse la explotación forestal en aserraderos e industrias de transformación de la madera, lo que ayuda a un mayor desarrollo de la población.

A través de estas líneas se puede apreciar la trascendencia que mantiene la cubierta arbórea en el sostenimiento de los sistemas naturales,

es por é llo que la conservación del recurso forestal es de suma importancia para el hombre y su medio ambiente.

En el siguiente apartado se detallarán las características de cada uno de los tipos de vegetación que forman parte de la subcuenca del Necaxa, para posteriormente analizar sus problemas y emitir un diagnóstico global de este recurso.

## 2.2. TIPOS DE VEGETACION EN EL AREA.

Hasta ahora se han mencionado muy someramente los grandes tipos de vegetación que se encuentran dentro de la zona de estudio, con un enfoque orientado a la relación que guardan con cada uno de los componentes ambientales. En este inciso se analizarán más particularmente cada uno de estos tipos dentro de la subcuenca, tomando en cuenta sus características, componentes florísticos y problemas.

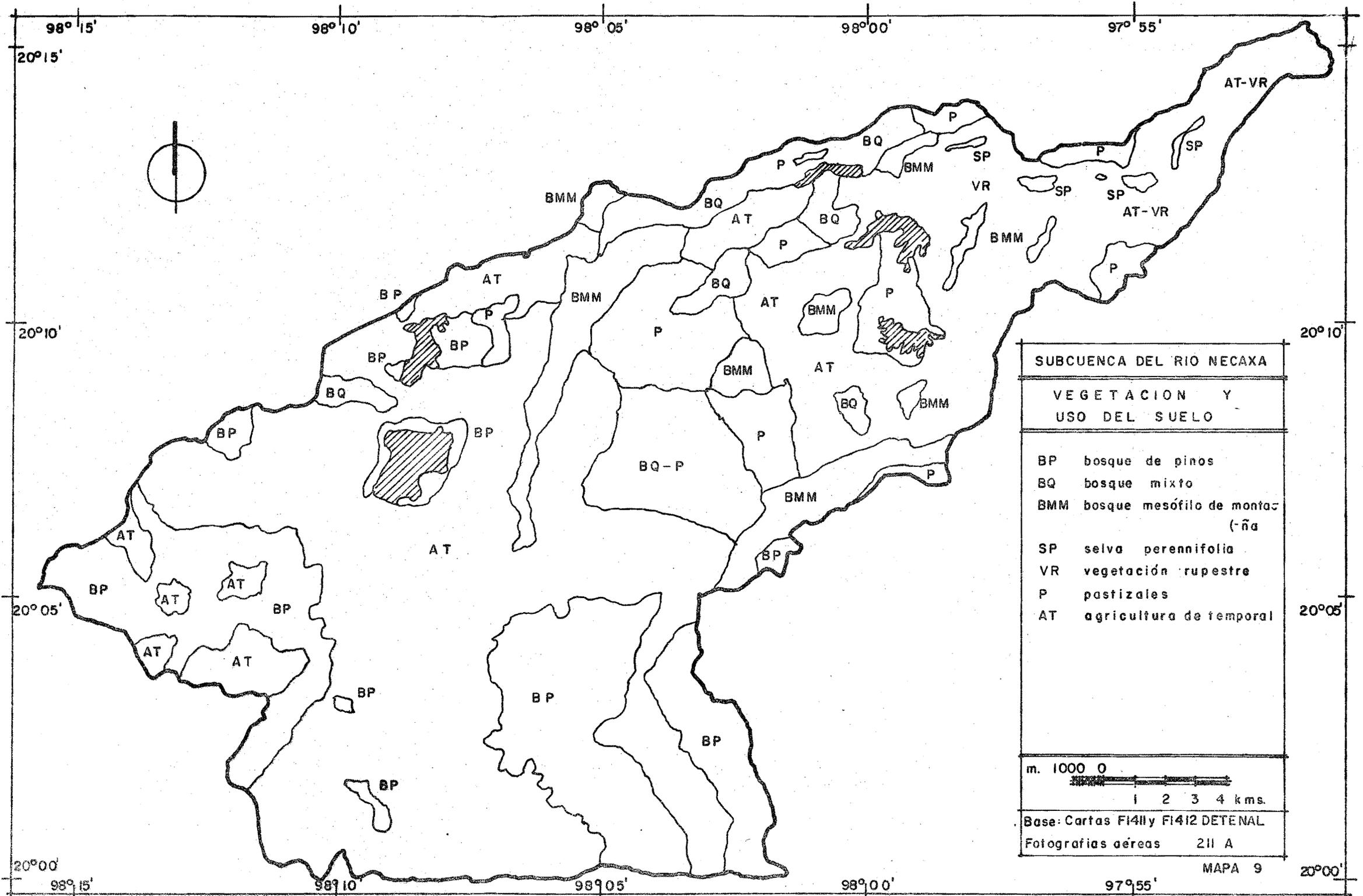
Dentro de la cubierta forestal de la zona se distinguen los siguientes tipos de vegetación natural :

- a. Bosque de coníferas.
- b. Bosque mixto
- c. Bosque mesófilo de montaña
- d. Selva perennifolia y subperennifolia

- a. Bosque de coníferas.

Cerca del 90% de los bosques de coníferas del país está constituido por pinares (Gonzalez,1974), y el 10% restante se encuentra representado por otros géneros como oyameles (Abies spp), cedros y cipreses (Cupressus spp, Cedrela spp, Cedrela spp, Pseudotsuga sp, Juniperus spp), etc.

Las coníferas de la zona de estudio tienen aproximadamente la misma proporción que el número citado por Flores: un 92% de pinos y un 8% de otros árboles como cedros. Los coniferales ocupan un 11% del área total de estudio y un 33% entre todos los tipos de bosques.



SUBCUENCA DEL RIO NECAXA	
VEGETACION Y USO DEL SUELO	
BP	bosque de pinos
BQ	bosque mixto
BMM	bosque mesófilo de montaña (-ña
SP	selva perennifolia
VR	vegetación rupestre
P	pastizales
AT	agricultura de temporal
m. 1000 0	
1 2 3 4 kms.	
Base: Cartas FI411 y FI412 DETENAL	
Fotografías aéreas 211 A	

Martínez(1979) define las pináceas como "árboles o arbustos siempre verdes más o menos resinosos, con hojas largas y delgadas en forma de agujas lineares o escamiformes y fruto globoso o en forma de cono, compuesto de escamas que protegen a las semillas."

A continuación se mencionarán algunas características ambientales propias de las pináceas de la zona. Aunque se señalaron en forma aislada en el capítulo anterior, se retomarán brevemente en este inciso para comprender mejor los principales requerimientos que propician el desarrollo de cada tipo de bosque.

Rzedowski (1981) señala que los pinares crecen principalmente en altitudes entre 1500 y 3000 m. (aunque el Pinus hartwegii puede crecer hasta los 4000 m.); se desarrollan en un rango térmico entre 6 y 28 grados; con una precipitación variable, aunque requiere de más de cinco meses con lluvia; con alta tolerancia a las heladas; presentan una preferencia por los sustratos volcánicos; requieren de un buen drenaje del suelo, un pH ácido y una cantidad alta de materia orgánica, pero pobres en nutrientes minerales.

La mayor parte de las características señaladas por Rzedowski coinciden con los pinares de la zona de estudio, por ejemplo, el límite altitudinal inferior se sitúa a partir de los 2000 o 2100 metros, encontrándose por debajo de esta cota a los bosques de pino-encino. Los pinos de la zona se encuentran en un rango térmico entre 13 y 16 grados, con un poco menos de 1500 mm. anuales concentrados durante ocho meses; con un basamento volcánico constituido por basaltos y tobas; suelos de tipo andosol, acrisol y en menor proporción el luvisol (según la cartografía de INEGI), con un pH cercano a 6, aunque con un contenido bastante bajo de materia orgánica.

Su ubicación se reduce principalmente a las zonas montañosas situadas al SW de la subcuenca, aunque se han dado claros con fines agrícolas. La distribución exacta de los pinares se aprecia en el mapa 9.

Las especies principales que se desarrollan en los pinares son:

Pinus patula.- Pino con hojas agrupadas en manojos de tres con vaina persistente, cono pequeño, duro y persistente, un tronco de color rojizo (por ello se le llama ocote colorado). Es una especie muy representativa de zonas húmedas y de esta región (Miranda,1963) ya que requiere de más de 1000 mm. anuales para su desarrollo, además de una alta humedad y nubosidad. Su madera se emplea para la construcción de cajas, y es buena para la fabricación de pulpa para papel, aunque no existe este tipo de industria en la zona de estudio.

Es la especie que domina en la región y en el grupo de las coníferas. Se le ha empleado para reforestación en las márgenes de la presa de Tejocotal.

Pinus teocote.- Tiene grupos de tres hojas, estas son largas y duras, con una vaina persistente, cono pequeño y caedizo. Es una especie muy resinosa. Se localiza principalmente hacia el sur de la presa de Tejocotal y al este de Ahuazotepec, en comunidades más o menos puras y en asociación con el Pinus patula. Por su distribución, es posible que tenga más tolerancia que el Pinus patula al frío.

Pinus ayacahuite.- Tiene requerimientos ecológicos muy similares a los del Pinus patula, y se encuentra principalmente en cañadas protegidas (Rzedowski,op.cit.), formando ecotonos con otros tipos de vegetación. Tienen un cono muy largo, superior a los 20 cm., con agrupaciones de cinco hojas. Su madera es suave y de buena calidad. Dado que es una especie transicional no forma comunidades puras y puede encontrarse en bosques de coníferas, mixtos y muy posiblemente en bosques mesófilos, debido a que este tipo de bosque y los ayacahuites se encuentran en cañadas protegidas. Por las características que cita Miranda (op.cit.), es posible que también se encuentre en las partes más frías de la subcuenca, como transición entre pinos y abetos.

Pinus leiophylla.- Tiene grupos de cinco hojas delgadas, de vaina caediza y cono pequeño y persistente, por lo que frecuentemente este pino está cargado de piñas. Martínez (op.cit.) señala que en

este pino es común el surgimiento de retoños a lo largo del tronco. Se encuentra frecuentemente en forma aislada, asociada a otros pinos y no llega a formar comunidades puras.

En un punto de control de DETENAL se localizó esta especie asociada con Pinus montezumae, Pinus patula y Quercus crassifolia (encino tesmolillo), con un estrato inferior de Alnus jorullensis (aile) y Arbutus xalapensis (madroño), en un lugar próximo a Ahuazotepec, sin embargo, ocupa un lugar secundario dentro del bosque de coníferas de la zona.

Pinus montezumae.- Constituye la especie más común dentro del Sistema Volcánico Transversal. Es un árbol de corteza rugosa, de color pardo rojizo, con las ramas extendidas, con hojas largas en grupos de cinco y con vaina persistente, con conos oscuros y medianos y concentrados en grupos de dos o tres. Es una especie muy resinífera. Su madera es clara y de buena calidad, además de que es muy resistente.

Se encuentra, según lo descrito por Martínez, en un rango altitudinal entre 2000 y 2800 metros, sin embargo, en la subcuenca del Necaxa no es muy abundante ni constituye comunidades puras debido a que la humedad favorece más el desarrollo del Pinus patula y del Pinus pseudostrobus. Solamente se encuentran como individuos aislados en asociaciones con otros pinos, en algunos puntos situados cerca de la carretera Tejocotal-Acaxochitlán.

Existe otro pino llamado Pinus rudis con características fisonómicas y requerimientos ecológicos muy semejantes al Pinus montezumae, sin embargo, no se detectaron en la zona, posiblemente porque se encuentra en condiciones menos húmedas que el Pinus montezumae.

Algunas de las especies mencionadas como el Pinus leiophylla, el Pinus teocote y el Pinus montezumae podrían corresponder a bosques de tipo secundario, derivados de otras comunidades menos resistentes a los impactos ambientales, como el Pinus ayacahuite, sean naturales (fuego, frío, plagas, etc.) o humanos.

Existen otros miembros de la familia de las pináceas, como son los cedros y los enebros (Cupressus lindleyi y Juniperus deppeana), pero únicamente existen algunos ejemplares empleados para reforestación y para ornato en las proximidades de la presa de Tejocotal y en las cercanías de las oficinas administrativas del Sistema Necaxa en la ciudad del mismo nombre.

La mayoría de los bosques de coníferas de la subcuenca del Necaxa contiene tres estratos vegetales: un arbóreo (a veces son dos, debido a que las reforestaciones producen un bosque disentáneo y por tanto, una diferenciación de tamaños), y un arbustivo, aunque éste se encuentra en ocasiones inexistente debido a la influencia del hombre. El piso herbáceo se encuentra principalmente cubierto por pastizales (gramíneas) y zacatonales derivados de las alteraciones a los pinares. En algunas zonas se presentan musgos y líquenes, aunque son muy escasos.

Los principales problemas que padecen los pinares son :

- La intervención del hombre, a través de actividades agrícolas, ganaderas, crecimiento de la población, vías de comunicación, etc., ya señalados en los "Factores antrópicos."
- Las plagas, principalmente de gusanos descortezadores y de coleópteros como el Dendroctonus adjunctus y el Dendroctonus mexicana. Estos insectos localizan fácilmente los individuos o comunidades afectadas, ya sea por incendios, otras plagas o enfermedades y atacan al árbol hasta causarle su muerte. Lamentablemente, el único medio aplicable para atacar esta plaga es el corte total del árbol para posteriormente fumigarlo y quemarlo.
- Los incendios, que se producen principalmente en los meses secos (marzo, abril y mayo). La mayoría de las veces estos incendios son provocados por el hombre, cuando éste aplica el sistema de tumba-roza-quema para la introducción de cultivos, y el fuego invade las áreas forestales adyacentes. Durante 1988, el fuego acabó con unas 50 hectáreas de bosques. (dato proporcionado por la SARH regional).

b.- Bosque mixto.

El bosque mixto está constituido principalmente por especies de encinos y pinos, ambos en una proporción considerable. Cuando los pinos ocupan más del 50% del total de la masa arbórea, se conoce como bosque de Pino-Encino; y cuando los encinares ocupan más del 50%, se conoce como bosque de Encino-Pino. Las ecotonías entre estos dos grupos, así como los límites con los bosques de coníferas y los bosques tropicales o transicionales como el mesófilo- son muy difíciles de establecerse, sobre todo en su representación cartográfica, ya que no existen cambios drásticos entre los tipos de vegetación sino que van cambiando paulatinamente.

Los bosques mixtos se encuentran aproximadamente desde la cota de 1600 metros hasta la de 2100 metros, y muchas veces traspasan estos umbrales debido a las condiciones particulares de alguna zona, por ejemplo el grupo oriental de presas (Necaxá, Nexapa y Tenango) se encuentran sobre una topografía plana, con un sustrato volcánico y sedimentario y con un predominio de bosques mixtos a pesar de encontrarse a 1300 metros sobre el nivel del mar, mientras que en otras zonas a la misma altitud se encuentran bosques mesófilos.

Las asociaciones de pino-encino y encino-pino requieren de condiciones menos rigurosas que las de coníferas puras. Tiene un rango altitudinal más amplio (1200-2800 m), crecen sobre cualquier tipo de roca; con suelos drenados de textura variada, pH cercano a la neutralidad (5.5-6.5) y con una preferencia por los suelos aluviales.

En la subcuenca de estudio se localizan principalmente en zonas montañosas, con un sustrato rocoso de calizas, tobas y basaltos, con una temperatura media anual entre 16 y 18 grados aproximadamente y una precipitación anual entre 1500 y 2500 milímetros, superior al rango pluviométrico citado por Rzedowski.

Los suelos asociados con bosques mixtos son predominantemente andosoles, luvisoles y regosoles, que en general presentan una textura media y un buen drenaje, lo que favorece el desarrollo de los encinares.

Como se mencionó líneas arriba, en los bosques mixtos se encuentran pinos y encinos, ambos en una proporción importante. En esta zona se pueden encontrar especies de pino como el Pinus patula y el Pinus pseudostrobus, entre otros.

El Pinus pseudostrobus tiene características y requerimientos ecológicos muy semejantes al Pinus patula, ya descrito; por ejemplo, la necesidad de lluvias abundantes y una humedad alta, esta a su vez relacionada con una nubosidad constante. Aparentemente, el Pinus pseudostrobus tolera más el calor, dado que no se presenta en asociación con el bosque de coníferas y se le puede encontrar dentro de los bosques mixtos y en el bosque mesófilo de montaña.

Los encinos presentan una mayor diversidad que los pinos, ya que muchas especies o variedades se desarrollan bajo condiciones ambientales muy particulares. Según Miranda (op.cit.) en el país existen aproximadamente 250 especies de encinos, y muchas de ellas son endémicas de algunas regiones.

En la zona de estudio, se cuenta con muy poca información respecto a la diversidad de encinos, posiblemente por su gran número de variedades y la dificultad para su identificación. Ni siquiera la delegación regional de la SARH ha podido identificar estas especies.

A continuación se citarán algunas especies de encinos que se obtuvieron a partir de diversos autores Rzedowski (1981), Miranda (1963), Martínez (1979), González (1974), INEGI (1983), etc) y de algunas correlaciones con áreas cercanas con características ambientales similares a las de la subcuenca del Necaxa, y de algunas muestras obtenidas en el campo.

En la zona pueden encontrarse como predominantes al Quercus sororia y Quercus furfuracea asociado con Quercus candicans y Quercus crassipes en las cercanías de Huauchinango; el Quercus acatenanguensis, o Quercus trinitatis y Quercus xalapensis en el trayecto Acaxochitlán-Huauchinango; el Quercus martesiana y Quercus excelsa entre Pahuatlán

y Huauchinango; el Quercus crassifolia y Quercus obtusata en alternancia con pinos en las cercanías de Ahuazotepec y de la presa de Omiltemetl. En esta última localidad también se encuentra Quercus laurina, formando parte de comunidades secundarias derivadas de pinares. Pueden encontrarse también madroños (Arbutus xalapensis), ailes (Alnus jorullensis), mimbre (Cornus disciflora) en asociaciones con los encinos.

Conviene aclarar que, aunque éste no es un estudio botánico, es importante conocer algunas de las especies dominantes, ya que pueden indicar los tipos de vegetación y el aprovechamiento actual y potencial que tienen algunas variedades.

Las zonas de bosque mixto con un nivel bajo de perturbación contienen dos estratos arbóreos y uno o dos arbustivos, más destacados e importantes que en los bosques de coníferas debido a que éstos se encuentran más alterados que los bosques mixtos, además de que en esta zona se registra una mayor precipitación que propicia el desarrollo de un mayor número de plantas.

En las áreas con topografía plana existe un nivel alto de perturbación en los bosques, debido a que en estas zonas se concentra la población y se hace más necesaria la tala, además de que la infraestructura asociada con el Complejo Necaxa se encuentra sobre estos terrenos.

La presencia de muchas especies de árboles detiene en cierto grado el ataque masivo de plagas, ya que por lo general éstas atacan solamente una o dos especies.

Los incendios también representan menos riesgo que en la zona de coníferas, debido a que en el área que cubren los bosques mixtos se registra una mayor precipitación y un número mayor de meses húmedos al año, reduciéndose así la posibilidad de incendios. El fuego se presenta principalmente por agentes antrópicos.

Las heladas y las nevadas fuera de época constituyen un problema más grave que en los pinares, ya que éstos están más adaptados

que los encinares al frío y a las oscilaciones térmicas intensas. Estos fenómenos meteorológicos afectan principalmente a los renuevos y a los árboles desarrollados en fase de floración.

El principal agente de alteración en los bosques mixtos es el hombre, ya que en esta zona ha establecido sus principales poblaciones, necesitando de espacio para el avance de sus ciudades y de terrenos para las actividades agropecuarias.

Algunas áreas cercanas a las presas de Tenango y Nexapa, con un elevado índice de población rural, han aprovechado la topografía plana para la introducción de cultivos sobre terrenos con vegetación original de bosque mixto. Actualmente en esta porción, sólo se encuentran manchas boscosas en las partes altas de los montes que circundan a las presas.

#### c.- Bosque mesófilo de montaña.

El bosque mesófilo de montaña es, junto con la selva perennifolia, el tipo de vegetación más escaso de toda la subcuenca del necaxa, y representa aproximadamente el 7% del total de la vegetación natural de toda la zona.

Es un bosque de tipo transicional entre los bosques templados y los bosques de tipo tropical, y presenta características ecológicas y especies propias de ambos tipos de vegetación.

El bosque mesófilo es también uno de los tipos de vegetación que presenta mayor belleza escénica e interés científico, debido a la abundancia de epífitas, orquídeas, helechos arborescentes, musgos, etc., por lo cual una Secretaría de Estado ha propuesto que todas las zonas de bosque mesófilo del país sean decretadas como Parque Nacional (o al menos un área protegida), aunque se enfrentaría a problemas fuertes de tenencia de la tierra y de mantenimiento y cuidado del parque, al igual que la mayoría de las áreas naturales protegidas en el país.

Otro interés especial de este tipo de vegetación es que representa algunos relictos de comunidades bióticas del pasado, principalmente del terciario superior, conocido en Biogeografía como bosque Madroterciario, formado durante el período plio-cuaternario. Durante esta época, el descenso latitudinal y altitudinal de los hielos y la disminución marcada de la temperatura provocó que muchas especies tolerantes al frío rebasaran sus umbrales altitudinales normales, y bajaran a altitudes inferiores y algunas veces hasta el nivel del mar (un ejemplo de esto lo constituye el Pinus caribaea, el cual se localiza en Belice formando comunidades y en Quintana Roo como árboles aislados.

El bosque mesófilo es también uno de los tipos de vegetación más escasos de toda la República Mexicana. Ocupa aproximadamente un 0.5% del territorio, número que se ve reducido año con año debido a las actividades agropecuarias.

Actualmente, la mayor parte de los bosques mesófilos presentan plantas como el pino, el liquidámbar, la haya, etc., que se desarrollan fuera de sus rangos térmicos y altitudinales normales, debido a que constituyen un vestigio de un fenómeno paleoclimático.

Este tipo de bosque ha recibido una gran cantidad de términos para su identificación, debido a la diversidad de características florísticas, climáticas, fenológicas, topográficas, etc. Se le conoce como "bosque montano" (Vickery, 1987), "bosque caducifolio" (Miranda, 1963), "bosque templado caducifolio" (González, 1974), o el "bosque mesófilo de montaña" (Rzedowski, 1981). Este autor cita otros nombres como "selva nublada", "bosque ombrófilo de montaña", "cloud forest", etc.; sin embargo, la caracterización es la misma; y para este trabajo se usará el término y el desarrollo empleado por Rzedowski, ya que él considera este bosque como "mesófilo", que puede coincidir con el término "transicional" que se ha venido usando. Por otra parte, el término de "montaña" indica una peculiaridad del medio físico, el cual tiene un carácter más geográfico que los otros términos empleados.

El bosque mesófilo de montaña presenta en la región las siguientes características: se sitúa en un rango altitudinal entre 1000 y 1600 metros, llegando hasta los 2000 metros en algunas franjas angostas en las laderas del río Totolapa. corresponde a climas húmedos de altura, con mayor humedad que en los bosques de coníferas y mixtos, pero con menor temperatura que la requerida para los bosques tropicales. Se registra una precipitación anual superior a los 2000 milímetros, con un máximo de tres meses secos al año, lo que ocasiona una alta humedad atmosférica y un número elevado de días nublados al año (unos 160), por lo que tiene niveles bajos de insolación. Se encuentra principalmente sobre cañadas y laderas protegidas, con pendientes fuertes, resguardadas del viento y la insolación; y orientadas de tal modo que reciben las masas de aire marítimo, durante todo el año: alisios en verano y "nortes" en invierno y primavera. Registra una temperatura media anual entre 16 y 18 grados, pudiéndose registrar algunas heladas durante los meses fríos, aunque la oscilación térmica anual es mínima. Se encuentra en una zona de contacto entre rocas ígneas y sedimentarias, con suelos de varios tipos, aunque en general son muy ácidos, con alta cantidad de materia orgánica, profundos y con buen drenaje.

Su localización espacial se muestra en el mapa 9 y corresponde principalmente a las laderas del río Totolapa- Texcapa- Tepexic- Necaxa, y otros manchones disgregados entre los 1000 y los 1600 metros de altitud, donde existen las características ambientales mencionadas líneas arriba; por ejemplo, en algunas cañadas pequeñas cercanas a Huauchinango y en algunas zonas cercanas a las presas de Tenango y Nexapa.

El bosque mesófilo muestra una mayor diversidad florística comparándolo con el bosque de coníferas y el bosque mixto, además de presentar una mayor estratificación, consistente en dos estratos arbóreos, un arbustivo, un herbáceo y un rastrero, por lo que hay una dinámica ecológica más compleja y un número muy elevado de especies vegetales.

Esta diversidad florística es la característica principal que indica

las relaciones entre los bosques mesófilos y las selvas; en tanto que el clima es el elemento afín con los bosques templados.

González (1974) cita tres comunidades asociadas con el bosque mesófilo, encontrándose en la subcuenca dos de las divisiones establecidas por este autor: bosque templado enterifolio, con predominio de los géneros Carpinus, Chaetoptelea, Ostrya, Pinus y Quercus; y el bosque templado palmatifolio, con predominio de Liquidámbar.

Las especies que integran el bosque mesófilo son muy numerosas y no es de interés primordial en este estudio el conocer todos sus componentes arbóreos y arbustivos, por lo que se citarán únicamente las especies principales que se encuentran dentro de este bosque, también obtenido a partir de algunos muestreos de algunos autores en algunos puntos de la zona o en lugares cercanos con características similares; y por la identificación de muestras obtenidas en el campo.

La especie de pino más abundante es el Pinus pseudostrobus, ya mencionado en los bosques mixtos, y se encuentra en una proporción alta y frecuentemente cubierta por epífitas como la Acmea magdalanae. Muchos de estos pinos han sufrido cortes excesivos en ramas y mueren rápidamente. También se presentan algunos ejemplares de Pinus patula.

Los encinos también son muy frecuentes en el bosque mesófilo, y se encuentran Quercus sororia, Quercus furfuracea (encino colorado) y Quercus candicans (encino blanco), entre otros.

Otros árboles que son numerosos en esta zona son el liquidámbar u ocotzote (Liquidambar styraciflua), el álamo (Populus spp y Platanus sp), el aile (Alnus arguta), el chalahuite (Inga paterno) el alcanfor (Lippia sp), el fresno (Fraxinus uhlei), el palo blanco (Meliosma alba), el palmillo (Podocarpus reichei), etc.

Aunque casi no se han considerado los ejemplares arbustivos, hay

que destacar por su tamaño y/o abundancia a los helechos arborescentes (Cyathea mexicana y Alsophilla bicrenata), los helechos de tamaño normal (Pteridium aquilinum), la hoja elegante o mafafa (Xanthosoma robustum), etc.

La luz juega un papel muy importante en la distribución vertical de las plantas, dándose claramente una división entre las plantas heliófitas y las esciafitas. Los árboles del estrato superior (por ejemplo los álamos) son las que reciben la mayor cantidad de luz directa y la reciben a través de sus copas redondeadas y frondosas; los árboles del estrato inferior (como el aile) tienen una forma más alargada con copas más pequeñas, y el estrato arbustivo y herbáceo presenta una comunidad densa y cerrada, si es que la perturbación no es muy intensa. En este bosque, al igual que en la selva, los fenómenos de competencia por la luz son complejos e interesantes. La mayor parte de las especies del estrato inferior están adaptadas a una sombra continua, y retienen una mayor cantidad de agua con poca pérdida por evapotranspiración.

El principal problema relacionado con el bosque mesófilo es la introducción de cultivos, aún en pendientes superiores a los 40 grados, que son propias de las cañadas donde se desarrolla este tipo de vegetación. El principal cultivo en algunas partes de la barranca es el café, con un buen rendimiento y que en cierto grado mantiene la existencia de algunos árboles que proporcionan sombra a los cafetos. El problema concreto es que es necesaria la roza del estrato inferior y medio, con algunas repercusiones de carácter ecológico a nivel macro y microsucursal; aunque a primera vista es de los pocos (o posiblemente el único) cultivo que protege al suelo de la erosión y permite la existencia de una cobertura arbórea.

En otras porciones de la barranca se han talado totalmente los estratos vegetales para sustituirlos por cultivos, mediante métodos como la tumba-roza-quema que pueden propiciar incendios al bosque adyacente

en los meses muy secos.

Los productos que se cultivan son principalmente para autoconsumo, consistentes en maíz, frijol, chile, calabaza, ejote, coliflor, etc., y son sembrados sobre suelos de tipo regosol o similares a éstos con un alto porcentaje de roca, por lo que al desaparecer la cubierta vegetal el suelo ha quedado más expuesto a los agentes erosivos y ha aflorado la roca.

La necesidad de tierras agrícolas lleva a practicar otros métodos menores de desmonte como el cinchamiento, el ocoteo o el corte excesivo de ramas, lo que provoca una muerte rápida del árbol (Verduzco, 1976).

Los problemas de origen natural no son tan fuertes como los antrópicos, ya que la zona tiene condiciones ambientales relativamente favorables, como lo es un clima templado con muy pocas heladas y sin calor excesivo, lo que reduce la presencia de enfermedades y/o plagas, aunado a que existe una gran heterogeneidad vegetal que soporta más el ataque de cualquier factor externo.

#### d.- Selva perennifolia y subperennifolia.

Los bosques tropicales se encuentran únicamente en altitudes inferiores a los 1000 metros, correspondientes al fondo de la barranca de Mecaxa. Esta distribución específica determina que la selva cubra tan sólo un 5% o menos del total de la vegetación en la subcuenca.

Las selvas de la región son de tipo perennifolio, con más del 75% de los árboles con hojas durante los meses secos; y subperennifolia, entre 25 y 50% de árboles caducifolios.

Este tipo de vegetación se desarrolla en algunas márgenes del río

en donde la planicie acumulativa es suficientemente extensa como para permitir el desarrollo de suelos y plantas. Además, se encuentra en lugares con pendientes muy pronunciadas que dificultan la entrada de vehículos o personas. Por ejemplo, en las cercanías de la planta hidroeléctrica de Necaxa, donde la única vía de acceso es un malacate que baja a la planta.

En el último sector del río, que abarca de la planta de Necaxa hasta la población de Patla, con una longitud de 19 kilómetros, se encuentran pequeños manchones de selva alternados con acahuals (vegetación secundaria derivada del bosque tropical), áreas agrícolas y pecuarias y plantas rupestres consistentes en hierbas y algunos arbustos que crecen en laderas con pendiente muy pronunciada y escarpes verticales. En las márgenes del río donde se ha deforestado intensamente la vegetación natural, se han generado algunos bosques de galería.

Puede apreciarse que esta zona constituye un gran mosaico de comunidades vegetales naturales e inducidas, propias de regiones tropicales, por lo que existe un número de especies aún mayor que en los bosques mesófilos.

Los bosques tropicales se encuentran bajo condiciones ambientales muy particulares, principalmente de tipo atmosférico. Las temperaturas medias anuales son superiores a los 20 grados y con poca oscilación térmica a lo largo del año, con una precipitación superior a los 2500 milímetros en esta subcuenca. Aunque otros autores( por ejemplo Vickery, 1987) sitúan la isoyeta de 1500 o 2000 mm. como umbral inferior del bosque tropical, en Necaxa cambia esta condición debido a los fuertes cambios altitudinales, que modifican la temperatura e inducen la aparición de bosques templados húmedos.

Las lluvias se presentan en todo el año, principalmente en septiembre, son torrenciales y pueden durar varios días. La estación pluviométrica de Patla registra un total anual de casi 2800 milímetros durante

150 días. La humedad atmosférica es muy alta, superior al 70 %, sin embargo, la zona no tiene tanta influencia de nublados como en el área del bosque mesófilo, debido a que las nubes chocan contra el terreno a altitudes superiores a las de la barranca.

El sustrato rocoso es volcánico (algunas paredes de la barranca son de constitución basáltica) y sedimentaria, consistente en calizas y lutitas negras que surgen debido a la disección vertical del río. Los suelos son muy relacionados con este sustrato, y son principalmente regosoles, rendzinas y litosoles con un alto contenido de roca en su perfil. La precipitación excesiva provoca procesos de lixiviación muy fuertes y los minerales son llevados a la base del horizonte, favoreciéndose los suelos muy ácidos y pobres en nutrientes. Es por esta causa que las raíces de los árboles penetran mucho en el suelo para la obtención de los minerales que requieren.

Las especies son muy abundantes, y pueden encontrarse como principales el ramón (Brosimum alicastrum), el zapote (Achras zapota), el pimiento (Pimienta dioica), la chaca (Bursera simaruba), ceiba (Bombax ellipticum) guayabillo (Platanus mexicana), un gran número de bejucos, etc.

Posiblemente se encuentren algunos árboles de maderas preciosas como el cedro rojo (Cedrela mexicana), la caoba (Swietenia macrophylla) y el ébano (Dyospyros ebanaster). Estas tres especies de maderas finas se citan en la "Síntesis histórico-geográfica del ex-Distrito de Huauchinango" (Anónimo s/f), aunque no se encontraron en esta porción

Entre las especies propias de los bosques de galería, que también se encuentran en otros lugares fuera de la zona de bosques tropicales se encuentran el álamo (Populus spp), el sauce (Salix taxifolia) y el fresno (Fraxinus udhei) entre otros.

Cuando los bosques tropicales están poco perturbados, se presentan

dos o tres estratos arbóreos, uno arbustivo y uno herbáceo. Los estratos están muy bien delimitados por las bóvedas de los árboles, e impiden la incidencia directa de luz hacia los niveles inferiores, por lo que limita la presencia de arbustos.

En los acahuales pudo apreciarse la existencia de un solo estrato arbóreo, de tipo coetáneo y con un gran desarrollo del estrato arbustivo debido a que hay una mayor entrada de luz por las bóvedas.

Posiblemente las selvas perennifolias de la zona sean el tipo de vegetación que se encuentra en un nivel más alto de perturbación, debido a la existencia de un gran número de limitantes naturales y antrópicos que alteran su desarrollo.

Las selvas representan el tipo de vegetación con mayor sensibilidad a los cambios ambientales, y su destrucción puede ser rápida e insustituible. Es muy susceptible a daños causados por heladas ocasionales, avenidas de los ríos, enfermedades y plagas tropicales. La zona es sensible también a fenómenos de tipo gravitacional como los derrumbes, que pueden destrozarse la vegetación.

Los agentes antrópicos que han alterado esta región de bosques tropicales también son muy numerosos. Existen muchos árboles con maderas finas, como el zapote, el cedro rojo o la caoba, que han sido sobreexplotados y posiblemente erradicados de la zona, a pesar de la dificultad del acceso.

Las actividades agrícolas también han afectado seriamente a las selvas mediante métodos tradicionales de desmonte. Como los suelos son pobres en nutrientes y la lixiviación es muy rápida, los cultivos pueden presentar problemas y el suelo puede ser productivo por pocos años.

En el área se siembran algunos frutales tropicales como el mamey



FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
que en la  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

y el plátano; además del café aunque en menor escala que en la zona de bosque mesófilo de montaña.

Las actividades ganaderas también tienen importancia en esta zona, dominando principalmente el ganado vacuno. Como se mencionó en el primer capítulo, los animales pisan la tierra y los retoños impidiéndose la regeneración natural, además de que se alimentan de las plántulas y éstas no alcanzan su total crecimiento o desarrollo.

Finalmente, existen algunos poblados importantes como Patla y Chicontla (esta última a unos 2 kilómetros fuera del límite de la zona de estudio), cuyos habitantes explotan la madera para autoconsumo y un poco para el comercio. Los poblados se han extendido sobre las comunidades arbóreas, y han ocasionado problemas fuertes de contaminación al río Necaxa, que a su vez repercute sobre otras comunidades vegetales.

### 2.3 APROVECHAMIENTO ACTUAL DE LOS BOSQUES.

En el inciso 2.1 se mencionaron las principales aportaciones de los bosques al medio natural y al medio antrópico. Sin embargo, el conocimiento de los árboles que integran el bosque es en ocasiones muy escaso y se desaprovechan todos los beneficios que puede proporcionar un árbol.

En la subcuenca del Necaxa la mayor parte de los bosques se aprovechan para el consumo familiar, y solamente un porcentaje muy reducido se emplea en transformaciones industriales.

La población emplea la madera principalmente para combustible, sea éste como leña o como carbón vegetal. La mayor parte de los árboles (si no es que todos) se emplean para este fin. Las variedades resiníferas, como los pinos, proporcionan un combustible más rápido y duradero. La desventaja que tienen los pinos resiníferos es que

para la extracción de la resina es necesario hacer una incisión en la corteza para que fluya el producto. Cuando se agota en un punto, se hace otra abertura de modo que el árbol se "ocotea" y puede quedar expuesto al ataque de hongos y plagas, o bien muere por las heridas causadas a la corteza y al tronco.

La madera también se aprovecha en la construcción de habitaciones, muebles, cercas, artículos sencillos de uso cotidiano, artesanías, etc., empleándose maderas de árboles como los pinos y los liquidámbares. En Nexapa se elaboran lanchas con madera de álamo, que son muy ligeras y resistentes al agua.

En cuanto a la transformación de la madera, la única industria de la zona se localiza en Huauchinango. Aquí se emplea en un 95% la madera de pino y en un 5% la de otras especies como el encino y el liquidámbar, para la construcción de tablas, polines y vigas. La inexistencia de cierta maquinaria específica hace que no se aproveche al máximo todo el rendimiento que puede aportar un árbol, principalmente de los "desperdicios" como la viruta o el aserrín, los cuales también pueden ser aprovechados para la elaboración de un gran número de productos, aunque su calidad es inferior a la madera.

A pesar de que muchos árboles además de la madera pueden producir otras sustancias y materiales, éstos casi no se aprovechan debido al desconocimiento o a la falta de tecnología adecuada para su procesamiento.

Finalmente, los bosques proporcionan una amplia riqueza medicinal a través de sus hojas, flores, frutos, raíces, corteza, etc., que son utilizados predominantemente por los indígenas, que poseen un amplio conocimiento etnobotánico. Entre las especies medicinales que se encuentran en la zona puede mencionarse al alcanfor.

#### 2.4 CAUSAS PRINCIPALES DE LA REDUCCION DE LAS MASAS FORESTALES.

La deforestación es el proceso de talar una comunidad vegetal natural, sea esta arbustiva o arbórea, con fines diferentes al funcionamiento normal de ecosistema.

Las causas de reducción de las masas boscosas se pueden clasificar en dos aspectos, tomando como base su origen: 1.- Causas naturales y 2.- causas antropogénicas.

##### 1. Causas naturales.

En este punto se incluyen aquellos factores de origen natural que dan lugar a la pérdida en diferentes grados de las masas forestales; aunque en muchas ocasiones la intervención humana provoca un debilitamiento de los bosques que los hace más susceptibles a los daños naturales; o bién, rupturas de las relaciones ecológicas entre los integrantes del ecosistema que favorecen la pérdida del equilibrio y el ataque de algún elemento.

Los factores naturales que se consideraron trascendentales en la región de estudio son los incendios, las plagas y los clareos naturales entre otros.

a) Los incendios. Owen (1977) menciona tres tipos diferentes de incendios de acuerdo con el estrato en que predominan.

- Superficiales: se extienden principalmente sobre los arbustos, los pastos y las bases de los árboles. Duran poco tiempo y su control puede ser económicamente accesible y rápido.
- subterráneos: originados a partir de los anteriores. El fuego penetra hasta unos 80 cm. por debajo de la superficie. Dado que no existe oxígeno suficiente y que el viento es mínimo,

estos incendios tienen una duración corta y su movimiento es muy lento. Destruye las raíces y los organismos del suelo.

- De copa: El incendio se propaga a través de las ramas altas de los árboles y por la caída de éstos, extendiéndose el fuego a todo el ejemplar y a toda la comunidad. Son los más perjudiciales y los métodos de control con costosos, difíciles y riesgosos. Se propagan a gran velocidad, dependiendo de la velocidad del viento y de los niveles de humedad en la atmósfera y en el suelo.

En la subcuenca del Necaxa se presentan los tres tipos de incendios, predominando los superficiales y los de copa. Se registran básicamente en la zona de pinares, que es la que tiene el mayor número de meses secos al año en toda la subcuenca.

El origen del fuego puede ser propiamente natural, por ejemplo, a partir de un rayo durante las tormentas eléctricas; o generados por el hombre, intencionalmente o por descuido. Lamentablemente, el ser humano es el responsable de los incendios forestales en la mayoría de los casos.

Las implicaciones negativas que tienen los incendios a la cubierta forestal son bien conocidos, y se resumen en los siguientes puntos:

- Daños a los árboles con madera comercial, principalmente el pino.
- Daños a los árboles jóvenes y los renuevos, quedando más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades.
- Daños al suelo, sobre todo a la capa superficial en descomposición.
- Daños a la espesura normal del bosque.
- Erosión por la pérdida de la cubierta protectora o por el arrastre del suelo.
- Alteraciones al régimen hidrológico.

- Cubrimiento de las partes bajas por el material arrastrado.
- Daños a los pastizales.
- Daños a las propiedades y a las vidas humanas.
- Daños a la fauna silvestre.

Los incendios también tienen algunas implicaciones positivas al bosque, principalmente cuando el fuego es de origen natural. Los beneficios que presentan son :

- Reduce la competencia entre las plantas, favoreciéndose el desarrollo de algunas especies.
- Permite una mayor entrada de luz a los estratos vegetales bajos y al suelo, por lo que aumenta la cantidad de plantas y los procesos fotosintéticos.
- Ahuyenta a los animales silvestres o domésticos que pueden ser una limitante para la regeneración natural.
- Permite la germinación de semillas en lugares en donde una capa herbácea o arbustiva cerrada impedía la llegada de las semillas al suelo, o bien, ahogaban a la plántula.

Los incendios disminuyen la cubierta forestal cuando se presenta en el nivel de superficie o de copas, aunque el primer tipo afecta al estrato medio y bajo y el estrato superior no sufre muchos daños. Por el contrario, los incendios de copa pueden destruir totalmente los árboles sobre extensiones considerables, reduciéndose las masas forestales y en algunos casos críticos, la regeneración natural es muy lenta o nula.

b) Las plagas: El ataque de las plagas que propician la deforestación no tiene tanta importancia en la reducción de las masas forestales como los incendios, aunque una invasión masiva de algún insecto puede llegar a destruir una comunidad forestal extensa, ya que en muchos casos el único medio de control es el corte del árbol desde su base.

En algunas zonas cercanas a la presa de Tejocotal hubo un ataque del Dendroctonus adjunctus, por lo que fue necesario talar y fumigar toda la comunidad para poder acabar con el coleóptero.

Según los informes de la delegación regional de la SARH en Huauchinango, las plagas principales se han registrado en la parte alta de la subcuenca; mientras que los bosques mixtos, mesófilos o tropicales no han sido presas del ataque masivo de alguna plaga. Las que se presentan se controlan con fumigantes, sin ser necesario talar todo el árbol.

c) Clareos naturales.

En un bosque pueden encontrarse individuos viejos y jóvenes. Los viejos ocupan un espacio que es requerido por otros individuos más jóvenes que no pueden desarrollarse plenamente por razones de competitividad y de falta de espacio. Además, los ejemplares seniles pierden su capacidad de reproducción. El mismo ecosistema busca continuar con su ciclo y provoca que caigan los árboles viejos bajo diversas causas naturales (por ejemplo la acción mecánica del viento), dando lugar a la apertura de claros que favorece el desarrollo de individuos jóvenes. El ejemplar que cayó proporciona humus y materia orgánica al suelo al descomponerse (Pelaez, 1989).

2.- Causas antropogénicas :

El hombre es el elemento que tiene más fuerza en la transformación del medio ambiente global. Desde épocas prehispánicas se ha adaptado a las condiciones naturales y ha sobrevivido gracias a ella, obteniendo los productos necesarios para vivienda, vestido y alimentación. La naturaleza y el hombre vivían en cierta armonía y los efectos que causaban estos dos elementos entre sí no ocasionaban trastornos irreversibles.

En la actualidad, el ser humano ha sobreexplotado los recursos naturales, de manera que una gran cantidad de ecosistemas ha rebasado su capacidad de inercia (el mantenimiento de su estabilidad a pesar de influencias externas).

La deforestación en gran escala modifica la dinámica general de los ecosistemas: desde la sustitución de especies nativas por especies más resistentes a las influencias externas; hasta cambios en el microclima de una localidad.

Las causas de desmonte son muy diversas, y obedecen a razones económicas, sociales, políticas e incluso culturales. A continuación se señalarán brevemente algunos de los factores más importantes que provocan la deforestación en la zona de estudio (basado de observación de campo y de Verduzco, 1976).

- 1.- Necesidad de terrenos cultivables. Debido a que la parte superior de la subcuenca del Necaxa presenta pocos terrenos con pendiente favorable para el desarrollo de cultivos, el hombre se ha visto en la necesidad de utilizar áreas que no tienen las características apropiadas para la siembra, frecuentemente en terrenos originalmente boscosos. La pérdida de la capa vegetal ha traído como consecuencia un aumento de los procesos erosivos, agradativos y degradativos.
- 2.- Demanda de productos forestales. En las zonas altas y en las zonas bajas de la subcuenca se emplea la madera para diversos usos: desde la explotación de maderas finas en los bosques tropicales en las cercanías de Patla, hasta las maderas blandas empleadas para la construcción obtenida de los pinares en las zonas próximas a Tejocotal. Esta explotación ha tenido un carácter legal e ilegal, aún de la misma industria maderera. Al igual que en gran parte del país, el gobierno no ha tenido control de la explotación forestal irracional con fines económicos, cuyos beneficios son principalmente para personas ajenas a

la región, en tanto que la población local no recibe grandes beneficios por la comercialización de la madera.

- 3.- Problemas de tenencia de la tierra, básicamente entre algunos ejidatarios, pequeños propietarios y campesinos indígenas. Cuando la gente se ve amenazada por problemas de tenencia de la tierra, sobreexplota sus terrenos y los recursos forestales que posee.
- 4.- Sobreexplotación de las zonas planas, que se emplean para agricultura, ganadería, expansión de zonas urbanas e infraestructura especializada. En estas zonas la regeneración de bosques es mínima.
- 5.- Necesidad de talar para introducir ganado, principalmente en las partes bajas de la subcuenca (zonas tropicales y subtropicales).
- 6.- Necesidad de otros usos del suelo. Intervienen factores urbanos y tecnológicos. El crecimiento urbano no ha sido tan intenso como en otras zonas cercanas a la subcuenca, por ejemplo Poza Rica; sin embargo el incremento de la población ha repercutido en la disminución de la cubierta vegetal. La creación y mantenimiento del sistema Necaxa también ha sido una causa en la disminución de la cubierta forestal, al instalarse nuevas plantas y vías de acceso.
- 7.- Algunos abusos de las autoridades locales.
- 8.- Falta de respaldo económico para los técnicos forestales de la zona, que podrían intervenir para un mejor manejo de los bosques y de los espacios agrícolas.
- 9.- Falta de clasificación de suelos y empleo adecuado de éstos.
- 10.- Carencia de educación cívica forestal.

El desmonte se desarrolla principalmente en cuatro formas (Verduzco, op. cit.). La primera afecta directamente a comunidades más o menos grandes y las tres últimas afectan a árboles aislados.

1. Sistema de tumba-roza-quema. Consiste en talar todos los árboles en un área determinada, inclusive los tocones. Posteriormente se quema toda la superficie de ese terreno, para provocar algunas reacciones químicas entre el fuego y el suelo, de modo que los nutrientes quedan libres y proporcionan cierta ayuda a los cultivos, aunque en un lapso de tiempo corto. Este sistema es el más practicado en toda la subcuenca, y en todos los tipos de vegetación. Las afectaciones al suelo están en función principalmente de la cantidad de precipitación, la profundidad del suelo y la pendiente. Existe un alto riesgo de que el fuego empleado en este sistema se extienda a las áreas forestales contiguas.

2. Ocoteo.- Es un proceso paulatino de degradación de la corteza del árbol causado por el hombre, en donde se le van quitando las astillas a la base del árbol. Este se vuelve más susceptible al ataque de los hongos y las plagas, o bien cae debido a la acción mecánica del viento. Es un método lento de deforestación. Este tipo de desmonte se detectó en lugares aislados en toda la subcuenca, principalmente en los bosques situados cerca del grupo oriental de presas. Los pinos son las especies más expuestas al ocoteo porque a partir de éstos se extrae la resina.

3. Cinchamiento.- Es un proceso muy semejante al anterior, aunque en este método se hace la incisión a la corteza en toda la base del árbol, de modo que queda la herida en forma de anillo. El ejemplar también queda expuesto a los hongos, las plagas, las enfermedades y el viento. A pesar de que este proceso no se detectó en la zona, es muy posible que se practique debido a que es un método tanto o incluso más común que el ocoteo.

4.- Corte excesivo de ramas.- Consiste en cortar la mayor parte

de las ramas secundarias de un árbol, de modo que únicamente permanece el tronco central y la punta del árbol con hojas.

Los objetivos de esta práctica son :

- Lograr más espacio para el ganado
- Menor reproducción natural de árboles
- Uso de las ramas para leña, y
- Debilitamiento de todo el árbol, el cual cae en poco tiempo.

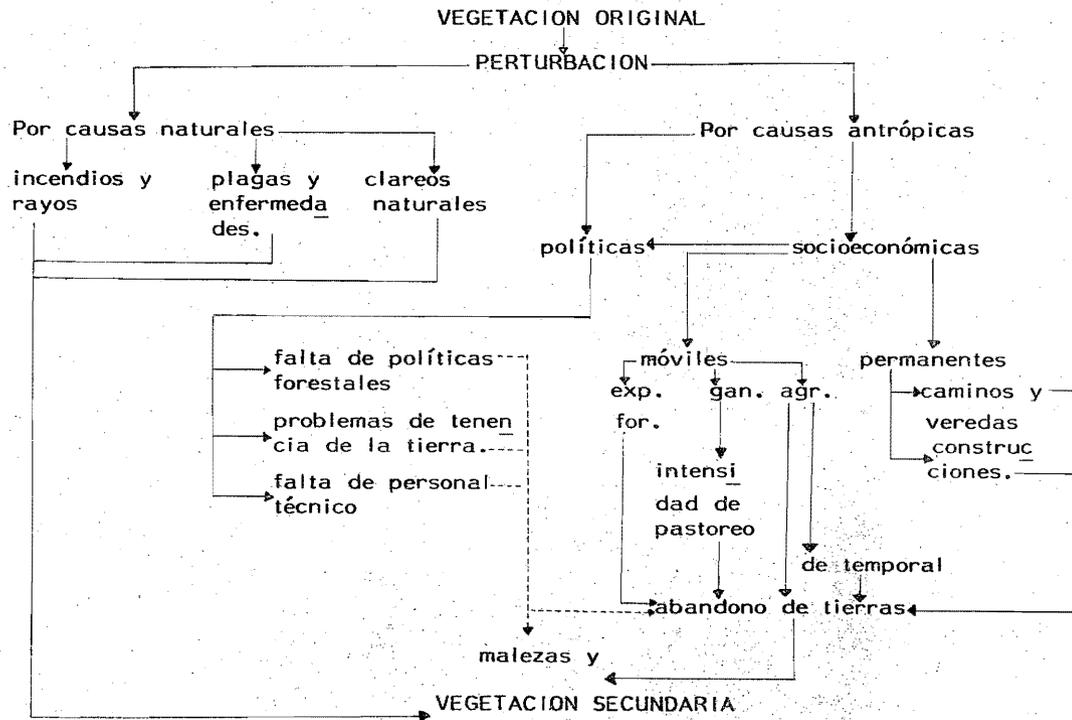
Este método se observó principalmente en los pinos de toda la subcuenca, desde Tejocotal hasta Tenango. Algunos ejemplares con corte excesivo de ramas constituyen los "árboles padres" para reforestación.

## 2.5 DIAGNOSTICO ACTUAL DEL RECURSO FORESTAL.

Se ha explicado hasta ahora cuáles son los tipos de vegetación que existen en la subcuenca del Necaxa, sus relaciones con el medio geográfico y los principales problemas que presentan cada uno de estos tipos relacionados con la naturaleza y el hombre. En este inciso se pretende dar un diagnóstico inicial y actual de la situación de los bosques en la zona, a manera de resumen de lo expuesto en los apartados anteriores, de modo que constituya una base para el planteamiento de posibles soluciones para el mejoramiento de los bosques de la subcuenca que serán planteados en el tercer capítulo.

Se han señalado los principales agentes naturales y antrópicos que provocan la disminución de las masas forestales o que han propiciado la perturbación del bosque, cambiándose en muchas ocasiones la vegetación original por una vegetación secundaria más resistente, aunque más escasa y de menor tamaño. Todos los agentes causantes de perturbaciones y su relación con los bosques puede esquematizarse de la siguiente forma (modificado de Gómez Pompa, 1976).

Fig. 7 AGENTES DE PERTURBACION EN LOS BOSQUES.



Los agentes de perturbación que se mencionan en el esquema ya se han explicado en el inciso anterior. De una forma genérica, la mayoría de las causas naturales y antrópicas expuestas en el diagrama que propician la reducción de las masas forestales pueden aplicarse a todos los tipos de vegetación en diversos grados, por ejemplo, cerca de la presa de Tejocotal las principales causas de deforestación son la sobreexplotación de maderas y la plaga del descortezador, en tanto que en las proximidades de Necaxa el más importante es el desmonte para la introducción de cultivos y de ganado.

La conjunción de todos los mecanismos de perturbación favorecen el incremento de claros y la disminución de las masas forestales, por lo tanto, se considera importante conocer los cambios en el uso del suelo y el porcentaje de bosques, para así determinar las áreas que han sufrido mayor perturbación, sea cual fuere la causa.

Los cambios en el uso del suelo en toda la subcuenca pueden esquematizarse de la siguiente forma :

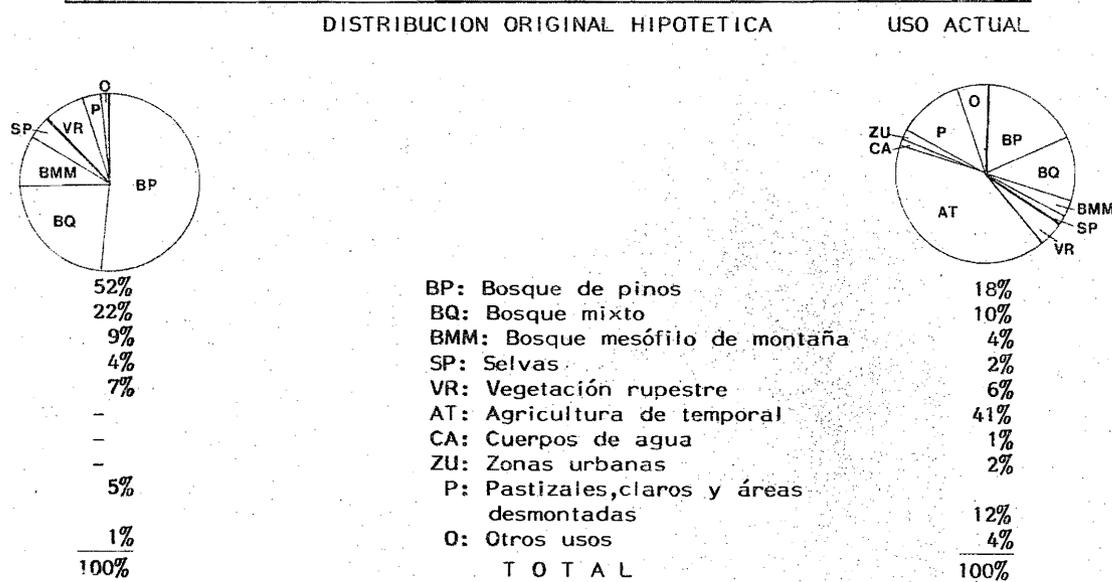


Fig. 8: Distribución original y actual de los tipos de vegetación y uso del suelo

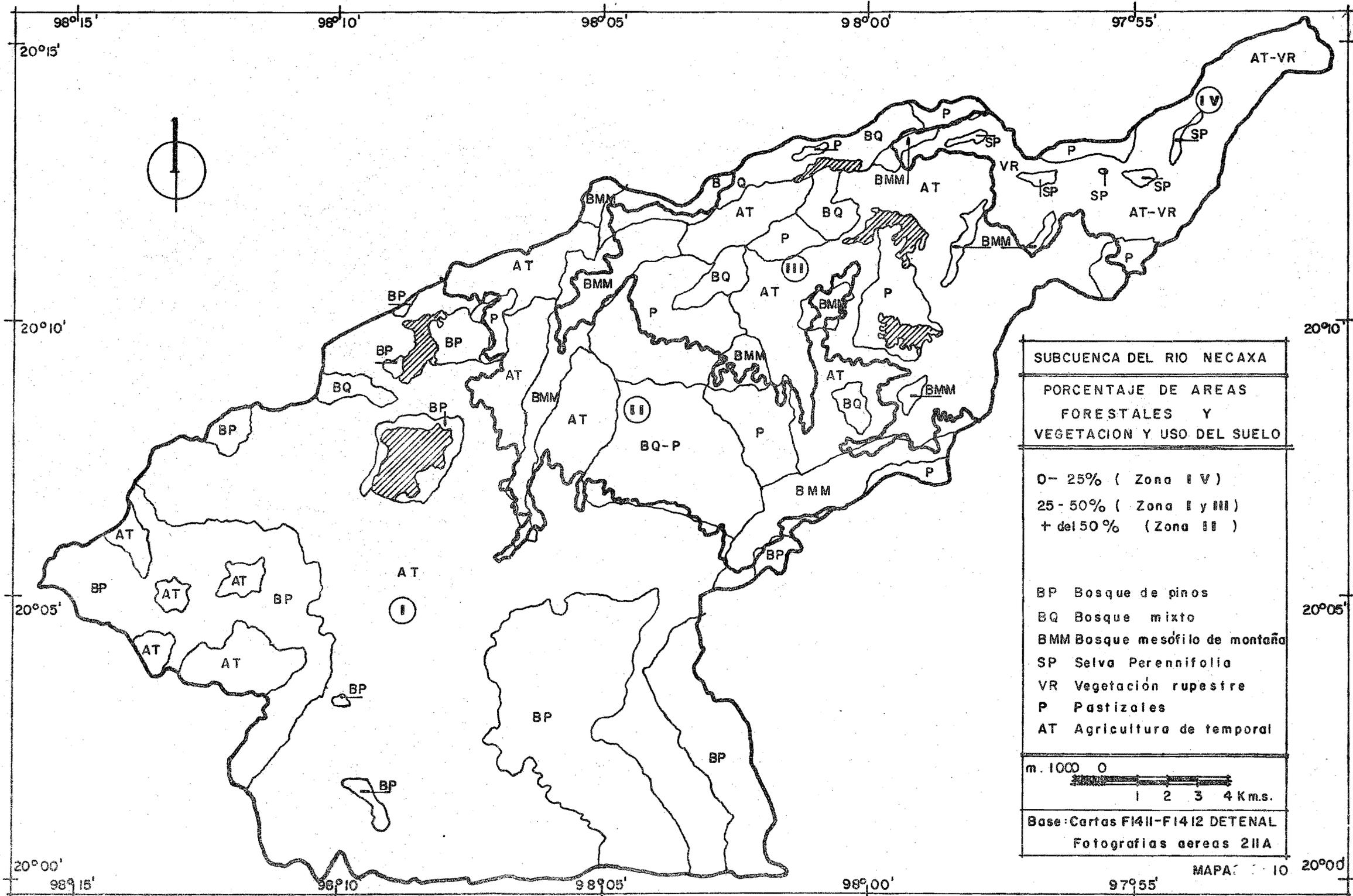
Puede apreciarse claramente la reducción de las masas forestales por causas antrópicas. De un 87% de áreas boscosas originales (resultado de un estado sucesional primario, de unos 5000 años atrás) resta únicamente un 34% de masas forestales en la zona, es decir, se ha reducido un 61% del total. Los bosques de pinos son los que más se han visto alterados en el proceso de transformación antrópica del paisaje, mientras que la vegetación rupestre se ha mantenido debido a la pendiente, inaccesibilidad y que las condiciones donde se desarrolla no son adecuadas para otras actividades. De acuerdo con esta comparación, los pinos son los más afectados, seguidos por los bosques mixtos, los bosques mesófilos y las selvas.

La agricultura ha sido el principal factor que origina los desmontes, ocupando en la actualidad un 41% aproximadamente de la superficie total de la subcuenca. El complejo hidroeléctrico aparentemente no muestra tanta alteración al medio, ya que toda su infraestructura (plantas y embalses) no rebasa el 1% del área total.

En cuanto al porcentaje de bosques se realizó una fragmentación de la subcuenca con base en los pisos altitudinales. En cada nivel se midió el total de áreas arboladas para conocer su porcentaje con respecto a la extensión total del segmento y su número de hectáreas. La zonificación y los rangos obtenidos se aprecian en el mapa 10 y los resultados numéricos aparecen en el siguiente cuadro :

ZONA	EXTENSION TOTAL	% DE AREAS FORESTALES	SUPERF. FORESTAL Km2.	has.	TIPO DE BOSQUE
IV	33.5 km2	14.9%	5	500	vegetación rupestre, selvas
III	97.75 km2	26.1%	25.5	2550	bosque mesófilo, bosque mixto
I	266.5 km2	32.1%	85.5	8550	bosque de pinos
II	86.75 km2	54.6%	47.25	4725	bosque mixto bosque mesófilo

Fig.5: Porcentaje de áreas forestales por pisos altitudinales.



SUBCUENCA DEL RIO NECAXA
PORCENTAJE DE AREAS FORESTALES Y VEGETACION Y USO DEL SUELO
0- 25% ( Zona IV )
25- 50% ( Zona I y III )
+ del 50 % ( Zona II )
BP Bosque de pinos
BQ Bosque mixto
BMM Bosque mesófilo de montaña
SP Selva Perennifolia
VR Vegetación rupestre
P Pastizales
AT Agricultura de temporal
m. 1000 0
1 2 3 4 Kms.
Base: Cartas FI411-FI412 DETENAL
Fotografias aereas 211A

Antes de analizar los resultados del cuadro es necesario aclarar algunos aspectos.:

- Toda la subcuenca tiene características ambientales que favorecen el desarrollo de bosques; aunque es muy difícil encontrar áreas con el 100% de cubierta forestal, debido a los claros naturales y a algunas condiciones muy particulares que impiden el desarrollo de árboles (por ejemplo, en los escarpes rocosos que limitan la formación de suelo). Sin embargo, se considera que las zonas sin arbolado natural no exceden de un 15 o 20%.
- En algunas ocasiones no hay un orden lógico entre los porcentajes y el número de hectáreas de dos sectores, es decir, disminuye el porcentaje y aumenta la extensión boscosa. Esto se debe a que la extensión total de una sección no es igual al área de la otra porción, por lo que varían los porcentajes.
- Algunas secciones aparentemente muestran un nivel muy bajo de cobertura vegetal, por ejemplo la zona IV. En realidad, esta zona tiene escarpes rocosos de gran extensión que impiden el desarrollo de los árboles; por otra parte, se presentan franjas angostas de vegetación a lo largo del río Necaxa, pero por la escala manejada no es posible cartografiarlas ni cuantificarlas.

Puede apreciarse en el cuadro 5 y en el mapa 10 que los bosques de la subcuenca del Necaxa se encuentran en un grado muy alto de perturbación, manifestado en el bajo porcentaje de áreas forestales. Si la región tuviera poca perturbación, el porcentaje ascendería a un rango entre 60 y 80%.

La zona IV muestra el porcentaje más bajo de áreas forestales, aunque la causa posiblemente sea la presencia de vegetación rupestre que no es apreciable en las fotografías aéreas ni en los mapas. La deforestación se ha efectuado principalmente en las márgenes del río Necaxa con los bosques tropicales de maderas finas. En la actualidad permanecen algunos manchones, en su mayoría compuestos por acahuales.



La deforestación puede traer consecuencias negativas a las plantas hidroeléctricas de Tepexic y Patla, debido a los arrastres de suelos y los procesos gravitacionales de las laderas que incrementan la carga del río, la cual puede afectar a la maquinaria de dichas plantas.

La zona III se ha visto perturbada principalmente por las actividades económicas, ya que una parte importante de la zona tiene pendientes mínimas que favorecen la agricultura y los asentamientos humanos.

Las masas forestales, que ocupan un 26% del área total de la zona III, se concentran en las barrancas y en los montes con pendientes fuertes. En las márgenes de las presas de Tenango y Nexapa se encuentran algunas masas boscosas sobre terrenos planos, aunque ya son comunidades viejas y con una densidad arbórea relativamente baja, por lo que forman bosques abiertos.

Se considera que en esta porción la perturbación ha sido excesiva en las proximidades de la presa Nexapa, sustituyéndose masas arbóreas por cultivos en un 80% del área. Los procesos erosivos se han incrementado, aflorando en ocasiones el material parental.

La zona I presenta una densidad arbórea de un 32%, concentrado en los montes con más de 2600 metros de altitud. Ya que las zonas cercanas a la presa de Tejocotal y a la población de Ahuazotepec se encuentran en zonas muy planas, se han sustituido las masas forestales por cultivos de clima templado, por lo que los bosques se reducen en esta porción hasta un 8%. Sin embargo, puede considerarse que el uso del suelo es adecuado en esta porción.

Se detectó que el principal problema de los bosques de este sector ha sido la plaga del descortezador, seguido por la explotación maderera con fines comerciales. En la actualidad, las principales masas de bosques de pino se encuentran al sureste de la cuenca.

Finalmente, la zona III es la que presenta el mayor porcentaje de

bosques en toda la cuenca, ocupando un 55% del total. Las principales perturbaciones de estos bosques ocurren en las proximidades de las vías de comunicación. Los poblados son relativamente escasos. Es posible que el buen estado de conservación se deba a la abundancia de barrancos en la zona, lo que dificulta el establecimiento de asentamientos humanos y de vías de comunicación.

Una vez conocida la situación del recurso forestal en toda la subcuenca del Necaxa, se particularizará brevemente en las condiciones de las márgenes de las presas del Complejo Hidroeléctrico. Para su desarrollo, se dividirán en dos secciones: un grupo situado del lado occidental (presas de Tejocotal y Omiltemetl) y un segundo grupo localizado en el oriente de la subcuenca, que comprende los embalses de Necaxa, Tenango y Nexapa.

El grupo occidental (veáse el mapa 9) tiene un predominio de bosques de pino y otros géneros en proporciones muy bajas, encontrándose algunos encinos, madroños, cedros, etc. En este grupo, las masas boscosas adyacentes a las presas son en su mayoría de reforestación, sin embargo, no cubren todo el perímetro del embalse y su anchura es muy reducida. Un 70% de las márgenes de la presa de Tejocotal tiene árboles, aunque el ancho de la faja no excede de un kilómetro y en ocasiones esta franja está distante de la presa. Las principales corrientes que abastecen de agua al vaso llevan una gran cantidad de materiales en suspensión, por lo que al llegar a la presa se depositan y se va reduciendo paulatinamente su volumen. La reforestación no se ha efectuado en las partes altas de la cuenca y los suelos tienen alta susceptibilidad al arrastre y a la erosión que afectan a la presa.

Entre la franja boscosa que rodea la presa y el cuerpo de agua existen pastizales que se usan para la ganadería, que constituyen un agente importante en la erosión de los suelos; por otra parte impiden o aminoran la regeneración natural de la vegetación.

Existen riesgos fuertes de azolvamiento en esta presa, que se ha controlado levemente por las reforestaciones, aunque es necesaria una mayor siembra de árboles en las orillas del embalse y en las montañas próximas.

En las márgenes de la presa de Omiltemetl las reforestaciones han sido más escasas que en Tejocotal. Se han sembrado pinos en las proximidades de la cortina de la presa, pero las zonas cercanas a los ríos que abastecen de agua al embalse están totalmente descubiertas, sin ninguna cobertura vegetal. La mayor parte de la margen occidental de la presa está cubierta por cultivos, aunque aparentemente no hay problemas graves de arrastre de suelos porque las pendientes no son muy fuertes. Los arroyos que bajan a la presa están protegidos con pinos, aunque no llegan a constituir comunidades.

De las dos presas señaladas, es posible que Tejocotal tenga más susceptibilidad a daños. Además del arrastre de suelos, ya se tiene un antecedente de un ataque masivo del descortezador y de incendios forestales, por lo cual se considera a Tejocotal y sus bosques contiguos con un alto grado de perturbación y de consecuencias negativas en el futuro. Es necesario recordar que la carretera México-Poza Rica pasa junto a la presa, por lo que también existen algunos problemas asociados con el turismo.

El grupo oriental, conformado por las presas de Necaxa, Tenango y Nexapa presentan condiciones similares entre sí : suelos, clima, sustrato rocoso, pendientes y tipos de vegetación. La deforestación en esta zona ha generado problemas más serios que en el grupo occidental de presas, que es aumentado por la diferencia de características ambientales entre los dos grupos.

La presa de Nexapa, que es el primer vaso que provee y regula la cantidad de agua en los otros embalses, ha manifestado problemas de azolvamiento, escasez de agua en la temporada seca\* que afecta directamente a Tenango y a Necaxa; y aumento del lirio acuático,

\*En una visita de campo que se realizó en el mes de mayo, aproximadamente un 60% del volumen de la presa se encontraba vacía, y el agua estaba unos 8 metros por abajo del nivel normal. Consecuentemente, Tenango y Necaxa tenían una altura inferior a la normal, sin ser tan alarmante como en Nexapa.

posiblemente un resultado de la eutroficación de la presa (incremento excesivo de nutrientes en el agua y disminución del oxígeno).

Las laderas que bordean la presa llegan a superar los 40 grados de inclinación, por lo que las fuertes lluvias arrastran los suelos de cultivo con todo y fertilizantes, proceso que se incrementa por la disposición de los surcos (paralelos a la pendiente). La deforestación ha sido excesiva en la cuenca de captación, quedando aproximadamente un 15% cubierto por bosques, encontrados cerca de la cortina y del canal principal que provee de agua a la presa. Las corrientes naturales que llegan al embalse, se han cubierto parcialmente por sedimentos.

En la presa de Tenango ocurren problemas similares a los de Nexapa, aunque no son tan graves. El abastecimiento de agua se puede controlar en las compuertas de la cortina de Nexapa, por lo que Tenango puede sostener un mayor volumen de agua en los meses críticos. Las laderas son menos inclinadas, reduciéndose así los arrastres de suelos. Las cimas de los montes adyacentes conservan todavía vegetación, el agua puede infiltrarse y se reduce el escurrimiento superficial. Finalmente, los cultivos no son tan abundantes como en Nexapa.

En el oeste de la presa persiste una comunidad de bosques mixtos, aunque son de edad avanzada y con una densidad arbórea relativamente baja y con fuerte influencia del hombre.

En las cercanías de la población de Tenango subsisten muchos árboles alternados con cultivos (principalmente de flores), pero sin llegar a formar comunidades. En este caso pueden aprovecharse los suelos para cultivos, a la vez que se conservan algunos ejemplares arbóreos. Varios pinos aislados que se encuentran en esta zona sufren algunos métodos lentos de desmonte como el ocoteo y el corte excesivo de ramas.

Finalmente, las márgenes de la presa de Necaxa conservan todavía una masa forestal relativamente extensa, principalmente en la ladera

opuesta a la carretera México-Poza Rica. Aquí subsisten con alteración moderada vegetación secundaria derivada de bosques mesófilos.

En las porciones cercanas a la cortina y a las oficinas administrativas del Sistema Necaxa permanecen los relictos mejor conservados de bosque mesófilo, protegidos por la Compañía de Luz y Fuerza.

La ladera norte de la presa es la que presenta la mayor alteración de los bosques, aunque permanecen algunos manchones más o menos grandes con una densidad arbórea reducida. En la actualidad, los cultivos no son muy abundantes, pero hay una fuerte tendencia a la deforestación, a pesar de que el suelo es muy delgado y las pendientes muy fuertes.

La existencia de una cubierta forestal relativamente densa (un 40%), la profundidad del vaso y el aporte continuo de agua proveniente de Tenango y del río Texcapa hace que la presa Necaxa sea la que presenta menos problemas en todo el conjunto de presas, y su nivel de aguas se mantiene relativamente estable a lo largo del año, por lo que puede cumplir con sus funciones en la generación de energía eléctrica. La distribución de las masas forestales en las márgenes de todas las presas puede apreciarse en el mapa de vegetación.

Para concluir con el capítulo, se mencionarán algunas consecuencias que puede ocasionar la deforestación en el medio geográfico:

- Al talar un área determinada, se disminuye la entrada de materia orgánica al suelo, decrece la humificación y la productividad de la capa edáfica.
- El suelo queda más expuesto a la acción de los agentes externos, aumenta la compactación e impide la germinación rápida de las semillas. Por otra parte, se hace más susceptible a los movimientos de remoción en masa al no existir raíces que fijen el suelo.

- Disminuye la cantidad de microorganismos al haber déficit de alimento.
- Aumenta la velocidad del viento en la superficie al no haber una barrera que los desvíe.
- La acción del agua, los animales y el hombre compactan el suelo, favorecen las arroyadas e impiden la infiltración (Tricart, 1972).
- Repercute en la disminución de aguas freáticas y en el abastecimiento de corrientes y cuerpos de agua (lagos y embalses).
- Provoca cambios en la microclimatología del lugar, con menor humedad y precipitación, y mayor oscilación térmica, favoreciéndose los procesos de desertificación.
- Impide la absorción de los contaminantes en el aire y en el suelo.
- Disminuyen las materias primas para combustibles, construcciones y mobiliarios.
- Provoca cambios y desequilibrios irreversibles en la dinámica ecológica de un área determinada, que puede dar lugar a incremento excesivo de organismos propios o extraños (plagas) o a decremento o extinción de los mismos.
- Indirectamente, se favorecen los procesos de eutroficación cuando se arrastran los suelos con químicos a los embalses.

### CAP.3.- PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS Y LA CONSERVACION DE LOS RECURSOS FORESTALES.

#### 3.1 ALGUNAS IDEAS EN TORNO A LA CONSERVACION.

En los capítulos anteriores se ha hecho mención a los problemas que impulsan a la disminución de las masas forestales. Si continúa la misma velocidad de deforestación, el bosque puede desaparecer en un tiempo relativamente corto, posiblemente unos 10 o 15 años, y que afectaría seriamente el clima de la región, a la población y al conjunto de presas del sistema hidroeléctrico (eutroficación, azolvamiento, contaminación, reducción de las fuentes hídricas de abastecimiento, erosión de las márgenes, etc.). para controlar o evitar estos posibles problemas, es necesario plantear algunas ideas y estrategias en torno a la conservación de los recursos forestales.

El tópico de la conservación es posiblemente uno de los más discutidos y que originan mayores controversias entre los estudiosos de las ciencias ambientales, el sector gubernamental y la opinión pública. Existen las tendencias "romanticistas" que opinan que no se debe tocar el bosque para usos materiales, sino únicamente para la recreación y uso turístico; por otra parte, hay quienes explotan irracionalmente el recurso sin considerar las consecuencias y las necesidades futuras (corrientes desarrollistas). Las tendencias ambientalistas y ecológicas contemporáneas consideran que el bosque puede ser aprovechado en una forma sostenida y controlada, de modo que pueda proporcionar todos los beneficios que posee una masa forestal sin que haya una alteración seria en el ecosistema.

Se considera que todo ecosistema natural, que incluye a las comunidades arbóreas, tienen un grado de inercia y resistencia que permite soportar cierto nivel de estrés ecológico o perturbación ( González, 1989 ).

La inercia es la capacidad que tiene el medio para mantenerse en el mismo estado a pesar de las influencias externas; mientras que la resistencia es un rango dinámico en el que el medio es capaz --

de mantenerse estable a pesar de los agentes externos de perturbación.

En otras palabras, el bosque permite un cierto rango de infiltración externa, por lo cual se pueden efectuar actividades dentro de una comunidad vegetal sin que ésta se vea amenazada.

Odum (1972) y Margalef (1982) mencionan los dos objetivos básicos de la conservación :

1. Asegurar la existencia de los elementos estéticos y la producción de los ecosistemas naturales y seminaturales, evitando la degradación excesiva.
2. Asegurar los rendimientos bióticos y abióticos que son generados o se relacionan con los ecosistemas, de modo que pueda mantener su dinámica y sus ciclos (cosecha-renovación) a corto, mediano y largo plazo. La mayor parte de los manejos forestales se efectúan para satisfacer necesidades únicamente a corto plazo, sin considerar el futuro.

Las estrategias sugeridas para la conservación de un recurso determinado pueden estar sujetas a discusiones y problemas, debido a que es necesario considerar un gran número de elementos (componentes ambientales, y la situación social, económica, política, histórica y cultural de la población), que no son posibles de tomar en cuenta en su totalidad. Por otra parte, al establecerse en forma real las políticas y prácticas de conservación se pueden desencadenar otros problemas antes inexistentes, como las invasiones de tierras, los malos manejos, la sobreexplotación de las zonas adyacentes, etc.

Las propuestas de conservación que se sugerirán son solamente un punto de partida para un estudio muy particular, que de preferencia debe ser de tipo multidisciplinario en el que participan geógrafos, biólogos, forestales, ecólogos, sociólogos y economistas, entre otros.

### 3.2 PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES ECONOMICAS PRIMARIAS

El hombre ha sido el principal agente de deforestación en la zona de estudio, con el fin primordial de adquirir tierras para el cultivo. Es por eso que para controlar los desmontes es necesario proporcionar alternativas para que el hombre obtenga los insumos requeridos para su sustento.

Se han elaborado algunos estudios recientes que pretenden mejorar la calidad de vida de la población rural y elevar la producción agrícola en lugares determinados. Entre estos estudios, destacan: la estrategia de uso múltiple, el ecodesarrollo y las granjas integrales, entre otras. Si se mejora la productividad agrícola, el ser humano tendrá menor necesidad de talar los bosques para extender sus áreas de cultivos. Cada estrategia tiene características específicas y deben desarrollarse en zonas con ciertas condiciones particulares, ya que no es aconsejable aplicar la misma técnica a toda la zona. En las siguientes líneas se mencionarán los lineamientos básicos de cada estrategia, con especial interés en la estrategia de uso múltiple.

#### a) Estrategia de uso múltiple.

Esta estrategia, al igual que las otras que se mencionarán en este inciso, tienen su base en prácticas agrícolas prehispánicas, y que tenían un cierto "ecologismo empírico", ya que se aprovechaba la naturaleza sin alterar en demasía los ecosistemas.

La estrategia de uso múltiple, desarrollada por Toledo et al (1985) tiene como fundamento la producción basada en la diversidad de todos los elementos: variedad de cultivos, ganadería, silvicultura, etc., de modo que los rendimientos no están condicionados por un solo producto (por ejemplo un monocultivo o ganadería extensiva y monoprodutiva) sino que exista un amplio número de fuentes de ingreso basado en la diversidad de recursos. Se busca que se dé un "intercambio ecológico"

y no un "intercambio económico", es decir, que los rendimientos tengan un origen y un destino basado en la naturaleza y no tanto en la economía capitalista (aunque en el caso del medio rural mexicano es muy difícil de lograrse plenamente). para el desarrollo de esta estrategia es de suma importancia la aplicación de los conocimientos medioambientales y etnobotánicos de los campesinos del lugar, ya que nadie mejor que ellos conoce la diversidad geográfica de su entorno. Los conocimientos entre comunidades podrían integrarse en un solo estudio y aplicarlos en su totalidad para una misma zona, aprovechando tanto los conocimientos de una comunidad como la de las poblaciones vecinas. La similitud de condiciones físicas y sociales en lugares de la misma región harían factible esta integración y aplicación de conocimientos y experiencias.

Como se mencionó líneas arriba, esta estrategia multidimensional se refiere al aprovechamiento de la diversidad, o como lo señala Toledo (op.cit.), la "..apropiación de múltiples ecosistemas con múltiples especies que generan múltiples productos mediante la ejecución de diversas prácticas productivas..". El uso múltiple podría ser factible de aplicarse en la zona de estudio. La zonificación por pisos altitudinales que se ha venido manejando podría constituir la base para elaborar los planes de desarrollo en esta zona; ya que cada piso correspondería a una región ecológica: templado subhúmeda, templado húmeda y cálido húmeda; cada una con características geográficas similares.

En la zona I y II que corresponden con el templado subhúmedo de la clasificación ecológica de Toledo (op.cit.) y con una vegetación de pinos y encinos, podría aplicarse el uso múltiple. Se mencionarán algunas sugerencias para la aplicación de la estrategia en esta sección :

- Se requiere de una mayor diversidad de cultivos con diferentes épocas de siembra, que puede ayudar a reducir los daños causados por las enfermedades y las plagas que afectan principalmente a los monocultivos y las masas forestales de una sola especie.
- Pueden sembrarse asociaciones de cultivos en un mismo surco, por ejem-

plo: maíz y frijol; frijol-calabaza-ajote, etc., que favorecen una mayor producción alimentaria y el incremento de nitrógeno en el suelo proporcionado por las leguminosas.

- El ganado se puede introducir de una forma intensiva en los terrenos adecuados para esta actividad. Al igual que la agricultura, es recomendable que sean varios tipos de ganado, por ejemplo, bovinos y aves de corral. Si existen terrenos extensos, se pueden aplicar técnicas como la rotación de potreros, para que crezcan los pastizales y disminuya la compactación del suelo producida por los animales. Sería adecuado reducir su número en las márgenes de las presas de Tejocotal y Omiltemetl, debido a que tienen cierta influencia negativa en el suelo, las plantas y el agua.
- Un impulso a la fruticultura daría a la población mayores oportunidades de ingresos, mayor autosuficiencia alimentaria y materia prima para objetos de uso común. La presencia de una capa arbórea ayudaría a mejorar la calidad de los suelos y el aire de la localidad. Se pueden alternar cultivos con frutales para que el campesino obtenga producción la mayor parte del año, además de que se podrían obtener ingresos por los cultivos mientras que los frutales están en tiempo de fructificar. Las especies a introducir serían tomadas de otros lugares dentro o fuera de la subcuenca, con características agroclimáticas similares (por ejemplo, la zona de Zacatlán).
- Las prácticas de explotación forestal requieren de más atención por parte de las autoridades correspondientes, ya que esta sección es la más abundante en recursos forestales maderables y no maderables. Su aprovechamiento se detallará más adelante dentro del "Uso múltiple del bosque", aunque puede manejarse en una forma importante dentro de esta estrategia, con la misma base de explotación sostenida y reforestación con varias especies.
- La zona presenta también un alto potencial en piscicultura, que

se puede desarrollar en las dos presas de la sección. Se pueden hacer algunos estanques rústicos en las márgenes de los embalses para conocer la compatibilidad de especies, su grado de reproducción y el rendimiento alimenticio y económico que proporciona cada especie. En la actualidad se practica un poco la pesca, pero su aprovechamiento no es de uso común dentro de la población local.

Es conveniente que en un espacio determinado se practique el mayor número posible de actividades, ya que no es recomendable emplear una sola actividad ni una sola especie, sea ésta agrícola, pecuaria, piscícola o forestal.

Las actividades que integrarían el uso múltiple de esta zona podrían extenderse a las zonas III y IV, con las variantes pertinentes en cada caso.

En la zona III, equivalente a la división de "zona templada húmeda" de la clasificación de Toledo (op.cit.) se puede incrementar el número de especies agrícolas, ganaderas y de peces en las presas de Tenango, Necaxa y Nexapa, aunque con algunas limitantes locales como el suelo y la pendiente. para la introducción de especies, pueden tomarse representantes con producción satisfactoria en zonas homogéneas como el este de la sierra norte de Puebla, la zona de Villa Juárez, el este de Hidalgo, el centro de Veracruz, etc. Entre los frutales de estas zonas destacan las naranjas, el mamey, el zapote, la anona, la guanábana, el plátano, etc. (Acosta-Barradas, s/f).

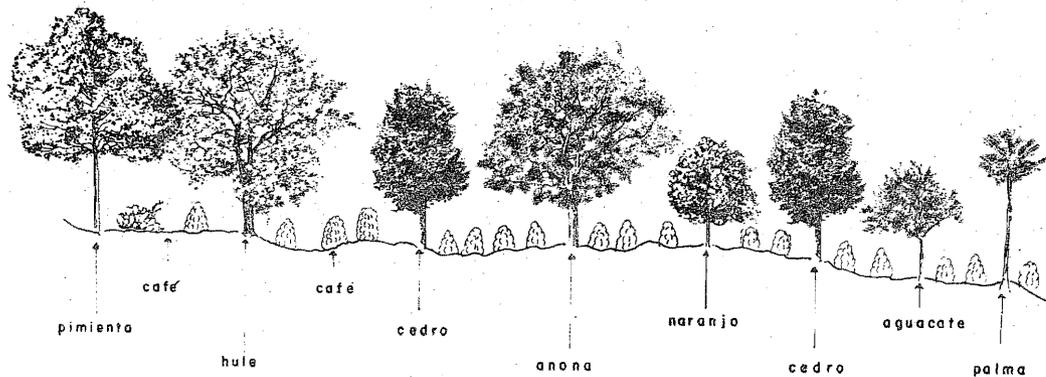
Toledo menciona que algunas zonas semejantes a las de la región III deben hacerse las prácticas agrícolas con base en el café, ya que este cultivo es el que presenta la mayor producción por hectárea en todo el ecosistema templado-húmedo, comparado con el maíz que es bastante pobre con relación al café y otras zonas maiceras en otros ecosistemas.

Como se mencionó en el primer capítulo, el café es uno de los cultivos

que ocasionan menor deforestación, ya que crece como estrato arbustivo bajo una capa arbórea que le proporciona sombra. Esta característica le da el nombre de "agroecosistema" por su relación benéfica con el hombre y el medio natural.

En la mayor parte de los cafetales se aprovecha únicamente el fruto. Para la utilización de la estrategia, se sugiere tomar como base el café pero también emplear los árboles, las hierbas y otros elementos que se encuentran en el área cafetalera. A continuación se presenta un ejemplo de esta idea en una comunidad cercana a Cuetzalan, Pue., cuyas características geográficas son similares a las de la zona de estudio, por lo que podría aplicarse algo semejante en la región III.

Fig. 9 Uso múltiple en un cafetal totonaco (tomado de Toledo, 1985)



Puede apreciarse en el esquema el aprovechamiento de los cafetos y de las otras especies cercanas, como el árbol de pimienta, que proporciona el condimento del mismo nombre; frutales como la anona, el aguacate, el naranjo, el hule, etc. Además de los frutos, éstos árboles pueden ser empleados para leña y madera, entre otros usos.

La cubierta protectora del café puede actuar como una comunidad forestal, susceptible de ser aprovechada en forma controlada y sostenida. En este agroecosistema, el hombre satisface sus necesidades económicas y alimentarias al mismo tiempo que permanece una cubierta arbórea, con todos los beneficios naturales que ello implica.

La desventaja que presenta este uso múltiple de los cafetales es que disminuye la producción de este producto, aunque el campesino puede obtener aún mayores beneficios alimentarios y económicos por la producción de los cultivos y árboles adyacentes a los cafetos. Este sistema también requiere de una limpieza constante del terreno para evitar el crecimiento acelerado de árboles.

La región IV quedaría dentro de la clasificación ecológica cálido-húmeda de Toledo (op.cit.) Posiblemente esta porción sea la que presente más problemas para lograr un uso múltiple adecuado del espacio, ya que el ecosistema es sumamente frágil. Un uso inadecuado podría acabar con la cubierta forestal sea cual fuere su tamaño o con los suelos tropicales caracterizados por su poca profundidad y su rápida lixiviación.

Las áreas con topografía plana o semiplana son las adecuadas para el establecimiento de cultivos y potreros, sin embargo, son escasas en este sector. Se recomienda, al igual que en la zona I, II y III una mayor diversificación de productos agrícolas y pecuarios. Los modelos que pueden adaptarse a esta región podrían ser localidades del estado de Veracruz, debido a que existe un número importante de investigaciones importantes sobre los agroecosistemas en el trópico-húmedo (Gómez Pompa, Hernández X, etc.) bajo condiciones geográficas

similares a las de la zona IV. La alta temperatura y la humedad pueden favorecer una mayor diversidad de cultivos y de frutales como la guanábana, el mamey, algunos cítricos, mangos, arroz, tabaco, cacao, vainilla, etc. Para la introducción de estos cultivos son necesarios estudios fenológicos detallados de cada cultivo o frutal. No es recomendable la implantación de cultivos en terrenos muy abruptos, ya que los suelos son pobres en nutrientes o muy delgados, y por lo tanto, generalmente no producen más de cinco años. La producción agrícola en pendientes semiabruptas sería posible mediante la construcción de terrazas, de modo que se nivele la pendiente y se aminore el arrastre de los suelos. La construcción de terrazas implica algunos requerimientos técnicos y mucha mano de obra, pero su costo no es muy elevado y los rendimientos son buenos. Por otra parte, la vegecultura (cultivo de tubérculos y rizomas) puede tener cierta potencialidad en la zona, así como el uso íntegro de las plantas rupestres aprovechables que se encuentran en las laderas de la barranca de Necaxa.

Para la ganadería, se recomienda emplear los pastizales ocasionados por el desmonte en terrenos preferentemente planos (por ejemplo, en la vega del río), e intentar hacer una rotación de potreros.

Una actividad que casi no se ha desarrollado en la zona y que presenta una gran potencialidad de uso es la apicultura. Las abejas tienen muchas fuentes de abastecimiento, los panales ocupan muy poco espacio y la producción de miel puede ser abundante y tiene un valor productivo alto; además de que es un alimento con alto valor nutritivo y puede sustituir productos industrializados como el azúcar. Finalmente, en estas zonas pueden establecerse granjas integrales, mismas que se detallarán más adelante.

Puede apreciarse que en todas las regiones hay posibilidades de emplear la estrategia de uso múltiple, con diversas variantes dependiendo de las características propias de la localidad. Algunas regiones tienen gran potencialidad agrícola, mientras que en otras zonas no es recomen-

ble su expansión. Si el hombre adquiere su autosuficiencia alimentaria por diversas fuentes e ingresos constantes, los bosques que aún subsisten tendrán mayores oportunidades de permanecer sin que estén en peligro latente de ser desmontados, a la vez que puede mantenerse su estado de recurso, es decir, aprovechable por el hombre.

A continuación se esquematizará un perfil de un trasecto de la zona de estudio (Tejocotal-Mazacoatlán), mostrando la vegetación natural y los componentes ambientales; el segundo perfil muestra el uso actual de la tierra y el tercero las recomendaciones o el uso potencial de este transecto basado en la estrategia de uso múltiple. El perfil escogido es representativo de la cuenca, ya que abarca todos los tipos de vegetación y la mayor parte de las actividades económicas, además de que incluye dos de las presas del sistema Necaxa y la zona urbana de Huauchinango.

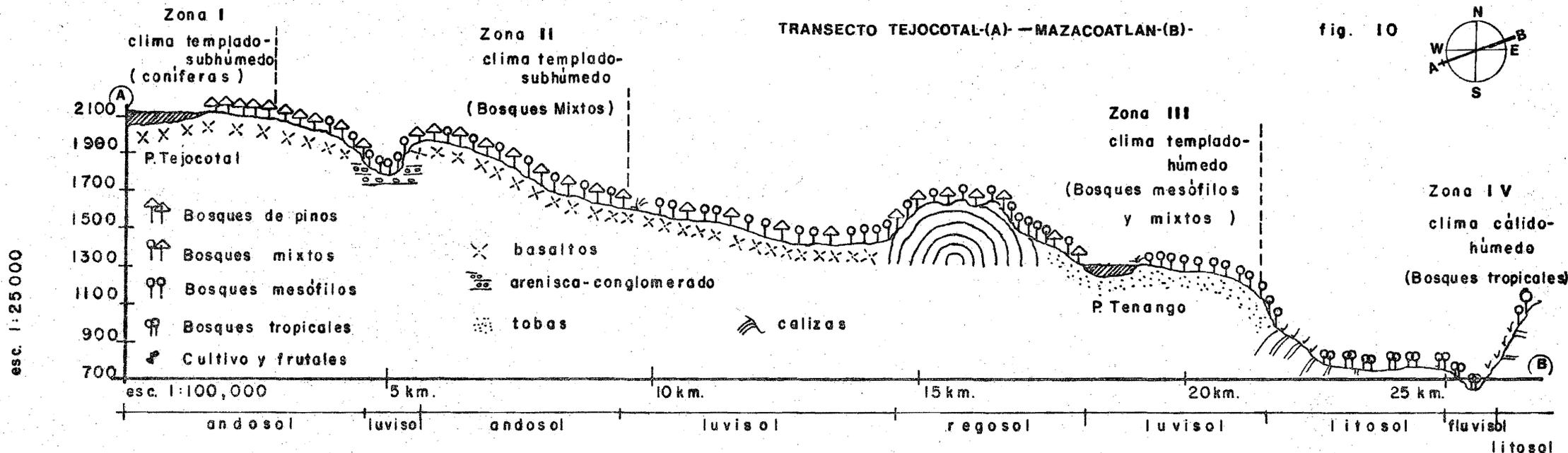
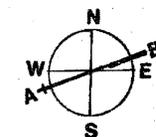
En la secuencia de perfiles se aprecian los cambios en el uso del suelo y la vegetación; desde un 85% aproximadamente de áreas naturales boscosas hasta un 33% en la actualidad, con una alta correspondencia con el relieve, los climas, los suelos y la litología. El uso potencial de una región debe estar en función de estos componentes ambientales y las necesidades alimentarias y económicas de la población. Las ideas sugeridas en el perfil de uso potencial son factibles de ser aplicadas a la mayor parte de la subcuenca, por similitudes de pendiente, uso del suelo y/o componentes ambientales. Se intentó obtener una propuesta basada en el uso múltiple de los recursos, de manera que el hombre no se encuentre dependiendo de un solo tipo de producción y que los ecosistemas semi naturales subsistan a largo plazo sin permanecer en el grado de perturbación actual.

Un problema importante que surgiría si se llevara a cabo la estrategia de uso múltiple es la visión propia del campesino. Por costumbre, han sembrado pocos productos que emplean casi en su totalidad para el autoconsumo y con mínimos ingresos, sujetos a los cambios naturales

EVOLUCION DEL USO DEL SUELO Y USO MULTIPLE

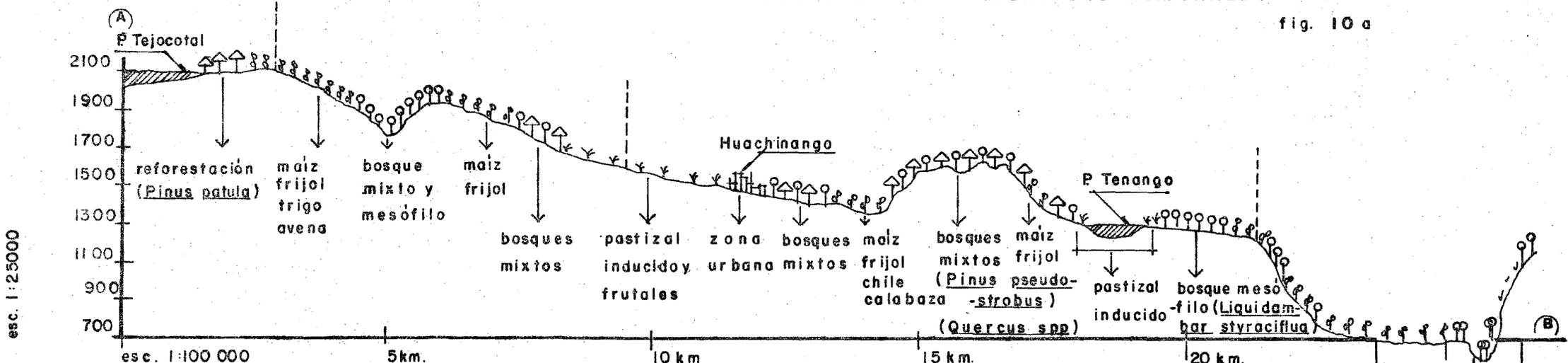
TRANSECTO TEJOCOTAL-(A) - MAZACOATLAN-(B)-

fig. 10



COMPONENTES AMBIENTALES NATURALES

fig. 10 a



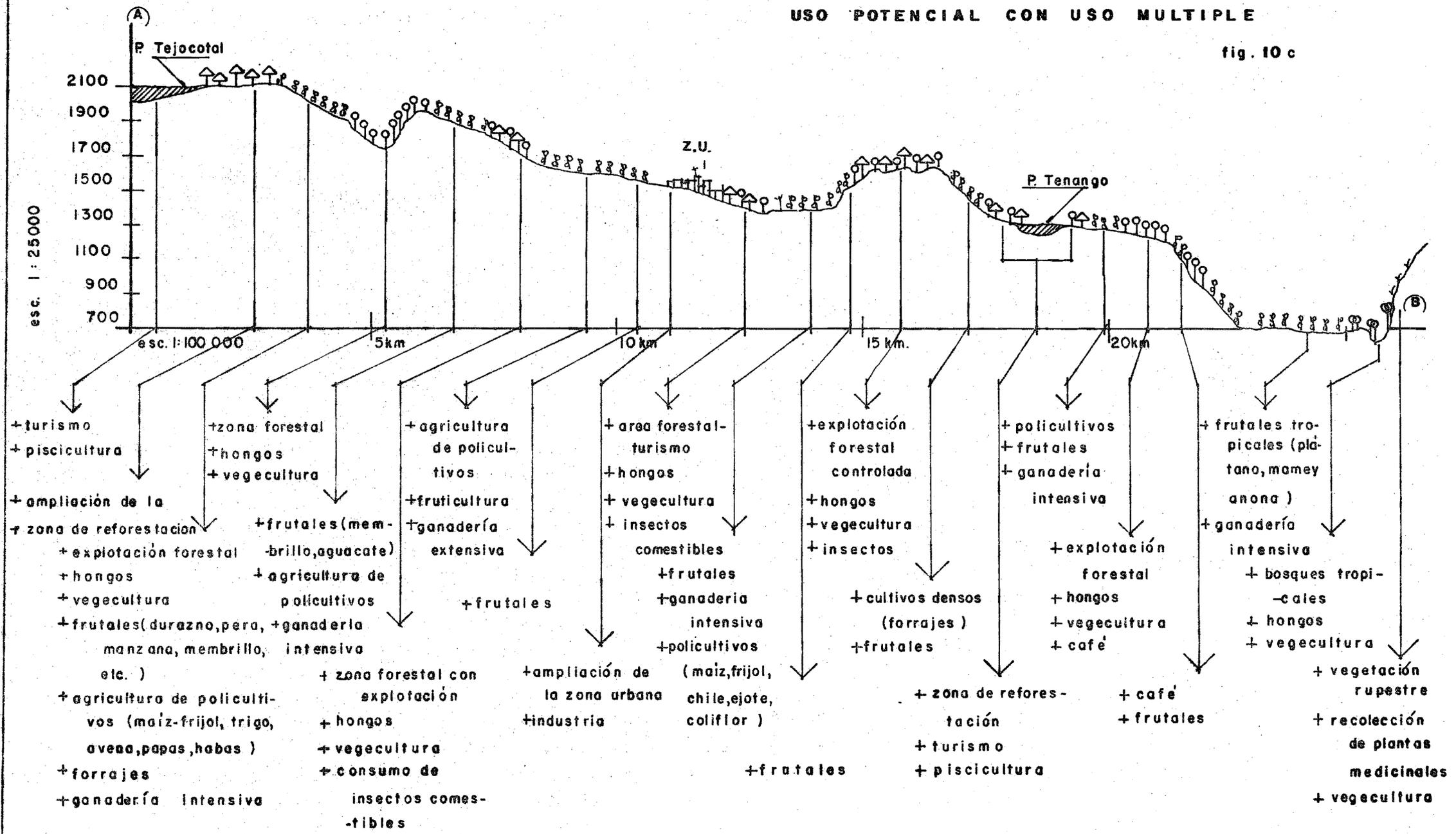
USO ACTUAL

fig. 10b

plátano  
maíz  
bosque tropical  
(*Bursera simaruba*)  
vegetación rupestre

USO POTENCIAL CON USO MULTIPLE

fig. 10 c



y económicos. Por otra parte, han estado sujetos a las disposiciones políticas del mestizo, con extorsiones, corrupción y malos manejos. Por estas causas naturales y sociopolíticas se niegan en muchas ocasiones a aceptar otras técnicas de manejo de sus propiedades (cultivos y animales), más aún si proviene de alguna persona o institución ajena a su comunidad. La solución posiblemente sería una mayor comunicación entre las autoridades y la población rural, tomando como base algún ejemplo de la estrategia en la región con resultados satisfactorios.

b. El Ecodesarrollo.

El ecodesarrollo es una corriente reciente, propuesta por Shang en 1973. Intenta realizar una serie de sugerencias tomando como base los principios ecológicos (entrada y salida de sustancias y energía, cadenas tróficas, productividad, reproducción, etc.) y las experiencias histórico-económicas de las sociedades, y que se llevan a cabo mediante ecotécnicas\*; se busca que a fuente energética principal que mueve la producción sea de tipo natural, como la energía solar y los procesos fotosintéticos; evitando las fuentes artificiales, controlándose de este modo la producción de hidrocarburos y los efectos nocivos que causan al ser empleados. Su diferencia con la estrategia de uso múltiple estriba en que el ecodesarrollo requiere de mayor cantidad de estudios ecológicos y que no se toma la diversificación del medio como punto central. Su aplicación en la zona de Necaxa puede ser más complicada, debido a la extremada complejidad de los ecosistemas que integran la subcuenca. Por otra parte, la necesidad de bases ecológicas sólidas hacen que su ejecución sea más específica y localizada en extensiones reducidas. La estrategia de uso múltiple, además de ser más fácil de aplicar, se desarrolla sobre extensiones más amplias con beneficio de un mayor número de habitantes. Sin embargo, el ecodesarrollo tiene algunos principios interesantes cuyo fin común es "...el manejo del medio ambiente, un medio para realizar una gestión racional de los recursos, controlando, al mismo tiempo, el impacto del hombre sobre

<sup>95</sup>  
\*Romanini(1981) define las ecotécnicas como "las técnicas que permiten una explotación de los recursos naturales localmente disponibles, asegurando, al mismo tiempo, su conservación o renovación, así como la preservación de los equilibrios ecológicos, teniendo en cuenta el contexto cultural y socioeconómico y las fuerzas productivas disponibles."

la naturaleza."(Romanini, 1981). Estas ideas conducirían a un manejo y conservación de los recursos forestales, al mismo tiempo que se mejoraría la calidad de vida del hombre. Es posible combinarla con la estrategia de uso múltiple.

Los principios básicos del ecodesarrollo son los siguientes :

1. El fin principal del ecodesarrollo es mejorar y satisfacer las necesidades de la población (alimento, vivienda, salud, etc.), sin llegar a necesidades creadas e imaginarias, como en los países desarrollados.
2. Para satisfacer sus metas, se centran los estudios hacia el aprovechamiento actual y óptimo de los recursos de los que se dispone en un área determinada.
3. Se busca que los recursos satisfagan necesidades inmediatas, al mismo tiempo que se mantengan para el aprovechamiento a mediano y largo plazo.
4. Se intenta disminuir los efectos negativos de la población o transformarlos para usos benéficos, por ejemplo, el aprovechamiento de la basura para la obtención de fertilizantes.
5. Pretende obtener la energía requerida de fuentes naturales, y reducir lo más posible la energía proveniente de fuentes comerciales.
6. Implica el uso de técnicas diferentes (ecotécnicas) que son necesarias para llevar a cabo la planificación, tratando de no caer dentro de una estructura tecnócrata.
7. Requiere de políticas particulares, con autoridades con conocimientos del medio ambiente que actúen como coordinadores y como enlace con la población.
8. Finalmente, necesita de una educación ambientalista a la población, previa a la implantación de las técnicas, de modo que los habitantes

acepten y colaboren con el desarrollo de la ecotécnica.

Algunas ecotécnicas que han destacado por su funcionalidad y productividad en el país son: las chinampas, empleadas desde épocas prehispánicas, el cultivo del alga spirulina, la utilización del lirio acuático, etc. Es posible que se puedan aplicar algunos de estos métodos en las márgenes de las presas.

c. Granjas integradas.

Las granjas integradas son pequeños terrenos bardeados en los que se practican diversas actividades como la agricultura, la ganadería, la fruticultura, la piscicultura, etc., que tienen relaciones entre sí. Su característica principal es el uso múltiple de los recursos y la circulación continua de materia orgánica, por lo que tiene semejanza con la estrategia de uso múltiple, aunque las granjas integradas se dan sobre pequeñas unidades de producción (aproximadamente una hectárea).

Cada una de las especies asegura, mediante los desechos orgánicos, los nutrientes que requieren los otros integrantes de la granja (animales o vegetales), por lo que ayuda a reducir la cantidad de insumos químicos para la manutención de los organismos, disminuyendo así los contaminantes y regulando el equilibrio de los ecosistemas naturales (Acosta-Barradas, s/f.)

Las granjas integradas constan de cuatro unidades de producción:

- Unidad de producción vegetal (UPV):

Se compone de parcelas destinadas para el cultivo de especies agrícolas, frutícolas y silvícolas. Requieren de un 75% del espacio total. Pueden desarrollarse en terrenos con cierta pendiente.

- Unidad de producción pecuaria (UPP):

Son espacios destinados a la cría y reproducción de animales como aves de corral, cerdos, etc. Ocupan un 10% del total de

la granja.

- Unidad de producción acuícola (UPA)

Son estanques destinados a la cría de peces, crustáceos y/o moluscos. Requieren de un 15% de la extensión total.

- Unidad de desechos orgánicos (UDO):

Empleado para la producción de abonos y fertilizantes naturales, además del bio-gas, generado por la fermentación anaeróbica del estiércol. Ocupa solamente una construcción pequeña.

Las relaciones entre los elementos que integran las granjas integradas funcionan de la siguiente forma :

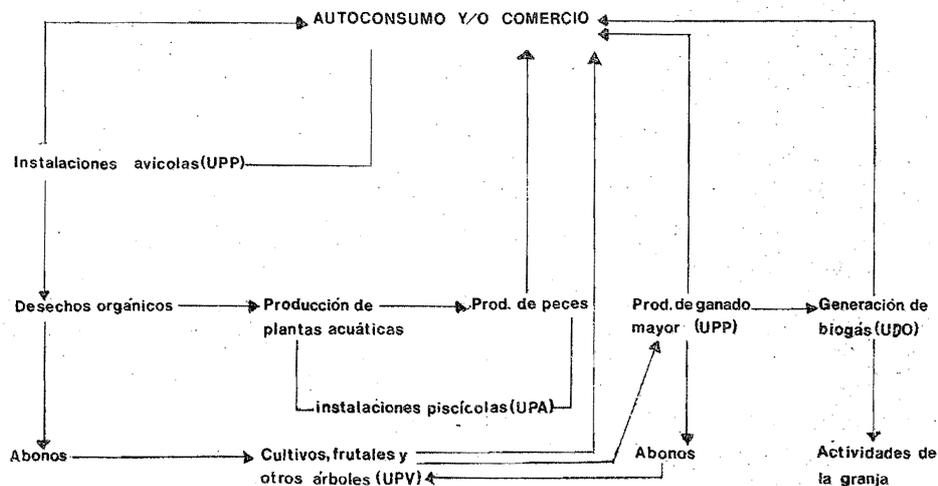


Fig. 11 : Relaciones entre los elementos que componen las granjas integradas.

Cada uno de los elementos de una unidad de producción tiene importancia para el funcionamiento de otra unidad (por ejemplo, los abonos de la UPP se emplean en la UPV), además de que proporciona fuentes de ingreso y alimentación para la población.

Las granjas integradas generalmente trabajan con varios técnicos oriundos de la región, y la población participa como cooperativa o sociedad. Se requiere de un presupuesto relativamente bajo para su construcción y funcionamiento, generalmente obtenido con el aporte financiero y con la mano de obra de los habitantes de la localidad. La producción de la granja alcanza para satisfacer las necesidades alimentarias de una población pequeña con una gran variedad de productos (verduras, frutas, carne, pescado, etc.) y mediante un buen manejo, puede lograrse un pequeño excedente para el comercio. Es viable también la instalación de panales para la producción de miel.

En las granjas es factible también la construcción de viveros empleados para frutales y para reforestación, por lo que es una buena opción para el desarrollo humano y el mantenimiento de las masas forestales de la zona.

### 3.3 PROPUESTAS PARA LA CONSERVACION Y APROVECHAMIENTO DE LOS BOSQUES.

La conservación se puede definir como "la protección, mejoramiento y aprovechamiento de los recursos forestales, de acuerdo con los principios que garanticen su óptima utilización desde el punto de vista ecológico, financiero y social; asimismo, la conservación es la técnica que permite la protección y mejoramiento científico de los recursos silvícolas", (SEP.1981) de modo que pueda lograrse la capacidad de autoregeneración.

Una de las necesidades principales en la subcuenca de Necaxa es satisfacer las demandas económicas del ser humano, para adquirir sus alimentos y obtener algunos ingresos extras que le permitan elevar

su nivel de vida. En el inciso anterior se plantearon algunas propuestas para aumentar la producción agropecuaria de la región sin ser necesaria la expansión de la frontera agrícola sobre los bosques. En vista que la conservación busca el bienestar del hombre, al mismo tiempo que el aprovechamiento y mantenimiento sostenido de los recursos naturales, se hace necesario plantear algunas ideas para la protección y aprovechamiento del punto central de este estudio, que son los bosques. La importancia de su conservación, en los ámbitos sociales y naturales, ya han sido planteados en el capítulo anterior.

Los puntos que comprende este último tema son los siguientes: valoración de la compatibilidad de los diferentes usos del suelo forestal; el uso múltiple de los bosques; algunos ejemplos de aprovechamiento potencial de especies arbóreas; algunas técnicas para la protección y la repoblación de los bosques, y finalmente algunas ideas acerca de las áreas naturales protegidas y la recreación.

a) Compatibilidad de varios usos de áreas forestales.

En un espacio forestal se desarrollan varias actividades como son la explotación de madera, la agricultura, la ganadería, el turismo, etc., y que tienen influencia en la dinámica natural propia del ecosistema en sentidos positivo y negativo, y que repercuten en las funciones normales de una masa forestal, por ejemplo, el mantenimiento equilibrado del ciclo hidrológico y la conservación de los suelos.

Para un manejo adecuado de las áreas forestales, es importante tomar en cuenta la compatibilidad entre los diferentes usos de las masas boscosas y los recursos forestales propiamente dichos en su estado natural y seminatural, buscándose la "determinación de la proporción óptima de los distintos tipos de paisajes, buscando la interacción más favorable" (Odum, 1978). En el siguiente esquema se muestra la compatibilidad y la incompatibilidad entre los usos forestales.

su nivel de vida. En el inciso anterior se plantearon algunas propuestas para aumentar la producción agropecuaria de la región sin ser necesaria la expansión de la frontera agrícola sobre los bosques. En vista que la conservación busca el bienestar del hombre, al mismo tiempo que el aprovechamiento y mantenimiento sostenido de los recursos naturales, se hace necesario plantear algunas ideas para la protección y aprovechamiento del punto central de este estudio, que son los bosques. La importancia de su conservación, en los ámbitos sociales y naturales, ya han sido planteados en el capítulo anterior.

Los puntos que comprende este último tema son los siguientes: valoración de la compatibilidad de los diferentes usos del suelo forestal; el uso múltiple de los bosques; algunos ejemplos de aprovechamiento potencial de especies arbóreas; algunas técnicas para la protección y la repoblación de los bosques, y finalmente algunas ideas acerca de las áreas naturales protegidas y la recreación.

a) Compatibilidad de varios usos de áreas forestales.

En un espacio forestal se desarrollan varias actividades como son la explotación de madera, la agricultura, la ganadería, el turismo, etc., y que tienen influencia en la dinámica natural propia del ecosistema en sentidos positivo y negativo, y que repercuten en las funciones normales de una masa forestal, por ejemplo, el mantenimiento equilibrado del ciclo hidrológico y la conservación de los suelos.

Para un manejo adecuado de las áreas forestales, es importante tomar en cuenta la compatibilidad entre los diferentes usos de las masas boscosas y los recursos forestales propiamente dichos en su estado natural y seminatural, buscándose la "determinación de la proporción óptima de los distintos tipos de paisajes, buscando la interacción más favorable" (Odum, 1978). En el siguiente esquema se muestra la compatibilidad y la incompatibilidad entre los usos forestales.

TIPO DE USO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	PUNTUACION
A. Bosque natural o seminatural	/	++	++	++	++	++	-	--	--	+	-	--	-	+	22
B. Area natural protegida	++	/	++	++	++	++	--	--	--	--	--	--	--	+	17
C. Areas de reforestación	++	++	/	++	++	+	+	--	--	--	--	--	--	--	16
D. Protección al suelo	++	++	++	/	++	++	+	-	-	+	+	-	--	+	27
E. Regulación al ciclo hidrológico	++	++	++	++	/	++	++	-	+	++	+	-	-	+	30
F. Protección a la fauna silvestre	++	++	+	++	++	/	+	--	--	+	-	--	--	+	21
G. Producción de productos forestales (madera, resina, etc.)	-	--	+	+	++	+	/	-	-	+	+	--	-	+	22
H. Agricultura	--	--	--	-	-	--	-	/	-	-	--	+	+	-	10
I. Ganadería y pastoreo	--	--	--	-	+	--	-	-	/	+	-	+	+	-	13
J. Recolección de alimentos silvestres	+	--	-	+	++	+	+	-	+	/	++	-	-	++	23
K. Caza	-	--	--	+	+	-	+	--	-	++	/	-	-	+	16
L. Minería y/o industria	--	--	--	-	-	--	--	+	+	-	-	/	+	--	10
M. Asentamientos humanos.	-	--	--	--	-	--	-	+	+	-	-	+	/	+	13
N. Turismo y recreación	+	+	--	+	+	+	+	-	-	++	+	--	-	/	19

COMPATIBILIDAD DE USOS FORESTALES  
(Modificado de Ramade, 1984)

SÍMBOLO	VALOR	
++	3	Compatible
+	2	semicompatible
-	1	poco compatible
--	0	incompatible

En el cuadro se han mostrado los principales usos del suelo que se practican sobre áreas forestales, y la compatibilidad entre ellos. El símbolo (++) indica un grado muy alto de afinidad entre dos actividades, que se pueden ejecutar con pocos o nulos riesgos. El símbolo (+) muestra una factibilidad media de ejecución, considerando algunas precauciones. Estos dos primeros grupos serían los más convenientes para usar en la zona, ya que los riesgos de incompatibilidad son muy bajos.

El tercer tipo (-) indica cierta afinidad, aunque con un alto grado de problemas, para evitarlo deben tomarse muchas precauciones. Finalmente, el símbolo (--) muestra la incompatibilidad entre dos aspectos, cuya asociación implicaría problemas a ambos usos (sin embargo, la incompatibilidad se muestra en muchos sitios en el país).

Las actividades se ordenaron de acuerdo a: la protección forestal, las principales funciones que desarrollan las masas boscosas en los ecosistemas naturales y las actividades económicas asociadas con el bosque, suponiendo de antemano que existiría un uso adecuado y racional de cada actividad.

Pudo notarse que la regulación del ciclo hidrológico y la conservación del suelo tienen un alto grado de afinidad con las actividades, pero necesita de un uso adecuado y sin sobreexplotación. Esta afinidad muestra la elasticidad de los ecosistemas para afrontar problemas externos moderados.

Las actividades más compatibles con los recursos forestales fueron la recolección de alimentos silvestres, la producción de productos forestales (en forma racional y sostenida) y el turismo, el cual podría impulsarse en la subcuenca. Los usos del suelo menos compatibles resultaron ser la minería y/o industria, la agricultura y la ganadería. Estas dos últimas actividades se presentan con frecuencia en la zona, por lo que sería conveniente detener su avance sobre los bosques. Las masas forestales pueden ser compatibles con muchos usos, funcionando con algunas precauciones.

En la conservación de los recursos forestales sería importante considerar la afinidad entre las actividades que se desarrollan en un lugar determinado, para lograr un manejo del espacio más adecuado y con más beneficios para la asociación hombre-naturaleza.

b) Uso múltiple del bosque.

Esta idea tiene una estrecha relación con la estrategia de uso múltiple señalado en el 3.2, aunque esta estrategia se aplica únicamente para áreas forestales. El objetivo es que el bosque satisfaga varias demandas, sin tener un uso único o exclusivo.

Beltrán (1973) define el uso múltiple del bosque basado en el Congreso Forestal de 1960. Señala que es un "...concepto que implica la administración de los bosques de manera tal que, a la par de conservar los recursos básicos de la tierra, ofrezca un alto nivel de producción en los cinco usos principales: madera, agua, forrajes, recreo y fauna silvestre; para beneficio a un largo plazo de un mayor número de personas."

La subcuenca del Necaxa presenta una heterogeneidad de tipos de bosques y de condiciones ambientales, por lo tanto, no existen áreas boscosas con las mismas características ni con la misma potencialidad de aprovechamiento en las cinco actividades que señala Beltrán, pero sí es posible aplicarse tres o cuatro de estas actividades en cada zona forestal.

La madera puede ser explotada para usos industriales principalmente en la zona I, y en menor grado en las zonas II y III; mientras que la zona II se puede usar para leña y productos menores ya que existen muy pocas técnicas de industrialización de los encinos el país. Es importante que se sustituyan los árboles aprovechados para la resina o la madera, para poder mantener la misma extensión de masas forestales.

Las plántulas se pueden obtener del mismo bosque sin necesidad de gastos, favoreciendo la regeneración natural.

Para la reforestación se recomienda sembrar árboles de diferentes especies que sean nativas de la zona y que sean compatibles entre sí, por ejemplo pino-cedro, fresno-sauce, aile-álamo, encino-liquidámbar, etc., evitándose al máximo la introducción de especies exóticas como el eucalipto (que es alelopático, es decir, impide el desarrollo de otras especies, además que sus hojas se secan y no forman suelo), o la casuarina. Es preferible que los árboles sembrados tengan cierto valor alimenticio (como el nogal), medicinal (como el alcanfor), industrial (como los taninos de las encinas), económico (maderas finas como el ébano, el cedro rojo o la caoba), para construcciones y productos (pinos, liquidámbar, álamos), para separación de predios (cedros, chacas, etc.).

El uso del agua de los bosques comprende tres aspectos: manantiales, ríos y embalses. Cada uno de estos tiene una importancia particular para el hombre y el medio natural, ya que por una parte se controlan los ciclos hidrológicos y por otra proporciona al hombre bebida para él y su ganado, riego para los cultivos y generación de energía eléctrica. Sería conveniente realizar un inventario exhaustivo de los manantiales de la zona para aprovechar mejor este recurso sin que se provoquen abatimientos a los mantos freáticos. Es importante intentar disminuir los procesos de arrastre de suelos, que favorecen el azolvamiento y la eutroficación de las presas; además de la contaminación a los ríos y embalses que afectan la pesca, la salud humana y el funcionamiento de la maquinaria del sistema hidroeléctrico.

Las zonas que se han deforestado y que todavía no comienzan las sucesiones secundarias de la vegetación se pueden emplear para cultivos agrícolas (preferentemente densos) y para la producción de forrajes para el ganado local, por ejemplo, alfalfa y trébol, que además enriquecen el suelo. Se recomienda que la extensión de los claros no sea muy grande, y que se apliquen técnicas como el uso múltiple (diversificación

de cultivos).

El bosque es también susceptible de ser aprovechado por el turismo, principalmente en las márgenes de las presas. Este aspecto se detallará al final del capítulo.

La fauna silvestre es muy escasa en el área y tiene poco aprovechamiento por lo que se recomienda su mayor protección y la reducción de la caza, a excepción de las especies que son muy abundantes y que no se encuentran en peligro de extinción.

Es conveniente que se practiquen la mayor cantidad de actividades posibles, para que el bosque proporcione su rendimiento máximo sin llegar a los umbrales de resistencia natural, manteniéndose los ecosistemas seminaturales.

Algunos ejemplos del uso múltiple forestal son :

- Sistema Taungya, consistente en una alternancia de cultivos agrícolas, frutales y forestales.
- Sistema agro-silvo-pastoril: cultivos agrícolas, forestales, frutales y pastoreo en combinación.
- Producción de madera, recreación y regulación del ciclo hidrológico.

c) Métodos de reforestación y de protección a los bosques.

La protección y conservación de los recursos forestales implica conocer una serie de elementos que se deben considerar para realizar un plan de manejo. Primeramente, se debe realizar un inventario detallado de las áreas forestales, de preferencia basado en alguna zonificación de la cuenca (por cuadrículas, subcuencas, municipios, piso altitudinales, tipos de bosques, etc.) Se deben incluir en el inventario los tipos de bosque dominantes, las especies arbóreas y arbustivas naturales e inducidas, su altura y fuste (grosor), el volumen de la masa, el aprovechamiento real o potencial de cada árbol y la densidad de las masas

boscosas, así como las plagas, enfermedades y daños por incendios detectados en la zona y las actividades económicas y mercados establecidos en cada rodal (unidad de manejo silvícola). Los inventarios se podrían complementar con datos como pendiente, tipo, profundidad y textura del suelo, clima, condiciones de erosión, condiciones hídricas, transectos de vegetación, etc.

Los inventarios detallados de cada sector pueden constituir una base para el manejo forestal, controlando los problemas naturales, los desmontes, la sobreexplotación y el repoblamiento de árboles; de modo que los recursos puedan aprovecharse en forma adecuada, sostenida y controlada.

Uno de los aspectos más importantes para la protección de los bosques es la reforestación en los lugares que requieren de un repoblamiento inmediato. Se considera que en la subcuenca de estudio, las zonas más urgentes de reforestación son : las márgenes de las cinco presas del Complejo, sobre todo en las laderas más abruptas; las orillas de los ríos que abastecen los embalses y los parteaguas primarios y secundarios de la cuenca (los cuales podrían reforestarse con frutales).

Existen varios métodos silvícolas de repoblamiento. En general, pueden dividirse en métodos de monte alto, es decir, a partir de semillas; y de monte bajo, o por reproducción de plántulas. (Hawley, 1972 y SEP, 1981).

#### 1. Monte Alto (originado a partir de semillas).

- a. Método de tala-rasa o corta única : Se realiza una sola corta para extraer toda la masa arbórea, y la reproducción se realiza con semillas de árboles contiguos o cortados durante la corta.
- b. Método de árboles padres: Es el que emplea la Compañía de Luz y Fuerza en los campos de reforestación en las márgenes de la presa de Tejocotal. Consiste en una sola corta de la mayor parte de los árboles ya desarrollados, dejándose algunos

ejemplares aislados o agrupados que sirven como productores de semillas. El método es de bajo costo, fácil aplicación, aunque tiene escasa protección al suelo y requiere semillas livianas.

- c. Método de repoblación bajo árboles productores o corta de producción. La madera se extrae en cortas sucesivas con duración limitada, lográndose el establecimiento de una reforestación uniforme y disentánea (varias edades), bajo la protección parcial de los árboles padres.
- d. Método de selección: La madera se saca cortando individuos aislados o en pequeños grupos a intervalos cortos e indefinidos. Con este método se favorece la reproducción continua y se mantiene una masa disentánea.

2. Monte bajo: a partir de la reproducción vegetativa, sean brotes o raíces.

- a. Método de monte bajo: Se refiere a cualquier tipo de corta cuyo repoblamiento depende principalmente de la reproducción vegetativa.
- b. Método de monte medio: Es una combinación de los métodos de monte alto y los de monte bajo (mediante semillas y plántulas).

Es recomendable para las reforestaciones grandes de la zona la aplicación de los métodos de monte medio y bajo, debido a que las plántulas son más sensibles a cualquier alteración natural. Por otra parte, se requeriría de viveros especializados, que son costosos, y de transporte para su movilización, lo que ocasiona muchos daños a los retoños. El bosque resultante de un repoblamiento por monte medio será de mejor calidad y con mayor protección al suelo.

Los métodos por semillas también presentan algunos inconvenientes, como las aves que se comen las semillas, o los suelos compactados

que impiden la germinación, aunque posiblemente tengan más resistencia que las plántulas. El método de monte medio, como combinación de semillas y plántulas podría resultar más efectivo. Se recomienda también que las cortas sean en pequeños grupos y de manera continua, ya que así el bosque mantendría su equilibrio y la protección al suelo.

Cuando se ha realizado el corte bajo cualquier método y se procede a la reforestación, sea esta por semillas o por plántulas, conviene tomar en cuenta algunas otras técnicas (Servicio de Conservación de suelos, 1987).

- Selección de especies: Es preferible que las especies para reforestar la zona de Necaxa sean propias de la región o de lugares con condiciones agroclimáticas muy similares. Como se mencionó en el apartado anterior, conviene que las especies tengan un valor económico, alimenticio o medicinal. Sería también apropiada la repoblación de arbustos útiles entre los árboles, de modo que se tenga el mayor parecido posible con una comunidad natural, aunque con un aprovechamiento humano.

Se recomienda evitar las especies exóticas como el pirul, el eucalipto o la casuarina, a excepción de lugares excesivamente erosionados.

En el cuadro 7 se muestran las principales especies adecuadas para reforestación (que son nativas de la zona), y algunos ejemplos de lugares con especies de características agroclimáticas similares.

PISO ALTITUDINAL	ESPECIES PROPIAS DE LA SUBCUENCA	ALGUNAS ESPECIES DE ZONAS COM CARACTERISTICAS AGROCLIMATICAS SIMILARES	PROCEDENCIA
I	<p>Pinos (<u>Pinus patula</u>, <u>P.teocote</u>, <u>P.ayacahuite</u>, etc) Madroño (<u>Arbutus xalapensis</u>) Encinos (<u>Quercus spp</u>)</p>	<p>Abetos (<u>Abies religiosa</u>) -por arriba de los 2700 m. Cedros (<u>Cupressus lindleyi</u>) Tepozán (<u>Buddleia cordata</u>) Pinabete (<u>Pseudotsuga mensienzii</u>)</p>	<p>Este del Eje Volcánico Tansmexicano</p>
II	<p>Encinos (<u>Quercus candicans</u>, <u>Q.trinitatis</u>, <u>Q.furfuracea</u>) Pinos (<u>P.patula</u>, <u>P.pseudostrobus</u>)</p>	<p>Cedros (<u>Cupressus lindleyi</u>) Encinos (<u>Quercus spp</u>)</p>	<p>Este de Hidalgo</p>
III	<p>Liquidámbar (<u>Liquidambar styraciflua</u>) Alamo (<u>Populus spp</u>, <u>Platanus spp</u>) Palo blanco (<u>Meliosma alba</u>) Nogal (<u>Juglans mollis</u>) Fresno (<u>Fraxinus uhdei</u>) Chalahuite (<u>Inga paterno</u>) Aile (<u>Alnus arguta</u>) Helechos arborescentes (<u>Cyathea mexicana</u>) Palmillo (<u>Podocarpus reichei</u>) Pinos (<u>Pinus pseudostrobus</u>, <u>P.patula</u>) Encinos (<u>Quercus candicans</u>)</p>	<p>Magnolia (<u>Magnolia schiedeana</u>) Barranco (<u>Prunus brachybotrya</u>) Aretillo (<u>Fuchsia arborescens</u>) Hameyito (<u>Clethra mexicana</u>) Pata de vaca (<u>Cercis canadensis</u>) Mano de león (<u>Oreopanax xalapensis</u>) Xochilcorona (<u>Cornus disciflora</u>)</p>	<p>Este de Hidalgo NE de Puebla C. de Veracruz E. de San Luis Potosí</p>
IV	<p>Alanos <u>Populus spp</u> Chacas (<u>Bursera simaruba</u>) Sauces (<u>Salix chilensis</u>) Amates (<u>Ficus spp</u>) Ramón (<u>Brosimum alicastrum</u>) Cedro rojo (<u>Cedrela mexicana</u>) Caoba (<u>Swietenia macrophylla</u>) Pimienta (<u>Pimenta dioica</u>) Zapote (<u>Achras zapota</u>)</p>	<p>Guayacán (<u>Februgia guayacan</u>) Volador (<u>Vochsya hondurensis</u>) Castaño (<u>Sterculia apetala</u>) Sombrerete (<u>Terminalia amazonia</u>) Corcho (<u>Omphalea oleifera</u>) Piñanona (<u>Monstera deliciosa</u>) Sangre de draco (<u>Croton draco</u>) Hule (<u>Castilla elastica</u>)</p>	<p>Centro de Veracruz</p>

CUADRO 7 : ESPECIES SUGERIDAS PARA REFORESTACION

- Preparación del ambiente. Los surcos deben realizarse en forma paralela a las curvas de nivel, ya que así se reduce el arrastre de tierras hacia los valles y las presas. En esta operación, el surco a nivel se hace volcando las tierras hacia abajo para aumentar su capacidad de retención, bloqueándola por segmentos con pequeñas presas de tierra para evitar concentraciones de escurrimiento superficial, que ocasionaría rompimientos de los surcos. Es preciso recordar que las pendientes de la cuenca de la presa de Nexapa llegan a 40 grados, por lo que existe un alto riesgo de arrastre de tierras. El espacio entre los surcos puede ser entre 1.80 y 2.40 mts. Posteriormente, se pueden agregar abonos verdes. (hortalizas frescas) y ararse.
- Cuidado de los retoños. En algunas partes de la cuenca (zonas I y II) puede ser benéfica la siembra de arbolitos en almácigo para que no tengan problemas en sus períodos críticos de crecimiento, como tormentas, heladas, aves, etc., para posteriormente trasplantarse al área de reforestación. Para ésto, es conveniente que los viveros o almácigos estén muy cerca del campo de repoblamiento. Los viveros deben estar bien protegidos, resguardados de vientos, lluvias y sol excesivo, y cubiertos con paja y estiércol seco en caso de heladas.
- Epoca de plantación. Para la zona, sería conveniente realizar los trasplantes o las siembras a mediados o fines de la primavera, para que los retoños no tengan riesgo de helarse en el invierno, o de pudrirse por exceso de agua en la temporada máxima de lluvias (septiembre).
- Separación entre los árboles. Puede variar de acuerdo con el grosor de las especies reforestadas o con el nivel de erosión. Se recomienda sembrar los retoños más juntos a medida que se incrementa el grado de degradación. Si es posible, deben hacerse pequeñas terrazas alrededor de cada plántula. En general, es recomendable realizar un espaciamiento entre 1.80 m. entre los

árboles y de 0.60 m. entre los arbustos.

- Cuidado de las plantaciones. Deben realizarse cuidados constantes hasta que se junten las copas de los árboles. Las protecciones deben ser principalmente contra malezas, (controlada con podas continuas), incendios (con líneas cortafuego), vientos excesivos (con cortinas rompeviento), plagas y enfermedades (con plaguicidas o podas), etc. Los riesgos disminuyen si se aplica la diversificación de especies. Si sobrevive más del 70% de las plántulas sembradas, se considerará exitosa la reforestación.

#### Algunos métodos de protección :

- Cortinas rompeviento: Son franjas de árboles instaladas para proteger del viento a una zona de reforestación o a una plantación. Los vientos intensos provocan daños mecánicos a las plántulas, dispersan las semillas y ocasionan un movimiento continuo del suelo superficial, por lo que es conveniente la instalación de cortinas rompeviento en los lugares con máxima intensidad del viento.

Aparte de reducir su velocidad, la cortina puede emplearse para separar predios, para producción de frutos y productos, etc.

Una cortina rompeviento consta de varias franjas de árboles y arbustos de distintos tamaños. Se recomienda un mínimo de cinco hileras de plantas; en los extremos se ponen arbustos que protegen a los cultivos o las plántulas de los vientos que circulan muy cerca de la superficie; posteriormente va una franja de árboles pequeños y en el centro una franja de árboles grandes. Un ejemplo de la cortina rompeviento se muestra en el siguiente esquema, con especies propias del bosque mixto y de coníferas (zona I y II).

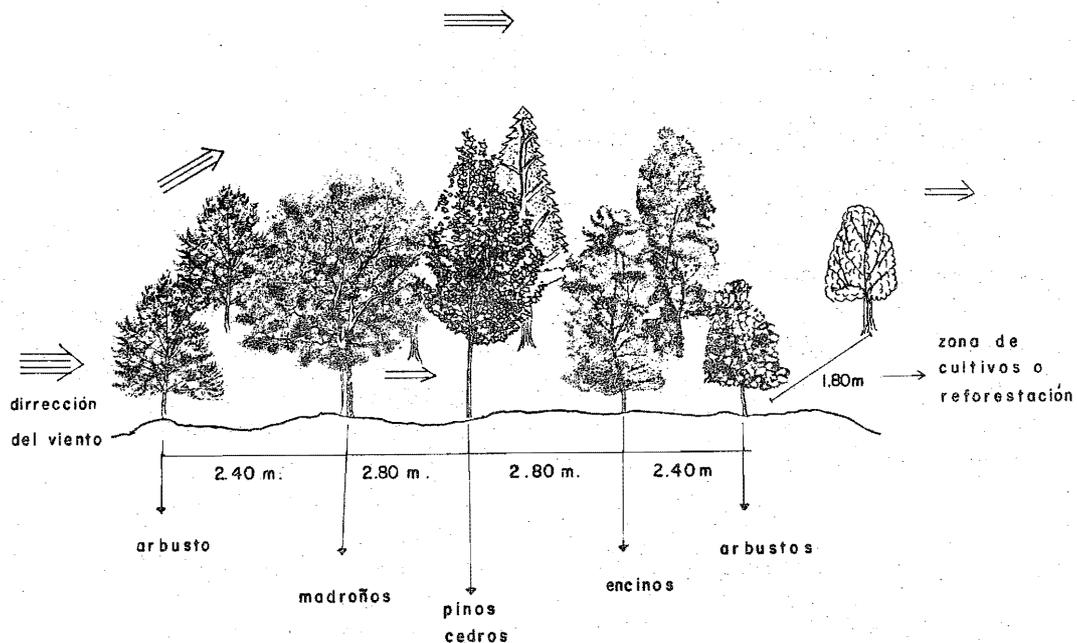


Fig. 12 : Cortinas rompeviento

Para las zonas semitropicales las especies pueden sustituirse por otras adecuadas a las condiciones agroclimáticas del lugar, por ejemplo encinos y pinos en el centro (*P. pseudostrobus*), seguido por liquidámbar, chalahuites y ailes y diversas especies de arbustos en los extremos. Entre los árboles podrían introducirse cafetos. Las cortinas en zonas tropicales pueden estar compuestas principalmente por ramones, chacas, álamos, etc.

El área de cobertura de las cortinas está en función de su altura; en general, protege una extensión de 20 veces la altura del dosel superior. (Si la cortina tiene 25 metros de altura, protegerá unos 500 metros de la zona de cultivos o reforestación).

- Control contra incendios. Los incendios constituyen un peligro importante para las masas forestales. Los métodos de protección están en función del tipo de incendio, los cuales se señalaron en el segundo capítulo. En los de tipo superficial, y subterráneos,

basta con el hombre y algunos instrumentos básicos como palas, picos, etc. Los incendios de copa requieren de mayor personal y técnicas de control, ya que su avance es más rápido y devastador. Para este tipo de fuego, se recomiendan dos sistemas :

- Brechas corta-fuego. Miden unos dos o tres metros de ancho. Tienen el fin de impedir el avance del fuego a los árboles que se encuentran del otro lado de la línea. Es recomendable que la brecha se realice en forma perpendicular a la dirección del viento. También se pueden emplear como vías de comunicación y como acceso en el caso de un incendio.

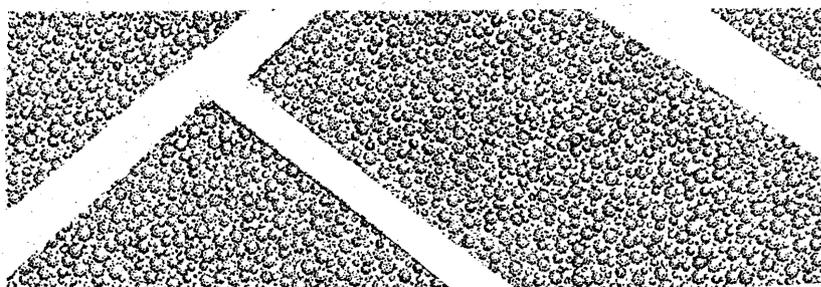


Fig. 13 : Brechas corta-fuego

- Fuego contra fuego. El hombre se encarga de iniciar otro incendio en dirección contraria al fuego inicial, de modo que cuando se encuentren las dos líneas de fuego, disminuya su intensidad.

En las masas forestales extensas, sobre todo en los bosques de coníferas situados en la cabecera de la cuenca, es importante el establecimiento de torres rústicas de vigilancia con algún medio de comunicación (radio, teléfono, etc.) para que se detecten rápidamente los incendios y se puedan controlar a tiempo.

- Control contra plagas. Las plagas disminuyen si existen bosques de varias especies. Para su control, se recomiendan los plaguicidas poco tóxicos, la protección del árbol con algunas sustancias naturales o la poda total del individuo, de modo que las plagas no se extiendan a otros árboles sanos.

Finalmente, es importante que las autoridades reconozcan la importancia de la protección y conservación de los recursos forestales en la zona. Es necesaria una mayor inversión para la construcción de infraestructura para vigilancia, estaciones para la asesoría agrosilvícola, un mayor número de especialistas forestales (el equipo encargado del sector forestal consta únicamente de once personas para atender una extensión de unos 3000 kilómetros cuadrados), un control más estricto del manejo de recursos, la creación de nuevas fuentes de ingreso, una reorganización catastral más equilibrada, etc.

d) Especies principales susceptibles de aprovechamiento.

La conservación implica, entre otras cosas, el mantenimiento de una masa forestal lo más semejante posible al bosque original, para intentar obtener una dinámica de la esfera ecogeográfica más equilibrada y perfecta. en este inciso se tocarán algunas de las potencialidades de aprovechamiento de ciertas especies de la región, mismas que constituyen masas forestales. Su uso adecuado y el desarrollo sostenido de los árboles conduce a la conservación del recurso.

La subcuenca del Río Necaxa contiene una gran diversidad de tipos de bosques encontrándose, como se explicó en el segundo capítulo, desde coníferas hasta comunidades tropicales, por lo que existe una riqueza florística considerable y por lo tanto, un gran potencial para el aprovechamiento de esta flora.

Todos los árboles son susceptibles de uso, sea éste para construcciones, medicamentos, usos industriales, productos químicos, etc. Se mencionarán

algunos ejemplos de especies arbóreas útiles al hombre (basado en Niembro, 1986 y Equihua-Rzedowski, 1988, y algunos datos de campo).

Tomando en cuenta que prácticamente todas las especies que integran los bosques (arbóreas, arbustivas y herbáceas) son aprovechables y que su investigación requeriría de una investigación etnobotánica particular, las especies se señalarán tomando como base los pisos altitudinales en su relación con los tipos de vegetación.

Zona I : Bosque de coníferas.

Pinus montezumae.- Su importancia principal radica en la calidad de su madera y su resina, empleada para aguarrás y brea. Se usa también para leña, carbón y fabricación de durmientes, cimbras, cajas, duelas, triplay, postes, puntales y pulpa para papel y celulosa. El Pinus patula y el P. leiophylla tienen beneficios semejantes al P. montezumae. El P. teocote es un excelente productor de resina.

Cupressus lindleyi (cedro). Se emplea para ornato, reforestación, cortinas rompevientos y para el control de erosión. su madera es de buena calidad, útil para la fabricación de papel. Aunque no es muy abundante en la zona, tiene facilidades para su rápida adaptación y aprovechamiento.

Buddleia cordata (tepozán): Pertenece a los bosques secundarios de bosque de coníferas y encinos, junto con el capulín y otras especies. Tiene propiedades medicinales en la corteza, hojas y raíces, con usos analgésicos y diuréticos, entre otros.

Prunus serotina (capulín). Tiene frutos comestibles y propiedades medicinales. Se emplea también como árbol de ornato.

Zona II : Bosques mixtos.

Quercus candicans (encino blanco). La madera es útil para leña y carbón. De los frutos se obtienen taninos, que sirven para la curtiduría.

Tiene alta potencialidad para la elaboración de chapas finas, parquets, aduquín y mangos para herramientas y carpintería en general.

Otras especies de encinos sirven para la producción de taninos y leña, aunque su madera no tiene tan buena calidad como el encino blanco. La dureza de la madera de este género limita su uso para la industria.

En la zona se encuentran otros árboles como el capulín, los pinos y otros que forman parte del bosque mesófilo.

Zona III. Bosque mesófilo de montaña.

Liquidambar styraciflua (liquidámbar u ocotzote). Su madera tiene buena calidad para la construcción de tablas, muebles, chapas, cajas, toneles, palillos, abatelenguas, mangos para herramientas, artesanías y pulpa para papel. El bálsamo que fluye del tronco se usa para productos medicinales (enfermedades estomacales, diuréticos, etc.); por otra parte, se emplea como aromatizante, desinfectante, para la elaboración de cosméticos y ungüentos, etc. Es muy común su uso como árbol ornamental.

Populus spp (álamo, haya). Se emplea como ornato, para leña y aserrín y para la construcción de lanchas. Tiene potencialidad para la fabricación de papel y usos medicinales.

Alnus arguta (ailite). Sirve para leña y carbón y productos como muebles, artesanías, juguetes, pulpa para papel, etc. La corteza se emplea para curtir, como colorante y como medicamento contra enfermedades venéreas. Contribuye a fijar nitrógeno en el suelo, aumentando su fertilidad.

Inga jinicuil (jinicuil, chalahuite). Tienen productos alimenticios. Su madera es de poco valor y se aprovecha únicamente para leña

y artículos menores. Sirve para cortinas rompevientos y para la protección de los cafetos.

Platanus mexicana (álamo). Se emplea como árbol de ornato. La madera, al igual que el género Populus es ligera y se emplea para la fabricación de utensilios menores, muebles, barriles, chapados, etc. Las hojas pueden emplearse contra algunas enfermedades bronquiales.

Podocarpus reichei (palmillo). Se emplea principalmente para leña y carbón. Puede ser útil para la fabricación de artículos menores y de pulpa para papel.

Juglans mollis (nogal). Tiene madera de excelente calidad, para la construcción de muebles finos, artesanías, ebanistería, etc. Su fruto es comestible y sirve como colorante. Proporciona sustancias medicinales empleadas para algunas enfermedades de la piel.

Bocconia frutescens (gordolobo, llora sangre). Tiene potencialidades principalmente medicinales. La corteza puede emplearse como anestésico, purgante, úlceras y enfermedades de la piel.

#### IV. Bosques tropicales y de galería.

Brosimum alicastrum (ramón). La madera se usa para construcción en general, herramientas, muebles y ebanistería. Las hojas y los frutos pueden emplearse como forraje y como alimento.

Bursera simaruba (chaca). Se emplea para leña, construcción de canoas, viviendas, cajas, carpintería en general, pulpa para papel, muebles, etc. La resina puede emplearse como pegamento, además tiene usos medicinales y aromáticos. Sirve también para fabricar barnices y lacas. Finalmente, se emplea para reforestación, ornato y construcción de cercas vivas, ya que tiene un crecimiento rápido.

Fraxinus uhdei (fresno). Se puede emplear como árbol de ornato. Su

madera es de buena calidad y se usa para muebles finos e instrumentos. Tiene propiedades curativas, principalmente para bajar la fiebre.

Salix chilensis (sauce). Puede usarse como ornato, como leña y para carbón, para la fabricación de artículos pequeños, para delimitar linderos, etc. Como medicamento, sirve contra las fiebres y el reumatismo. Uno de los químicos del sauce (los salicilatos) se emplean para la elaboración de aspirinas.

Pimenta dioica (pimienta). Además del condimento, se emplea como aromatizante. Las hojas se pueden destilar para emplearse en la elaboración de cosméticos. En medicina natural, sirve como estimulante, para dolores reumáticos y contusiones.

Algunos frutales de la zona también se emplean para otros usos aparte de la fruta, por ejemplo: el aguacate, el café, el durazno y el tejocote, entre otros.

Persea americana (aguacate). Forma parte, en forma sivistre, de los bosques tropicales. Además del fruto, se emplea en la elaboración de jabones y cosméticos. Tiene propiedades medicinales para la curación de quemaduras, males estomacales y torácicos, etc. Su madera puede emplearse en la construcción de canoas, muebles, chapas y otros productos menores.

Prunus persica (durazno). Puede usarse como árbol de ornato.

Coffea arabica (café). Se usa, además de la bebida, para la fabricación de refrescos de cola. Los aceites de la semilla pueden emplearse en la elaboración de jabones. Su madera puede utilizarse para leña y productos menores.

Crataegus pubescens (tejocote). Es útil, además de los frutos, para la elaboración de mangos de herramientas. Tiene propiedades medicinales que se emplean como diuréticos y contra la diarrea.

Estos son solamente algunos ejemplos de la utilidad de los árboles de la subcuenca del Necaxa. Otras especies de la zona proporcionan productos semejantes a los descritos, ya que provee alimentos, medicamentos, forrajes, madera, materia prima para la elaboración de jabones y cosméticos, productos como aguarrás y brea, etc.

Las especies que se han sugerido para reforestación también se pueden emplear para fines semejantes, colaborando para la protección de las masas forestales y el aprovechamiento por el hombre.

e) Áreas naturales protegidas y recreación.

Las áreas naturales protegidas son espacios dedicados para la conservación del medio natural, y que se puede establecer a partir de un decreto oficial. Pueden clasificarse en parques nacionales, parques naturales, reservas de la biósfera, monumentos naturales y parques urbanos (SEDUE, 1983), de acuerdo con sus características naturales, sus objetivos y la extensión de la zona. En general, los fines de las áreas naturales protegidas son: preservar los ecosistemas naturales, constituir un campo de estudio para fines científicos y ser un espacio controlado para la recreación.

Dado que estas áreas buscan proteger un paisaje o un recurso determinado, es importante considerar el aspecto de las áreas protegidas dentro de la protección y conservación de los bosques.

En la subcuenca del Necaxa existe una zona protegida que es el Parque Natural de Piedras Encimadas, situada en el suroeste de la subcuenca. Es un valle que contiene una serie de formaciones rocosas sobrepuestas, teóricamente surgidas a partir de una erosión diferencial. La zona se encuentra rodeada por bosques de coníferas, que le proporcionan al parque una vistosidad especial.

Las definiciones de las áreas protegidas coinciden en señalar que

estos territorios deben ser de propiedad nacional, sin embargo, en Piedras Encimadas la tenencia de la tierra es de tipo particular, por lo que existe una fuerte influencia del hombre, principalmente con actividades agropecuarias. La escasez de tierras agrícolas ha favorecido los desmontes dentro del parque, reduciéndose la masa forestal.

Para la protección del recurso forestal y las formaciones rocosas dentro del parque se sugieren las siguientes medidas:

- Elevación de la jerarquía del área: de parque natural a parque nacional.
- Delimitación del área protegida con cercados y puertas de acceso.
- Mayor interés por parte de las autoridades para proteger en forma real (y no solamente oficial), el área.
- Movilización de las actividades agropecuarias a áreas más reducidas dentro del parque y más extensas fuera de los límites, y con mayor diversidad de especies agrícolas y frutícolas.
- Sustitución de los ingresos generados por actividades agropecuarias a ingresos producidos por el turismo.
- Mejoramiento de las vías de acceso y construcción de infraestructura propia del parque (edificio administrativo, albergue, sanitarios, depósitos de agua y basura, etc.).
- Control de entrada a los paseantes por medio de cuotas, las cuales serían empleadas para el salario de los trabajadores (preferentemente oriundos del lugar) y para el mantenimiento del parque.
- Construcción de viveros o almácigos rústicos para reforestación.
- Establecimiento de medidas y capacitación de personal para la aplicación de técnicas de protección a los bosques (uso de plaguicidas, líneas cortafuego, campañas contra incendios forestales, etc.).

- Zonificación para el manejo del parque: áreas de oficinas, bodegas, cisternas, albergue, campamentos, área de las piedras encimadas, área forestal, áreas de reforestación, áreas de asentamientos y actividades humanas, áreas forestales de acceso restringido y áreas para experimentación y viveros.

Las áreas naturales protegidas representan una buena opción para la conservación de los recursos naturales. De llevarse a la práctica algunas de las medidas sugeridas, los bosques de la zona tendrían menor riesgo de desaparecer. La desventaja de estas áreas es que deben ser de propiedad nacional y que las necesidades alimentarias y económicas del hombre pasan a segundo término; pero su buen manejo puede reportar beneficios al hombre y a la naturaleza.

En la subcuenca existe otra área protegida en las proximidades de la presa de Necaxa, aunque ésta no tiene ningún decreto oficial. El control de esta área lo tiene la Compañía de Luz y Fuerza, responsable del Complejo Hidroeléctrico de Necaxa. A pesar de que no tiene ninguna jerarquía dentro de las áreas naturales protegidas y que no tiene límites específicos, la zona presenta algunos relictos del bosque mesófilo de montaña, con un estado de conservación superior al resto de los bosques de este tipo en la subcuenca. A pesar de que tiene muchas especies introducidas, como eucaliptos, cedros, cipreses, algunos pinos, etc., conservan una diversidad florística propia del bosque mesófilo como liquidámbares (localmente conocido como ocotzotes), álamos, encinos, helechos arbustivos y arborescentes, musgos, etc. En esta zona, no se detectó ninguna actividad humana a excepción de la infraestructura propia de la hidroeléctrica como tuberías y cables de conducción de energía, y los restos de algunas casas abandonadas.

Es importante que esta zona permanezca en su situación actual, ya que conserva uno de los restos poco alterados del bosque mesófilo de montaña. La Comisión de Luz y Fuerza puede continuar con el cuidado de esta zona, manteniendo su estado actual.

Se recomienda, para el mejor funcionamiento de esta área, la reforestación con especies nativas de la región; una zonificación similar a la planteada en Piedras Encimadas, la delimitación de la zona protegida; planes para la protección forestal con capacitación técnica; establecimiento de viveros, etc. Aparentemente, no existen tantos problemas como en Piedras Encimadas, ya que la zona está controlada por el ejército y por la Compañía de Luz y Fuerza, por lo que las labores de conservación y protección tendrían mayor factibilidad de realización.

En la región de estudio existe una zona que sería conveniente proteger: la presa y barranca de Necaxa. Sus características son favorables para el establecimiento de un parque natural o nacional, debido a su extensión superior a las 1000 hectáreas reglamentarias; su belleza escénica, consistente en bosques mesófilos con una gran variedad de orquídeas, bosques tropicales, escarpes rocosos, dos cascadas (Salto chico y Salto grande); la presa; su interés científico, principalmente para estudios geomorfológicos y biogeográficos, etc. Tiene la ventaja de que existen pocos asentamientos humanos y pocas actividades económicas por lo que no interferiría mucho para un buen funcionamiento del parque. Por otra parte, la creación de un área protegida ayudaría a la protección y al funcionamiento del Sistema Necaxa, en una forma similar al Parque Nacional Cañón del Sumidero en Chiapas. Conviene señalar que el decreto de este parque se realizó después del "ecocidio" causado al subir el nivel de las aguas en la construcción de la presa de Chicoasén.

Finalmente, es importante reconocer el gran potencial recreativo y turístico que tiene la subcuenca del río Necaxa. Se ha visto que el turismo y la recreación son actividades compatibles con las masas forestales, y existe una retroalimentación entre los bosques y la actividad turística; el bosque proporciona un lugar adecuado para la recreación, y los ingresos obtenidos por el turismo pueden contribuir para el sostenimiento de las masas forestales. Los polos turísticos principales pueden ser las cinco presas que forman parte del Complejo Necaxa,

y su funcionamiento podría ser la de un turismo novedoso, con base en un contacto cercano entre el hombre y la naturaleza, en forma rústica, sin la necesidad de la compleja industria hotelera que se desarrolla en la actualidad. Cuando el hombre sienta la vibración de la naturaleza en su ser, a través del bosque, el agua y las montañas, quizá pueda comprender la perfección y la sensibilidad del Creador. Posiblemente después, comience a encontrarse a sí mismo.

## C O N C L U S I O N E S

La vegetación surge como resultado de la integración de componentes litosféricos, atmosféricos e hidrosféricos. El elemento antrópico ejerce una fuerte influencia en los recursos vegetales, modificándose la dinámica del ecosistema, sustituyendo las especies originales y rompiendo el equilibrio natural.

La zona del Complejo Hidroeléctrico de Necaxa (o subcuenca del Necaxa), a pesar de su extensión reducida, presenta una gran diversidad de condiciones ambientales. El clima es el factor natural que tiene mayor influencia sobre la vegetación, seguido por el relieve, el suelo y la litología. La integración de todos los componentes en sus distintas condiciones son la causa de la diversidad vegetal y florística del área.

Contrario a lo esperado, se encontró que los tipos de suelo no tienen una correlación estricta con la vegetación. Para la búsqueda futura de estas relaciones, sería conveniente emplear otra clasificación agronómica con cartografía, o bien utilizar algunas características físico-químicas del suelo, como el pH, textura, drenaje, profundidad, etc., y con un área menos extensa.

De acuerdo con los cuatro tipos básicos de vegetación de la subcuenca de estudio, se encontró que el bosque mixto presenta un mejor estado de conservación y de densidad arbórea, seguido por el bosque de coníferas, el bosque mesófilo y la selva. Cada tipo de vegetación tiene una amplia gama de especies potencialmente útiles para la industria, la construcción, la alimentación, la elaboración de productos y la medicina natural, entre otras; mismas que sería conveniente estudiar para un mejor aprovechamiento de los recursos forestales.

Las causas de la deforestación son muy diversas. En la zona se encontró que el hombre es el principal agente de perturbación, seguido por los incendios forestales y las plagas. Es posible controlar estos problemas mediante algunas técnicas agro-ecológicas y silvícolas.

Se obtuvo que la zonificación por pisos altitudinales pudo aplicarse a la mayoría de los aspectos analizados como los componentes ambientales, la densidad de cobertura vegetal, la aplicación de algunas estrategias, etc., con una aproximación cercana a la realidad. Esta metodología podría ser aplicada para investigaciones de manejo silvícola, agrícola, estudios geomorfológicos, climáticos, etc.

La conservación de los recursos naturales es un tema que debería ser de interés primordial para estudios científicos multidisciplinarios, y con una atención real y práctica por parte de las autoridades regionales y municipales. Si no se llevan a cabo las prácticas adecuadas de protección y conservación, los bosques desaparecerán en un plazo medio con serias alteraciones a los sistemas naturales y el hombre.

La estrategia de uso múltiple, el uso múltiple del bosque y las granjas integradas, basadas en la diversidad de productos representan una buena opción para el mejoramiento agrosilvícola de la zona, lo que repercute en mayores ingresos, mejor alimentación y mayores sistemas de defensa de plantas naturales y cultivadas. La diversificación de productos se puede complementar con la compatibilidad que existe entre éstos o entre diversas actividades, de modo que los resultados sean lo más satisfactorios posibles con un mínimo de riesgos provocados por incompatibilidad. En las áreas forestales resultaron como actividades afines la recolección, la producción de productos forestales (madera, resina, etc. de forma controlada) y el turismo, éste último con gran potencialidad en el área.

La geografía, como ciencia integradora del conocimiento del hombre y de la naturaleza, debe considerar con mayor importancia el tema

de la sobreexplotación de los recursos y su impacto en la naturaleza. Las ideas modernas de la geografía, como los geosistemas o geoecosistemas pueden constituir una importante base para el planteamiento de posibles soluciones, ya que se manejan una gran cantidad de elementos. Si se toma como base el mejoramiento alimentario y económico del hombre, habrá mayores oportunidades para la protección de los recursos naturales a plazos largos de tiempo.

## B I B L I O G R A F I A

- ACOSTA-BARRADAS. s/f. La Granja integrada: una posible respuesta al desarrollo de la Sierra Norte de Puebla. Inédito.
- BELTRAN, Enrique.1973 Uso múltiple del Bosque. Instituto Mexicano de Recursos renovables. Boletín No. 50. México,D.F. 29p.
- BENNET/HUMPRIES.1981 Ecología de Campo. Blume Ediciones. Col.Ciencias de la naturaleza. Madrid, España.
- BILLINGS. W.D. 1970 Las plantas y el Ecosistema. Herrero, México,D.F.
- COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO Datos de las presas del Sistema Hidroeléctrico de Necaxa. Inédito.
- DEL VALLE, FELICITAS 1979. Estudio geográfico del municipio de Huauchinango. Tesis UNAM (Geografía). México,D.F.
- DREW, David. 1983 Man-environment processes. George Allen & Unwin. London, G.B.
- EQUIHUA-RZEDOWSKI. 1987. Flora. INAH-SEP-Planeta. Atlas Cultural de México. México, D.F.
- FUENTES Aguilar,Luis 1976 Regiones naturales del Estado de Puebla. UNAM. México,D.F. 143 p.
- GARCIA,Enriqueta Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM México, D.F.
- GOMEZ POMPA,Arturo 1976 Posible papel de la vegetación secundaria en la evolución de la flora tropical. en: Antología ecológica. UNAM. Lecturas Universitarias No. 26, - México, D.F. 312 p.

- GONZALEZ, Laura. s/f La utilización del enfoque geosistémico en la investigación geográfica del medio ambiente cubano. Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, Cuba (inédito). 25 p.
- GONZALEZ, Lauro 1974 Tipos de vegetación en México. en: El Escenario Geográfico. SEP-INAH México, D.F. 335 p.
- HAWLEY, Ralph 1972 Silvicultura práctica. Omega, Barcelona, España 544 p.
- INEGI. 1979 Descripción de la leyenda de la carta edafológica DETENAL. SPP. México, D.F. 104 p.
- MADEREY, Laura 1982 Geografía de la atmósfera. UNAM. México, D.F. 82 p.
- MARGALEF, Ramón 1982 Ecología. Omega, Barcelona, España. 951 p.
- MARTINEZ, Maximino 1979 Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 1270 p.
- \_\_\_\_\_ 1979 Flora del Estado de México. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. Tomo I. Toluca, México.
- MIRANDA-HERNANDEZ X 1963. Los tipos de vegetación en México y su clasificación Colegio de Posgraduados-SARH. Sobretiro de la Sociedad Botánica de México. No. 28. Chapingo, Méx. 178 p.
- NIEMBRO, Aníbal 1986. Arboles y arbustos útiles de México. Universidad Autónoma de Chapingo, México, D.F.
- ODUM, Eugene 1972 Ecología. Ed. Interamericana. México, D.F. 639 p.
- \_\_\_\_\_ 1978 Ecología: el vínculo entre las ciencias naturales y las sociales. Compañía Editorial Continental.

- México, D.F. 295 p.
- OWEN, Oliver. 1977. Conservación de recursos naturales. Pax-México, D.F. 648 p.
- PELAEZ, Jardel. 1989. La sucesión forestal: fundamento ecológico de la silvicultura. en: Revista Ciencia y Desarrollo Vol. XIV No. 89. CONACyT. México, D.F.
- RAMADE, Francois 1984. Ecology of natural resources. John Wiley & Sons. París.
- ROMANINI, Claudio 1981. Ecotécnicas para el trópico húmedo. Centro de Eco desarrollo. México, D.F. 184 p.
- RZEDOWSKI, Jerzy, 1981 Vegetación de México. Limusa. México, D.F. 432 p
- SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA, 1981 Guía de planeación y control de actividades forestales. FCE-SEP. México, D.F. 266 p.
- SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA. 1982 Sistema Nacional de Areas Naturales Protegidas. SEDUE. México, D.F.
- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS 1976. Atlas del Agua. SRH. México, D.F.
- \_\_\_\_\_ 1976 Presas construídas en México. SRH. México,D.F.
- SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELO 1987. Manual de Conservación de suelos. Limusa. México, D.F. 331 p.
- SIMMONS. 1982. Biogeografía natural y cultural. Omega. Barcelona, España. 425 p.
- SPURR, Stephen. 1985 Ecología forestal. AGT. Editor. México, D.F. 690 p.

- TOLEDO, VICTOR. 1985 Ecología y autosuficiencia alimentaria. Siglo XXI Editores. México, D.F. 117 p.
- TRICART, Jean. 1981 La Tierra, planeta viviente. Akal Editor. Madrid, España. 170 p.
- UNESCO. 1980. Ecosistemas de los bosques tropicales. UNESCO-PNU MA-FAO. Investigaciones sobre los recursos naturales. Madrid, España 771 p.
- VARIOS. s/f. Síntesis histórico-geográfica del ex distrito de Huauchinango. Inédito. Huauchinango, Pue.
- VERDUZCO, José 1976. Protección forestal. PATENA, A.C. México, D.F. 369 p.
- VICKERY, Margaret. 1987. Ecología de las plantas tropicales. Limusa. México, D.F. 232 p.

MAPAS EMPLEADOS :

- SPP Carta Poza Rica. F14-12. Escala 1:250,000. Temas: Uso del suelo, geología, hidrológica de aguas subterráneas y superficiales, edafología.
- SPP Carta Pachuca F14-11. Escala 1:250,000. Temas: Uso del suelo, geología, hidrológica de aguas superficiales, edafología.
- SPP. Carta Huauchinango. F14D83. Escala 1:50,000. Topografía.
- SPP. Carta Filomeno Mata F14D84. Escala 1:50,000. Topografía.

FOTOGRAFÍAS AEREAAS.

- DGGTENAL. Escala 1:80,000
- PEMEX. Escala 1:30,000.
- COMPAÑIA MEXICANA AEROFOTO. Escala 1:20,000.

