

IV. CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

IV.1 DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO

Como un sistema físicos, una cuenca hidrográfica puede ser un área de estudio conveniente porque representa una unidad delimitada por un parteaguas donde confluyen sus corrientes en un cuerpo de agua colector y por lo mismo, existen interdependencia de sus elementos y procesos que pueden ser más claramente estudiados. Así el área de estudio se definió considerando en primer término la clasificación de cuencas y subcuencas propuestas por INEGI, en la carta de aguas superficiales a escala 1:250,000.

La cuenca del río Necaxa tiene íntima interdependencia con la cuenca del río Laxaxalpan debido a que existe una obra de infraestructura hidráulica consistente en un acueducto que colecta el escurrimiento de varios de sus afluentes y por medio de tuneles y canales transporta dicha agua a la presa Nexapa, dentro de la cuenca del río Necaxa, para contribuir con más del 70% del agua que sirve para la generación de energía hidroeléctrica en las planas generadoras pertenecientes a Luz y Fuerza del Centro. De este modo para la ordenación ecológica territorial de este estudio la delimitación de su universo de trabajo está dado por los límites de las cuencas colindantes e interdependientes de los ríos Necaxa y Laxaxalpan.

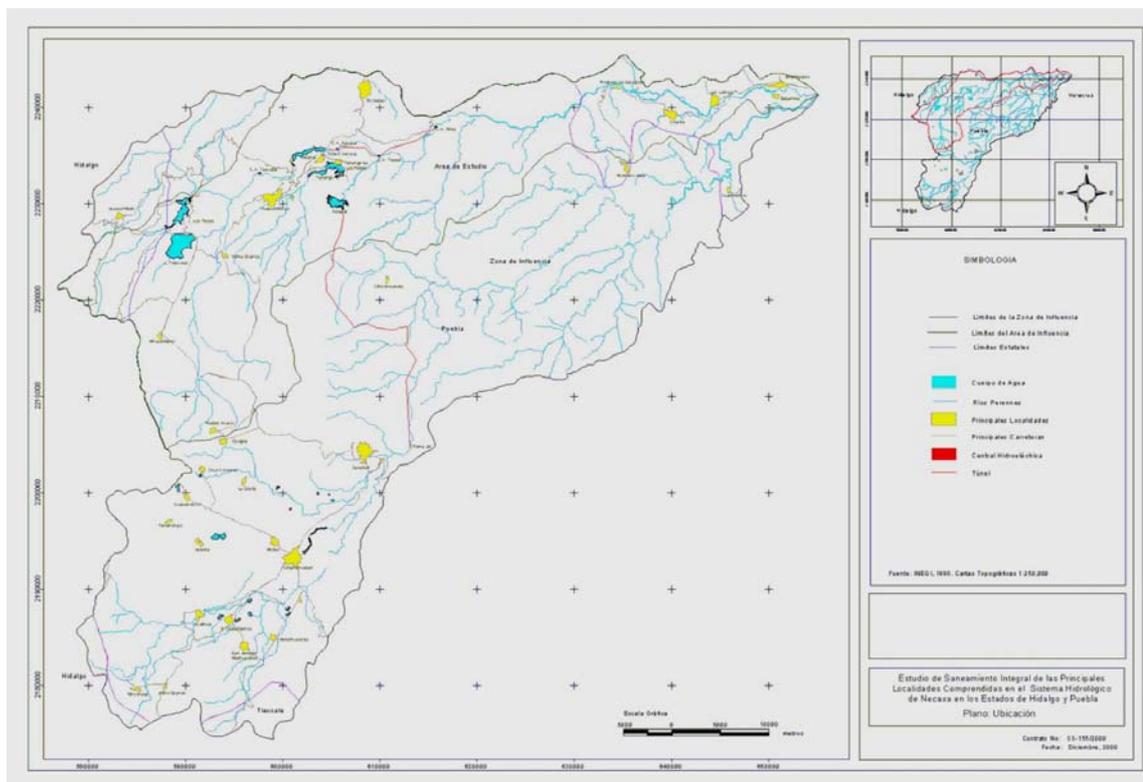


Figura IV.1 Ubicación del área de estudio

IV.1.1 Marco físico

IV.1.1.1 Localización geográfica

El área de estudio se localiza dentro de los límites de los estados de Puebla y parte de los estados de; Hidalgo, Veracruz y Tlaxcala en un total de 37 municipios los cuáles se enlistan a continuación: (véase Figura IV.1 Ubicación del área de estudio).

Tabla IV.1 Estados y municipios en el área de estudio			
Estado	Municipio	Estado	Municipio
Puebla	Ahuacatlán	Puebla	Tlaola
	Ahuazotepec		Tlapacoya
	Amixtlán		Xicotepec de Juárez
	Camocuautla		Zacatlán
	Cuatepec		Zapotitlán de Méndez
	Chiconcuautla		Zihuateutla
	Chignahuapan		Zongozotla
	Hermenegildo Galeana		Hidalgo
	Huauchinango	Almoloya	
	Huehuetla	Cuatepec de Hinojosa	
	Hueytlalpan	Tlaxcala	Tlaxco
	Ixtepec	Veracruz	Coahuatlán
	Jopala		Coxquihui
	Juan Galindo		Coyutla
	Naupan		Chumatlán
	Olintla		Espinal
	San Felipe Tapatlán		Filomeno Mata
Tepango de Rodríguez	Mecatlán		
Tepetzintla			

IV.1.1.2 Clima

El clima en la zona de estudio está determinado por su ubicación frente al Golfo de México, ya que la Sierra Madre Oriental, donde se localizan las cuencas de los ríos Necaxa y Laxaxalpan, constituye una

barrera que intercepta los vientos húmedos provenientes del Golfo de México, los cuales al chocar con esta Sierra y elevarse dejan caer en forma de lluvia gran parte de su humedad, donde dependiendo de la altitud hay variaciones de precipitación, así en la parte media es donde ocurren las mayores precipitaciones pluviales y conforme aumenta o disminuye la altitud de la sierra la lluvia disminuye. Por otro lado, a nivel microregional, la disposición de los accidentes orográficos también determina la cantidad de precipitación, ya que es frecuente el efecto de “sombra de lluvia” debido a la presencia de sierras con montañas elevadas que son barreras que detienen la humedad en una sola de sus laderas y las laderas contrarias presentan menor humedad, por lo que en áreas reducidas puede haber diferencias notables en el valor de la precipitación.

Por otro lado, a finales del verano y principios de otoño es frecuente la presencia de ciclones, los cuales tienen su centro de origen en el Mar Caribe y las Antillas. Estos fenómenos toman generalmente una dirección hacia el norte, sobre el Golfo de México, provocando intensas lluvias en la llanura costera del golfo y en la vertiente oriental de la Sierra Madre Oriental, ocasionalmente toman una dirección hacia el oeste y penetran a tierra desde la Península de Yucatán, chocando a veces con la Sierra o a veces continúan su recorrido por la llanura costera. En ambos casos, además de intensas lluvias, traen fuertes vientos, elementos que sumados ocasionan crecidas extraordinarias en las numerosas corrientes superficiales que descienden de la parte alta de la Sierra Madre, no siendo suficientes las represas construidas en sus cauces para controlar los caudales extraordinarios, por lo que se han presentado severas inundaciones con efectos graves de pérdida de vidas humanas, daños a la infraestructura y afectación de las actividades agrícolas y ganaderas en años resientes.

Durante el invierno, es frecuente la presencia de “nortes”, que son masas de aire polar que al cruzar por el Golfo de México, se cargan de humedad y al entrar a tierra ocasionan precipitaciones y descensos de la temperatura. Los nortes son otro fenómeno climático que contribuye a la aportación de humedad en el área de estudio.

Tipo de clima

Los tipos de climas, debido a las diferencias de altitud que caracterizan a la zona de influencia, son variados, así la clasificación climática de Koppen, modificada por Enriqueta García (1988) señala que en Zacatlán, localidad situada a 2,059 msnm, el clima es Cbm(f)(e)gw” que indica un clima templado y húmedo, con lluvias todo el año, verano fresco y largo, con precipitación del mes más seco mayor de 40 mm y más de 18% de lluvia invernal con respecto a la lluvia total, extremoso, con el mes más caliente antes de junio (marcha de la temperatura tipo Ganges) y con sequía intraestival; en Huauchinango, a 1,472 msnm, el clima es Cb(fm)(e)g, o sea templado húmedo con lluvias todo el año, verano fresco y largo, precipitación del mes más seco mayor de 40 mm y menos de 18% de lluvia invernal con respecto a la lluvia total, extremoso, mes más caliente antes de junio (marcha de la temperatura tipo Ganges); y en Xicotepec de Juárez a 1,050 msnm, el clima es (A)Cb(fm)(e)gw” semicálido húmedo con lluvias todo el año, precipitación del mes más seco mayor de 40 mm y menos de 18% de lluvia invernal con respecto a la lluvia total, extremoso, mes más caliente antes de junio (marcha de la temperatura tipo Ganges) y sequía intraestival.

Por los grandes cambios de altitud, obviamente que a nivel microregión hay variaciones de los tipos climáticos anteriores, no obstante lo anterior se puede asegurar que los climas de esta región como la mayoría de nuestro país son tropicales, pero deben su régimen templado a la altura sobre el nivel del mar de las regiones montañosas donde se ubican, pues como se describen su régimen de lluvias más

importante esta en el verano y es de menor representativa la precipitación invernal como cualquier clima del trópico, no obstante la influencia de nortes y huracanes en el otoño e invierno. (véase mapa IV.1. Tipos de Clima).

Temperatura

La altitud del terreno ocasiona diferencias de temperatura en la región de estudio, se calcula que por cada 100 m de aumento de altitud, la temperatura disminuye en promedio 0.65°C, esto se conoce como gradiente térmico (E. García, 1983). Con base en lo anterior se deben considerar las notables diferencias de altitud que hay en la zona de estudio para entender la variabilidad de este fenómeno. por ejemplo: las mayores elevaciones de la cunca del río Necaxa están a 3,000 m de altitud, la ciudad de Huauchinango a 1,472 m de altitud y la ciudad de Xicotepec de Juárez a una altitud de 1,050 m. Por el otro lado, por el relieve abrupto, se puede notar que hay diferencias de temperatura en distancias muy cortas. También influyen a nivel microregional, el número de días con nubosidad, exposición e insolación.

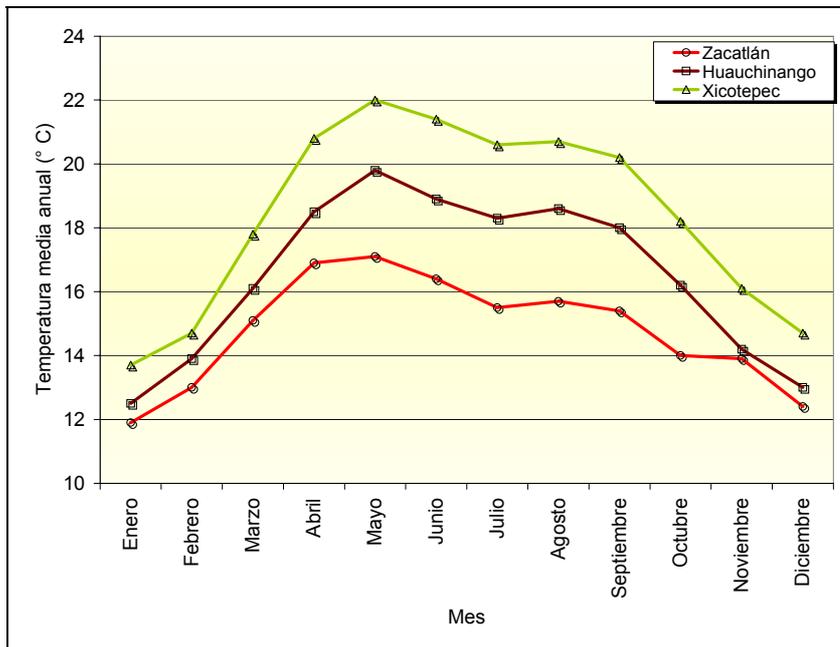
Tomando los datos de las estaciones climatológicas de Zacatlán ubicada en la parte alta, Huauchinango en la parte media y Xicotepec, en la parte baja, se tienen como referencia general los valores de temperatura siguientes.

Tabla IV.2 Valores de temperatura media anual en tres estaciones climáticas representativas (°C)			
Mes	Zacatlán	Huauchinango	Xicotepec
Enero	11.9	12.5	13.7
Febrero	13.0	13.9	14.7
Marzo	15.1	16.1	17.8
Abril	16.9	18.5	20.8
Mayo	17.1	19.8	22.0
Junio	16.4	18.9	21.4
Julio	15.5	18.3	20.6
Agosto	15.7	18.6	20.7
Septiembre	15.4	18.0	20.2
Octubre	14.0	16.2	18.2
Noviembre	13.9	14.2	16.1
Diciembre	12.4	13.0	14.7
Promedio	14.7	16.5	18.4

Fuente: García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen.

Por otro lado, el mes más caluroso en todos los casos es mayo, mientras que el mes más frío es enero (Gráfica IV.2). Este patrón de distribución de la temperatura es el que se presenta en la región de manera general, aunque a nivel microregional se ve modificado por la orografía.

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS
DE LOS RÍOS NECAXA Y LAXAXALPAN

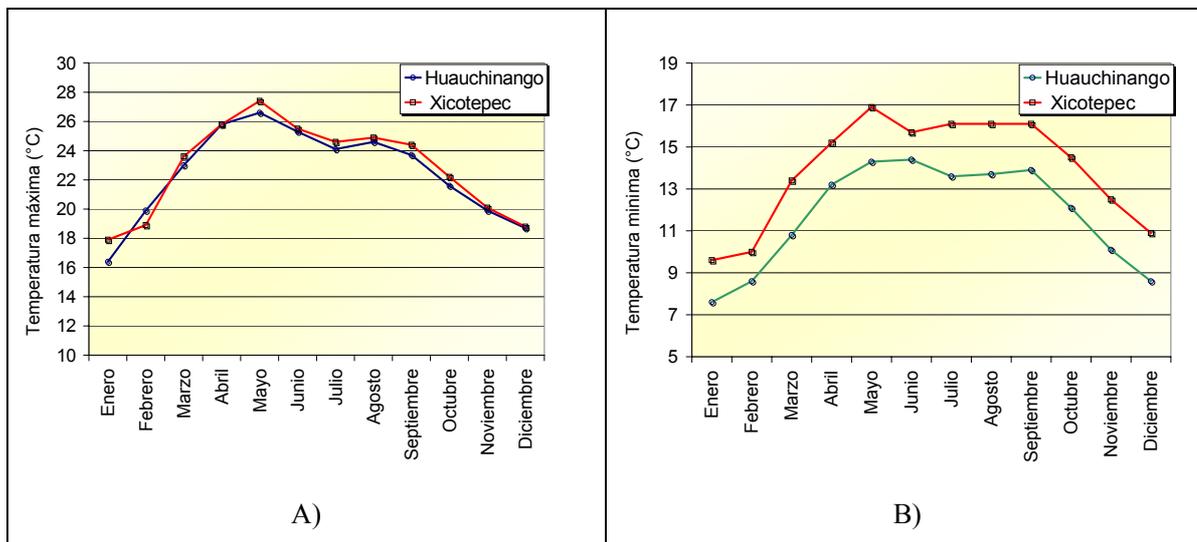


Gráfica IV.2 Temperatura media anual registrada en los municipios de Zacatlán, Huauchinango y Xicotepec

Mes	Estación climática Huauchinango		Estación climática Xicotepec	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
Enero	16.4	7.6	17.9	9.6
Febrero	19.9	8.6	18.9	10.0
Marzo	23.0	10.8	23.6	13.4
Abril	25.8	13.2	25.8	15.2
Mayo	26.6	14.3	27.4	16.9
Junio	25.3	14.4	25.5	15.7
Julio	24.1	13.6	24.6	16.1
Agosto	24.6	13.7	24.9	16.1
Septiembre	23.7	13.9	24.4	16.1
Octubre	21.6	12.1	22.2	14.5
Noviembre	19.9	10.1	20.1	12.5
Diciembre	18.7	8.6	18.8	10.9
Promedio	22.4	11.7	22.8	13.9

Fuente: SMN. s/f. Normales climatológicas.

En cuanto al promedio de temperatura máxima no hay diferencia entre ambas estaciones, y en la temperatura mínima la diferencia es casi de hasta 3°C, siendo el valor más bajo en Huauchinango (Gráfica IV.3)



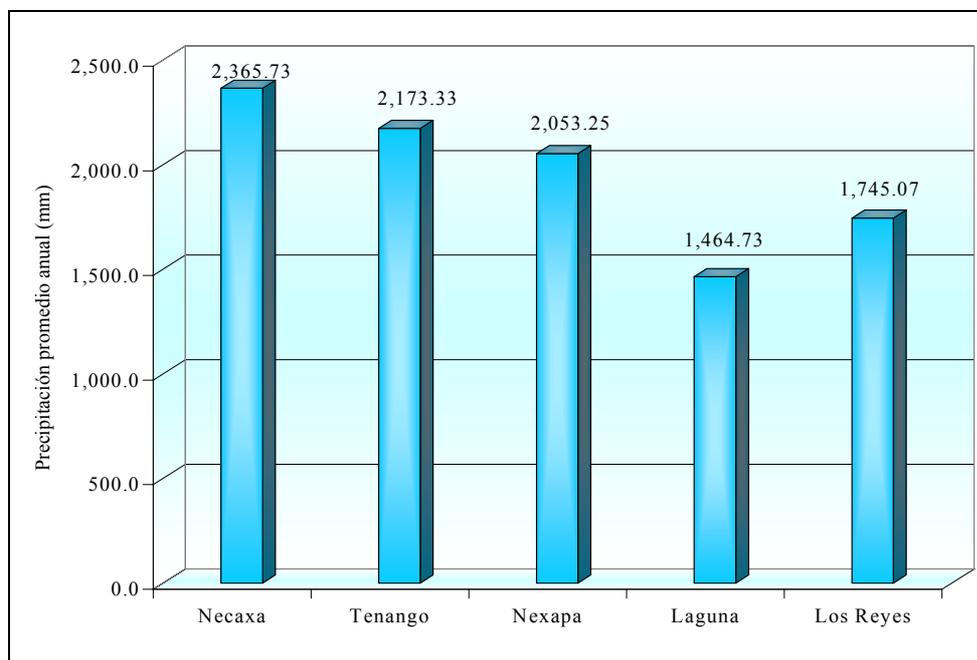
Gráfica IV.3 A) Temperatura máxima y B) Temperatura mínima registrada en las estaciones Huauchinango y Xicotepec

Precipitación

Como se señaló líneas arriba la región recibe altas precipitaciones a lo largo de todo el año debido a los factores ya mencionados, lo que se puede corroborar con los datos proporcionados por Luz y Fuerza del Centro, de estaciones climáticas operadas bajo su responsabilidad y ubicadas en los vasos del sistema hidroeléctrico de Necaxa, los que se muestran en la siguiente tabla y que corresponden a la precipitación promedio anual de cinco estaciones climáticas. En la Gráfica IV.4 se muestra el promedio anual de la precipitación ocurrida en el periodo analizado.

Tabla IV.4 Valores de precipitación promedio anual		
Estación climática*	Años de observación	Promedio de precipitación (mm)
Necaxa	22	2,365.73
Tenango	22	2,173.33
Nexapa	22	2,053.25
Laguna	24	1,464.73
Los Reyes	18	1,745.07

Fuente: LFC.s/f. Sistema Hidroeléctrico Necaxa. *Estaciones climáticas ubicadas en los vasos del sistema hidroeléctrico Necaxa



Gráfica IV.4 Precipitación promedio anual del periodo analizado para 5 estaciones

Es notorio que en las dos últimas estaciones ubicadas en la parte alta de la zona de influencia, hay menos precipitación. Por otro lado, los datos de las lluvias extraordinarias que ocurrieron en 1999, y que ocasionaron severos daños a la infraestructura hidroeléctrica de la región a causa de los deslaves del terreno, se muestran en la siguiente tabla.

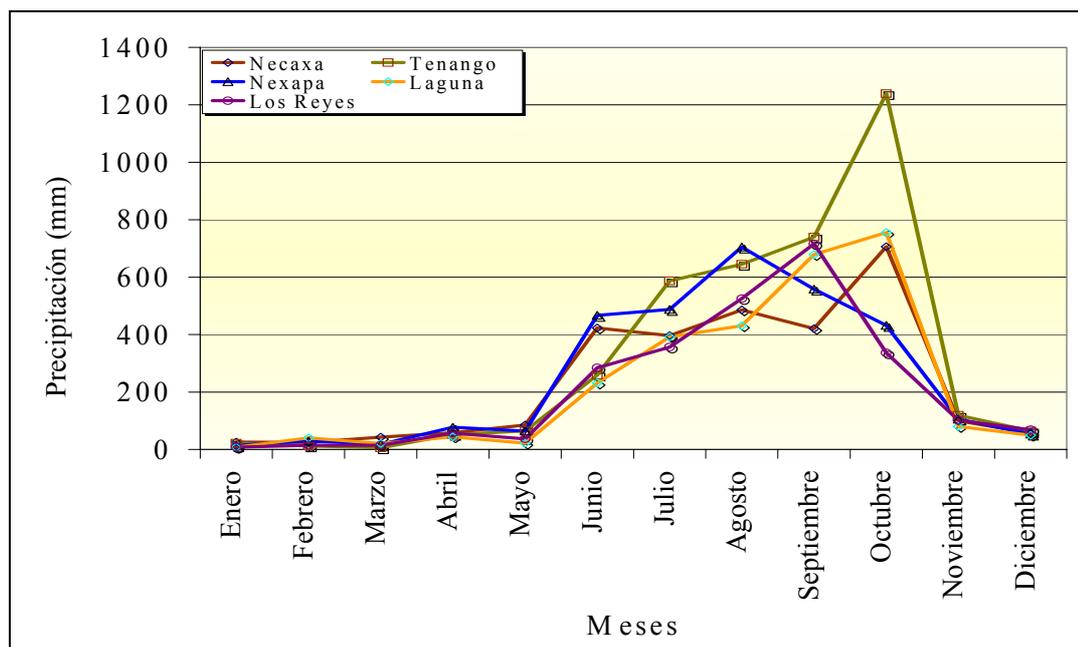
Mes	Necaxa	Tenango	Nexapa	Laguna	Los Reyes
Enero	25.7	22.1	13.7	7.9	7.8
Febrero	24.7	12.5	29.8	40.2	14.5
Marzo	43.0	5.3	17.8	20.5	14.5
Abril	58.5	52.0	77.7	43.8	56.5
Mayo	85.2	65.0	64.0	22.0	37.0
Junio	422.7	259.3	467.0	231.2	284.4
Julio	396.2	587.1	487.6	391.9	356.1
Agosto	485.8	644.9	705.0	430.5	525.0
Septiembre	420.9	739.6	558.3	678.7	715.7
Octubre	706.1	1,238.9	432.1	755.3	336.3

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS
DE LOS RÍOS NECAXA Y LAXAXALPAN

Noviembre	99.5	119.2	105.2	79.9	101.8
Diciembre	56.9	64.5	53.2	49.2	68.4
Total	2,825.2	3,810.4	3,011.4	2,751.1	2,518.0

Fuente: LFC. s/f. Sistema Hidroeléctrico Necaxa.

Analizando los promedios de las estaciones climáticas para todo el periodo (véase Tabla IV.4), y el total registrado para el año de 1999, se nota que en la mayoría de las estaciones, a excepción de Necaxa, casi llovieron 1000 mm adicionales de precipitación que el promedio anual. Además en los meses de agosto y septiembre, que precedieron al mes de octubre, en que se presentaron los mayores daños a la infraestructura hidroeléctrica, llovieron en promedio más de 1000 mm en ambos meses en casi todas las estaciones, incluso en Tenango se registró una precipitación acumulada de 1,384.5 mm en los dos meses precedentes, tan solo durante el mes de octubre llovieron 1,238.9 mm (véase Gráfica IV.4). Con los datos anteriores pueden comprenderse la magnitud de las crecientes que escurrieron por los cauces y que fueron contenidas temporalmente en los diversos vasos que forman el sistema hidrológico y los daños ocasionados en un área de fuertes pendientes y con severos problemas de deforestación, por lo que los deslaves y derrumbes del terreno son explicables.



Gráfica IV.5 Precipitación registrada para el año 1999 en las estaciones Necaxa, Nexapa, Tenango, Los Reyes y Laguna.

Cabe señalar que los datos de precipitación de las estaciones anteriores son a partir de 1969, sin embargo revisando la información contenida en otras fuentes (Boletín hidrométrico no. 42), sobre crecientes en la región hidrológica no. 27, se observó que en los años de 1954 1955 y 1967 ocurrieron eventos similares ocasionados por ciclones. En 1954 una perturbación tropical ocasionó lluvias

intensas durante los días 10 al 13 de septiembre, como referencia existen los datos registrados en algunas estaciones climáticas del área de estudio como son Zacapoaxtla Pue. que registró 614 mm y San Juan Apulco Pue. 670 mm en el periodo arriba señalado. Durante los meses de septiembre y octubre de 1955 afectaron la región tres ciclones, denominados Glady, Hilda y Janet, el primero ocasionó lluvias intensas entre el 1 y 7 de septiembre, el segundo afectó la región entre el 18 y 21 de septiembre, sin embargo Janet fue el más destructivo ya que entre el 27 de septiembre y el 1° de octubre, las estaciones climáticas de Zacapoaxtla y San Juan Apulco registraron 675 y 688 mm de lluvia, respectivamente. Incluso la estación climática de Necaxa reportó para el día 30 de septiembre de 1955 una precipitación máxima en 24 horas de 295 mm y desde 1908 hasta el año de 1968, periodo de datos reportado por la fuente consultada, era el valor más alto registrado (SRH, 1970), lo anterior ocasionó una “inundación muy grande” (Arellano Sánchez, 1985). En 1967, el ciclón Beulah afectó la región entre el 22 y el 27 de septiembre y la estación climática de Cuetzalán registra en este periodo una precipitación de 419 mm. Aunque la mayoría de los datos de precipitación reportados corresponden a estaciones climáticas ubicadas fuera del área de estudio, por su cercanía a la misma se tomaron como referencia. Adicionalmente, la ocurrencia de estos eventos se corroboró al revisar los datos de crecientes registradas en las estaciones hidrométricas de la región para esos años. Por otro lado, se desconocen los daños causados por estas precipitaciones, sin embargo, es de prever que fueron menores ya que había menos deterioro del bosque y la población era escasa.

Los datos de precipitación de otras estaciones climáticas distribuidas en la zona de influencia se muestran en la siguiente tabla.

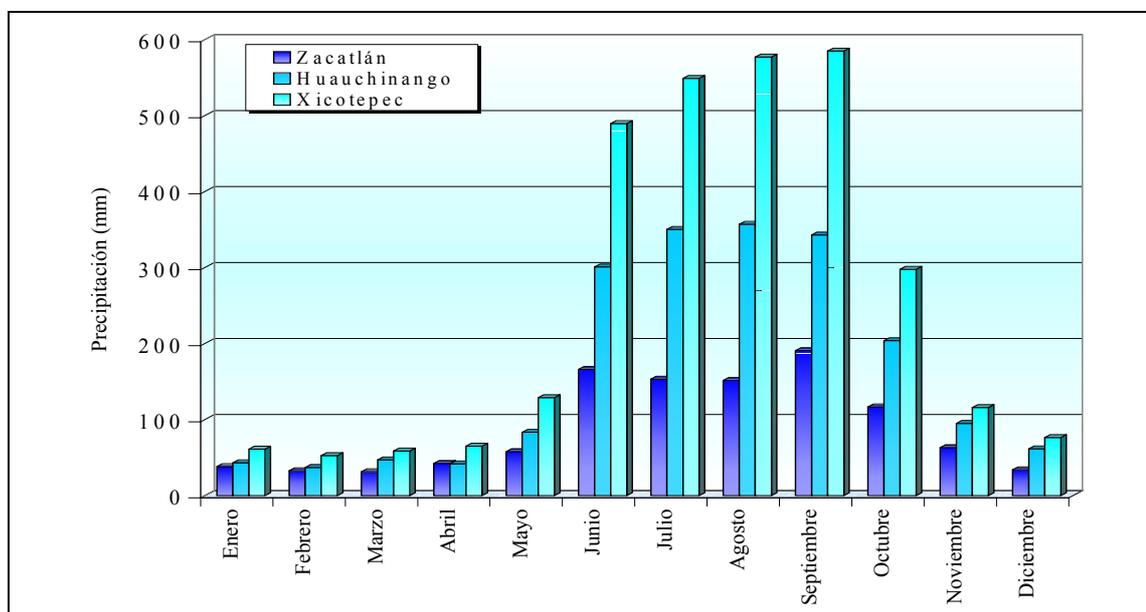
Tabla IV.6 Valores de precipitación en tres estaciones climáticas representativas (mm)			
Mes	Zacatlán (2059 msnm*)	Huachinango (1472 msnm*)	Xicotepec (1050 msnm*)
Enero	38.3	43.4	61.3
Febrero	32.8	37.1	52.7
Marzo	31.6	47.2	58.7
Abril	42.4	41.8	65.1
Mayo	58.0	83.4	129.0
Junio	166.1	300.9	489.6
Julio	153.4	350.4	549.1
Agosto	151.7	357.1	577.2
Septiembre	190.9	343.1	585.0
Octubre	116.7	204	297.8
Noviembre	63.4	95.1	115.9
Diciembre	34.1	61.5	76.6
Total	1079.4	1965.0	3058.0

Fuentes: García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen y SMN. s/f. Normales climatológicas.

** Altitud en metros sobre el nivel del mar.*

Se observa en la tabla anterior que en Xicotepec, localidad situada en la parte media de la Sierra Madre Oriental, es donde se registran los valores más altos de lluvia y conforme se asciende en altitud la precipitación disminuye, situación que es explicable porque los vientos húmedos al chocar con la Sierra Madre Oriental descargan la mayor parte de la precipitación en la parte media, mientras que la parte baja y alta reciben menos lluvia.

Por otro lado también se aprecia que en Xicotepec hay lluvia apreciable en todo el año y de mayo a noviembre es cuando la lluvia es más intensa, mientras que en las otras estaciones, aunque se registra precipitación en los meses de enero a abril, es sensiblemente menor a la registrada en Xicotepec (véase Gráfica IV.6).

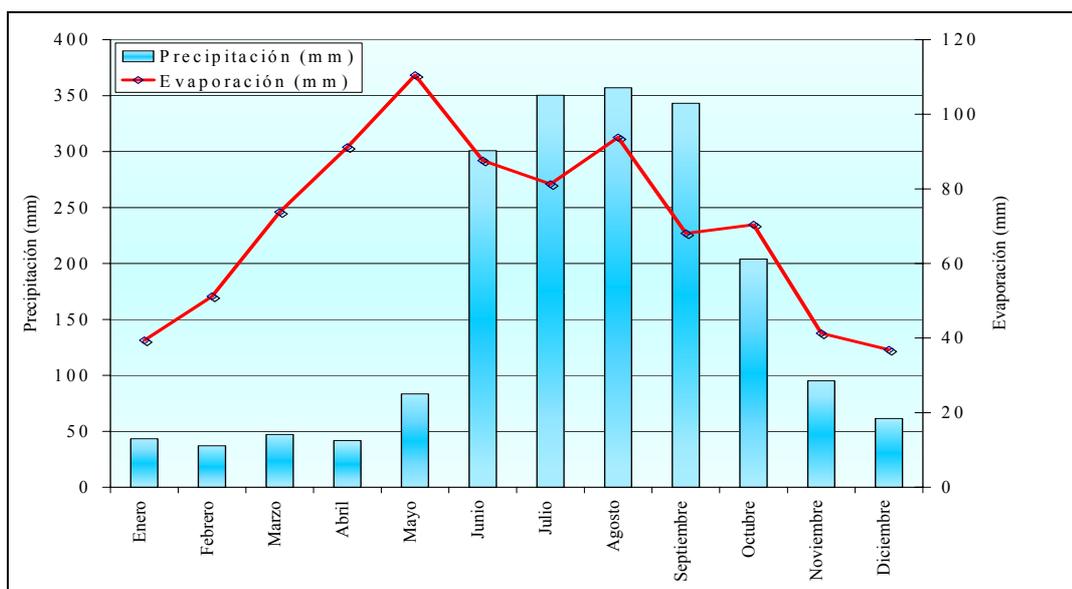


Gráfica IV.6 Precipitación de tres estaciones representativas del área de estudio (Zacatlán, Huauchinango y Xicotepec).

Evaporación

Este parámetro tiene relevancia pues el agua que cae de la lluvia, se infiltra para la recarga de acuíferos, escurre en ríos y arroyos o se evapora. Si la evaporación es mayor que la precipitación hay un déficit de humedad en el suelo que impide en ocasiones el buen desarrollo de la vegetación herbácea y de cultivos. Tomando como referencia los datos de las estaciones climáticas de Huauchinango Pue. (1472 msnm) y de Xicotepec de Juárez Pue. (1050 msnm), en la primera estación la evaporación media anual es de 845.5 mm, mientras que la lluvia registrada es de 1965 mm,

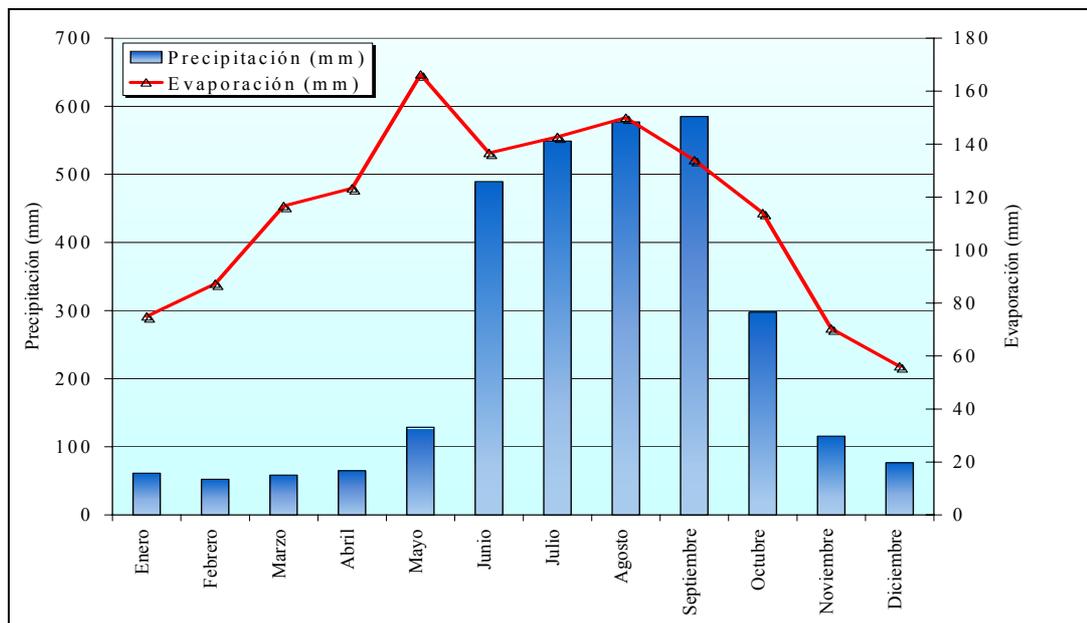
notándose que no hay déficit de humedad (véase Gráfica IV.7). Ahora bien, si se analizan los datos por mes registrados en la tabla siguiente, puede notarse que en los meses de febrero a mayo si hay un déficit de humedad, lo cual es explicable ya que son los meses con menos precipitación y por tanto con menos días nublados y en el caso de los meses de abril y mayo también registran las temperaturas medias mensuales más altas, igualmente hay menos días con niebla, aspectos que sumados contribuyen a aumentar la evaporación.



Gráfica IV.7. Precipitación y evaporación en el área de influencia de la estación Huauchinango

En la estación Xicotepec la evaporación media anual reportada es de 1372.7 mm, mientras que la precipitación media anual es de 3058.0 mm de lluvia y en este caso tampoco hay déficit de humedad, sin embargo a nivel mensual, desde enero hasta mayo la evaporación supera a la precipitación (Gráfica IV.8).

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS
DE LOS RÍOS NECAXA Y LAXAXALPAN



Gráfica IV.8 Precipitación y evaporación en el área de influencia de la estación Xicotepec

Tabla IV.7 Evaporación y precipitación en dos estaciones climáticas representativas de la zona de influencia

Mes	Estación climática Huauchinango		Estación climática Xicotepec	
	Evaporación (mm)	Precipitación (mm)	Evaporación (mm)	Precipitación (mm)
Enero	39.4	43.4	75.0	61.3
Febrero	51.2	37.1	87.3	52.7
Marzo	73.8	47.2	116.7	58.7
Abril	91.2	41.8	123.4	65.1
Mayo	110.5	83.4	166.3	129.0
Junio	87.6	300.9	136.7	489.6
Julio	81.3	350.4	142.8	549.1
Agosto	93.8	357.1	150.0	577.2
Septiembre	68.1	343.1	134.0	585.0
Octubre	70.4	204.0	114.0	297.8
Noviembre	41.3	95.1	70.4	115.9
Diciembre	36.9	61.5	56.1	76.6
Total	845.5	1965.0	1372.7	3058.0

Fuente: SMN. s/f. Normales climatológicas.

Vientos

Las estaciones climáticas ubicadas dentro de la zona de influencia no registran los vientos, sin embargo por su ubicación en la Sierra Madre Oriental es posible suponer que los vientos dominantes la mayor parte del año son los provenientes del este (Golfo de México), a excepción de los meses de noviembre a febrero donde dominan los vientos del noreste conocidos como “nortes”.

IV.1.1.3 Geología

Desde el punto de vista geológico el área está conformada por tres grandes zonas, muy distintas entre sí, la primera corresponde al Sistema Volcánico Transversal o “Eje Neovolcánico”, comprende la parte sur y oeste del área y está conformada por materiales de origen volcánico; la segunda es una “faja de pliegues y cabalgaduras” ubicada en la parte media del área de estudio y perteneciente a la Sierra Madre Oriental, está formada por rocas sedimentarias plegadas consideradas como las más antiguas de la región; finalmente la tercera zona es la “terrace continental” perteneciente a la Llanura Costera del Golfo de México y que abarca un área al noreste, donde afloran unidades geológicas del Terciario.(véase mapa IV.5. Geología).

Geología estructural y tectónica

- Eje Neovolcánico

Está conformado por estructuras de origen volcánico cuyo origen se remonta al terciario y hasta el reciente, las que están superpuestas a un paleorelieve formando extensos plegamientos los que están afectados por fallas regionales, también por fosas y pilares tectónicos. El vulcanismo del terciario se dio predominantemente por los sistemas de fallas y fracturas que se formaron después del plegamiento de las rocas sedimentarias durante la orogenia Laramide.

La geomorfología está conformada de la siguiente manera: amplias planicies formadas por tobas de distinta composición; conos volcánicos con distinto grado de erosión; finalmente derrames formados predominantemente por materiales andesíticos y basálticos. Estas unidades geomorfológicas están afectadas por sistemas de fallas que tienen una dirección preferencial de suroeste a noreste. También se han visto erosionadas e intemperizadas de acuerdo con los rasgos del paleorelieve que cubren, las geoformas originales y el patrón de fracturamiento.

- Sierra Madre Oriental

La característica principal que tiene la Sierra Madre Oriental, desde el punto de vista geológico es la presencia de una potente secuencia de rocas sedimentarias plegadas, tectonizadas, en la región además hay intrusiones de cuerpos ígneos.

Las estructuras que la forman, están constituidas por un paquete de calizas, lutitas, limolitas y rocas metasedimentarias del Jurásico y Cretácico, las cuales fueron plegadas por esfuerzos de tipo compresivo correspondientes a la orogenia Laramide cuya dirección actuó de noreste a suroeste, formando los sinclinales y anticlinales e inclusive anticlinorios que caracterizan a esta provincia, Los ejes de estas estructuras, tienen un rumbo general que va de sureste a noroeste. Los pliegues en algunos casos se encuentran cabalgando a otras unidades de roca de la misma edad o más antiguas.

Es común encontrar pliegues de tipo “chevron”, como es el caso del sitio Tezcapa. También hay algunos anticlinales volcados hacia el noreste. Con respecto a su fracturamiento se tienen dos rumbos preferenciales, el primero de ellos va de noroeste a suroeste y otro tiene una dirección norte -sur.

Cabe señalar que todas las centrales hidroeléctricas y acueductos que forman el Sistema Hidroeléctrico de Necaxa, se encuentran en esta provincia.

- Llanura Costera del Golfo de México

Está conformada básicamente por sedimentos del Terciario que afloran en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental y en la llanura misma.

Estructuralmente se encuentra afectada por fallamiento que tiene un rumbo de noroeste a sureste con otra componente que va de noreste a suroeste. También se reporta la presencia de un anticlinal que se ubica al norte de la salida de la subcuenca del río Necaxa.

Estratigrafía y Litología

A partir de la información reportada por las cartas geológicas elaboradas por el INEGI la estratigrafía y litología del área de estudio está conformada por una secuencia de rocas volcánicas y sedimentarias, así como depósitos de aluvión, cuyas edades van desde el Triásico hasta el Holoceno o Reciente. A continuación se describen las unidades geológicas presentes, iniciando desde la más antigua a la más reciente.

Triásico (TR)

-Areniscas y conglomerados, (ar-cg)

A esta unidad pertenece una secuencia terrígena distribuida en una franja irregular orientada en dirección sureste a noroeste. En la zona de estudio aflora al este del vaso Los Reyes. Está constituida por una secuencia de areniscas arcósicas y conglomerados de color rojo depositadas en un ambiente de tipo continental de fosas tectónicas. Subyace con discordancia angular a la Formación Huayacocotla del Jurásico Inferior y sobreyace a la Formación Guacamaya del Pérmico (Paleozoico).

Jurásico Superior (Js)

-Calizas y lutitas (cz-lu)

A esta unidad geológica pertenece una secuencia sedimentaria marina de la Formación Tamán. Ocupa una franja que tiene una orientación de noroeste a sureste, en las inmediaciones del poblado de Tzitzicapa aguas abajo de la cortina del vaso Necaxa y sobre el río del mismo nombre. También se encuentra hacia el sureste del vaso antes mencionado, en el arroyo Cuanacasco. En la subcuenca del río Laxaxalpan ocupan dos franjas, la primera a lo largo del cauce de esta corriente, iniciando al este de Zacatlán y hasta la confluencia con el río San Lorenzo y otra franja con orientación sureste-noroeste en la parte media de la subcuenca, penetrando inclusive a la subcuenca del río Necaxa a la altura del río Tecpatlán.

Esta unidad agrupa una potente alternancia rítmica de capas pelítico - calcáreas depositadas en un ambiente de mares profundos. Las calizas son de textura microcristalina y son calcarenitas y margas con alto contenido de materia orgánica y manganeso. En tanto las lutitas son calcáreas con impregnaciones de calcopirita así como manganeso. La unidad sobreyace a rocas del Jurásico medio

de la Formación Cahuassas y/o a rocas del Triásico correspondientes a la Formación Huizachal. Se encuentra cubierta por calizas del Cretácico inferior de la Formación Tamaulipas inferior.

Jurásico medio (Jm)

-Limolitas y areniscas, (lm-ar)

A esta unidad geológica se le conoce como Formación Cahuassas y ocupa una franja de forma regular orientada de sureste a noroeste. La unidad está conformada por una secuencia terrígena continental constituida por limos, areniscas, areniscas conglomeráticas y algunos horizontes de lutitas. Las areniscas están clasificadas como litarenitas; de grano fino a medio, las areniscas conglomeráticas son fragmentos de areniscas, sílice y andesitas cuyos diámetros varían de 1 a 5 cm. En Xicotepec Pue. La unidad se vuelve más arenosa y aparece cartografiada como areniscas, Jm (ar). La unidad subyace con discordancia angular a rocas calcáreo-arcillosas del Jurásico superior de la Formación Tamán.

Cretácico superior (Ks)

-Calizas y lutitas (cz-lu)

Comprende una secuencia de rocas correspondientes a las Formaciones Agua Nueva y San Felipe. Se encuentra hacia la porción oeste y sur de Nuevo Necaxa, en las inmediaciones de las localidades de: San Pedro Tlalixpehuala (al Sur), Arroyo Texcapa, Huilacapixtla, Matlaluca, Cuaxicala, Tepetzintla de Galeana, Ozamatlán, San Lorenzo Tlaxpehuala y al sur de esta (río Zempoala), también ocupa una amplia franja de la subcuenca del río Laxaxalpan, cerca de la confluencia con el río Necaxa, incluye a la localidad de Filomeno Mata Ver. Litológicamente es una secuencia calcáreo-arcillosa constituida por biomicritas, calizas arcillosa, y lutitas. En algunos sitios contiene bandas y nódulos de pedernal, además hay intercalados horizontes biointraclásticos de radiolarios calcificados y foraminíferos. Sobreyace a rocas calcáreas del Cretácico inferior y subyace a rocas pelíticas del Cretácico superior.

Cretácico inferior (Ki)

-Calizas (cz)

Esta unidad se encuentra rodeada por rocas del Cretácico Superior, la secuencia se halla expuesta al norte de Nuevo Necaxa en una franja que va de 0.6 a 2.0 km de ancho y que bordea los poblados de Cuaxicala, Tepetzintla de Galeana, Ozamatlán, Cuahueyatla, Huilacapixtla y Matlaluca. También afloran al sur, sureste oriente y suroeste del vaso Necaxa en las inmediaciones de las localidades de; Ahuacatlán, Chicahuastla. Así como en los arroyos Nexapa y Zempoala y en amplias franjas de la subcuenca del río Laxaxalpan (al este de Zacatlán y sur de Filomeno Mata). La unidad geológica está constituida por calizas, siendo predominantes las biomicritas con intercalaciones de bandas y nódulos de pedernal color negro y ámbar. Esta unidad geológica presenta en algunos sitios procesos de carstificación en la que se han identificado rasgos de “*lapiaz*” y desarrollo de “*dolinas*” (facie arrecifal). Estas rocas sobreyacen de manera concordante a otro paquete calcáreo arcilloso del Jurásico superior y se encuentran cubiertas en forma discordante por rocas del Cretácico superior.

Terciario superior (Ts) (*Mioceno-Pleistoceno*)

-Tobas ácidas (Ta)

Estas rocas afloran al oriente de la cortina del vaso Necaxa. Ocupan amplias franjas al oeste y sur del área de estudio, particularmente en los alrededores de Ahuazotepec, Zacatlán, Tenancingo Pue. y

Cuautelelulco Pue. Son rocas piroclásticas cuya composición comprende tobas dacíticas, riódacíticas e ignimbritas. Su composición mineralógica es de cuarzo, feldespato potásicos, plagioclasas sódicas, biotita, hematita, magnetita, calcita y esfena. Esta unidad cubre de forma discordante a rocas del Jurásico superior e inferior así como a las del Cretácico inferior.

-Basaltos, Ts (B)

Esta unidad aflora hacia la porción suroeste de la subcuenca del río Necaxa, a partir de la cabecera municipal de Nuevo Necaxa, es una franja amplia que abarca las localidades y poblados de: “Piedras Encimadas”, Camotepec, Teopancingo, Teneja, Venta Grande, Tejocotal, Huauchinango, Coacuilá, en el embalse del Vaso “La Laguna” (*Tejocotal*) y hacia el sur poniente en las inmediaciones del poblado de Peñuela y se extiende hasta la subcuenca del río Laxaxalpan hasta las inmediaciones de Zacatlán. Otra franja se encuentra al sur del área de estudio y comprende las localidades de Villa Cuauhtémoc y Llano Grande, ambas dentro del estado de Puebla. Esta formada por basaltos de olivino, de textura afanítica con fenocristales de olivino, plagioclasas calcicas y minerales máficos oxidados. Se encuentran fracturados y presentan intemperismo típicamente esferoidal. Esta unidad cubre de manera concordante a rocas volcánicas de composición riolítica del Terciario superior.

-Andesitas Ts (A)

Esta unidad aflora hacia la porción suroeste de la subcuenca del río Necaxa, en las inmediaciones de la población de Peñuela. Sin embargo las mayores superficies ocupadas por esta unidad se encuentran al sur de la subcuenca del río Laxaxalpan (al oeste de Matlahuacales Pue., oeste de Pueblo Nuevo Pue.). Estas rocas son andesitas de textura afanítica y porfídica con fenocristales de plagioclasa cálcico-sódica, hiperstena, augita, hematita y magnetita. Subyace a las ignimbritas de la Formación Don Guinyo.

-Riolitas, Ts (R)

Esta unidad pertenece a la Formación Riolita Navajas y ocupa pequeñas áreas al oeste y sur del área de estudio (como son al norte de Ahuazotepac, sureste de Ajolotla, y suroeste de Tenancingo). Esta conformada por riolitas de estructura fluidal, de color gris y pardo claro con tonos rosados, en algunos sitios se reporta con esferulitas. Los derrames riolíticos se hallan intercalados con delgados espesores de ignimbritas riolíticas. Sobreyace de manera discordante a rocas andesíticas y dacíticas del grupo Pachuca del Terciario superior.

-Basalto y brecha volcánica básica, Ts (B-Bbv)

Corresponde a la Formación San Cristóbal y Atotonilco El Grande y en el área de estudio es poco abundante y solo se halla expuesta en las inmediaciones del Cerro Metepec, el cual se localiza 10.0 Km al poniente de Zacatlán. Está conformada de una alternancia de derrames y depósitos piroclásticos de composición basáltica, son de color negro en superficie fresca e intemperizan a color pardo claro, presentan textura holocristalina y porfídica son de estructura compacta vesicular con vacuolas rellenas de cuarzo. Esta unidad cubre a rocas volcánicas del Terciario así como a sedimentarias del Cretácico.

-Cenizas volcánicas (arenal Coxquihui), Ts (ceniza volcánica)

Esta unidad solo ocupa una pequeña área en la parte baja de la subcuenca del río Laxaxalpan, al sur de dicha corriente, ya dentro de la Planicie Costera del Golfo, donde se encuentra el poblado de Arenal Coxquihui. Esta unidad geológica como su nombre lo dice está conformada por cenizas volcánicas sin

consolidar, mineralógicamente están conformadas por un 75 % de vidrio (pómez), algunos cristales de cuarzo; fragmentos de obsidiana de hasta 4 cm de diámetro, líticos de rocas básicas, así como biotita. Sobreyace de manera discordante a depósitos de tobas ácidas, derrames de basaltos así como a unidades sedimentarias del Terciario.

Paleoceno (Tpal)

-Lutitas y areniscas (lu-ar)

Esta unidad se encuentra principalmente en la subcuenca del río Necaxa en la parte correspondiente a la Planicie Costera del Golfo, particularmente aflora en la margen izquierda del río Necaxa en el poblado de Las Lomas. Existe una pequeña franja dentro de la subcuenca del río Laxaxalpan, muy cerca de su confluencia con el río Necaxa, específicamente en la margen derecha. En esta unidad se han identificado dos miembros, el miembro inferior está conformado por una alternancia de areniscas, lutitas y margas, mientras que el miembro superior está constituido por una secuencia alternada de areniscas y lutitas. Ambos miembros sobreyacen de manera discordante a rocas arcillosas del Cretácico superior, a la secuencia arcillosa del Paleoceno y subyacen a sedimentos arcilloso-arenosos del Eoceno.

-Lutitas, Tpal (lu)

Esta unidad está poco representada en la zona de estudio, aflora al norte y oriente del poblado de Coyutla, dentro de la subcuenca del río Necaxa. Es una secuencia sedimentaria constituida por lutitas calcáreas de color café claro y rojo, con algunas zonas de margas y ocasionalmente presenta lutitas arenosas y areniscas calcáreas. Cubre de manera discordante a rocas arcillosas del Cretácico superior de la Formación Méndez.

Cuaternario (Q)

-Aluvión (al)

Se encuentra distribuida en ambas subcuencas, en la del río Necaxa está presente en el lecho de dicha corriente, desde la localidad de Patla y prácticamente hasta su confluencia con el río Laxaxalpan, mientras que en la subcuenca del río Laxaxalpan, además de ser abundante en la parte baja, ocupa una amplia franja en los alrededores de Chignahuapan Pue. Está conformada por sedimentos cuyos tamaños comprenden, arcillas, limos, arenas y gravas no consolidados. En las estribaciones de las sierras, son areno-gravosos; hacia la parte central, se reportan generalmente arcillo-arenoso con clásticos de caliza arenisca, pedernal y rocas volcánicas y hacia la costa esta conformada por arcillas y limos. Cubren a las unidades geológicas del Terciario inferior, es decir Paleoceno.

Otras dos unidades presentes en el área son el Basalto del Cuaternario Q(B), el cual e encuentra ocupando una pequeña franja al noroeste de Chignahuapan y brecha volcánica básica del Cuaternario Q(Bvb), el cual se encuentra al oeste de la unidad anterior.

IV.1.1.4 Hidrología

El sistema hidrológico en el área de estudio está influenciado por los fenómenos meteorológicos que afectan al Golfo de México y que originan altas precipitaciones, las cuales al paso del tiempo han labrado profundas barrancas por donde desaguan ríos generalmente perennes. Si a esto se agrega un relieve abrupto, con un sustrato geológico poco estable, es posible entender la existencia de estas

barrancas que por un lado se están ampliando y por otro aumentan su profundidad, tal como ha quedado demostrado recientemente con los deslaves ocurridos en la zona de estudio causados por las lluvias torrenciales de octubre de 1999.

Esta dinámica en la formación del sistema hidrológico regional puede considerarse como una característica que condiciona buena parte de los componentes del ecosistema, en cuanto a los recursos naturales, el aprovechamiento de los mismos y en general en el desarrollo de las diversas actividades humanas. En esta región, como en ninguna otra, queda evidenciada la estrecha relación entre la hidrología y las actividades humanas en cuanto a potencialidades (corrientes perennes y caudalosas) y limitaciones (barrancas profundas con deslaves frecuentes que generan riesgos para la población en una parte importante de las cuencas en estudio).

Hidrología superficial

El área de estudio se encuentra incluida completamente dentro de la Región Hidrológica No. 27, denominada “Tuxpan-Nautla”, específicamente comprende parte de la cuenca del río Tecolutla (RH27B) y las subcuencas del río Necaxa (RH27Bb) y río Laxaxalpan (RH27Bc).

La Región Hidrológica no. 27 drena al Golfo de México, por tanto se ubica en la porción este del país, entre las coordenadas 18° 57' y 22° 10' de latitud norte y 96° 25' a 98° 30' de longitud oeste. Las cuencas más importantes de esta región hidrológica son las de los ríos Tuxpan, Cazonos, Tecolutla, Nautla, Misantla y Colipa. A la cuenca del río Tecolutla pertenece el área de estudio y una pequeña parte a la cuenca del río Cazonos, ya que sobre el río Los Reyes, ubicado en la parte alta de esta cuenca, se construyó el vaso Los Reyes, de la que se deriva agua a la cuenca del Tecolutla, específicamente hacia la subcuenca del río Necaxa, a través de un túnel, para abastecer al Sistema Hidroeléctrico Necaxa. (véase plano IV.11. Hidrología Superficial).

Enseguida se describen las corrientes principales por cada subcuenca que comprende el área de ordenamiento.

a) Subcuenca del río Necaxa

- Río Necaxa

Nace a 13 km al noreste de la localidad de Paredón, Puebla, a una altitud de 3 000 msnm. Inicia su curso con rumbo noreste, 18 km aguas debajo de su nacimiento se encuentra la estación hidrométrica El Carmen, después 10 km aguas abajo se le une por su margen izquierda el arroyo Apapaxtla, cuyas aguas son controladas en el vaso Laguna (o Tejocotal), cambia su rumbo este-noreste y a 15 km de la confluencia anterior está el vaso Necaxa, 2 km aguas debajo de este punto, fluye por su margen derecha el río Tenango, el cual originalmente se llama río Coacuila, 15 km aguas debajo del origen del río Coacuila está la estación hidrométrica El Carmen y 4 km antes de su afluencia con el río Necaxa, sus aguas son controladas en el vaso Tenango, de donde se derivan sus aguas hacia el vaso Necaxa por medio de un túnel. El río Necaxa continua fluyendo con rumbo hacia el este y 3 km aguas abajo de la confluencia anterior recibe las aportaciones del río Xaltepuxtla por su margen derecha. Después continua su curso hacia el este-noreste y a 15 km de la afluencia del río Xaltepuxtla se localiza la estación hidrométrica Patla, continua su curso por terrenos de topografía accidentada hacia el este hasta su afluencia con el río Laxaxalpan por la margen izquierda, 15 km aguas arriba de esta

confluencia se localiza la estación hidrométrica Coyutla. Hasta su confluencia con el río Laxaxalpan, esta corriente tiene una longitud de 49 km y drena un área de 901.4 km².(SRH, 1970).

- Río Coahuila

Nace 6.5 km al sur de Camotepec Puebla, a una altitud de 2 600 msnm. Sus aguas son controladas en el vaso de Tenango, se une al río Necaxa por su margen derecha, tiene una estación hidrométrica que se ubica cerca de Beristain Pue y hasta este punto su área drenada es de 39 km².

- Río Xaltepuxtla

Este río nace a 8 km al sur-sureste de Huauchinango a una altitud de 2100 msnm y 7 km aguas debajo de su origen está la estación hidrométrica Xaltepuxtla, este río recibe por su margen izquierda las aportaciones del río Nexapa, el cual es controlado por el vaso Nexapa, de la cual se derivan sus aguas hacia el vaso Tenango.

- Río Nexapa

Esta corriente es tributaria del río Necaxa por su margen derecha y sus aguas son controladas en el vaso de Nexapa, de donde son derivadas al vaso Tenango y de ahí al Sistema Hidroeléctrico Necaxa.

En esta subcuenca se encuentran tres de los cinco vasos de almacenamiento que conforman el Sistema hidroeléctrico de Necaxa, así como también las cuatro plantas de generación de energía eléctrica que tiene este Sistema.

b) Subcuenca del río Laxaxalpan

- Río Laxaxalpan

Esta corriente nace en el estado de Tlaxcala a una altitud de 3 250 msnm, en el cerro Peñón del Rosario a 11 km de Tlaxco, Tlaxcala, pasa a 20 km al oeste de Chignahuapan Pue., originalmente no tiene nombre, después es conocido como río Tecoyuca, tiene un curso general hacia el noreste y 5 km al sur de Chignahuapan cambia su nombre por el de río Laxaxalpan, 18 km aguas debajo de este sitio se encuentra la estación hidrométrica Toma no. 26. El río continua su curso con dirección al noreste por zonas montañosa y pequeños valles, pasa al oriente de Zacatlán y a 5 km al sureste de Chiconcuautila se le unen por su margen izquierda los ríos Hueyapan, Tepeixco, Tlaxco y Zempoala, en todas las corrientes hay estaciones hidrométricas con el nombre de la corriente a excepción de la ubicada en el río Hueyapan, la que se denomina Cuamanala. Posteriormente, el río Laxaxalpan cambia su curso hacia al este-noreste para cruzar los límites con el estado de Veracruz uniéndosele 20 km después de estos límites al río Necaxa, para ser así uno de los principales afluentes del río Tecolutla. El área de la cuenca, hasta su confluencia con el río Necaxa es de 1 682 km².(SRH, 1970).

- Río Hueyapan

Es una corriente tributaria del río Laxaxalpan, al cual se le une por su margen izquierda a una altitud de 1000 msnm. Nace 10 km al noroeste de Zacatlán, a una altitud de 2 550 msnm. En su cauce se ha instalado un estación hidrométrica, denominada Cuamanala y se ubica a 600 m aguas arriba de su confluencia con el río Laxaxalpan. Tiene una longitud aproximada de 16 km y su área drenada hasta la estación hidrométrica es de 34.3 km².

- Río Tepeixco

También llamado San Lorenzo, nace a 2 600 msnm, 8 km al noroeste de Zacatlán, tiene un rumbo general hacia el noreste, se une al río Laxaxalpan cerca de Chiconcuautla, después de recibir por su margen izquierda al río Tlaxco. En él se encuentra la estación hidrométrica Tepeixco y hasta este punto el área drenada es de 43.8 km².

- Río Tlaxco

Esta corriente es tributaria del río Tepeixco, el que a su vez desemboca en el río Laxaxalpan. Nace en el cerro denominado Cruztitla a una altitud de 2 500 msnm, al oriente de Camotepec Pue. Su longitud es de 10 km y cuenta con una estación hidrométrica, la cual se ubica 4 km aguas arriba de su confluencia con el río Tepeixco.

- Río Zempoala

Tiene su origen en el Cerro Pelón o Cerro de Camotepec a una altitud de 2 700 msnm. Sigue un curso hacia el noreste y después de la localidad de Zempoala cambia con dirección hacia el este. Se une al río Laxaxalpan por la margen izquierda, su longitud es de 22 km. En él se encuentra la estación hidrométrica Zempoala, la cual se ubica a 5 km al oeste de Chiconcuautla.

La importancia de la subcuenca del río Laxaxalpan se debe a que es una de las principales aportadoras de agua al Sistema Hidrológico de Necaxa por medio de un conjunto de obras de toma y túneles que forman parte de la subregión denominada por Luz y Fuerza como la tercera división y que descargan su caudal en el vaso de Nexapa, en conjunto se capta agua de 40 corrientes de la subcuenca del río Laxaxalpan a través de 26 tomas sumando 30 m³/seg (LFC, 2000). Hasta la confluencia entre el río Laxaxalpan y el río Necaxa, la superficie que drenan ambas cuencas es de 2 583.4 km² (SRH, 1970).

c) Subcuenca del río San Marcos

- Río de Los Reyes

Este río no es parte de las cuencas de estudio, sólo que a través de obras de infraestructura hidráulica aporta parte de su caudal al sistema hidroeléctrico de Necaxa, razón por lo cual se consideró pertinente describir algunas de sus características. Este río nace a 10 km al este de la ciudad de Tulancingo Hgo. a una altitud de 2,750 msnm, cerca de la localidad de La Mesa, dentro del estado de Hidalgo y originalmente es conocido como río Omiltepec. Su curso sigue con rumbo hacia el noreste hasta el vaso Los Reyes a una altitud de 2 165 msnm donde sus aguas son controladas para ser enviadas al Sistema Hidrológico Necaxa a través de un túnel que descarga al arroyo Tlalcoyunga y de ahí son conducidas por un canal hasta la planta hidroeléctrica de Texcapa dentro de la cuenca del río Necaxa. El área drenada por esta corriente desde su origen hasta el vaso Los Reyes es de 63 km² (SRH, 1970).

En conjunto las tres subcuencas drenan una superficie de 2 646.4 km².

Estaciones hidrométricas

Dada la importancia que revisten las corrientes anteriores para el Sistema Hidroeléctrico Necaxa, Luz y Fuerza del centro ha establecido una serie de estaciones hidrométricas con el fin de tener información precisa sobre los volúmenes de agua de las corrientes que abastecen a las plantas de generación de electricidad. La tabla siguiente contiene información sobre las características más importantes de dichas estaciones.

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS
DE LOS RÍOS NECAXA Y LAXAXALPAN

Tabla 1V.8 Estaciones hidrométricas ubicadas en el área de estudio.					
Nombre	Corriente	Ubicación	Objetivo	Dependencia responsable	Area drenada km²*
Toma no. 26	R. Laxaxalpan	4 km al este de Zacatlán Pue.	Conocer volumen que se deriva al túnel que conduce al vaso Necaxa	LFC	790.8
Santa Ana	R. Laxaxalpan	6 km aguas arriba confluencia con río Necaxa, en Edo. de Veracruz	Determinar volumen para futuros aprovechamientos hidroeléctricos	CFE	1,670
Cuamanala	R. Hueyapan	600 m aguas abajo de su afluencia con río Laxaxalpan, mpo. de Zacatlán Pue.	Medir volúmenes derivados al Sistema hidroeléctrico Necaxa	LFC	34.3
Tepeixco	R. Tepeixco	5 km aguas abajo de su afluencia con río Laxaxalpan, mpo. de Zacatlán Pue.	Medir volúmenes derivados al Sistema hidroeléctrico Necaxa	LFC	43.8
Tlaxco	R. Tlaxco	4 km aguas arriba de su afluencia con río Tepeixco, mpo. de Chiconcuaatla Pue.	Medir volúmenes derivados al Sistema hidroeléctrico Necaxa	LFC	12.8
Zempoala	R. Zempoala	5 km al oeste de Chiconcuaatla Pue.	Medir volúmenes derivados al Sistema hidroeléctrico Necaxa	LFC	10.6
Tehulizpalco	R. Tehulizpalco	2 km al oeste de Zempoala, mpo. de Chiconcuaatla, Pue.	Medir volúmenes derivados al Sistema hidroeléctrico Necaxa	LFC	1.2
Laguna	R. Zempoala	4 km al oeste de Chiconcuaatla Pue.	Medir volúmenes derivados al Sistema hidroeléctrico Necaxa	LFC	16.5
El Carmen	R. Necaxa	3.5 km al sur de Beristain mpo. de Ahuazotepec, Pue.	Medir volúmenes derivados del río hacia el canal del Carmen del Sur para incrementar el volumen del vaso La Laguna	LFC	161.9
Coyutla	R. Necaxa	15 km aguas arriba de su afluencia con río Laxaxalpan, mpo.	Determinar volumen para futuros aprovechamientos	CFE	849

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS
DE LOS RÍOS NECAXA Y LAXAXALPAN

Tabla 1V.8 Estaciones hidrométricas ubicadas en el área de estudio.					
Nombre	Corriente	Ubicación	Objetivo	Dependencia responsable	Área drenada km ² *
		de Coyutla, Pue.	hidroeléctricos		
El Carmen	R. Coacuilá	5 km al este de Beristain, mpo de Ahuazotepec Pue.	Medir volúmenes derivados de esta corriente hacia el vaso La Laguna o Tejocotal	LFC	39.0

Fuente: SRH. 1970. Región Hidrológica No.27. Bol. Hidrológico No. 42. Tomo II.

*El área drenada es hasta la estación hidrométrica.

Actualmente todas las estaciones hidrométricas están fuera de operación, se tienen registros de los volúmenes escurridos desde el año de 1947 y hasta el año de 1969, mismos que se muestran como referencia en la tabla siguiente.

Tabla 1V.9 Volúmenes escurridos de algunas estaciones hidrométricas. (miles de m³)					
Años de observación	Estación hidrométrica y corriente*.				
	Toma no.26 (Laxaxalpan)	Santa Ana** (Laxaxalpan)	Cuamanala (Hueyapan)	Tepeixco (Tepeixco)	Tlaxco (Tlaxco)
1947	106 416	-	11 443	32 366	10 848
1948	95 297	-	8 726	31 226	10 191
1949	93 363	-	6 720	26 305	5 828
1950	90 630	-	9 700	35 271	10 209
1951	91 665	-	6 802	29 977	10 554
1952	156 469	-	23 604	55 286	20 604
1953	102 574	-	12 836	39 190	12 680
1954	181 367	-	25 864	56 102	23 461
1955	234 128	-	32 204	65 700	29 945
1956	144 069	-	23 865	48 051	13 402
1957	86 724	-	13 664	31 184	9 079
1958	191 249	-	19 290	43 746	18 160
1959	173 306	-	13 430	37 585	13 890
1960	95 151	-	13 261	38 022	14 533
1961	107 056	-	10 299	37 768	15 722
1962	83 374	944 013	6 357	27 946	10 187
1963	96 691	1 107 045	6 391	29 584	12 062
1964	85 867	1 091 273	16 638	30 629	13 289

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS
DE LOS RÍOS NECAXA Y LAXAXALPAN

Tabla 1V.9 Volúmenes escurridos de algunas estaciones hidrométricas. (miles de m³)					
Años de observación	Estación hidrométrica y corriente*.				
	Toma no.26 (Laxaxalpan)	Santa Ana** (Laxaxalpan)	Cuamanala (Hueyapan)	Tepeixco (Tepeixco)	Tlaxco (Tlaxco)
1965	73 013	1 462625	38 088	45 435	25 457
1966	85 378	1 308 208	41 206	51 061	32 261
1967	80 007	-	31 108	43 437	23 858
1968	96 538	-	31 775	46 697	27 570
1969	116 653	-	46 145	57 999	48 917

Fuente: SRH. 1970. Boletín Hidrológico no. 42.

Nombre de la corriente entre paréntesis. **No reporta datos para estos años

Tabla 1V.10 Volúmenes escurridos de algunas estaciones hidrométricas (miles de m³) (continuación)						
Años de observación	Estación hidrométrica y corriente*.					
	Zempoala (Zempoala)	Tehuizpalco (Tehuizpalco)	Laguna (Zempoala)	El Carmen (Necaxa)	Coyutla (Necaxa)	El Carmen (Coahuila)
1947	40 086	15 964	6 326	21 508	-	9 943
1948	39 564	16 636	5 054	15 125	-	6 208
1949	28 587	10 577	2 196	19 959	-	7 185
1950	43 607	18 905	9 132	17 283	-	10 330
1951	69 354	20 308	8 122	18 523	-	10 382
1952	70 539	26 760	15 001	57 858	-	28 922
1953	41 790	16 474	7 127	27 859	-	13 281
1954	68 934	37 033	12 825	78 962	-	33 607
1955	74 024	32 718	17 453	129 364	-	55 407
1956	52 459	19 130	8 527	45 667	-	29 293
1957	32 045	15156	3 597	15 727	-	11 071
1958	72 461	28 963	8 221	69 684	-	25 163
1959	40 291	19 007	5 129	26 543	-	15 353
1960	39 314	24 097	8 221	14 201	-	11 716
1961	47 268	22 583	8 813	19 700	-	14 750
1962	32 792	17 632	9 394	10 581	971 064	7 628
1963	43 352	19 920	11 555	13 104	885 688	8 897
1964	38 036	16 435	11 246	9 851	890 869	7 127
1965	48 114	25 606	25 949	12 011	1 233 336	9 762

Tabla 1V.10 Volúmenes escurridos de algunas estaciones hidrométricas (miles de m³) (continuación)						
Años de observación	Estación hidrométrica y corriente*.					
	Zempoala (Zempoala)	Tehuizpalco (Tehuizpalco)	Laguna (Zempoala)	El Carmen (Necaxa)	Coyutla (Necaxa)	El Carmen (Coacuil a)
1966	65 211	30 895	32 842	19 372	1 161 960	12 699
1967	54 456	37 474	25 785	15 724	-	11 442
1968	52 827	26 687	25 573	12 597	-	11 721
1969	61 242	37 277	35 950	29 153	-	22 619

Fuente: SRH. 1970. Boletín Hidrológico No. 42.

* Nombre de la corriente entre paréntesis. ** No reporta datos para estos años.

Usos y aprovechamientos de las corrientes superficiales

- Generación de energía eléctrica

Este es el aprovechamiento más importante y se hace a través del Sistema Hidroeléctrico de Necaxa, el cual por medio de túneles y canales deriva el agua de las principales corrientes de la parte alta de las subcuencas hacia cinco vasos de almacenamiento, los cuales están conectados por medio de canales y tuneles a cuatro plantas de generación de electricidad. Para una mejor operación del Sistema hidroeléctrico, el área de captación de agua Luz y Fuerza dividió la región en tres zonas denominadas como divisiones.

En la información proporcionada por Luz y Fuerza se menciona que la primera división comprende los arroyos Tlalcoyunga, Apaxtla, Chacalapa y parte del río Necaxa y los vasos Los Reyes y Laguna o Tejocotal, los cuales abastecen a la central hidroeléctrica Tezcapa, por medio del túnel Tlalcoyunga y del canal Tezcapa, esta planta tiene una capacidad de generación de 5 650 KVH y actualmente está fuera de operación a causa de los daños que sufrió durante las lluvias torrenciales de 1999. También pertenece a esta división el vaso Necaxa, que recibe aportaciones del vaso Tenango y de los vasos de La Laguna (o Tejocotal) y Los Reyes (también llamado Omiltemetl) a través de un túnel. Las aportaciones del Vaso de Necaxa se utilizan en la central hidroeléctrica de Necaxa, planta que tiene una capacidad de generación de 75 000 KWH.

En la segunda división se ubican los ríos Matzontla, Xilocuatla, y Coacuil, que abastecen a los ríos Necaxa y Tenango. El vaso de Tenango también está dentro de esta división, el cual también recibe aportaciones del vaso de Nexapa.

La tercera división está integrada por las aportaciones de la subcuenca del río Laxaxalpan, a través de túneles. Inicia en la toma no. 26 en el río Laxaxalpan, ubicada al este de Zacatlán, después hay aportaciones de corrientes tributarias, mismas que se enumeran enseguida: río Puente a través de la toma no. 25, río Salto por toma no.24, río Dos Arroyos en toma no. 22, del río Dolores en toma no.21, de corriente secundaria también denominada Laxaxalpan en toma no. 20, de río San Francisco en toma. 19, del río Triste en toma no. 18, del río Hueyapan en toma no.17, hasta este punto el túnel se denomina "túnel de Laxaxalpan": El túnel continua con rumbo hacia el norte y cruza por la subcuenca

del río Tepeixco, en cuya corriente está la toma no. 16, después la toma no. 15 está en un afluente del río Tlaxco, cerca de la localidad de Cruztitla, después las aportaciones son de corrientes del río Tlaxco como son: río Eulogio a través de la toma no.14, río Prieto por medio de la toma no. 13, río Antonio en toma no. 12, río Tomás a través de la toma no. 11, las tomas no. 10 y 9 están sobre el río Tlaxco. Seguidamente en la subcuenca del río Zempoala están las obras de toma no. 6, 7 y 8. Las tomas 1 a 5 están sobre corrientes poco importantes, después el túnel continúa hasta descargar en el vaso de Nexapa, el cual también forma parte de esta división.

Como se mencionó anteriormente la central hidroeléctrica de Necaxa, tiene una capacidad de generación de 75 000 KWH. De esta planta el agua se envía hacia un túnel de 3 800 m hasta un tanque regulador de presión para utilizarse en la central hidroeléctrica de Tepexic, actualmente fuera de operación por las lluvias de octubre de 1999 y que tenía una capacidad de generación de 49 800 KVH. Después en la barranca de Patla, aguas arriba de la localidad del mismo nombre y sobre el cauce del río Necaxa, se localiza la central hidroeléctrica de Patla, la cual es abastecida desde la central de Tepexic, enviándose el agua por el canal de Patla. Esta central tiene una capacidad instalada de 45.6 Mw.

Enseguida se muestran las características de los cinco vasos de almacenamiento que alimentan las centrales hidroeléctricas del Sistema Hidroeléctrico de Necaxa.

Tabla IV.11 Características de los vasos de almacenamiento del Sistema Hidroeléctrico Necaxa.					
Nombre	Área de embalse (ha)	Elevación (msnm)	Capacidad del vaso en miles de m ³		Diferencia miles de m ³ *
			Año 1941	Año 2000	
Nexapa	150	1 360	15,540	12,500	-3,040
Laguna o Tejocotal	586	2 183	43,526	40,637	-2,889
Tenango	341	1 350	43,116	41,922	-1,194
Los Reyes	275	2 165	Año 1931	24,030	-1,930
			25,960		
Necaxa	189.4	1 338	Año 1998	29,055	-1,327
			30.382		

Fuentes: SRH. 1970. Boletín Hidrológico no. 42. Tomo I y datos del año 1998 y 2000 proporcionados por LFC. Diferencias de almacenajes de los vasos del sistema hidrológico de Necaxa. Subdirección de producción.

** El signo (-) indica la pérdida de capacidad.*

Los datos de la última columna dan idea de la pérdida de capacidad de los vasos para los años de referencia, debido al asolvamiento por material de arrastre depositado por las corrientes aportadoras.

- Pesca

Este uso es secundario y comprende la pesca en pequeña escala en los vasos de Tenango y Necaxa principalmente donde se pesca carpa, lobina y tilapia, mientras que en el vaso de La Laguna o (El Tejocotal) se pesca trucha arco iris. No existen datos sobre las cantidades de peces extraídos, sin embargo la oferta solo abastece el mercado local.

- Recreación

Las actividades recreativas se realizan principalmente en el vaso La Laguna (o El Tejocotal) donde se ha desarrollado una actividad turística importante, que incluye paseos en lancha, venta de artesanías y puestos de comida. Sin embargo esta actividad está sujeta al volumen de agua que almacena el vaso y que en ocasiones disminuye notablemente afectando los paseos en lancha. Otro aspecto que ha afectado esta actividad, es la puesta en operación de la nueva vialidad, ya que al disminuir el tránsito vehicular por la antigua vialidad que pasa a un costado del área destinada para actividades recreativas, ha disminuido el número de visitantes a este cuerpo de agua.

Hidrología subterráneas

En relación a este aspecto, dentro del área de estudio se encuentran las siguientes unidades geohidrológicas. (véase mapa IV.12. Hidrología subterránea).

- Material consolidado con posibilidades bajas

Esta unidad es la que ocupa la mayor parte del área de estudio y comprende desde la parte media de todas las subcuencas hacia abajo y está conformada principalmente por rocas sedimentarias de origen marino y continental y en algunas áreas por rocas ígneas extrusivas. En el caso de las rocas sedimentarias, su edad varía desde el Jurásico Medio al Terciario Superior, las del Jurásico tienen un alto contenido de arcillas, siendo por tanto de baja impermeabilidad; las rocas calcáreas del Cretácico Inferior, son calizas que son altamente kársticas, condición propicia para la formación de acuíferos; sin embargo, las condiciones topográficas accidentadas no favorecen la infiltración; las lutitas y calizas del Cretácico Superior se presentan en forma alternada, aunque predominan las primeras, y son de baja permeabilidad debido a su contenido de arcillas; las rocas clásticas del Terciario Superior también son de baja permeabilidad a causa de la arcilla que contienen y aunque en ellas se ubican algunas norias, el agua que se extrae es producto de la saturación de las arcillas.

- Material consolidado con posibilidades medias

Esta unidad se presenta sobre todo en la parte alta de las subcuencas y está formada por derrames de basaltos del Terciario Superior y por calizas. En el primer caso los materiales están medianamente fracturados, mientras que las segundas están plegadas y tienen cavidades de disolución, por lo que llegan a formar corrientes superficiales.

En esta unidad se encuentran las presas de La Laguna y Los Reyes, las localidades de Huauchinango Pue, Venta Grande Pue., y Camotepec Pue.

- Material no consolidado con posibilidades medias

Cubren una pequeña área del cauce del río Necaxa, cerca de la localidad de Patla Pue. Son depósitos aluviales constituidos principalmente por gravas y arenas, los cuales han rellenado la llanura aluvial

del río. Pueden hacerse algunos aprovechamientos a través de pozos y norias en las margenes ya que la calidad del agua varía de dulce a tolerable.

En relación a la geoquímica de las aguas subterráneas, la información para la zona de estudio es escasa; sin embargo, como referencia se muestra la información de un punto de muestreo que se encuentra inmediatamente aguas arriba de la Central Hidroeléctrica de Patla y que aflora en la margen derecha del río Necaxa, la muestra se tomó en el año de 1982. Los datos muestran que las aguas son duras e incrustantes, esto debido a que se encuentran cargadas con minerales carbonatados. La tabla siguiente muestra los datos respectivos.

Tabla 1V.12 Geoquímica de aguas subterráneas en C.H. Patla		
Muestra No. 30	Sitio: Manantial	Fecha: 17 junio 1982
Parámetro		Resultado
Temperatura °C		27°
Calcio (Ca) mg/L		59
Magnesio (Mg) mg/L		15.6
Sodio (Na) mg/L		20.0
Potasio (K) mg/L		0.4
Dureza como (Ca CO ₃) mg/L		212.5
Relación absorción de sodio (RAS)		0.60
Potencial de hidrógeno (pH)		8.0
Conductividad eléctrica (CE) milimohs/cm		0.48
Sulfatos (SO ₄) mg/L		62.4
Bicarbonato (HCO ₃) mg/L		189.1
Nitratos (NO ₃) mg/L		-----
Carbonatos (CO ₃) mg/L		-----
Cloruros (Cl) mg/L		17.7
Sólidos totales disueltos (STD) mg/L		364
Calidad de agua para riego		C2-C1
Agresividad del agua		Incrustante
Uso		doméstico*

Fuente: Carta de Aguas Subterráneas F14-12, Hoja Poza Rica, Escala 1:250 000

** En visita de campo no se observo ninguna obra de aprovechamiento.*

Por otro lado, hay veda para la explotación de aguas subterráneas en una pequeña área de la parte alta de la cuenca del río Necaxa y también donde se encuentran las presas de La Laguna y Los Reyes.

IV.1.1.5 Edafología

Suelos de áreas montañosas con climas templados

- Andosol (Th)

Los factores más determinantes en la formación de suelo del área de estudio son el clima y el relieve, de tal manera que los suelos de las zonas templadas de sierras y serranías de la parte sur y poniente de las cuencas de estudio están preferentemente formados por Andosoles y en menor proporción litosoles, con vegetación de bosque de coníferas.

La formación del Andosols es un proceso muy rápido resultante de la gran área superficial de la ceniza volcánica que es el material materno.

En condiciones naturales se encuentra en superficies con hojarasca suelta, que descansa sobre un horizonte superior Ah, de color pardo oscuro a negro, con una estructura angular o subangular. El contenido de arcilla es bajo o muy bajo, no pasa del 20 al 25%, se caracterizan por su esponjosidad y porosidad, atribuyendo estas características a la presencia de alofano. Estos suelos varían de moderada a fuertemente ácidos con valores de pH de 4.5 en la superficie, sin embargo, haya un incremento constante con la profundidad, hasta llegar a 6.0 o más en ceniza relativamente inalteradas. El contenido de materia orgánica, por lo general es alto y comúnmente existen valores de más del 20% en el horizonte superior; la relación C/N puede llegar a 15, lo cual es bastante alto. Debido al contenido elevado de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico es alta en el horizonte superior y puede ser de más de 35 %, pero debajo de este horizonte desciende bruscamente de 10 a 15%. La saturación de bases es baja en el horizonte superior y tiende a aumentar con la profundidad, pero según el cultivo que se tenga, esta puede ser alta en la superficie.

Estos suelos se desarrollan en condiciones aeróbicas y tienen un flujo de agua hacia abajo, pero debido al alto contenido de alofano tienen una elevada capacidad de retención de agua.

Los sitios en que se desarrollan estos suelos varían de planos a terrenos con pendientes muy fuertes, pero su mejor desarrollo se efectúa en condiciones más estables de áreas planas o con pendientes suaves.

Los Andosols suelen ser muy infértiles bajo cultivo, pero responden bien al mejoramiento y pueden hacerse muy productivos.

- Litosoles (I)

Los litosoles son suelos muy jóvenes que aún no han evolucionado; sus características son todavía muy semejantes a las de la roca madre, pues el clima no ha tenido tiempo suficiente para ejercer plenamente su influencia modificadora.

Los litosoles son suelos delgados, muy pedregosos y tienen poca materia orgánica, características que dificultan su uso agrícola.

Suelos que están limitados en profundidad por roca continua y dura dentro de los 10 cm de profundidad de la superficie. Se presentan principalmente en zona montañosas pero pueden ocurrir en otras áreas como en superficies planas de roca dejadas desnudas.

Su susceptibilidad a la erosión depende de la zona en donde se encuentren, de la topografía y del mismo suelo.

- Regosoles

Estos suelos proceden de material no consolidado, excluyendo depósitos aluviales recientes, sin horizontes de diagnóstico.

Se caracterizan por no presentar capas distintas. En general son de tono claro. Se encuentran en las playas, dunas y, en mayor o menor grado, en las laderas de las sierras, muchas veces acompañados de litosoles y de roca o tepetate que aflora. Su fertilidad es variable, y su uso agrícola está condicionado principalmente a su profundidad y a la pedregosidad que presenten. Se pueden desarrollar diferentes tipos de vegetación.

Suelos de serranía y lomeríos en climas húmedos

- Acrisol humico(Ah)

Estos suelos tienen un horizonte A úmbrico o un contenido elevado de materia orgánica. En la superficie puede haber hojarasca suelta, el horizonte mineral superior por lo general es de color pardo –grisáceo oscuro de textura migajon arenoso, que varía en espesor de menor a 10 cm. a mayor de 30cm.

En el horizonte Ah puede haber hasta 10% de materia orgánica con una razón de C/N de 15 por consiguiente, no se encuentra en un estado de humificación muy avanzado. La capacidad de intercambio catiónico tiene dos máximos: uno alrededor de 35% ocurre en el horizonte Ah debido a la presencia de materia orgánica, mientras que el más alto, alrededor de 45 me por ciento o más ocurre en el horizonte B argílico debido a la mayor cantidad de arcilla. La cantidad de cationes intercambiables es baja en todo el suelo, aumentando desde alrededor de un 15% de saturación de bases en el horizonte Ah hasta un máximo de 35-40% en el horizonte argílico B, siendo el calcio el anión dominante. Los valores del pH son de alrededor de 5.5 y relativamente uniformes en todo el suelo, pero se registra un ligero aumento con la profundidad.

Estos suelos se forman más comúnmente de rocas, sedimentos ácidos del Pleistoceno o pueden evolucionar de suelos anteriores. Este tipo de suelos se desarrolla en sitios estables con topografía de plana a pendientes pronunciadas, siempre que el agua se pueda infiltrar con libertad, pero es más común que se encuentren en sitios planos o ligeramente ondulados.

La utilización de este tipo de suelos es muy problemática ya que sus horizontes son ácidos y fuertemente lixiviados, su productividad es baja, por lo cual a menudo se destinan a la agricultura de plantaciones, son deficientes en microelementos.

- Luvisoles (L)

En la superficie de estos suelos puede haber una capa de hojarasca suelta que descansa directamente sobre el suelo mineral o puede haber una maraña delgada de restos de plantas húmificadas.

Estos suelos se desarrollan en material de textura media; los valores del pH presentan un patrón interesante, teniendo a variar de alrededor de 5.5 a 6.5 en el horizonte superior, disminuyendo

alrededor de 4.5 a 5.0 en donde la arcilla llega al máximo. Luego hay un incremento constante en el material relativamente inalterado, en donde el pH puede llegar a más de 7.5, si es calcáreo.

La cantidad máxima de materia orgánica ocurre en el horizonte material más superior, en donde varía de 5 a 10% y tiene una razón C/N moderadamente elevada de 12 a 18 que refleja el estado de descomposición parcial de la materia orgánica incorporada. En el resto del suelo el contenido de materia orgánica y la proporción de C/N son muy bajos debido al estado avanzado de descomposición de la materia orgánica. Normalmente, la capacidad de intercambio catiónico tiene dos máximos: uno de ellos está asociado con el contenido elevado de materia orgánica de la superficie y, el segundo se registra en el horizonte medio, donde también el contenido de arcilla llega a su máximo. En forma similar, los cationes intercambiables individuales dominados por el calcio a menudo tienen dos máximos, que corresponden con aquellos de la CIC

Los materiales maternos usuales son depósitos no consolidados de textura media a fina; estos depósitos por lo general son calcáreos, pero pueden ser ácidos o intermedios. Los suelos de este tipo en ocasiones se encuentran en pendientes moderadas a fuertes, pero con mayor frecuencia se presentan en sitios planos o de pendiente suave.

El potencial agrícola de estos suelos varía de moderado a bueno; a menudo se les utiliza para varios cultivos, pudiendo sembrar trigo, maíz y avena. Estos suelos están expuestos comúnmente a la erosión y durante todo el tiempo se deben aplicar métodos rigurosos de control.

- Rendzinas

La característica física más importante de este tipo de suelo es su escasa profundidad, la textura varía de media a fina y la estructura de granular a bloques pequeños subangulares; con pH de más de 8.0. El contenido de materia orgánica varía de 5 a 15 % y se encuentra en un estado avanzado de humificación, como lo indican la relación C/N que es de 8 a 12. La textura fina y el contenido de materia orgánica conducen a valores de capacidad de intercambio catiónico de hasta 50%; siendo el principal catión intercambiable el calcio o el magnesio (en las dolomitas), y hay una saturación completa de cationes básicos.

Este es un ejemplo de una clase de suelos cuyas características están determinadas casi por completo por sus materiales maternos, que por lo general están compuestos de material que contiene una elevada proporción de calcio y/o magnesio, son rocas consolidadas como caliza y yeso, pudiendo ser sedimentos no consolidados o depósitos de acarreo. Las áreas donde se localizan estos suelos varían de planos a muy inclinados.

Como las Rendzinas se desarrollan en una amplia diversidad de condiciones, su utilización está determinada por las prácticas locales y, por lo tanto se encuentra produciendo en gran cantidad de cultivos, incluyendo caña de azúcar, trigo y cacao. Su escasa profundidad y alta permeabilidad impone fuertes limitaciones. El contenido elevado de calcio puede inducir a deficiencias de microelementos; cuando son muy someros o se encuentran en pendientes pronunciadas se les dedica a la forestería, aunque a veces la calidad de los árboles resulta mala.

Suelos de llanuras y lomeríos en climas con cierta humedad

- Cambisols (Be)

En general los Cambisols tienen unidades pedológicas bastante uniformes, de color pardo, con espesor total de 1.5 m., estos suelos son de textura media, con el contenido máximo de arcilla en el horizonte superior, que disminuye en cantidad con la profundidad o puede ser bastante uniforme en la unidad pedológica. El valor del pH en el horizonte superior varía de 5.0 a 6.5 y aumenta con la profundidad hasta acercarse a la neutralidad en el material subyacente. El contenido de materia orgánica del horizonte superior varía de alrededor del 3 al 15%, con una razón C/N de 8 a 12 y es indicativo de un alto grado de humificación. La capacidad de intercambio catiónico es de alrededor de 15 a 30 me /100, disminuyendo esta con la profundidad a medida que disminuye el contenido de arcilla y de materia orgánica. El porcentaje de saturación de bases es muy variable, estando determinado por muchos factores, pero en especial por el clima

Los materiales maternos usuales en estos suelos son depósitos no consolidados de textura limosa y migajonosa. En la mayoría de los casos la composición de los materiales es intermedia, pero a menudo es básica, ultrabásica o calcárea. Los Cambisols se desarrollan en sitios de topografía plana o fuertemente inclinada, alcanzando su mejor desarrollo en sitios planos estables o de pendiente suave.

Los Cambisols son muy apreciados debido a que tienen una fertilidad inherente bastante elevada, pueden adaptarse a varios sistemas de uso de la tierra.

- Feozems (H)

Su principal distintivo es una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes. Son suelos abundantes en nuestro país, y los usos son variados, en función del clima, relieve y algunas condiciones del suelo.

En la superficie puede haber una capa delgada y suelta de hojarasca que descansa sobre un suelo mineral o bien una maraña delgada de raíces. El horizonte mineral superior es un horizonte A mólico de color gris muy oscuro, pudiendo tener hasta 50 cm. de espesor.

La cantidad máxima de arcilla ocurre en el horizonte medio en donde son comunes los valores del 30 al 40%

Los valores del pH muestran un patrón fluctuante que puede deberse en parte al cultivo, a diferencias en la composición del material materno o a procesos pedogénicos. En la superficie los valores del pH pueden ser > de 7 pero disminuyen a valores de alrededor de 5 a 7 en el horizonte medio, coincidiendo con el máximo de arcilla. La materia orgánica disminuye en forma constante de alrededor de 5% en el horizonte superior y de 1 y 2% en la parte baja del horizonte medio, el cual puede contener el 3% de materia orgánica en su parte superior.

La relación C/N de a 10 a 12 en el horizonte superior indica que la materia orgánica está bien humificada. La capacidad de intercambio catiónico es variable. Normalmente, la saturación de bases es elevada, pasando en la mayoría de las situaciones del 80% y siendo el calcio el ion intercambiable dominante. En algunos suelos el porcentaje de menor saturación de bases ocurre en la parte media del suelo y tiende a coincidir con el valor mínimo del pH.

Los Feozems se desarrollan en condiciones aeróbicas en donde hay movimiento libre de agua a través del suelo. Los materiales maternos usuales son depósitos no consolidados, incluyendo acarreos y aluviones. La textura, por lo general, es de limo, migajón arcillo- limoso o migajón arcilloso, de mineralogía variable, con un rango normal de acidez.

Estos suelos están confinados de manera casi exclusiva a sitios planos a ligeramente ondulados y casi están por completo ausentes en pendientes de moderadas a pronunciadas.

Los suelos Feozems tienen una fertilidad natural elevada y producen buenas cosechas, tradicionalmente, estos suelos se han usado para el cultivo de granos, como maíz, trigo y avena y actualmente la soya. Los menos profundos, o los que se presentan en laderas y pendientes, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con mucha facilidad. Se pueden utilizar para ganadería.

- *Fluvisoles (Jc)*

Suelos formados por materiales acarreados por el agua, y constituidos por materiales disgregados, es decir, son suelos poco desarrollados. Se encuentran en todos los climas y regiones de México, cercanos a los lagos o sierras, desde donde escurre agua a los llanos, así como en los lechos de los ríos. Muchas veces presentan capas alternadas de arena, arcilla o gravas. Pueden ser someros o profundos, arenosos o arcillosos, fértiles o infértiles, en función del tipo de materiales que lo forman.

Existe en la parte superior una mezcla de orgánico-mineral de color gris a gris muy oscuro, con estructura masiva o de bloques bastos angulares con motas de color pardo a pardo – rojizo. Los análisis físico – químicos muestran que estos suelos tienen cierto número de propiedades únicas, en la mayoría de los casos relacionadas con la presencia inicial de pirita en todo el sistema. Los valores del pH de los suelos presentan un valor único e interesante. En la superficie los valores son de alrededor de 4.5 disminuyendo a cerca de 3.5 en el tercer horizonte, lo cual es seguido por un incremento a pH 5 o más en el horizonte inferior completamente anaeróbico.

- *Vertisoles*

Se caracterizan por las grietas anchas y profundas que presentan en época de sequía, son suelos arcillosos de color café rojizo en el Norte del país y pegajosos cuando están húmedos, y muy duros cuando están secos. Tienen textura uniforme fina o muy fina y un contenido bajo de materia orgánica, pero tal vez su propiedad más importante es la dominación de arcilla, por lo general motmorillonita, que ocasiona que estos suelos al secarse se encojan y se agrieten.

Por lo general, en estos suelos el contenido de arcilla es uniforme en toda la unidad pedológica, siendo >35%, pero en algunos casos pasa del 80%. Estos suelos tienen una densidad de 1.8 a 2.0 en el horizonte medio, por lo tanto son más densos que la mayoría de los suelos. El contenido de materia orgánica puede ser de hasta un 5% en la superficie, pero, por lo general, no es mayor de 1 a 2% con una relación de C/N que en ocasiones es amplia, pero que usualmente es de 10 a 14. La capacidad de intercambio catiónico es elevada y varía de 25 a 80 me /100, con alto grado de saturación de bases que rara vez es inferior a 50%. El sodio intercambiable por lo común está en el rango del 5 al 10%. En general la salinidad es baja y los valores de pH varían de 6.0 a 8.5. Sin embargo, los valores del pH aumentan a medida que el complejo de intercambio se vuelve más saturado de sodio.

Muchos vertisols se han desarrollado en depósitos superficiales de textura fina a muy fina, los cuales son depósitos aluviales o lacustres; sin embargo, en algunos casos no se puede tener certeza respecto a

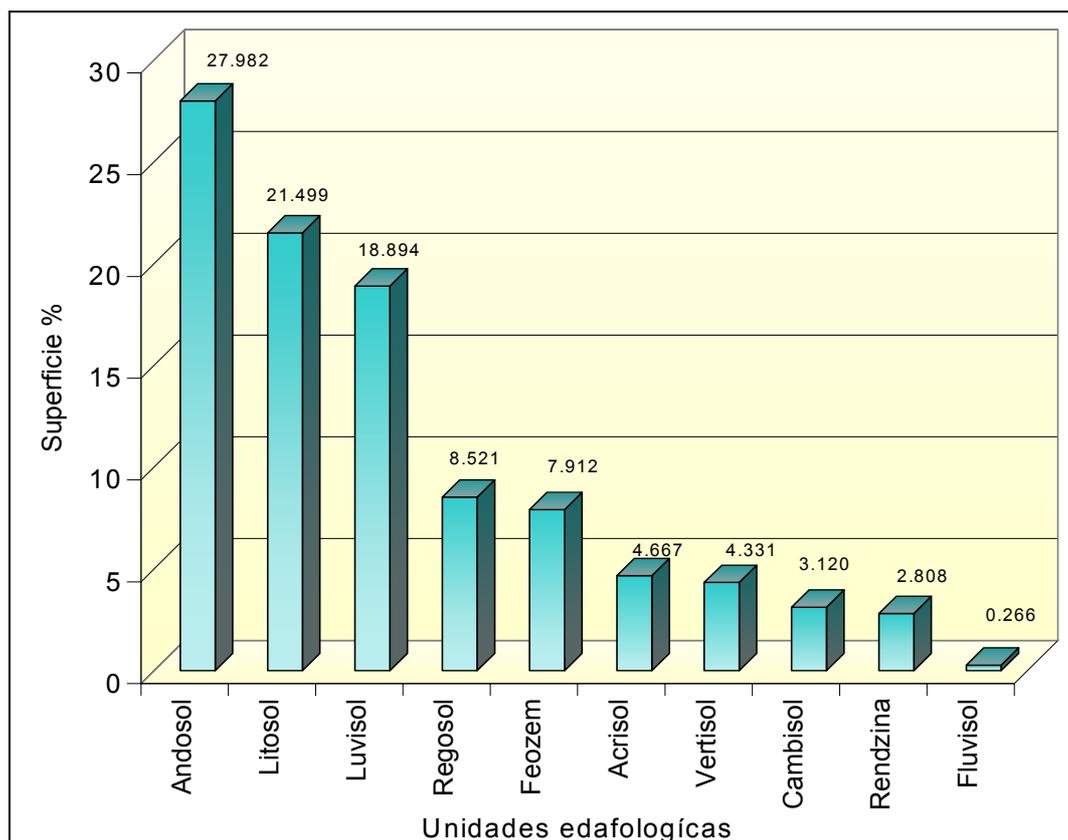
su origen. Estos suelos se desarrollan principalmente en sitios planos o de pendientes suaves, por lo general en terrazas, planicies y fondo de los valles. La utilización de estos suelos depende en gran medida de la tecnología local, el nivel general de utilización es bastante primitivo, comúnmente con agricultura de subsistencia.

Usualmente son deficientes en mucho de los macro y micronutrientes para las plantas. Los Vertisols son muy susceptibles a la erosión aun en pendientes de 5%.

La Tabla No.IV.13 muestra las características principales de los suelos encontrados en el área de estudio.

Unidades edafológicas predominantes en el área de estudio

A nivel del área de estudio se tiene que las unidades edafológicas predominantes en el área son el Andosol que representa el 27.9% le sigue el Litosol con un 21.49% y el Luvisol representa el 18.8%, entre estas tres unidades representan en conjunto el 68.3%; cabe mencionar que en el área se localizan otras unidades de suelo como son Regosol, Feozem, Acrisol, Verisol, Cambisol, Rendzina y Fluvisol pero el porcentaje que ocupan en el área es menor a 8% como se puede ver en la Gráfica IV.9.



Distribución de los diversos tipos de suelo por municipio

En el mapa de edafología, INEGI,1982 (vease mapa IV.13. Edafología) se observa que en la parte alta de la zona de influencia, desde Zacatlán hasta el este de las vasos de La Laguna y Los Reyes, los suelos dominantes son los Andosoles (T); mientras que al sur de Zacatlán hay Luvisoles (L) y en los alrededores de Chignahuapan dominan los suelos de Feozem (H). Una característica de los dos primeros tipos de suelos es que son muy susceptibles a erosionarse y en el caso del Feozem aunque no sean erosionables, su ubicación en terrenos accidentados y con problemas de deforestación hace que también adquieran esta condición.

En el municipio de Acaxochitlan los suelos predominantes son el Acrisol humico asociado con Andosol humico de textura media en un 50.4% de la superficie de este municipio, le sigue el Luvisol vertico asociado con Cambisol crómico de textura fina en un 42.5%; en conjunto estas dos unidades edafológicas representan el 93% del área de este municipio y el porcentaje restante esta representado por suelos de tipo Andosol humico con Acrisol de textura fina.

Las unidades edafológicas predominantes que se encuentran en el municipio de Ahuacatlán son Luvisol órtico asociado con Regosol y Rendzina predominando la textura fina, esta unidad representa el 93% del área y el 7% restante esta representado por suelos de tipo Andosol humico de textura media.

Para el municipio de Ahuazotepec se identificaron 6 unidades edafológicas, pero de estas las más representativas son el Luvisol vertico asociado con Cambisol crómico de textura fina en un 60.6% de la superficie, le sigue el Andosol ocrico asociado con Acrisol en un 25%, estas dos unidades representan el 85.6% del área de este municipio, además se presentan Andosol húmico y Luvisol de textura media, estas unidades representan en igual proporción el 12% del de este municipio.

Con respecto al tipo de suelo que se localiza en el municipio de Almoloya se tiene que en este predomina en un 100% la asociación de Regosol districo con Litosol y Cambisol con una textura media.

En el municipio de Amiztlan predominan los suelos de tipo Litosol y Luvisol, ambos de textura fina, estos dos tipos de suelo representan el 53 y 47% respectivamente, este porcentaje es con respecto al total de dicho municipio.

En el municipio de Aquixtla se tiene que predomina el Andosol húmico asociado con Litosol y Luvisol la textura media es la que representa el 100% de la superficie.

El municipio de Coahuatlan se presentan 5 asociaciones de suelos pero de estas las más representativas con respecto al área que ocupan son: Litosol con Rendzina y feozem de textura media en un 52.4% le sigue la asociación de Cambisol con Feozem que representa el 16.3% y el 14.8% corresponde a la asociación de Regosol calcarico con Feozem, en esta asociación de suelos predomina la textura fina; así mismo se presenta el Feozem asociado con Regosol en un 14.1%. En conjunto estas unidades de suelos representan el 98% del área del este municipio.

Tabla 1V.13. Características principales de algunos suelos encontrados en el área de estudio

Tipo de suelo	Características de los suelos								
	Profundidad	Contenido de MO	Ph	Relación C/N	CIC (me/100g)	Fertilidad	Susceptibilidad a la erosión	Uso potencial	Otras
Andosol húmico (Th)	Variable	Alto	4.5 – 6.0	15	Puede ser > 35 y descender a 10 o 15	Baja	Alta	Forestal	Retiene el fósforo
Andosol ótrico (To)	Variable	Bajo				Baja	Alta	Forestal	Retiene el fósforo
Luvisol crómico	Variable	Media				Moderada	Alta	Forestal	Suelo de zonas lluviosas
Luvisol vértico (Lv)	Variable	Medio				Moderada	Alta	Forestal	Suelo lavado que se agrieta
Luvisol ótrico (Lo)	Variable	Medio				Moderada	Alta	Forestal	Suelo lavado
Acrisol ótrico	Variable	Medio	5.5	15	35 a 45	Baja	Moderada	Forestal	Ácida
Acrisol húmico (Ah)	Variable	Alto				Baja	Moderada	Forestal	Ácida
Feozem háplico (Hh)	Variable	Alto	Puede ser de 5 a 7 o >de 7	10 a 12	--	Alta	Alta	Forestal	Suelo de color pardo
Feozem calcárico (Hc)	Variable	Alto				Alta	Alta	Forestal	Suelo de color pardo
Feozem lúvico (Hl)	Variable	Alto				Alta	Moderada a alta	Forestal o agrícola*	Capa con acumulación de arcilla

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS
DE LOS RÍOS NECAXA Y LAXAXALPAN

Regosol dístico (Rd)	Somero	Bajo	--	--	--	Baja	Variable	Forestal	Suelo ácido y suelto
Regosol calcárico (Rc)	Variable	Bajo				Alta	Variable	Agrícola	Rico en cal
Cambisol dístico (Bd)	Variable	Bajo	5.0 a 6.5	8 a 12	15 a 30	Baja	Alta	Forestal	Muy ácida
Litosol (I)	Somero	Bajo				Baja	Alta	Forestal	Se encuentra en zonas abruptas
Fluvisol calcárico (Jc)	Variable	Medio	3.5 a 5			Moderada a alta	Baja	Agrícola	Suelo de río
Rendzina (E)	Somero	Alto	>8	8 a 12	50	Alta	Moderada	Forestal	Descansa sobre roca caliza
Vertisol crómico (Vc)	Variable	Alto	6.0 a 8.5	10 a 14	25 a 80	Alta	Baja	Agrícola	Se agrietan

Fuente: INEGI.1981.Guia para la interpretación de cartografía. * Dependiendo de la profundidad. MO. Materia Orgánica.

En el municipio de Coxquihui se presentan 4 unidades edafológicas pero de estas las más representativas son el Regosol eútrico en un 51% del área, el Litosol asociado con Rendzina en un 34% y el Regosol crómico en un 15%; en estas asociaciones de suelo la textura predominante es media.

El suelo que se presenta en el municipio de Coyutla es muy similar al del municipio anterior, solo que los porcentajes varían, tal es el caso del Litosol asociado con Rendzina que aquí es el tipo de suelo predominante pero solo ocupa el 38% de la superficie, le sigue el Feozem calcárico con un 26% y el Cambisol eútrico en un 25.5%. Estos tres tipos de suelo representan el 90% del área y el 10% lo ocupa el Regosol clárico de textura fina.

Con respecto al tipo de suelo que predomina en el municipio de Coatepec de Hinojosa se tiene que el Acrisol húmico es el que abarca una mayor superficie con un 49% con respecto a la superficie total del municipio, le sigue el Cambisol con textura media en un 21% y el Cambisol húmico en un 15.4%, la superficie y el 15% restante se distribuye en proporciones similares entre Feozem y Luvisol, ambos con textura fina.

Para el municipio de Cinconcuahutla predomina el suelo de tipo Rendzina asociado con Litosol de textura media en un 43%, le sigue el Andosol ocrico asociado con litosol en un 26% y el Andosol húmico en un 29%, dichas asociaciones representan el 99% del área de este municipio.

El municipio de Chignahuapan comprende 566 km², en los cuales se encuentran 24 tipos de suelo con diferentes asociaciones, pero de estos las unidades más representativas son: Andosol en un 37%, Feozem con 29.4%, Vertisol con 15.5% y Luvisol con un 10%, estas unidades representan el 92% del área del municipio.

Para el municipio de Chumatlán las unidades edafológicas predominantes que se localizan son: el Regosol asociado con Feozem en un 43.4%, le sigue el Litosol asociada con Rendzina en un 32.6% y un 24% le corresponde al Cambisol que se encuentra asociado con Feozem.

En el municipio de Encinal se encuentran dos unidades edafológicas siendo estas Cambisol y Feozem en un 79 y 21% respectivamente. Para el municipio de Filomeno Mata el suelo que predomina es el Litosol con Rendzina es el que predomina en un 90% de la superficie de este municipio y el porcentaje restante se distribuye entre Regosol y Acrisoles en un 6 y 5% respectivamente y la textura que predomina es media.

El tipo de suelo que predomina en el municipio de Hermenegildo Galeana es el Litosol con Rendzina en un 100% del área y la textura es media, algo similar se observa en los municipios de Huehuetla y Hueytlapa en el que el suelo que predomina en un 100% es el Litosol asociado con Rendzina, pero aquí la textura que se presenta es fina. Igualmente sucede con el municipio de Ixtacamatlán en el que el 100% de su superficie se encuentran suelos de tipo Andosol húmico de textura media.

El tipo de suelo que se encuentra en el municipio de Huahuchinango a nivel de grandes unidades es el Andosol con diferentes asociaciones en las cuales predomina la textura media y la superficie que representa dicha unidad es de 60%, le sigue el Luvisol con un 23% y el Regosol con un 16% de la superficie.

El suelo de tipo Litosol asociado con Rendzina representa el 40% en el municipio de Jopala, le sigue el Acrisol húmico y el Regosol en un 24% cada uno, que en conjunto representan el 90% del área de este municipio.

Para el municipio de Juan Galindo se presentan tres unidades edafológicas pero de estas dos son las que ocupan una mayor de superficie y por lo tanto son las representativas del municipio dichas unidades son Regosol en un 53% y Luvisol en un 42% y con solo el 5% el Acrisol.

Para los municipios de Mecatlán, Olintla y San Felipe, solo existe una unidad edafológica predominante, siendo esta Litosol asociado con Rendzina en el 100% del área de cada uno de estos municipios; para el municipio de Naupan se tiene que el tipo de suelo que predomina es el Andosol húmico en el 95% del área.

En los municipios de Tepetzintla y Tenango de Rodríguez se tiene que predominan los suelos de tipo Luvisol órtico en 100 y 87% respectivamente y el 13% restante para el municipio de Tenango de Rodríguez lo ocupa el Litosol asociado con Rendzina.

Las unidades edafológicas que predominan en el municipio de Tlaola y Tlapacoya son: Litosol con Rendzina en el 42 y 58% respectivamente; el Luvisol ortico comprende el 15.2% del área del municipio de Tlaola y el 39% del de Tlapacoya; para este ultimo municipio las unidades edafológicas antes mencionadas representan el 97% del área y para el municipio de Tlaola solo el 57% ya que el 30% lo representa el Andosol humico, para el municipio de Tlaxco esta ultima unidad representa el 99.2% de sus superficie.

Con respecto a las unidades de suelo que se presentan en el municipio de Xicotepec se tiene que el 40% son Acrisoles de textura media, el 23% corresponde a suelos de tipo Cambisol y el 20.6% son suelos de tipo Feozem, estas tres unidades representan el 83.5% y el Regosol abarca una superficie de 16.4%.

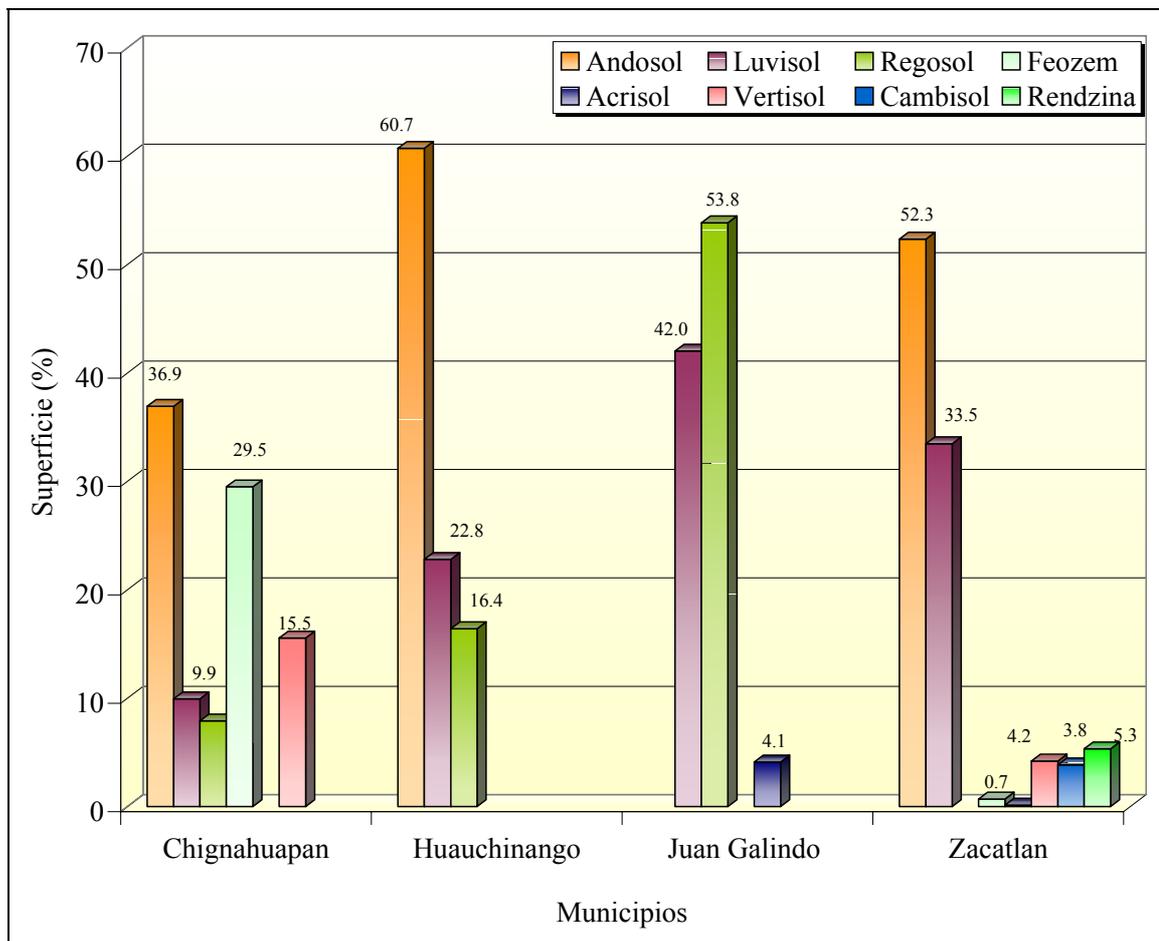
En el municipio de Zacatlan se identificaron 20 tipos de suelos pero estos a nivel de grandes unidades de suelo son solo dos los que ocupan una mayor superficie, siendo estas unidades Andosoles y Luvisoles con un 51.6 y 33.46% respectivamente, las cuales representan el 85% de la superficie de este municipio el porcentaje restante se distribuye en Vertisoles, Rendzina y otros pero en muy bajas proporciones.

Zihuateutla se tiene que las unidades edafológicas más representativas son el Acrisol húmico de textura media en un 50.6%, le sigue el Regosol calcarico asociado con Feozem y textura fina en un 28% y un 15% corresponde a Litosol asociado con Rendzina, estas unidades representan el 93.6% del área de este municipio.

Por último, en los municipios de Zongozotla y Zozocolco de Hidalgo los tipos de suelo que se presentan son Luvisol asociado con Regosol en el 100% del municipio de Zongozotla y Litosol con Rendzina para Zozocolco de Hidalgo en el 100% del área.

Para los municipios Chignahuapan, Zacatlan, Huachinango y Juan Galindo que son los municipios más importantes de la región de estudio se tiene que los suelos que predominantes son Andosol con un 36.9% para el municipio de Chignahuapan, 60.2% para Huachinango y 53.3% para Zacatlan y para el municipio de Juan Galindo predomina el Regosol en un 53.8% como se observa en la Gráfica IV.10.

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS
DE LOS RÍOS NECAXA Y LAXAXALPAN



Suelos localizados en algunos parajes de la zona de estudio

En los alrededores de Huauchinango y las vasos de Tenango y Necaxa hay Luvisol (L) y en la parte baja (centrales hidroeléctricas de Tepexic y Patla), el suelo dominante es el Regosol (R), este último es un suelo suelto y que por tanto en ciertas condiciones como pendientes pronunciadas, altas precipitaciones y carencia de cubierta vegetal, puede ser muy susceptible a erosionarse.

-Andosol húmico + Acrisol húmico / textura media ($Th+Ah/2$): El suelo dominante es el Andosol húmico, y el Acrisol húmico es secundario. Esta asociación ocupa manchones aislados en los alrededores de Chiconcuautla.

-Andosol ocrico + Acrisol ortico + Cambisol húmico/ textura media ($To+Ao+Bh/2$). El suelo dominante es el Andosol ortico y se ubica al sur de la anterior asociación y en ella se ubica la localidad de Venta Grande.

-Andosol húmico + Andosol ocrico + Litosol/ textura media ($Th+To+I/2$). Se ubica al norte de Zacatlán y en este caso las unidades de suelos de Andosol y El Litosol son altamente susceptibles a la erosión.

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS
DE LOS RÍOS NECAXA Y LAXAXALPAN

-*Andosol húmico + Andosol ocríco/ textura media (Th+To /2)*. Comprende un área al sur de Huauchinango, también al oeste de Pueblo Nuevo y al noroeste de Zacatlán, y donde en todos los sitios el relieve es muy accidentado.

-*Andosol húmico + Acrisol ortíco/ textura media (Th+Ao /2)*. Esta asociación se encuentra al este del vaso Nexapa.

-*Luvisol crómico + Andosol ortíco /textura media (Lc + To /2)*. En esta asociación domina el Luvisol crómico y en ella se encuentra Huauchinango, Nuevo Necaxa, Tenango de las Flores y los vasos de Necaxa y Tenango.

-*Regosol dístíco + Cambisol dístíco / textura media (Rd+Bd/2)*. Esta asociación donde el Regosol dístíco es dominante, se ubica al norte del río Necaxa y sur del vaso Tenango y también donde se encuentra el vaso Nexapa..

-*Regosol calcárico + Feozem calcárico + Feozem háplíco/ textura fina (Rc+Hc+Hh/3)*. Se encuentra en los alrededores del cauce del río Necaxa, después de Nuevo Necaxa y hasta Patla, hay otra área que bordea el cauce del río Necaxa, desde Chicontla y hasta Progreso de Zaragoza.

-*Fluvisol calcárico + Vertisol pélico/ textura gruesa (Jc+Vp/1)*. Esta asociación ocupa una pequeña área junto al cauce del río Necaxa, desde Tecolutla hasta Patla.

-*Litosol + Rendzina + Regosol dístíco/textura media (I+E+Rd/2)* Esta asociación se encuentra en la parte baja del área, en ella se ubican las localidades de Filomeno Mata y Cuahutemoc.

-*Litosol + Rendzina + Acrisol húmico /textura fina (I+E+Ah/3)*. Ocupa una franja situada al sur de la C.H. de Patla y hasta el sur de la asociación anterior. Comprende los municipios de Tlapacoya, San Felipe Tepatlán, Hermenegildo Galeana, Amixtlán, Camocuautla y Tepango de Rodríguez.

-*Luvisol ortíco + Regosol eútríco+ Rendzina/textura fina (Lo+Re+E/3)*. Esta asociación comprende un área donde está incluido parcialmente el río Laxaxalpan (desde el este de Chignahuapan hasta el municipio de Ahuacatlán) y su afluente el río Napoualco.

-*Andosol húmico+Litosol+Luvisol crómico/textura media (Th+I+Lc/2)*. Ocupa una franja en el extremo sureste del área dentro del municipio de Chignahuapan.

-*Rendzina+Litosol+Acrisol húmico/textura media (E+I+Ah/2)*. Se localiza en la parte central de la zona de influencia, dentro del municipio de Chiconcuautla.

-*Acrisol húmico+Andosol mólico/textura media (Ah+Tm/2)*. Esta asociación ocupa un área al norte y en ella se localiza la Ciudad de Xicotepec de Juárez y parte del municipio de Jun Galindo.

Luvisol vértíco + Cambisol crómico/textura fina (Lv+Bc/3). Se ubica en la parte alta e incluye el vaso La Laguna y la localidad de Ahuazotepec.

Vertisol crómico+Litosol/textura fina (Vc+I/3). Ocupa una franja en la parte alta del área de estudio entre los municipios de Chignahuapan y Zacatlán y en ellas se ubica la localidad de la Gloria.

Feozem lúvico/textura fina (Hl/3). Ocupa un área en la parte alta del río Laxaxalpan, en esta asociación se encuentra la Ciudad de Chignahuapan.

Luvisol órtíco+Feozem lúvico/textura fina (Lo+Hl/3). Se encuentra en la parte alta del río Laxaxalpan dentro del municipio de Chignahuapan.

Regosol districo + Litosol + Cambisol húmico/textura media (Rd+I+Bh/2). Ocupa la parte más alta de la subcuenca del río Laxaxalpan, ubicada en el municipio de Chignahuapan, Pue., Tlaxco Tlax. y Almoloya en el Estado de Hidalgo.

IV.1.1.6 Vegetación y flora

México es un país con una alta riqueza florística, se calcula que aproximadamente el 10 % de los géneros y el 62 % de las especies son endémicas (Rezedowski, 1993). El mayor número de especies de plantas en México corresponde a las angiospermas y dentro de ellas, las familias más diversas son: Compositae con 2,026 especies (Turner y Nesom, 1993), Leguminosae con 1,724 especies (Sousa y Delgado, 1993), Orchidaceae con 1,200 especies (Hågsater y Salazar, 1991), Gramineae con 1,226 especies (Beetle, 1987 a,b), Cactaceae con 821 especies (Bravo-Hollis, 1978; Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991 a,b) y Rubiaceae con 510 especies (Rezedowski, 1993), citados por Dávila y Sosa (1994).

Otra descripción más reciente del recurso florístico nacional es la que reporta SEMARNAP-CONABIO-2000, donde se menciona que México es uno de los cinco países del mundo con mayor diversidad biológica: ocupa el 14° lugar en superficie y el 3° en biodiversidad. En el país se localiza el 10% de las especies de plantas superiores del planeta y más del 40% son habitantes exclusivas del Territorio Nacional, es decir, que son especies endémicas. Por lo que México ocupa el quinto lugar con mayor diversidad de plantas vasculares, con 26 000 especies, después de Brasil, Colombia, Indonesia y China, con 53,000, 48,000, 35,000 y 28,000 respectivamente. Entre los grupos con mayor endemismo para nuestro país destacan los siguientes:

Tabla 1V.14. Familias con mayor número de endemismos en México		
Familias	No. de Especies	(%)
Ptedofitas	1,000	19
Pinaceae	48	44
Agavaceae	217	67
Nolináceae	49	65
Cactáceae	900	79

El conocimiento de la biodiversidad vegetal tiene una gran importancia para la planeación de políticas de conservación, especialmente para la preservación de las especies y comunidades en áreas específicas. Esto significa, que los estudios de biodiversidad y conservación en lo que se refiere a descripción e identificación sean documentados sobre relaciones históricas, biogeográficas y endémicas. Bajo este contexto, los estudios florísticos pueden contribuir ampliamente a resolver problemas sobre el uso y la conservación de los recursos florísticos del país.

A pesar de que en México se notan avances sustanciales en lo que corresponde al conocimiento de la flora, la información que hay indica que aun es necesario desarrollar programas intensivos de colecta en áreas del país poco conocidas florísticamente, entre las que se pueden mencionar a las selvas tropicales en Chiapas, Guerrero y Oaxaca y a las zonas desérticas del Norte del País. Asimismo, a nivel estatal, prácticamente no existe información florística. (Dávila y Sosa, 1994).

En un trabajo realizado por Rezedowski (1991), se menciona la importancia de realizar estudios florísticos, en zonas específicas de los estados poco estudiados; en donde las comunidades vegetales involucradas son portadoras de una mayor riqueza florística y un mayor número de endemismos. Desde el punto de vista de su riqueza florística, es importante continuar las exploraciones botánicas en los bosques mesófilos de montaña, de coníferas y encinos, en los matorrales xerófilos y en los bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios principalmente. Desde el punto de vista del endemismo, es prioritario llevar a cabo estudios florísticos en los matorrales xerófilos y en bosques mesófilos de montaña.

De acuerdo a las estimaciones de Dávila y Sosa (1994), aproximadamente el 70% de la superficie del país es florísticamente conocida o próxima a serlo, con base en proyectos en desarrollo. Por otra parte, se considera que del 30% restante del territorio nacional, la flora puede ser parcialmente reconocida, apoyándose en el conocimiento florístico existente en las regiones adyacentes. Por ejemplo, la flora del estado de Puebla puede reconocerse en gran medida, conociendo la información existente en los trabajos que se han realizado en las entidades colindantes; particularmente para los estados de, México, Morelos, Hidalgo Tlaxcala y Veracruz.

La vegetación en el Estado de Puebla

Según INEGI (1988) los principales tipos de vegetación existentes en el estado de Puebla son: Selva baja caducifolia, Selva alta perennifolia, Selva mediana subperennifolia, Bosques de pino (*Pinus spp.*), Bosques de encino (*Quercus spp.*), Bosques de pino-encino (*Pinus-Quercus*), Bosques de oyamel (*Abies religiosa*), Bosque mesófilo de montaña, Matorral crasicaule, Chaparral y mezquital, Pastizales cultivados, Pastizales inducidos.

Descripción de los principales tipos de vegetación en el Estado de Puebla de acuerdo a los criterios de Miranda y Hernández X (1964) y Rzedowski (1978)

La ocurrencia de variados elementos florísticos por la gran variedad de climas que tiene este estado, tanto cálidos como templados, fríos y secos; y las variaciones en el ambiente físico han dado como resultado un intrincado y complejo mosaico de asociaciones vegetales con una flora extraordinariamente contrastante.

La transición entre estas asociaciones vegetales puede ser marcada por discontinuidades abruptas que se observan en gradientes altitudinales de montañas tropicales o bien en forma gradual e imperceptible a tal grado que cada asociación puede diferir de las demás en su composición florística o en su ambiente físico. La gran variación en clima y topografía en pequeñas áreas hace difícil delimitar los tipos de vegetación y aún más las provincias florísticas; por lo que en el presente trabajo se describe fisonómica y florísticamente las principales formaciones vegetales y su distribución aproximada con base en la cartografía realizada, que corresponde en forma general a la distribución de los distintos tipos de clima descritos para el estado.

La notable biodiversidad presente en el estado de Puebla se debe principalmente a la interacción de tres factores fundamentales como el clima, la topografía y la geología. El gran rango altitudinal en el relieve topográfico juega un papel importante en la zonificación marcada de la vegetación. El clima tiene cambios estacionales marcados, con una definición clara entre la estación lluviosa y la estación seca y con drásticos efectos orográficos.

La ocurrencia de variados elementos florísticos tanto tropicales como templados aunado a las variaciones en el ambiente físico ha dado como resultado un intrincado y complejo mosaico de asociaciones vegetales.

De acuerdo a la literatura consultada, revisión cartográfica, fotografías aéreas y recorridos de campo, los tipos de vegetación encontrados para las Subcuencas Necaxa y Laxaxalpan son: Bosque de pino (*Pinus spp.*), Bosque de pino-encino (*Pinus-Quercus*), Bosque de encino (*Quercus spp.*), Bosque Mesófilo de montaña (alterado), Selva alta perennifolia, Vegetación secundaria con pastizales.

-Bosque de pino

Se trata de comunidades forestales con una fisonomía bien definida, dada por la morfología de las hojas de los árboles dominantes, aunque ecológicamente éstas presentan notables diferencias, pues como es común en lugares de climas fríos, templados y semicálidos la convivencia de los pinos con otras especies es muy frecuente principalmente con *Juniperus*, *Abies* y *Quercus*.

Una característica de los pinos es que muestran afinidades ecológicas con los encinos, por lo que es común encontrar estas dos comunidades cohabitando extensas zonas y formando los llamados bosques mixtos.

Desde el punto de vista económico los bosques de pino juegan un papel muy importante debido a su rápido crecimiento, de las favorables características de su madera para la construcción y para la fabricación de muebles, así como por su larga tradición de su explotación en México, Rzedowski (1992).

Para el área de estudio esta vegetación ha estado sometido a una intensa explotación de manera un tanto irracional en la extracción de leña, un sobrepastoreo excesivo de bovinos y ovinos y ocasionalmente se usa fuego para permitir la regeneración de pastizales. Ocupa las partes más altas de la cuenca en altitudes superiores a los 2500 msnm en manchones en los alrededores de Zacatlán y Chignahuapan, Este de Pueblo Nuevo y Sur de Ahuazotepic, Cerro Zempoala, Cerro La Bandera al sur de Venta Grande, así como los cerros ubicados al sur de la presa El Tejocotal, alrededores de la presa Los Reyes y alrededores de Huauchinango.

En el estrato arbóreo la especie dominante está constituida por *Pinus patula* var *patula*, *P. pseudostrobus* var *apulcensis* (pino lacio), *P. ayacahuite*, *P. montezumae* y *P. teocote*, *Quercus crassifolia*, *Q. Crassipes*, *Alnus acuminata* (aile, ilite), y *Arbutus xalapensis* (madroño). En el estrato arbustivo predomina *Baccharis conferta*, *Eupatorium ligustrinum*, *Myrica pringlei*, *Ternstroemia sylvatica*, *Senecio sinuatus*, *Vaccinum sp.* y en el estrato herbáceo se encuentran especies como: *Alchemilla pectinata*, *Fragaria mexicana*, *Acaena elongata*, *Chimaphilla umbellata*, *Bidens triplinervia*, *B. odorata*, *Desmodium sp.* *Lopezia hirsuta*, *Gautteria ciliata* y *Pteridium aquilinum* ente otras.



Foto 1. Bosque de *Pinus pseudostrobus*, en las cercanías de Tepexi

-Bosque de Pinus patula

Becerra(1986), Ortega (1990), Morales (1991), Morales (1996), reportan este tipo de vegetación para el área de influencia de Chignahuapan-Zacatlán y en donde cada uno de ellos plantea algunas consideraciones sobre el manejo y aprovechamiento de los bosques.

En los alrededores de la presa El Tejocotal se ha reforestado con esta especie por parte de la Compañía Luz y Fuerza del Centro como una forma de controlar el aporte de sedimentos hacia las presas.

De manera aislada se encuentran poblaciones de *Pinus patula* en la parte sur de la presa Necaxa al poniente de Tenango de las Flores, ocupando áreas relativamente pequeñas y en donde los individuos alcanzan una altura de entre los 18 y 22 metros de alto formando masas puras, asociado a *Pinus pseudostrobus* var *apulcensis* o bien en transición con elementos de bosque mesófilo de montaña como *Oreopanax* y helechos arborescentes como *Cyathea fulva* con algunas epífitas como *Tillandsia* sp.

-Bosque de Quercus spp. (encino)

Los encinares (bosques de *Quercus*), junto con los pinares (bosques de *Pinus*), constituyen las comunidades vegetales más extendidas de las zonas de climas templados o semifríos del país, desde los semisecos hasta los subhúmedos, mayormente pertenecientes al tipo de clima Cw del sistema de Koppen, citado por Rzedowski (1992).

Fisonómicamente en esta comunidad vegetal pueden distinguirse diversas variantes como formas de matorrales, árboles bajos medianos y altos. Algunos siempre verdes, otros parcial o totalmente caducifolios y pueden predominar plantas de hojas pequeñas, de tamaño medio o muy grande al igual en dureza y grosor.

Esta vegetación es compartida con frecuencia con especies de otros grupos de plantas como *Pinus* y *juniperus* por lo que su aspecto y carácter varían conspicuamente de un lugar a otro, lo que dificulta la

separación del encinar en categorías bien definidas, en virtud de la existencia frecuente de situaciones intermedias.

Las diferentes manifestaciones de esta comunidad vegetal están relacionadas de manera estrecha con las condiciones ambientales. En los estratos densos o cerrados los estratos arbustivo y herbáceo suelen estar menos representados que en los que tienen menor espesura de árboles. La presencia de epífitas es variable y depende en buena medida de las condiciones climáticas, principalmente de la humedad atmosférica y de la temperatura, factores que determinan también la abundancia de plantas trepadoras leñosas, Rzedowski (1992).

En la zona esta vegetación ocupa áreas reducidas en los alrededores de Patla y Tepexca en donde las especies más comunes se encuentran en el estrato arbóreo: *Quercus martensiana*, *Q. excelsa*, *Q. sororia*, *Q. calophylla*, *Q. crassifolia*, *Q. stipularis*, *Q. affinis*, *Liquidambar styraciflua*, *Clethra quercifolia*, *C. Alcoceri*, *Crataegus sp.* (tejocote), *Alnus acuminata* (alnus, ilite), *Arbutus xalapensis*, *Meliosma alba* y *Carpinus caroliniana*. En el estrato arbustivo se encuentran *Cyathea mexicana*, *Oreopanax xalapensis*, *Conostegia arborea*, *Turpinia pinata*, *Vaccinium leucanthum*, *Gaultheria hidalgensis*, *Rapanea ferruginea*, *Eugenia capuli* y *Eupatorium sp.*

Destaca en esta comunidad vegetal la presencia de epífitas como: *Tillandsia usneoides*, *Tillandsia spp.* y gran cantidad de helechos como *Phlebodium areolatum*, *Campyloneuron phyllitides* y orquídeas como *Notylia barkerii* entre otros.

-Selva alta perennifolia

Conocida también como Bosque tropical perennifolio, bajo esta concepción este tipo de vegetación ocupaba hace tiempo una amplia y continua extensión en el este y sureste de México desde la región de Tamazunchale y Ozuluama al sureste de San Luis Potosí y norte de Veracruz, a lo largo del Estado de Veracruz y algunas regiones limítrofes de Hidalgo, Puebla y Oaxaca hasta el noreste de Tabasco. Se desarrolla entre altitudes de 0 a 1000 msnm, aunque en algunas partes puede encontrarse hasta los 1500m.

La selva alta perennifolia es una comunidad biológica compleja en la cual predominan árboles siempre verdes de más de 25 m de alto. Por lo común no todos los componentes son estrictamente perennifolios, ya que algunos pierden sus hojas durante una corta temporada en la parte seca del año. A pesar de ello y debido sobre todo a la falta de coincidencia del período de caída de las hojas entre las diferentes especies que la realizan, el bosque nunca pierde totalmente su verdor.

El número de especies que componen el estrato superior es por lo común grande y difícil de determinar cuál es la especie dominante, pero los árboles correspondientes al estrato superior tienen una característica en común, los troncos son rectos y no se ramifican en su mitad o en sus 2/3 partes inferiores, lo que dificulta la obtención de muestras de colecta de herbario para identificación u otros fines. Las copas a menudo presentan formas piramidales achatadas o más o menos esféricas. En la base de los troncos es muy frecuente encontrar raíces tubulares (contrafuertes) bien desarrollados y los árboles con las raíces zancas son más bien escasos o nulos; los diámetros oscilan entre los 40 y 80 cm y no son escasos los de diámetro mayor a 1.5 y 2.0 m.

Las hojas de los árboles son en general de tamaño mediano a moderadamente grande de textura coriácea con coloración más bien oscura, con poca o nula pubescencia y muchas son brillantes en el

haz. Los bordes son comúnmente enteros y el ápice con frecuencia remata en un estrechamiento (acuminada) brusco, dirigido hacia abajo que en apariencia ayuda a la rápida eliminación del agua de la superficie de la hoja.

Las flores de las especies del estrato arbóreo son por lo general inconspicuas y de colores verdosos y blanquecinos, aunque existen especies con fenología bien establecida.

Una característica más de este tipo de vegetación es la abundancia de plantas trepadoras leñosas que a menudo alcanzan tamaños tan grandes que su extenso follaje compite con los árboles de los estratos superiores. Sus tallos no son muy grueso, pero sí muy resistentes y con frecuencia forman una densa e intrincada maraña que se extiende de un árbol a otro, lo que trae como consecuencia que un árbol no deje caer su tronco al suelo aun después de muerto ya que los bejucos sostenidos en los árboles vecinos lo detienen y por el contrario cuando un individuo corpulento es derribado, éste arrastra a su paso en su caída a varios o muchos individuos menores con los cuales estaba entrelazado.

Desde el punto de vista forestal los bejucos llegan a causarle daño a algunas especies de interés comercial al envolverlos y con el tiempo llegan a causarle serias irregularidades a la madera o bien provocarle la muerte, tal es el caso de algunos *Ficus* (matapalo o estranguladores).

En esta comunidad vegetal destacan gran cantidad de epífitas como orquídeas, helechos y bromelias de tamaño extraordinario que se asemejan a agaves.

El impacto de las actividades del hombre sobre este tipo de vegetación ha sido intenso desde los tiempos prehispánicos en algunas partes del país y se ha ido acentuando mayormente en los años recientes en función de la explosión demográfica, de la apertura de vías de comunicación, del saneamiento del ambiente y de otros factores.

Quizá el factor que más ha afectado a esta vegetación es la agricultura semi-nómada tan característico en algunas partes de México y que consiste en la secuencia de desmonte, incendio, siembra de maíz durante una o unas cuantas temporadas sucesivas y abandono por muchos años, al cabo de los cuales se repite el mismo proceso. El resultado de esta práctica es que una población humana relativamente pequeña afecta enormes extensiones de terreno de los cuales desaparece el bosque clímax original y el área se convierte en un mosaico formado por una serie de comunidades vegetales secundarias de tipo herbáceo, arbustivo y arbóreo conocido como “acahuales”, Rzedowski (1978).

Las especies características de esta vegetación son entre otros: *Terminalia amazonica* descrita para el Golfo de México por Sarukhán como “sombreretal” por ser la especie más representativa por su constancia, aun cuando a menudo no es dominante o tampoco abundante. Otras especies típicas de esta comunidad vegetal son: *Brosimum alicastrum*, *Celtis monoica*, *Bursera simaruba*, *Dendropanax arboreus*, *Sideroxylum tempisque*, *Pithecellobium arboreum*, *Pouteria hypoglauca*, *Pimenta dioica*, *Swietenia macrophyllum*, *Cedrela odorata*, *Astronium graveolens*, *Ficus sp.*

Para el área de estudio esta vegetación cubría la parte baja de la zona de influencia y actualmente sólo quedan algunos relictos en los alrededores de Patla en donde es el límite inferior del bosque mesófilo. De acuerdo con INEGI citado por Ojeda (2001) también quedan relictos cerca de la confluencia de los ríos Necaxa y Laxaxalpan, norte de Progreso, sur de Filomeno Mata y este de Xicotepec y las especies presentes son: *Brosimum alicastrum*, *Ceiba pentandra*, *Bursera simaruba*, *Tabebuia pentaphylla*, *Calocarpum sp.*, *Trichilia sp.*, *Misanteca sp.*, *Castilla elastica*, *Trophis racemosa*, *Spondias mombin* y de manera aislada se reporta la presencia de *Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata* en la parte baja de Patla.



Foto 2. Vista de una Selva Alta Perennifolia, en los alrededores de Patla

-Bosque mesófilo de montaña

Se trata de una vegetación diversa y exuberante, formada por numerosas especies de árboles corpulentos y de follaje denso, algunos de los cuales pueden medir entre 30 y 40 m de alto y por debajo de los individuos más altos se encuentran a menudo uno o dos estratos de árboles de menor tamaño, que contribuyen a dar mayor cobertura al dosel del bosque, lo que trae consigo un ambiente sombrío y húmedo en su interior. La presencia de epífitas es por lo común abundante al igual que las trepadoras leñosas en contraste del estrato herbáceo que sólo abundan en condiciones de disturbio. La presencia de helechos arborescentes y el crecimiento frondoso de musgo sobre el suelo, troncos y árboles también son una característica de este ambiente.

El bosque mesófilo de montaña en algunas partes de México se le conoce también como bosque caducifolio debido a que las hojas de muchos árboles caen en los últimos meses del año para ser renovadas posteriormente; éstas suelen ser de talla media y con frecuencia dentadas o lobadas.

Se desarrolla en regiones de relieve accidentado y en laderas de pendiente pronunciada, lo que constituye su hábitat más frecuente. En muchas regiones se restringe a cañadas protegidas del viento y de la fuerte insolación y descende a menudo hasta orilla de arroyos, sobre sustratos de calizas con topografía kársticas y sobre laderas de cerros andesíticos, basálticos y otros tipos de roca Rzedowski (1978).

La estructura y composición florística de este bosque es variable y cambia de un lugar a otro en función de variantes climáticas ocasionadas por diferencias de altitud y en exposición, en función del grado de disturbio y de otros factores. Las especies más importantes son: *Liquidambar styraciflua*, *Ulmus mexicana*, *Clethra mexicana*, y *Quercus* spp. y la presencia de helechos arborescentes como *Cyathea* sp. y *Alsophyllasp.*

Para el área de estudio, de esta vegetación sólo quedan relictos en la zona de influencia de Amixtlán y Comocuaatla, barrancas del río Zempoala, Este de Tlaola, barrancas del río Tecpatlán, Sur de Xicotepec y alrededores de Huauchinango.

Entre las especies reportadas se tienen: *Cyathea mexicana*, *Alsophylla* sp., *Liquidambar styraciflua*, *Carpinus caroliniana*, *Clethra quercifolia*, *Meliosma alba*, *Alnus arguta*, (aile, ilite); encinos como: *Quercus sororia*, *Q. furfuraceae*, *Q. acatanangensis*, *Q. trinitatis*, *Q. xalapensis*, *Phoebe chinantecorum*, *Beilchmiedia mexicana*, *Persea americana* var. *angustifolia*, *Turpinia pinata* y *Platanus mexicana*, entre otras.



Foto 3. Vista de un Bosque Mesófilo de montaña, en las cercanías de la Mesa

-Vegetación secundaria

De acuerdo con Rzedowski (1978), bajo esta categoría se incluye a las comunidades naturales de plantas que se establecen como consecuencia de la destrucción total o parcial de la vegetación primaria o clímax, realizada de manera directa o indirecta por el hombre. Una comunidad secundaria comúnmente tiende a desaparecer y no persiste un período largo de tiempo, sino que da lugar a otra y ésta a su vez a otra, determinándose de esta manera una sucesión que a través del tiempo conduce casi siempre a la comunidad clímax, misma que está en equilibrio con el clima y no sufre modificaciones de manera natural mientras éste permanezca estable.

Una comunidad secundaria también puede mantenerse indefinidamente como tal si persiste el disturbio que la ocasionó, o bien si el hombre impide su ulterior transformación. Estos efectos se logran de manera frecuente con el sobrepastoreo, el fuego o ambos, actividad muy común en México.

En algunos casos resulta difícil definir los límites precisos entre la vegetación primaria y la secundaria, pues el grado de alteración causada por el hombre puede ser grave o leve y sólo puede afectar algunas especies o algunos estratos de la comunidad clímax y no altera de manera considerable su fisonomía. Por otro lado, tampoco las comunidades ruderales y arvenses que también son vegetación secundaria son fáciles de distinguir en el sentido más estricto.

En México la superficie con vegetación secundaria es sumamente alta y cada vez se incrementa más, principalmente en las regiones de clima cálido-húmedo y semi-húmedo. Tal es el caso de la selva alta perennifolia y el bosque mesófilo de montaña donde prácticamente lo que quedan son relictos consistentes en mosaicos de diferentes comunidades secundarias que representan diversas fases sucesionales que a menudo reflejan los efectos del grado de disturbio. A pesar del alto impacto que sobre los tipos de vegetación primaria se tienen y que cada día la vegetación secundaria se incrementa en extensión, en el país existen todavía pocos trabajos sobre este tema por lo que los conocimientos que se tienen son fragmentarios y para algunas regiones son casi inexistentes.

De tal modo que el número de asociaciones vegetales de carácter secundario es muy vasto y en su composición interviene una diversidad florística al igual o mayor a la que presentan las asociaciones primarias o clímax.

De manera general y desde el punto de vista fisonómico se pueden distinguir 3 categorías principales de vegetación secundaria: pastizal, matorral y acahual.

El pastizal se intercala en series sucesionales en los diferentes tipos de vegetación, debido a que favorece el aprovechamiento ganadero, por lo que el hombre ha encontrado la forma de detener la sucesión de manera indefinida. Tal es el caso de los pastizales derivados de los bosques de *Pinus* y de *Quercus* y de algunos matorrales xerófitos.

Para las selvas y el bosque mesófilo de montaña son comunes el pastoreo y el fuego, debido a que ayuda al establecimiento de los pastizales y permite que su estadio se alargue, ya que por sus características climáticas estas zonas de manera natural la duración de un determinado matorral secundario es tan corto que no hay tiempo para que esa comunidad se individualice y antes de lograrlo comienza a transformarse en la fase siguiente, es decir se lleva a cabo la sucesión. En tales circunstancias en estos tipos de clima resulta difícil su caracterización ya que a menudo aparenta no seguir un patrón bien definido, Rzedowski (1978).

Para el área de estudio los pastizales se encuentran de manera frecuente en los alrededores de la presa Nexapa, norte de la presa Necaxa, Tezcapa, alrededores de Coatepec lugares aledaños al río Tecpatlán y sus afluentes. Las especies más comunes son: *Digitaria decumbens* (pangola), *Paspalum vaginatum* (grama) y *Panicum maximum* (guinea).

Los acahuales están representados por *Platanus mexicana* y se encuentran a lo largo de los ríos Necaxa, Patla, y alrededores de los vasos. (Foto 4)



Foto 4. Acahual de *Platanus mexicana*, al sur de la Planta Hidroeléctrica Necaxa

IV.1.1.7 Uso del suelo

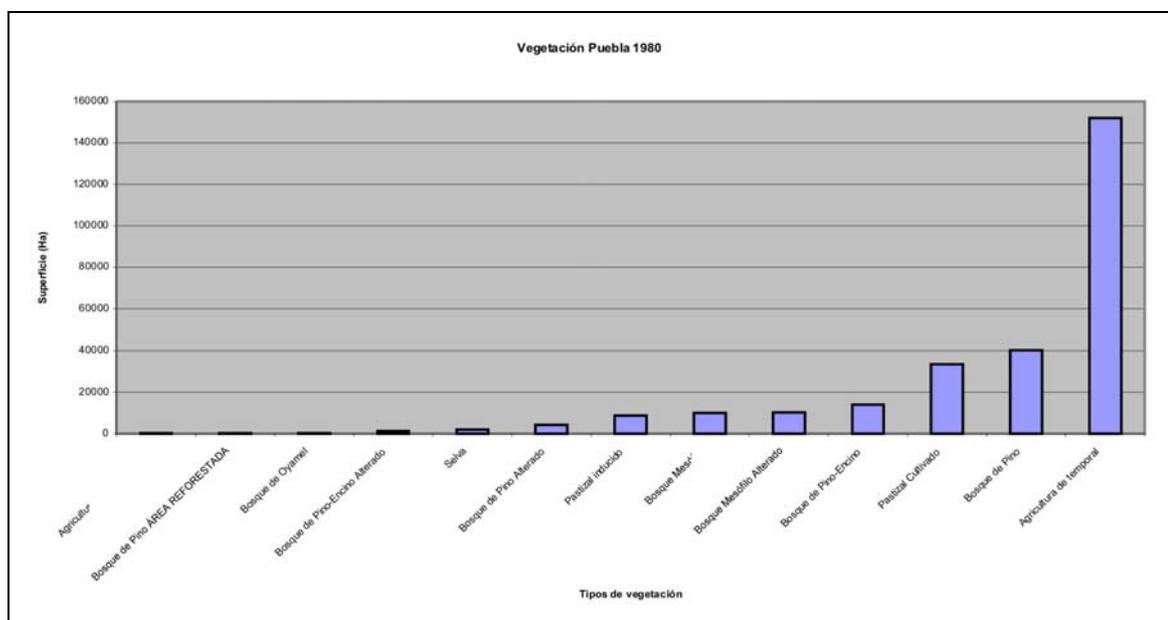
De acuerdo a las estadísticas de INEGI 1980 y SEMARNAT 2000, de la superficie ocupada por los diferentes tipos de vegetación, resalta la que ocupa la mayor extensión que es la destinada a la agricultura de cultivos permanentes y semipermanentes. Para INEGI, 1980, la superficie ocupada por esta actividad fue de 152,059.70 hectáreas y para el año 2000, de acuerdo a los datos registrados por SEMARNAT, la superficie ocupada por esta misma actividad fue de 148,656.071 hectáreas. Esta diferencia, en cuanto a la disminución de la superficie ocupada para la agricultura se puede explicar porque la floricultura y la cafecultura han estado desplazando, a nivel de registros oficiales las superficies, que en un principio se han tomado como agricultura específicamente. Sin embargo, las cifras reflejan una contradicción en las dos fuentes, lo que debería ser analizado en una misma fuente para las dos fechas.

Debido a que los datos proporcionados por ambas fuentes son contrastantes, inclusive ilógicos, se consideró que los cambios que han ocurrido en ese periodo, deberán ser analizados con mayor detalle, pues los recorridos de campo demuestran que existe una gran pérdida de la vegetación natural para fines agrícolas y forestales, es decir, cada vez es más el cambio de uso del suelo con fines de la floricultura, cafecultura y pastoreo, sin un ordenamiento establecido. (véase los mapas IV.14. Usos del suelo y vegetación (INEGI 1980) y IV.15. Uso del suelo y vegetación

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS
DE LOS RÍOS NECAXA Y LAXAXALPAN

Tabla IV.15. Uso del suelo del area de estudio INEGI 1980	
Tipos de vegetación (1980)	Superficie (Ha)
Agricultura de Pino-Encino	230.15458
Bosque de Pino (área reforestada)	381.66134
Bosque de Oyamel	389.39854
Bosque de Pino-Encino Alterado	1237.62598
Selva	2180.35075
Bosque de Pino Alterado	4213.25215
Pastizal inducido	8659.69785
Bosque Mesófilo	10116.55639
Bosque Mesófilo Alterado	10193.33523
Bosque de Pino-Encino	13927.43891
Pastizal Cultivado	33405.68898
Bosque de Pino	40143.67259
Agricultura de temporal	152059.70980
Total general	277138.54310

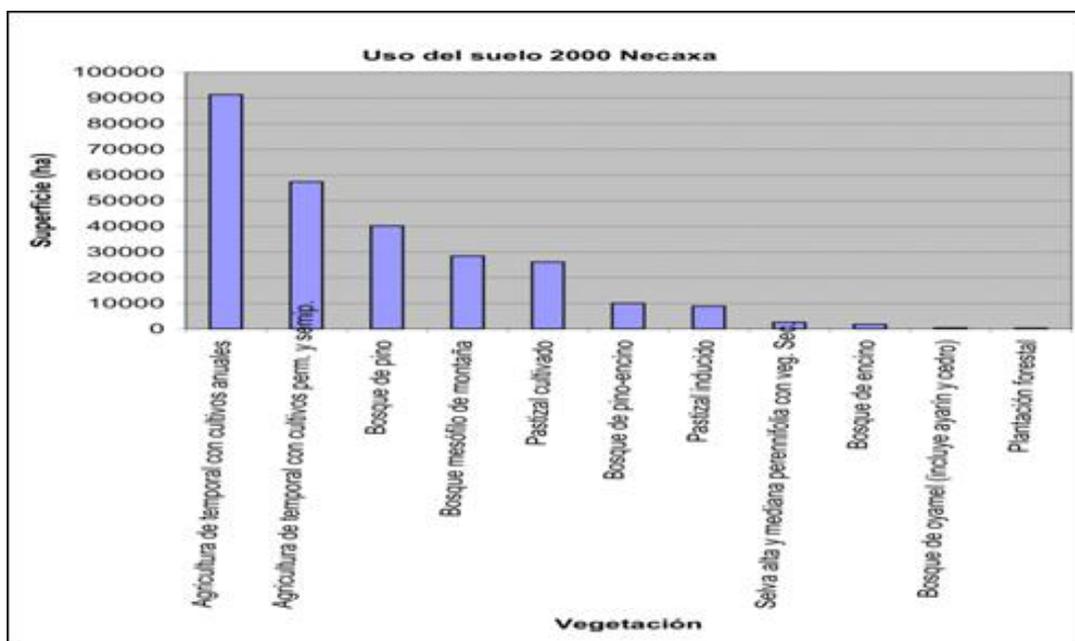
Fuente INEGI 1980



ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS
DE LOS RÍOS NECAXA Y LAXAXALPAN

Tabla 1V.16. Uso del suelo Necaxa 2000	
Tipo de vegetación (año 2000)	Superficie (ha)
Agricultura de temporal con cultivos anuales	91342.382
Agricultura de temporal con cultivos perm. y semip.	57313.689
Bosque de pino	40136.112
Bosque mesófilo de montaña	28443.2907
Pastizal cultivado	26086.6443
Bosque de pino-encino	10014.423
Pastizal inducido	8912.1857
Selva alta y mediana perennifolia con veg. Sec.	2571.359
Bosque de encino	1817.239
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	373.644
Plantación forestal	244.923
Total general	267,267.9227

Fuente: Inventario Nacional Forestal



IV.1.1.7 Fauna silvestre

Los estudios sobre la fauna de la región son escasos, al igual que del resto del estado de Puebla, de tal forma que las especies enlistadas se tomaron de referencias bibliográficas disponibles y de información obtenida en campo, a través de observaciones directas y referencias de la población local.

Considerando el relieve accidentado característico de la región, que determina por un lado notables diferencias de altitud y por otro una amplia variedad de comunidades, es posible deducir una notable riqueza faunística, sin embargo la destrucción de los ecosistemas ha significado también la desaparición de especies de fauna o en el mejor de los casos su desplazamiento hacia los terrenos más abruptos y mejor conservados como son las barrancas y otros accidentes topográficos de difícil acceso. En este sentido las barrancas de los ríos Necaxa, Zempoala, Laxaxalpan, Tecpatlán y otras tienen aún algunos sitios con vegetación natural conservada, tal es el caso de la barranca de Patla, por donde corre el río Necaxa, que por su escaso deterioro sirve de refugio a muchas especies de mamíferos y aves, De la Maza (2000), reporta la presencia en esta barranca de alrededor de 700 especies de lepidópteros (mariposas).

Entre los factores que han contribuido a la destrucción del hábitat de la fauna silvestre destaca la tala del bosque y la utilización posterior del suelo en actividades agropecuarias (cultivo de frutales en Zacatlán, de especies ornamentales en Huauchinango y alrededores, cultivos básicos en la mayor parte del área y ganadería de bovinos en la parte baja). Otro factor que ha disminuido las poblaciones de fauna silvestre es la cacería, que generalmente es de subsistencia y aunque en fechas recientes, ha disminuido notablemente debido a que hay mayor vigilancia sobre la infraestructura hidroeléctrica y las localidades (De la Maza, 2001). Por otro lado la creación de clubes cinegéticos, (en Huauchinango se tiene registrada una de estas agrupaciones) ha ejercido presión sobre mamíferos mayores, al grado que en la actualidad especies como venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y jaguar (*Felis concolor*) ya no existen en la región, de acuerdo a versiones de pobladores locales, y en el caso de otras como temazate (*Mazama americana*) y jaguar (*Felis onca*), hay versiones contradictorias sobre su existencia en la región.

Si bien algunas especies se encuentran en una amplia variedad de hábitats, otras restringen su presencia a un solo hábitat debido a la especialización que tienen en cuanto a aclimatación, hábitos alimenticios, características reproductivas, etc. Entre las especies comunes a la mayor parte del área de estudio están el gavilán (*Buteo sp.*), halconcillo (*Falco sparverius*), aura común (*Cathartes aura*), cuervo (*Corvus corax*), murciélago (*Mormoops megalophylla*), murciélago (*Myotis velifer*), murciélago (*Tadarida brasiliensis*), comadreja (*Mustela frenata*), tlacuache (*Didelphys marsupialis*), conejo del este o castellano (*Sylvilagus floridanus*), zorrillo listado (*Mephitis macroura*) culebra, (*Salvadora bairdii*), lagartija (*Sceloporus grammicus*), falsa coralillo (*Imantodes sp.*).

Considerando los diversos tipos de vegetación, enseguida se enlistan las especies de fauna asociadas a ellos.

Bosque de pino, de encino y pino-encino

Entre las especies que se encuentran en esta comunidad están las siguientes: paloma morada (*Columba flavirostris*), musaraña (*Sorex saussurei*), ratón (*Reithrodontomys sp.*), ratón (*Peromyscus aztecus*),

rata (Sigmodon leucotis), *tuza (Pappogeomys merriami)*, ardilla arbórea (*Sciurus aureogaster*), moto (*Sciurus oculatus*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), zorrillo espalda blanca (*Conepatus leuconotus*), teyapatzin (*Phrynosoma orbiculare*), cincuate (*Pituopis depei*), lagartija (*Sceloporus aeneus*), lagartija (*Sceloporus mucronatus*), lagartija (*Sceloporus torquatus*).

La Unión de Ejidos Forestales de la Sierra Norte de Puebla (2001), refiere la presencia en su área de explotación de bosque de coníferas las siguientes especies: carpintero arlequín (*Melanerpes formicivorus*), mascarita matorralera (*Geothlypis nelson*), troglodita selvático alteño (*Henicorhina leucophrys*), tangara aliamarilla (*Thraupis abbas*), colibrí colicanelo rufo (*Selasphorus rufus*), coyote (*Canis latrans*), mapache (*Procyon lotor*), tlacuache (*Didelphis marsupialis*), ardilla (*Sciurus sp.*), tejón (*Nasua nasua*), conejo (*Sylvilagus sp.*), zorrillo (*Conepatus mesoleucus*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*).

Bosque mesófilo

Por ser una comunidad muy diversa y compleja desde el punto de vista florístico es por tanto de las que presenta también mayor diversidad de especies, entre las que están zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), tejón (*Nasua narica*), mapache (*Procyon lotor*). Entre las aves observadas en esta área están el loro cabeza amarilla (*Amazona sp*) gorrión (*Carpodacus mexicanus*), colibrí (*Amazilia beryllina*), colibrí (*Lampornis amethystinus*), colibrí enano (*Atthis heloisa*), calandria (*Icterus wagleri*), chimbuto (*Spizella passerin*), picochueco (*Loxia curvirostra*), Vireo (*Vireo sp*), carpintero trepador (*Picoides strcklandi*), trepador serrano (*Lepidocolaptes leucogaster*), empidonax (*Empidonax affinis*), mulato (*Melanotis caerulescens*), cuitlacoche manchado (*Toxostoma ocellatum*), clarín jilguero (*Myadestes obscurus*), paro embozado (*Parus wolwebewri*), junco (*Junco phaeonotus*), tangara dorsirayada (*Piranga bidentata*), eufonía gorriazul (*Euphonia elegantissima*), pavito aliblanco (*Myioborus pictus*), jilguero encapuchado (*Carduelis notata*), chara (*Aphelocoma ultramarina*), zorzalito (*Catharus occidentalis*), papán (*Gimnontinops montezumae*), entre otros. Asimismo como se mencionó con anterioridad, la barranca de Patla es abundante en lepidópteros, ya que se han observado alrededor de 700 especies (De la Maza, 2001).

Entre los reptiles de esta comunidad vegetal están: culebra petatilla (*Drymobius margaritiferus*), lagartijas (*Sceloporus spp.*), anoles (*Anolis nebulosus*), mazacuata (*Coluber constrictor*), culebra bejuquillo (*Oxybelis sp.*), nauyaca (----), culebra voladora (*Spilotes pullatus*), víbora de cascabel (*Crotalus sp.*) huico (*Cnemidophorus sp.*).

También en las áreas más protegidas de la barranca se refiere la presencia de ocelote (*Felis pardalis*), jaguarudi (*Felis yagouaroundi*), gato montés (*Lynx rufus*), inclusive se menciona la posible existencia de temazate (*Mazama americana*) (De la Maza, 2001).

Selva mediana o alta perennifolia secundaria

La fauna asociada a esta comunidad vegetal, se considera escasa por el grado de disturbio que presenta, las especies que aún es posible encontrar son las siguientes: chachalaca (*Ortalis vetula*), paloma (*Leptotila verreauxi*), murciélago (*Natalus sp.*), murciélago (*Lasiurus ega*), vampiro (*Desmodus rotundus*), jabalí de collar (*Pecari tajacu*), culebra petatilla (*Drymobius margaritiferus*), nauyaca (*Bothrops melanurus*), cantil (*Agkistrodon bilineatus*), anoles (*Anolis nebulosus*), mazacuata

(*Coluber constrictor*), culebra bejuquillo (*Oxybelis sp.*), culebra voladora (*Spilotes pullatus*), víbora de cascabel (*Crotalus sp.*) huico (*Cnemidophorus sp.*).

Cuerpos de agua y corrientes superficiales

Los vasos que forman el sistema hidrológico son un hábitat ideal para las aves acuáticas, en este sentido Arellano (1956) refiere la presencia de pato cuaresmeño (*Spatula clypeata*), y pato golondrino (*Anas acuta*), en el vaso de Los Reyes, el primero de ellos muy abundante, se desconoce si actualmente estas especies aún son importantes en la región. En los vasos de Necaxa y Tenango se observaron garza blanca (*Egretta sp.*), graza gris (*Herodia sp.*), patos (*Anas spp.*), cormoran (*Pahlacrocorax sp.*). Por otro lado en las corrientes de agua se reportan algunas especies de peces como es el caso de *Xiphophorus evelynae* (espada de Necaxa), especie endémica del río Necaxa y cuya localidad tipo es Tepexi (Espinosa Pérez, et al, 1993). Otras especies mencionadas para el área son *Xiphophorus sp.* (pez espada), *Gambusia sp.* (guayacón) y *Cichlasoma sp.* (mojarra) (CONABIO, 1998). Cerca de las corrientes de agua hay algunas especies de culebras de agua, entre las que están *Thamnophis melanogaster* y *Thamnophis scalaris*. Otras especies ligadas a los cuerpos de agua son el zanate (*Quiscalus mexicanus*), armadillo (*Dasyus novemcinctus*), mapache (*Procyon lotor*), tejón (*Nasua narica*).

Áreas con disturbio y terrenos agrícolas

A pesar del deterioro de estos sitios aún es posible encontrar algunas especies como garza ganadera (*Bubulcus ibis*), codorniz común (*Colinus virginianus*), paloma huilota (*Zenaida macroura*), quebrantahuesos (*Polyborus plancus*), primavera huertera (*Turdus rufopalliatus*), conejo de Audubon (*Sylvilagus auduboni*), lagartija (*Sceloporus spp.*), lagartija (*Sceloporus siniferus*), lagartija (*Sceloporus variabilis*).

Zonas urbanas y terrenos adyacentes

Lechuza de campanario (*Tyto alba*), y murciélago (*Tadarida brasiliensis*), esta especie aunque se encuentra en toda el área es más abundante en zonas urbanas. En los basureros públicos ubicados junto a la carretera Huauchinango-Poza Rica, uno de ellos, frente a Huauchinango, y el otro a un costado de la barranca de Necaxa, es abundante el zopilote común (*Coragyps atratus*), observándose durante el recorrido en campo más de 100 ejemplares por cada sitio.

La diversidad de especies, sobre todo en las barrancas, hace suponer la existencia de muchos endemismos, especialmente en el caso de mariposas (de la Maza, 2001), también se refiere que (*Xiphophorus evelynae*), pez espada de Necaxa, es especie endémica del río Necaxa. En estudios más específicos se definirán otras especies endémicas. Por otro lado la NOM-059, que establece las especies endémicas, raras, amenazadas, en peligro de extinción o con protección especial, incluye las siguientes especies:

Tabla 1V.17 Especies en estatus de acuerdo a NOM-059-ECOL1994.	
Especie	Categoría
<i>Myioborus pictus</i> (pavito aliblanco)	Rara
<i>Melanotis caerulescens</i> (mulato)	Amenazada
<i>Icterus wagleri</i> (calandria)	Amenazada
<i>Atthis eloisa</i> (colibrí enano)	Amenazada
<i>Anas acuta</i> (pato cuaresmeño)	Protección especial
<i>Sorex saussurei</i> (musaraña)	Rara
<i>Sciurus oculatus</i> (ardilla)	Rara
<i>Felis pardalis</i> (ocelote)	Peligro de extinción
<i>Felis yagouaroundi</i> (jaguarundi)	Amenazada
<i>Thamnophis scalaris</i> (culebra de agua)	Amenazada
<i>Pithuopsis deppei</i> (cincuate)	Amenazada
<i>Phrynosoma orbiculare</i> (camaleón)	Rara
<i>Sceloporus grammicus</i> (lagartija)	Rara
<i>Salvadora bairdii</i> (culebra)	Rara
<i>Coluber constrictor</i> (mazacuata)	Amenazada.
<i>Crotalus durissus</i> (víbora de cascabel)	Protección especial
<i>Crotalus sp</i> (víbora de cascabel)	Amenazada y protección especial

Esta norma ha tenido modificaciones importantes en el año de 2001, siendo publicadas en el Diario Oficial de la Federación del 6 de marzo de 2002, destacando la eliminación de la categoría de rara, además la norma contiene las especificaciones para la inclusión, exclusión o cambio de especies de flora y fauna silvestre dentro de la norma. De acuerdo a las modificaciones de dicha norma el listado de especies en riesgo queda tal como se muestra en la siguiente forma.

IV.1.1.8 Áreas Naturales Protegidas

Es de llamar la atención que a pesar de la riqueza en recursos naturales que tiene la región y que está ligada al valor paisajístico de las barrancas y montañas, no existan áreas protegidas de ámbito federal ni estatal que hayan sido decretadas hasta la fecha.

Tabla 1V.18 Especies en estatus de acuerdo a NOM-059-ECOL-2001.	
Especie	Categoría
carpintero trepador (<i>Picoides strcklandi</i>),	Protección especial
<i>Sorex saussurei</i> (musaraña)	Protección especial
<i>Sciurus oculatus</i> (ardilla)	Protección especial
<i>Felis pardalis</i> (ocelote)	Peligro de extinción
<i>Felis yagouaroundi</i> (jaguarundi)	Amenazada
<i>Thamnophis scalaris</i> (culebra de agua)	Amenazada
<i>Pithuopsis deppei</i> (cincuate)	Amenazada
<i>Phrynosoma orbiculare</i> (camaleón)	Amenazada
<i>Sceloporus grammicus</i> (lagartija)	Protección especial
<i>Salvadora bairdii</i> (culebra)	Protección especial
<i>Coluber constrictor</i> (mazacuata)	Amenazada.
<i>Crotalus durissus</i> (víbora de cascabel)	Protección especial
<i>Crotalus sp</i> (víbora de cascabel)	Amenazada y protección especial

A nivel federal existe como antecedente el Decreto de Zona Protectora Forestal Vedada para la Cuenca Hidrológica del río Necaxa”, que fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de Octubre de 1938, por el gobierno del Gral. Lázaro Cárdenas. Comprendía un polígono que abarcaba la cuenca del río Necaxa hasta Patla y dejaba fuera la cuenca del río Laxaxalpan, una de las principales aportadoras del agua del sistema hidroeléctrico. Sin embargo este Decreto, en la práctica nunca se cumplió debido a la falta de concurrencia de las diversas dependencias involucradas, las condiciones de miseria que han prevalecido en la región y además por algunas imprecisiones jurídicas.

A nivel estatal tampoco existen áreas protegidas decretadas y menos aún en el ámbito municipal.

Se ha propuesto en fechas recientes la protección de la Barranca de Patla, en el área cercana a la planta hidroeléctrica del mismo nombre, por parte de una organización no gubernamental.

Por otro lado la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), ha conjuntado a un grupo de especialistas para definir las Regiones Terrestres Prioritarias de México, las cuales por su biodiversidad deben protegerse, en este sentido dichas regiones pueden servir como referencia para ser incluidas como áreas protegidas. Para la zona de estudio la CONABIO ha definido la región no. 102, denominada “Bosques mesófilos de la Sierra Madre Oriental”, la cual tiene como característica importante la presencia de bosque mesófilo de montaña, comprende los siguientes municipios del área de estudio: Acaxochitlán y Cuautepec de Hinojosa en el estado de Hidalgo, Huauchinango, Ahuazotepec, Juan Galindo, Jopala, Tlaola, Chiconcuautla, Zacatlán, Huehuetla, Naupan, Tlapacoya, Jopala, Xicotepetec y Zihuateutla en el estado de Puebla.