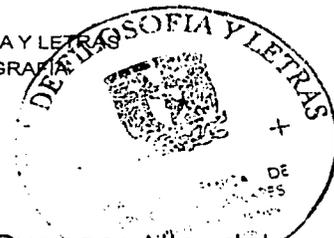


01026
50



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA



Balance Hídrico de la Cuenca Alta del
Río Pijijápan, Estado de Chiapas, Durante el
Período 1960 - 2001.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA
P R E S E N T A :
ÁLVARO RAMÍREZ LAGUNA

EJEMPLAR UNICO

ASESOR: M. en G. VÍCTOR MANUEL MARTÍNEZ LUNA



MÉXICO, D.F.



JULIO 2003

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

A



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACION DISCONTINUA

Dedicatoria

Este sencillo trabajo, esta dedicado con todo mi corazón al orgullo más grande que tengo en la vida:

Mis padres

Álvaro Ramírez Velázquez y Lidia Laguna Pérez

Ésta tesis, es un pequeño reconocimiento para ustedes por haberme sabido guiar y educar desde pequeño. Gracias por sus sabios consejos, por sus desvelos, por inculcarme valores, por nunca dejarme solo y sobre todo, por darme estudios que me servirán en un futuro no muy lejano para ser alguien en la vida; Son un verdadero ejemplo a seguir; los quiero mucho.

A mi familia:

Lidia y Clemente, gracias por instruirme, apoyarme y alentarme en todos los aspectos posibles desde que tengo uso de razón: los quiero mucho.

Araceli y su hija Rebeca Alejandra, Elizabeth y Zaira, ustedes también son parte de éste logro, gracias por todo su apoyo, las quiero.

Alis:

Tu seguridad y motivación en todo lo que haces me ha inspirado para poder terminar este trabajo, gracias por apoyarme en todas mis locuras: te amo.

Entregado a la Dirección General de Bibliotecas
INAM a difundir en formato electrónico e
entendido de mi trabajo recu
NOMBRE: Álvaro Ramírez
Cogenc
FECHA: 30-06-2003
LUGAR: _____

Álvaro Ramírez

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México le agradezco el haberme abierto las puertas del campus universitario para estudiar una carrera profesional.

Al Programa de Becas Para Licenciatura (PROBETEL) por apoyarme en parte con una beca para terminar esta tesis.

A mi asesor de tesis, Víctor Manuel Martínez Luna gracias por depositar su confianza en mí y por darme sugerencias y atinados consejos para llevar a buen término la conclusión de mi proyecto de investigación científica.

A los sinodales: Dra. Laura Elena Maderey Rascón, Dra. Rosalía Vidal Zepeda, Mtra. Consuelo Gómez Escobar y Mtro. Cuauhtémoc Torres Ruata, gracias por ser partícipes de éste logro y además tener la paciencia de revisar mi tesis y compartir su experiencia profesional conmigo, me honraron al ser parte del jurado calificador.

Al doctor Newton, gracias por enriquecer con sus ideas y comentarios éste trabajo.

A todos los maestros que formaron parte en mi formación académica desde el nivel básico hasta el superior, gracias por compartir conmigo parte de su tiempo y conocimiento.

A mis tíos: Horacio, José Lerín y Egner Laguna y mis primos: Horacio y Eliécer por participar en el recorrido de campo a la cuenca del río Pijijiapan.

A mis abuelitos: José Lerín Laguna Caballero y María de Jesús Candelaria Cortés, a mamá Juanita, abuelita Vicenta (†); mis tíos: Manolo, Ángel, Joel, Humberto, Reynner, Uver Clein, Eli (†), Bering; mis tías: Magdaí, Lupita, Belsa, Antonia, Rosa, Elizabeth, Choni, Guadalupe, Isabel; a mis primos: Julio, Rubén, Edgar, Obet, Lidia, Patricia, Dalía, Jarumí, y en general a todo el pueblo chiapaneco.

A Israel Martínez Ibarra e Israel Martínez Ballinas, encargados de la estación hidrológico-climatológica "Pijjiapan" y al señor Horacio Rubio Gutiérrez de la Gerencia Regional Frontera Sur, con sede en Tuxtla Gutiérrez por haber facilitado la obtención de los datos necesarios para la tesis.

A mis compañeros y amigos de la generación 1996-2000: Víctor, Julio, Janette, Alejandro, José Luis, Israel, Jorge, Enrique, Leonel, Gerardo, Gabriel, Miguel, Valentín, Imelda, Marisol, Meritt, Lourdes, Lilitiana, Silvia, Héctor, Rosalía, Regina, Carmen, Agustín, Roberto, Miguel Santos, Raúl, Verónica, Paola, Berenice; gracias a todos por su interés y confianza hacia mi persona.

A la familia Díaz Torres gracias por confiar en mí y abrirme las puertas de su hogar, y también a la familia Martínez Rodríguez gracias por su amistad.

A la señora Consuelo Sánchez y familia; además de las familias: Milpas Chávez y Saucedo Vidal, muchas gracias.

Un especial agradecimiento a mis amigas: Violeta, Georgina y Grecia, por estar al pendiente de la elaboración y culminación de mi tesis.

Y a todos aquellos que directa o indirectamente me ayudaron a salir adelante y que me faltaron por mencionar: muchas gracias.



*A la naturaleza se la domina obedeciéndola
Francis Bacon*

Cualquier duda, comentario o sugerencia con respecto a esta investigación, favor de comunicarlo a la siguiente dirección de correo electrónico:

E-mail: alrala@correo.unam.mx

Introducción**Capítulo I****Características geográfico-físicas de la cuenca alta del río Pijjiapan**

I.1 Localización geográfica	1
I.1.2 Ubicación de la cabecera y desembocadura	1
I.1.3 Coordenadas extremas	2
I..1.4 Vecindad con otras	2
I.2 Parámetros morfométricos	4
I.2.1 Área y perímetro	4
I..2.2 Orientación	4
I..2.3 Coeficiente de compacidad	4
I.2.4 Factor de forma	5
I.2.5 Ancho Promedio	6
I.2.6 Largo	7
I.3 Oroalтимetría	7
I.4 Declives generales	9
I.4.1 Declive absoluto	13
I.5 Histograma de frecuencias altimétricas	15
I.6 Unidades básicas del relieve	15
I.7 Curva hipsográfica	18
I.8 Curva integral hipsométrica	19
I.9 Climas	21
I.9.1 Climograma	23
I.10 Vientos	24
I.11 Geología	25
I.12 Edafología	27
I.13 Vegetación	30
I.13.1 Uso de suelo y vegetación en 1985	31
I.13.2 Cobertura vegetal en 2000	34
I.14 Fauna	37

Capítulo II**Hidrografía general de la cuenca alta del río Pijjiapan**

II.1 Hidrografía general de la cuenca alta del río Pijjiapan	38
II.2 Principales subcuencas y afluentes del río Pijjiapan	39
II.3 Número de cauces margen derecha e izquierda	41
II.4 Patrón de drenaje	41
II..5 Clasificación de cauces según Strahler	42
II.6 Relación de confluencia	43
II.6.1 Gráfica de la relación de confluencia	46
II.7 Relación de longitud	48
II.7.1 Gráfica de la relación de longitud	48
II.8 Distribución geográfica de la frecuencia de cauces	50
II.8.1 Distribución geográfica de la frecuencia de cauces absoluta	50
II.8.2 Distribución geográfica de la frecuencia de cauces particular	50
II.9 Contaminación de la cuenca alta del río Pijjiapan	53
II.10 Agua subterránea	53

Capítulo III

Balance hídrico de la cuenca alta del río Pijjiapan

III.1 Balance hídrico de la cuenca alta del río Pijjiapan	55
III.2 Fórmulas para el cálculo del balance hidrológico	56
III.3 Balance hídrico parcial de la unidad A	57
III.4 Balance hídrico parcial de la unidad B	60
III.5 Balance hídrico parcial de la unidad C	61
III.6 Balance hídrico parcial de la unidad D	63
III.7 Balance hídrico parcial de la unidad E	65
III.8 Balance hídrico general	65
III.9 Comportamiento histórico de la temperatura media anual registrada en la estación hidroclimatológica "Pijjiapan"; durante el período 1960-2001	69
III.9.1 Comportamiento histórico de la temperatura media mensual registrada en la estación hidroclimatológica "Pijjiapan"; durante el período 1960-2001	70
III.10 Comportamiento histórico de la precipitación media anual registrada en la estación hidroclimatológica "Pijjiapan"; durante el período 1960-2001	71
III.10.1 Comportamiento histórico de la precipitación media mensual registrada en la estación hidroclimatológica "Pijjiapan"; durante el período 1960-2001	73
III.10.2 Desviación estándar de la precipitación media anual del período 1960-2001	73
III.11 Comportamiento histórico de la evaporación potencial media anual registrada en la estación hidroclimatológica "Pijjiapan"; durante el período 1960-2001	74
III.11.1 Comportamiento histórico de la evaporación potencial media mensual registrada en la estación hidroclimatológica "Pijjiapan"; durante el período 1960-2001	76
III.12 Comportamiento histórico de la evapotranspiración real anual del período 1960-2001	76
III.13 Comportamiento histórico de la evapotranspiración potencial anual del período 1960-2001	77
III.13.1 Comportamiento histórico de la evapotranspiración potencial mensual; durante el período 1960-2001	80
III.14 Comportamiento histórico del escurrimiento medio anual registrado en la estación hidroclimatológica "Pijjiapan"; durante el período 1962-1994	80
III.14.1 Comportamiento histórico del escurrimiento medio mensual registrado en la estación hidroclimatológica "Pijjiapan"; durante el período 1962-1994	83
III.14.2 Desviación Estándar del escurrimiento medio anual del período 1962-1994	84
III.15 Comparación histórica de las variables temperatura, precipitación, evaporación potencial, evapotranspiración real y potencial media anual; durante el período 1960-2001	85
III.15.1 Comparación histórica de las variables temperatura, precipitación, evaporación potencial, evapotranspiración real y potencial media mensual; durante el período 1960-2001	86

Capítulo IV

Características geográfico-sociales del municipio y ciudad de Pijjiapan

IV.1 Localidades en la cuenca alta del río Pijjiapan en 1990	88
IV.2 Densidad de población en la cuenca alta del río Pijjiapan en 1990	88
IV.3 Población del municipio de Pijjiapan en 1990	90

IV.4 Incremento de población 1980-1990 en el municipio de Pijijiapan	90
IV.5 Población económicamente activa del municipio de Pijijiapan en 1990	91
IV.6 Población económicamente activa de la ciudad de Pijijiapan en 1990	93
IV.6 Pirámide de edades del municipio de Pijijiapan en 1990	94
IV.7 Localidades en la cuenca alta del río Pijijiapan en 2000	97
IV.8 Densidad de población en la cuenca alta del río Pijijiapan en 2000	97
IV.9 Población del municipio de Pijijiapan en 2000	97
IV.10 Incremento de población 1990-2000	97
IV.11 Población económicamente activa del municipio de Pijijiapan en 2000	99
IV.12 Población económicamente activa de la ciudad de Pijijiapan en 2000	100
IV.13 Pirámide de edades del municipio de Pijijiapan en 2000	102
IV.14 Demanda actual y disponibilidad de agua en la cuenca y municipio de Pijijiapan en 2000	102
IV.15 Proyección de población para el año 2010	104
Resultados y conclusiones	106
Recomendaciones y sugerencias	111
Anexos	117
Fotografías	132
Bibliografía	140
Bibliografía cartográfica	141
Direcciones en Internet	142

Índice de tablas**Capítulo I**

Tabla I.1 Cuenca alta del río Pijijiapan: Coordenadas extremas y regiones colindantes	2
Tabla I.2 Cuenca alta del río Pijijiapan: Unidades de declives	13
Tabla I.3 Cuenca alta del río Pijijiapan: Análisis oroaltimétrico	18
Tabla I.4 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Temperatura y precipitación media mensual y anual; período 1960-2001	23
Tabla I.5 Cuenca alta del río Pijijiapan: Unidades edafológicas	30
Tabla I.6 Cuenca alta del río Pijijiapan: Comparación del Uso de suelo y vegetación en los años 1985 y 2000	34

Capítulo II

Tabla II.1 Cuenca alta del río Pijijiapan: Numero total de segmentos de cauces por margen	41
Tabla II.2 Cuenca alta del río Pijijiapan: Morfometría fluvial	46

Capítulo III

Tabla III.1 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico parcial franja A	59
Tabla III.2 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico parcial franja B	61
Tabla III.3 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico parcial franja C	62
Tabla III.4 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico parcial franja D	64
Tabla III.5 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico parcial franja E	66
Tabla III.6 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico general	67

Capítulo IV

Tabla IV.1 Cuenca alta del río Pijijiapan: Localidades en 1990	88
Tabla IV.2 Municipio de Pijijiapan: Evolución de la ganadería de bovinos	100
Tabla IV.3 Municipio de Pijijiapan: Fuentes de abastecimiento y volumen anual de extracción de agua potable en 2000	104

Índice de figuras**Capítulo I**

Figura I.1 Cuenca alta del río Pijijiapan: Localización geográfica	3
Figura I.2 Cuenca alta del río Pijijiapan: Orografía	8
Figura I.3 Cuenca alta del río Pijijiapan: Oroaltimetría	10
Figura I.4 Cuenca alta del río Pijijiapan: Modelo digital del elevación	12
Figura I.5 Cuenca alta del río Pijijiapan: Declives orográficos	14

Figura I.6 Cuenca alta del río Pijijiapan: Histograma de frecuencias altimétricas	16
Figura I.7 Cuenca alta del río Pijijiapan: Unidades básicas del relieve	17
Figura I.8 Cuenca alta del río Pijijiapan: Curva hipsográfica	19
Figura I.9 Cuenca alta del río Pijijiapan: Curva integral hipsométrica	20
Figura I.10 Cuenca alta del río Pijijiapan: Climas	22
Figura I.11 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Climograma, período 1960-2001	24
Figura I.12 Cuenca alta del río Pijijiapan: Geología	26
Figura I.13 Cuenca alta del río Pijijiapan: Unidades edafológicas	28
Figura I.14 Cuenca alta del río Pijijiapan: Uso del suelo y vegetación en 1985	33
Figura I.15 Cuenca alta del río Pijijiapan: Cobertura vegetal en 2000	36

Capítulo II

Figura II.1 Cuenca alta del río Pijijiapan: Hidrografía general	40
Figura II.2 Cuenca alta del río Pijijiapan: Numero total de segmentos de cauces por orden según Strahler	43
Figura II.3 Cuenca alta del río Pijijiapan: Clasificación de cauces según Arthur Strahler	44
Figura II.4 Cuenca alta del río Pijijiapan: Gráfica de la relación de confluencia	47
Figura II.5 Cuenca alta del río Pijijiapan: Gráfica de la relación de longitud	49
Figura II.6 Cuenca alta del río Pijijiapan: Distribución geográfica de la frecuencia de cauces	52

Capítulo III

Figura III.1 Cuenca alta del río Pijijiapan: Franjas de lluvia y temperatura	58
Figura III.2 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico parcial franja A	59
Figura III.3 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico parcial franja B	61
Figura III.4 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico parcial franja C	63
Figura III.5 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico parcial franja D	64
Figura III.6 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico parcial franja E	66
Figura III.7 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico general	68
Figura III.8 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Temperatura media anual durante el período 1960-2001	70
Figura III.9 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Temperatura media mensual durante el período 1960-2001	71
Figura III.10 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Precipitación media anual durante el período 1960-2001	72
Figura III.11 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Precipitación media mensual durante el período 1960-2001	74
Figura III.12 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Evaporación potencial media anual durante el período 1960-2001	75
Figura III.13 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Evaporación potencial media mensual durante el período 1960-2001	77
Figura III.14 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Evapotranspiración real anual durante el período 1960-2001	78
Figura III.15 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Evapotranspiración	

Potencial anual durante el período 1960-2001	79
Figura III.16 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Evapotranspiración Potencia mensual durante el período 1960-2001	81
Figura III.17 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Ecurrimiento medio anual durante el período 1962-1994	83
Figura III.18 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Ecurrimiento medio mensual durante el período 1962-1994	84
Figura III.19 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Comparación histórica de las variables temperatura, precipitación, evaporación potencial, evapo- transpiración real y potencial medias anuales; durante el período 1960-2001	86
Figura III.20 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Comparación histórica de las variables temperatura, precipitación, evaporación potencial, evapo- transpiración real y potencial medias mensuales; durante el período 1960-2001	87

Capítulo IV

Figura IV.1 Cuenca alta del río Pijijiapan: Localidades en 1990	89
Figura IV.2 Municipio de Pijijiapan: Población económicamente activa por sector de actividad en 1990	93
Figura IV.3 Ciudad de Pijijiapan: Población económicamente activa por sector de actividad en 1990	95
Figura IV.4 Municipio de Pijijiapan: Pirámide de edades en 1990	96
Figura IV.5 Cuenca alta del río Pijijiapan: Localidades en 2000	98
Figura IV.6 Municipio de Pijijiapan: Población económicamente activa por sector de actividad en 2000	101
Figura IV.7 Ciudad de Pijijiapan: Población económicamente activa por sector de actividad en 2000	101
Figura IV.8 Municipio de Pijijiapan: Pirámide de edades en 2000	103
Figura IV.9 Municipio de Pijijiapan: Volumen anual de extracción en 2000	105

Introducción

Uno de los principales problemas que hay en los estudios hidrogeográficos de México es la carencia de investigaciones concernientes a cuencas pequeñas y medianas como regiones geográficas naturales. La mayor parte de este tipo de trabajos del agua en la República Mexicana, están a nivel país, estados ó grandes cuencas hidrográficas, por lo tanto, estos estudios tienen un carácter general y la información en que se basan o aportan puede ser únicamente el punto de partida para los estudios de carácter particular o regional.

El principal objetivo de las investigaciones hidrogeográficas, es conocer las fases del ciclo hidrológico y la distribución espacial del agua, así como los diversos hechos y fenómenos geográfico-físicos y geográfico-sociales que las originan y/o condicionan, para establecer causas y efectos que tienen con otras características de la región en donde existen, así como las variaciones que tienen a lo largo del tiempo y desde luego conocer las posibles aplicaciones útiles en beneficio de los pobladores, ya sea en las áreas de captación de la cuenca o los que habitan las partes bajas en donde se tienen los efectos del comportamiento hídrico de esta unidad natural del relieve.

Con estos antecedentes, se escogió la cuenca hidrográfica del río Pijijapan, ubicada en el estado de Chiapas, por considerarla de tamaño pequeño¹; además, el autor de éste proyecto de tesis tiene cierto conocimiento del área objeto de estudio, y parte de sus raíces familiares provienen de ésta zona.

Toponímicamente el nombre de Pijijapan proviene del Náhuatl *pixixiapan* que significa río de pijijes; ave parecida al pato que actualmente es difícil verla en las cercanías del río como anteriormente se hacía; esto como consecuencia del crecimiento de la ciudad de Pijijapan y la introducción de ganado bovino en las zonas de reproducción naturales de ésta ñiade.

¹ Springal, 1970 citando a Chow, 1962 dice: Es difícil distinguir una cuenca grande de una pequeña. En hidrología, dos cuencas del mismo tamaño son diferentes. Una cuenca pequeña se define como aquella cuyo escurrimiento es sensible a lluvias de alta intensidad y corta duración, y donde predominan las características físicas del suelo con respecto a las del cauce. Así el tamaño de una cuenca pequeña puede variar desde unas pocas hectáreas hasta un límite que, para propósitos prácticos, Chow considera de 250 Km².

Originalmente se pensó trabajar con la cuenca del río Pijijiapan completa, es decir, hasta su desembocadura natural en la bahía de Tolomita, pero finalmente para facilitar el cálculo del balance hídrico, se optó por considerar como desembocadura un punto terminal arbitrario, el cual se localiza a la altura del puente de la carretera federal costera, por la sencilla razón de que exactamente en éste lugar se localiza la única estación hidrométrica de la zona en estudio; la cual con sus registros de temperatura, precipitación e hidrometría, se pudieron hacer comparaciones de volúmenes de escurrimiento en la zona de investigación.

Se reconoce que durante el desarrollo inicial del presente trabajo se encontraron tres limitantes. La primera tuvo que ver con la obtención de los mapas temáticos en escala 1:50 000 de la cuenca alta del río Pijijiapan, pero el INEGI aún no tiene cartografiada la región en estudio, por lo que se optó por trabajar con los únicos mapas temáticos disponibles en escala 1:250 000, los cuales posteriormente se ampliaron con fines de presentación a una escala aproximada de 1:110 000.

De todas maneras costo mucho esfuerzo obtener la mayor parte de la cartografía temática de la zona estudiada en escala 1:250 000, ya que los mapas **D15-2 Huixtla** de Hidrología de Aguas Superficiales y Subterráneas están agotados, no los tienen las bibliotecas del INEGI y no se reimprimieron. Sólo se consiguieron en escala 1:50 000 los mapas topográficos **D15 A19 Ignacio Zaragoza** y **D15 A29 Pijijiapan**, que son los que conforman la zona en cuestión, en los cuales se trazó el contorno de la cuenca alta del río Pijijiapan y se efectuaron todas las mediciones de los parámetros morfométricos para tener un muy buen grado de exactitud y detalle.

La segunda limitante fue la falta de estaciones climatológicas que estuvieran localizadas dentro de la cuenca alta del río Pijijiapan o en sus cercanías, que permitieran obtener información adecuada y suficiente de temperatura y precipitación en la zona en investigación. Para superar este problema se realizaron estimaciones con base en datos de la estación hidroclimatológica (hidrométrica y climatológica) "Pijijiapan" y se utilizó el método de isoyetas y el de gradiente térmico local, apoyándose en la información que proporcionan algunos mapas, como documento científico y de trabajo, como por ejemplo las cartas de climas de la República Mexicana, editadas por la Secretaría de la Presidencia y los mapas de

eventos climáticos mayo-octubre y noviembre-abril, de la Secretaría de Programación y Presupuesto.

La tercera limitante se refirió a que la estación hidrométrica del río Pijijiapan, tiene datos estadísticos faltantes, problema que se superó realizando estimaciones con base en el balance hidrológico final. Cabe indicar que este trabajo se circunscribe a la cuenca alta y una pequeña parte de la porción media; la cuenca completa es mucho más grande, ya que termina hasta su desembocadura en la bahía de Tolomita.

Bajo los anteriores argumentos se sustentó la siguiente hipótesis:

El balance hidrológico de la cuenca alta del río Pijijiapan, estado de Chiapas, se puede calcular utilizando métodos alternos e indirectos. Los resultados que se obtengan podrán considerarse como aproximados, auxiliares para servir de apoyo a otros estudios de carácter particular.

De éste planteamiento se desprendieron los siguientes objetivos:

Objetivo general

Calcular el balance hidrológico en la cuenca alta del río Pijijiapan, estado de Chiapas, con base en el conocimiento del ciclo del agua local y las características geográficas de la región.

Objetivos particulares

- Cuantificar los parámetros morfométricos: Área y perímetro, orientación, coeficiente de compacidad, factor de forma, ancho promedio, largo y la oroaltimetría de la zona bajo estudio, con la finalidad de conocer el comportamiento del agua ante éstos factores.
- Evaluar las características geográficas-físicas y geográfico-sociales de la cuenca alta del río Pijijiapan tales como: Fisiografía, Geología,, Topografía Edafología, Vegetación, Uso de Suelo, Clima e Hidrografía; con base en información cartográfica y estadística; con el fin de relacionarlas con el comportamiento del agua en la zona estudiada.

- Elaborar mapas temáticos de la cuenca alta del río Pijijiapan, concernientes a los aspectos inherentes al tema, como son: Sistema fluvial, clasificación de cauces, distribución geográfica de la frecuencia de cauces, densidad de drenaje, declives orográficos y uso del suelo y vegetación.
- Conocer las principales características geográfico-físicas y geográfico-sociales de la cuenca alta del río Pijijiapan, que condicionan el comportamiento del agua en esta unidad fluvial.
- Contribuir al conocimiento hidrogeográfico del estado de Chiapas, con el estudio de la cuenca alta del río Pijijiapan.

La tesis se compone de cuatro capítulos; el primero da una visión espacial general de la localización geográfica de la cuenca alta del río Pijijiapan, e incluye las principales características geográfico-físicas y los datos morfométricos correspondientes, así como la descripción y significado que implican éstos aspectos.

En el segundo capítulo se describe la hidrografía general del área investigada, y se aplicó la morfometría fluvial para detectar algunos aspectos de riesgo, como los procesos de ladera e inundaciones, con sus respectivas características cuantitativas, que ayuden a analizar, describir e interpretar el comportamiento del sistema de escurrimiento, con base en los factores que lo condicionan.

En el tercer capítulo se estimó el balance hidrológico local de la cuenca alta del río Pijijiapan y se contabilizó el volumen de cada variable: precipitación, evapotranspiración, infiltración y escurrimiento; se abordó parcialmente el tema de las aguas subterráneas. Se procuró establecer las correlaciones territoriales pertinentes para obtener conclusiones, y así, poder emitir algunas recomendaciones al final del trabajo.

La metodología alterna que se aplicó para calcular el balance hídrico de la cuenca alta del río Pijijiapan se explica a continuación:

Ante la carencia de información cartográfica que muestre en una escala apropiada la distribución de las isotermas e isoyetas y la dispersión de estaciones climatológicas bien instrumentadas, que permitan realizar los cálculos necesarios para el balance de agua, el sustentante de este trabajo utilizó un método alterno que sirvió para estimar y trazar las

isotermas e isoyetas a nivel regional. El procedimiento consistió en combinar el método de isoyetas con el del gradiente térmico local; apoyándose en los mapas de eventos climáticos mayo-octubre, principalmente por ser la temporada de lluvias; y el de noviembre-abril, que es la temporada seca, ambos en escala 1:250 000. Además se toman en cuenta la dirección regional de los vientos y la topografía de la cuenca fluvial del río Pijjiapan por las lluvias de tipo orográfico; para finalmente trazar las isoyetas correspondientes con sus respectivos ajustes anteriormente mencionados.

En el cuarto y último capítulo, se analizó a la población tanto del municipio como de la ciudad de Pijjiapan; esto por tener los datos municipales necesarios en los censos del INEGI, no así con la información de las localidades de la cuenca alta del río Pijjiapan, de las cuales casi se carece de datos.

Se incluyeron diversos índices demográficos como la densidad de población, el incremento de población y las pirámides de edades en dos decenios, 1990 y 2000, con el fin de observar como se incrementó la población por grupos quinquenales de edades; se estimó el incremento de población, con la intención de conocer la magnitud del aumento de la población en la zona de estudio. Se conoció la Población Económicamente Activa y la Población Económicamente Inactiva tanto del municipio como de la ciudad de Pijjiapan, además de describir sus respectivos sectores económicos. Se incluye una estimación de la disponibilidad y demanda actual de agua del municipio y de la ciudad de Pijjiapan.

Por otra parte se calculó la proyección de población, con la finalidad de tener una idea de la cantidad de personas que habrá en el año 2010, y así, conocer la presión que ejercerán en el recurso agua los habitantes tanto del municipio como de la ciudad de Pijjiapan.

Se recomienda ver la **sinópsis geográfica de la cuenca alta del río Pijjiapan**, que se incluyó al final de éste trabajo, para que se observen los resultados obtenidos durante la investigación de manera general y simplificada.

Finalmente, se exponen las conclusiones pertinentes y se emiten algunas sugerencias y recomendaciones para tratar de mitigar los diferentes problemas localizados, con el fin de aprovechar las bondades hidrogeográficas de la cuenca alta del río Pijjiapan.

Capítulo I

Características geográfico-físicas de la cuenca alta del río Pijijiapan

Localización geográfica

En cualquier estudio de índole geográfico, es primordial localizar la zona en estudio con respecto a una cuenca, ya que directa o indirectamente los factores geográfico-físicos y geográfico-sociales que sucedan en ésta área modificarán las características físicas y socioeconómicas de la unidad natural del relieve.

La cuenca alta del río Pijijiapan se localiza al Sureste de la República Mexicana, en la vertiente de barlovento del Océano Pacífico (Figura I.1).

Según el Plan Nacional Hidráulico 2001-2006, la zona investigada se sitúa en la región hidrológica XI, denominada Frontera Sur, compuesta en su totalidad por las superficies que abarcan los estados de Chiapas y Tabasco, así como pequeñas porciones de los estados de Campeche y Oaxaca. Dentro de esta gran región se localiza en la subregión #23 denominada Costa de Chiapas (SARH, 1987), (Figura I.1), (Internet 1).

Con base en la clasificación de regiones fisiográficas del nuevo atlas porrúa de la República Mexicana, la cuenca alta del río Pijijiapan se ubica en la región fisiográfica denominada Sureste; que a su vez queda comprendida en la subregión de la Sierra Madre de Chiapas, también conocida con el nombre de Macizo Granítico Chiapaneco; y constituye el parteaguas entre la vertiente del Golfo de México y la del Océano Pacífico (Gutiérrez, 1956).

Económicamente, la zona en cuestión se localiza en la macroregión económica Pacífico Sur, formada por las entidades federativas de Oaxaca, Guerrero y Chiapas; y dentro del estado de Chiapas en la microregión económica Istmo-Costa (Bassols, 1991).

Políticamente, la cuenca queda comprendida en el estado de Chiapas; y pertenece en su totalidad al municipio de Pijijiapan (Figura I.1).

Ubicación de la cabecera y el considerado punto terminal

La cabecera del río Pijijiapan, se ubica en la porción meridional de la Sierra Madre de Chiapas a 2480 m.s.n.m en el Cerro Azul, cuyas coordenadas geográficas son 15°52'45" N de latitud Norte y 93°08'12" W de longitud Oeste. Éste cerro forma parte del parteaguas

meridional de la Sierra Madre de Chiapas, que divide a la subregión hidrológica número 23 conocida como Costa de Chiapas (a la que pertenece la cuenca) de la subregión hidrológica número 30, a la que pertenece la cuenca del río Grijalva (Figura I.1).

La parte de la cuenca alta del río Pijijiapan que se considera para este estudio como punto terminal, está al N-NW de la ciudad de Pijijiapan, a la altura del puente de la carretera federal costera que atraviesa al río; cuyas coordenadas geográficas son 15°40'54''N de latitud norte y 93°10'03''W de longitud Oeste; como ya se dijo anteriormente, queda limitada en su porción final por la estación hidroclimatológica "Pijijiapan" (Figura I.1), (Fotografía I).

Coordenadas extremas

La cuenca alta del río Pijijiapan se ubica geográficamente entre los paralelos 15° 40' 54''N y 15° 52'45''N de latitud Norte; y los meridianos 93° 04'54''W y 93°13'21''W de longitud Oeste (Figura I.1), (Tabla I.1).

Tabla I.1 Cuenca alta del río Pijijiapan: Coordenadas extremas y regiones colindantes.

Dirección	Coordenadas geográficas	Coordenadas UTM en metros	Regiones colindantes
Norte	15°52'45" 93°08'12"	1,755,500 485,350	Cuenca del río Grijalva(Región hidrológica número 30)
Sur	15°40'54" 93°10'13"	1,733,650 482,050	Planicie costera de Chiapas
Suroeste			Ciudad de Pijijiapan
Este	15°45'00" 93°04'54"	1,741,200 491,200	Cuenca del río Coapa(Región hidrológica número 23, Costa de Chiapas)
Oeste	15°42'58" 93°13'21"	1,737,500 476,150	Cuenca del río Urbina(Región hidrológica número 23, Costa de Chiapas)

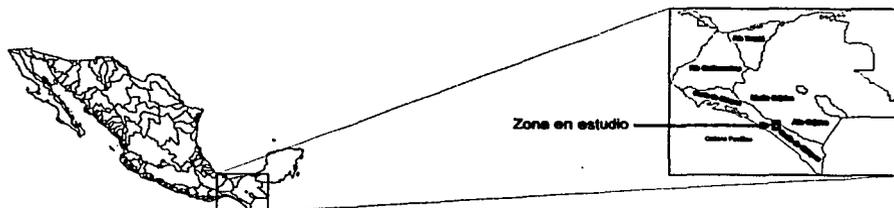
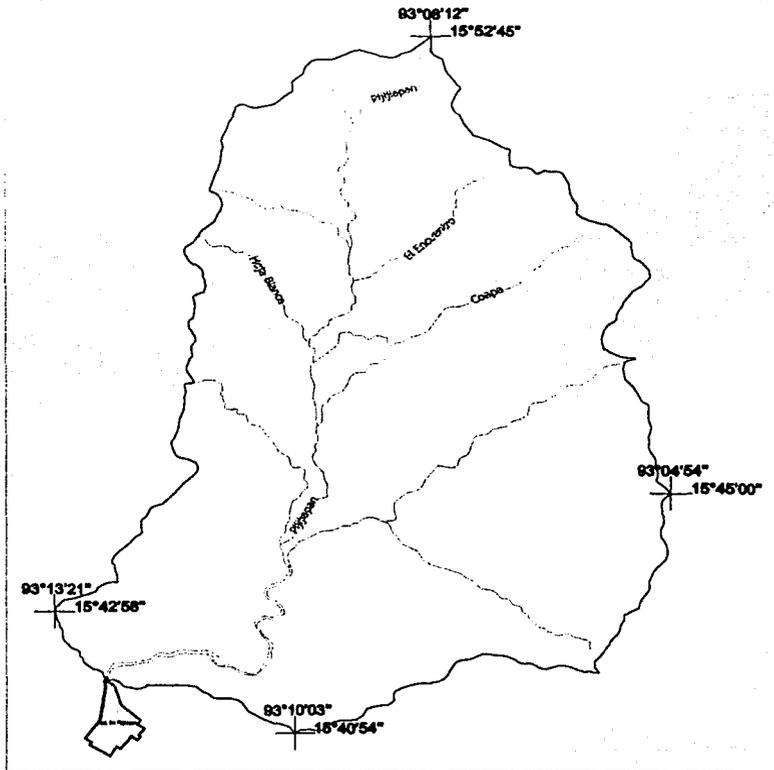
Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en INEGI 1988 y 1994.

Vecindad con otras cuencas

La cuenca alta del río Pijijiapan limita al Norte con la cuenca del río Grijalva (subregión hidrológica número 30) la cual pertenece a la vertiente mexicana hacia el Golfo de México, al Este colinda con la cuenca del río Coapa y al Oeste con la cuenca del río Urbina, ambas dentro de la subregión hidrológica número 23, conocida con el nombre de costa de Chiapas, que pertenece a la vertiente mexicana hacia el Océano Pacífico. (Figura I.1).

Figura I.1 Cuenca alta del río Pijijapan: Localización Geográfica

Ampliación de la zona en estudio



Elaboró: Álvaro Ramírez Laguna.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Parámetros morfométricos

Para la mejor comprensión del funcionamiento hidrológico de la cuenca alta del río Pijijiapan, se calcularon los siete principales coeficientes morfométricos que a continuación se describen.

Área y perímetro

La cuenca alta del río Pijijiapan ocupa una superficie de **206.00 km²**, que equivalen a **20,600 Ha**; con respecto al perímetro, también se le conoce con el nombre de coeficiente de desarrollo de la divisoria principal, y entre más sinuoso sea el parteaguas, como es el caso de la zona de investigación, mayor será su edad geológica, la cifra en la cuenca alta del río Pijijiapan es de **67.62 Km**.

Orientación

Este parámetro es de suma importancia en el estudio, porque dependiendo de la dirección geográfica que tenga la cuenca, será el número de horas de insolación que reciba la misma, y de esto dependerá la cantidad de agua que se pierda hacia la atmósfera por medio de la evapotranspiración que realice la vegetación. La cuenca alta del río Pijijiapan, tiene una orientación NNW-SSE, lo que indica que los rayos solares caen directo en las laderas de las montañas por la tarde, conforme el sol en su recorrido de Oeste a Este se va ocultando por el horizonte.

Coefficiente de compacidad

También se le conoce con el nombre de coeficiente de compacidad de Gravelius, y se utiliza para determinar la forma de la cuenca y conocer las posibilidades de concentración de escurrimiento en cauces que puedan provocar inundaciones, éste índice, a su vez depende de factores tales como la intensidad de la lluvia, el grado de deforestación, la permeabilidad del terreno y las condiciones litológicas y edáficas de la cuenca, acerca de este parámetro morfométrico se dice que:

Relaciona el perímetro de la cuenca con el de la circunferencia de un círculo de igual área a la de la cuenca; el valor mínimo que se puede obtener es 1, y cuanto mayor sea el índice más alargada será la cuenca (Maderey, 1977, p. 13).

Para calcularlo se empleo la siguiente formula:

$$K = \frac{0.28(P)}{\sqrt{A}}$$

Donde:

K= Constante

P= Perímetro

A= Área

Sustituyendo la formula con los valores de la cuenca se tiene:

$$K = \frac{0.28(67.62\text{Km})}{\sqrt{206\text{Km}^2}}, K = \frac{18.93}{14.35}, K = 1.32$$

Por lo tanto, la zona en investigación con un coeficiente de compacidad de **1.32**, tiende a la circularidad, de lo que se infiere que en la temporada de lluvias los cauces de ésta unidad natural del relieve, pueden concentrar el escurrimiento en un tiempo relativamente corto y provocar que los arroyos y el mismo río Pijijiapan se desborden y provoquen inundaciones a lo largo de la cuenca o río abajo, perjudicando a localidades que se localicen en zonas aledañas y a la misma ciudad de Pijijiapan.

Factor de forma

El factor de forma, ofrece algún indicio de la tendencia a las crecidas, porque una cuenca cuyo factor de forma es bajo, propende menos a tener simultáneamente una lluvia intensa sobre toda su extensión, y por lo tanto, es menos probable que se presenten crecidas de cierta consideración, lo contrario sucede en una cuenca con área de tamaño igual, pero con factor de forma mayor.

La forma de la cuenca interviene, principalmente, en la manera de cómo se presenta el volúmen de agua escurrido en la salida de la cuenca; en cuencas compactas, como lo es la cuenca alta del río Pijijiapan, el agua tarda menos en llegar a la salida, lo que favorece una rápida concentración del volúmen escurrido en un tiempo relativamente corto.

Para calcular el valor del factor de forma se empleo la siguiente formula:

$$F_r = A/L_b^2$$

Donde:

F_r = Factor de forma

A = Área

L_b^2 = Longitud de la corriente principal

Reemplazando con los valores obtenidos en la cuenca vertiente del río Pijijlapan se tiene:

$$F_r = \frac{206\text{Km}^2}{(28\text{Km})^2}, F_r = \mathbf{0.263}$$

La cuenca en estudio, tiene un factor de forma con un valor de **0.263**, lo que se interpreta como una cuenca fluvial con una alta tendencia a las crecidas en un tiempo relativamente corto: lo cual se corrobora con el mapa de la figura I.2 donde se observa una hoya que tiende a la forma circular.

Ancho promedio

Este parámetro, se obtuvo al dividir el área de la cuenca entre el largo de la misma y la formula que se empleo es la siguiente:

$$B_c = \frac{A}{L_c}$$

Donde:

B_c = Ancho promedio

A = Área

L_c = Largo de la cuenca

sustituyendo los valores se tiene:

$$B_c = \frac{206\text{Km}^2}{21.7\text{Km}^2}, B_c = \mathbf{9.50 \text{ Km}}$$

La cuenca alta del río Pijijlapan, por ser de tamaño pequeño, tiene como anchura promedio **9.50 Km**, lo que se considera dentro de la media por su extensión aréal de 206 Km².

Largo

El largo es la distancia en línea recta que existe entre la desembocadura o el punto más bajo seleccionado sobre el colector principal de la cuenca y el punto más alejado aguas arriba de ésta. En la cuenca en estudio el largo se midió desde el Cerro Azul donde nace el río Pijijiapan hasta el puente de la carretera federal costera, y su valor fue de **21.7 km**, cifra que se consideró corta como consecuencia de la cercanía de la Sierra Madre de Chiapas con la línea costera.

Oroalтимetría

Todas las principales elevaciones montañosas dentro de la cuenca alta del río Pijijiapan pertenecen a las laderas meridionales de la Sierra Madre de Chiapas y son las siguientes:

● Cerro Azul

Es el punto con la mayor altitud en la zona de estudio, se ubica a 21.7 Km al Nor-Noreste de la ciudad de Pijijiapan y tiene una altitud de 2480 m.s.n.m, las laderas de este cerro son muy escarpadas (aunque la parte de declives se describirá con detalle más adelante) aquí es donde nace el río que lleva el mismo nombre que la ciudad (Figura I.2).

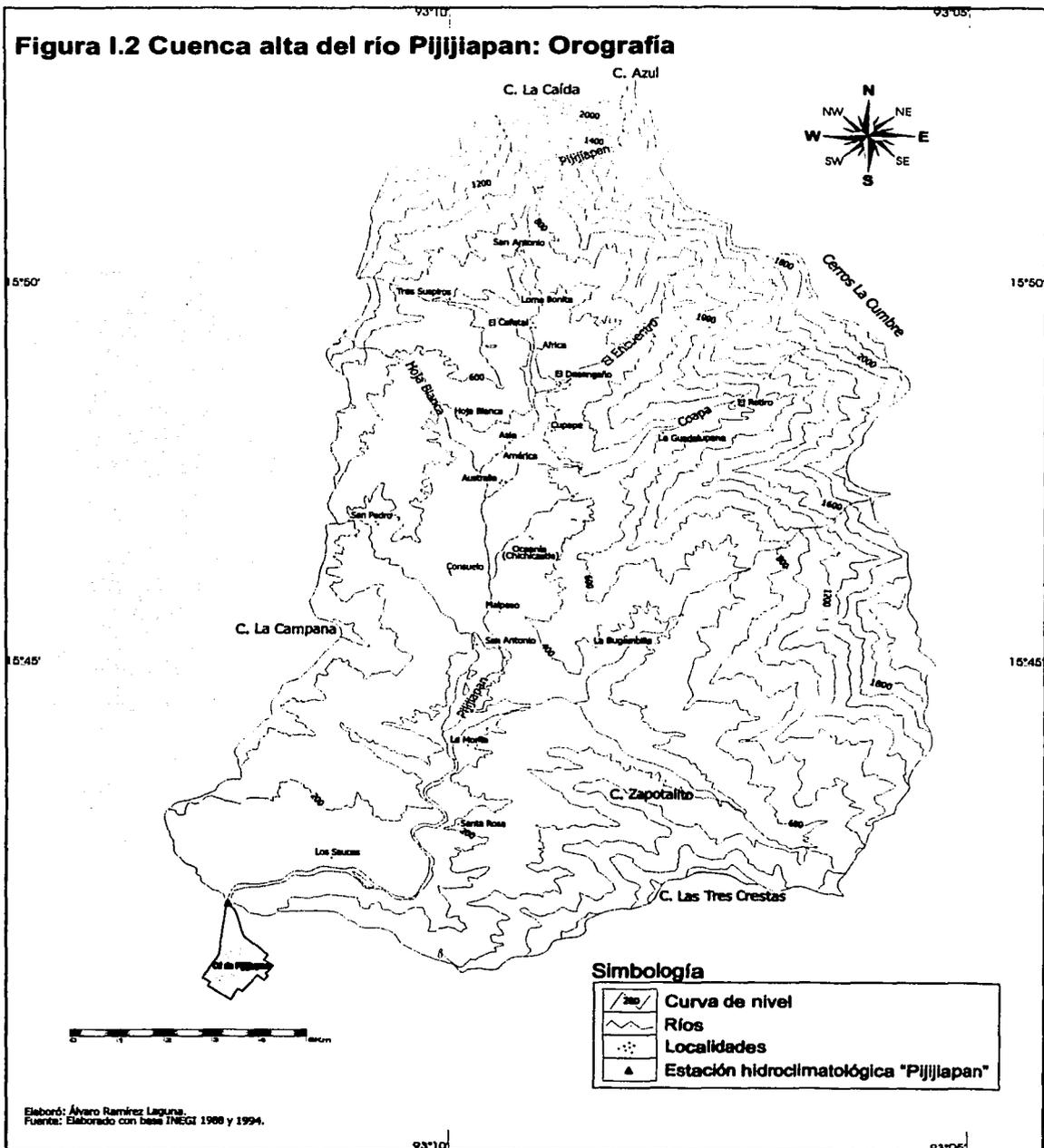
● Cerro La Caída

El Cerro La Caída se ubica a 20.7 Km al Nor-Noreste de la ciudad de Pijijiapan, y tiene una altitud de 2260 m.s.n.m (Figura I.2).

● Cerros La Cumbre

Con una altitud que oscila entre los 2420 y los 2100 m.s.n.m estos cerros se localizan a 19.4 y 18.8 Km respectivamente al Noreste de la ciudad de Pijijiapan, y sirven de parteaguas entre la cuenca alta del río Pijijiapan y las cuencas de los ríos Coapa (subregión hidrológica #23 Costa de Chiapas) y la cuenca del río Grijalva(subregión hidrológica #30); son de estas montañas donde nacen las corrientes que son afluentes del río principal denominadas El Encuentro y Coapa (Figura I.2).

Figura I.2 Cuenca alta del río Pijjiapan: Orografía



Elaboró: Álvaro Ramírez Laguna.
Fuente: Elaborado con base INEGI 1988 y 1994.

● **Cerro Las Tres Crestas**

Se localiza al Este-Noreste a 8.6 Km de la ciudad de Pijijiapan y tiene una altitud de 1080 m.s.n.m, sirve de división entre esta cuenca y la del río Coapa que también pertenece a la subregión hidrológica #23 Costa de Chiapas (Figura I.2).

● **Cerro Zapotalito**

Es una elevación interna de 700 m.s.n.m y se le localiza a 8.0 Km al Este-Noreste de la ciudad de Pijijiapan (Figura I.2).

● **Cerro La Campana**

Tiene una altitud de 660 m.s.n.m y se ubica a 7.1 KM al Nor-Noreste de la ciudad de Pijijiapan, este cerro es el límite entre esta área y la cuenca del río Urbina que pertenece a la subregión hidrológica #23 Costa de Chiapas (Figura I.2).

Como en el mapa topográfico no son perceptibles a simple vista las franjas altimétricas, se elaboró el mapa altimétrico en donde a cada rango altitudinal se le asignó un color, las partes altas tienen colores más cálidos o fuertes y las de menor altitud tonos claros o fríos (Figura I.3).

Para observar como se ve observa el relieve en la realidad, se hizo el Modelo Digital del Terreno de la cuenca hidrográfica del río Pijijiapan en tercera dimensión (Figura I.4).

Declives generales

El conocimiento del declive, también conocido con el nombre de pendiente, es necesario para tener una idea de la intensidad de algunos procesos hidromorfológicos como lo son el escurrimiento, la erosión fluvial, los procesos de ladera y la erosión del suelo, todo en función de la inclinación del terreno y de las cañadas con sus respectivos cauces.

En los mapas topográficos están representadas las montañas por medio de curvas de nivel ya sean maestras o auxiliares y en principio se sabe que cuando las curvas se encuentran más juntas, el relieve real tiene más inclinación y conforme las curvas se van separando el declive va disminuyendo, lo que no se sabe es cuanto mide esa inclinación

expresada en porcentaje o medida en grados, por esto es indispensable el mapa de declives para que proporcione una idea general de las condiciones de inclinación del terreno.

La manera de simplificar la elaboración del mapa de declives en donde se muestran áreas con cierta inclinación es por medio del establecimiento de rangos y categorías, es decir, fijando un límite superior y uno inferior que especifique entre que rangos de inclinación quedan comprendidos las variaciones angulares de las laderas representadas en el mapa; los rangos que se manejaron en el trabajo son los siguientes:

- **Áreas con declives >45°**

Estos declives se presentan en las partes más elevadas de las montañas de la Sierra Madre de Chiapas como el Cerro Azul, Cerro La Caída, y Cerros La Cumbre principalmente, abarcan un área de 5.06 km² que representan el 2.46% del total de la cuenca (Figura I.5), (Tabla I.2).

- **Áreas con declives entre 45° y 24°**

Es la categoría de declives que ocupa el segundo lugar por su extensión con 55.86 Km² que equivalen a 27.12% con respecto al total; se distribuyen a lo largo del talud de transición principalmente en las laderas de las montañas aproximadamente entre las cotas de 600 a 1200 m.s.n.m, en las localidades de El Retiro y La Guadalupeana (Figura I.5), (Tabla I.2).

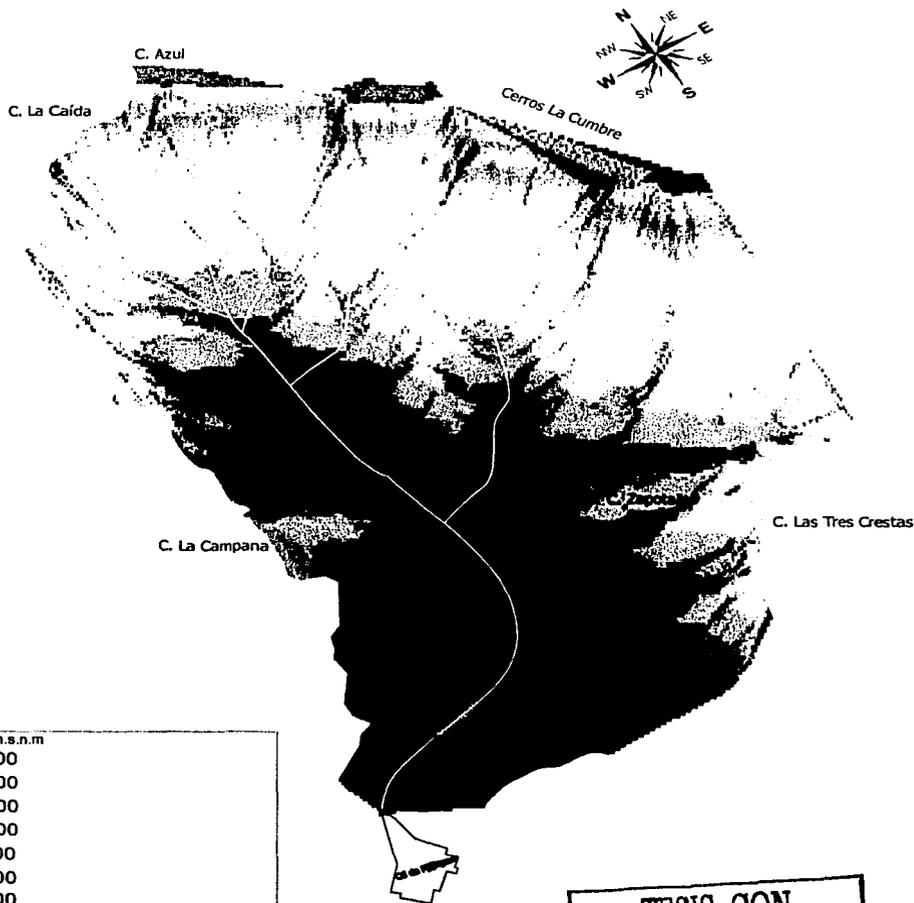
- **Áreas con declives entre 24° y 12°**

Ocupa el primer lugar esta categoría de declives con sus 58.53 Km² que representan el 28.41%, se ubican en las cañadas de los riachuelos a una altitud de entre 400 y 800 m.s.n.m, en las localidades de San Antonio, África y Cuppape (Figura I.5), (Tabla I.2).

- **Áreas con declives entre 12° y 6°**

Se ubican principalmente en las partes bajas de algunas cañadas entre los 400 y 600 m.s.s.m, en las localidades de Loma Bonita, El Cafetal, Hoja Blanca, Consuelo, Malpaso y Santa Rosa (Figura I.5), (Tabla I.2).

Figura I.4 Cuenca alta del río Pijijiapan: Modelo Digital de Elevación



Simbología

Rango altitudinal en m.s.n.m

	2480-2200
	2400-2200
	2200-2000
	2000-1800
	1800-1600
	1600-1400
	1400-1200
	1200-1000
	1000-800
	800-600
	600-400
	400-200

Ríos

Estación hidroclimatológica "Pijijiapan"

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Elaboró: Álvaro Ramírez Laguna.
Fuente: Elaborado con base en las curvas de nivel de INEGI 1988 y 1994.
Nota: La forma de la cuenca alta del río Pijijiapan, se distorsionó en éste Modelo Digital de Elevación, como consecuencia del procesamiento de la imagen, de todos modos se optó por poner el mapa correspondiente para tener cuenta del relieve que proporciona.

● Áreas con declives entre 6° y 3°

Ocupan una extensión de 22.10 Km² que representan el 10.73% del área total de la cuenca, principalmente estos declives se localizan alrededor de la cota de 200 metros de altitud en la "garganta" de la curva de nivel, en las localidades de El Desengaño, Australia, San Antonio, La Morita y Los Sauces (Figura I.5), (Tabla I.2).

● Áreas con declives entre 3° y 1°30'

Representan el 8.04% de la cuenca con sus 16.56 km², es una zona apta para los cultivos ya que el relieve es suave, casi no existe la erosión y tiene la ventaja de que el material es rico en minerales por el material aluvial acarreado por los ríos y arroyos, se localiza cerca de las localidades Asia, América, San Pedro y Oceanía (Figura I.5), (Tabla I.2).

● Áreas con declives < 1°30'

Es un declive que predomina en los valles, donde las curvas de nivel se ensanchan, primordialmente se distribuyen entre las altitudes de 200 y 400 m.s.n.m, ocupan una extensión de 7.11 km² que equivalen al 3.45% del total del área bajo estudio (Figura I.5), (Tabla I.2).

Tabla I.2 Cuenca alta del río Pijijapan: Unidades de declive.

Categorías del Declive.	Descripción.	Área Km ² .	% del área
>45°	Muy escarpado	5.06	2.46
45°-24°	Escarpado	55.86	27.12
24°-12°	Algo escarpado	58.53	28.41
12°-6°	Muy inclinado	40.78	19.80
6°-3°	Moderadamente ondulado	22.10	10.73
3°-1°30'	Suave	16.56	8.04
<1°30'	Llano	7.11	3.45
Total.		206.00	100.00

Fuente: Elaborado con base en cálculos realizados por Álvaro Ramírez Laguna en INEGI 1988 y 1994.

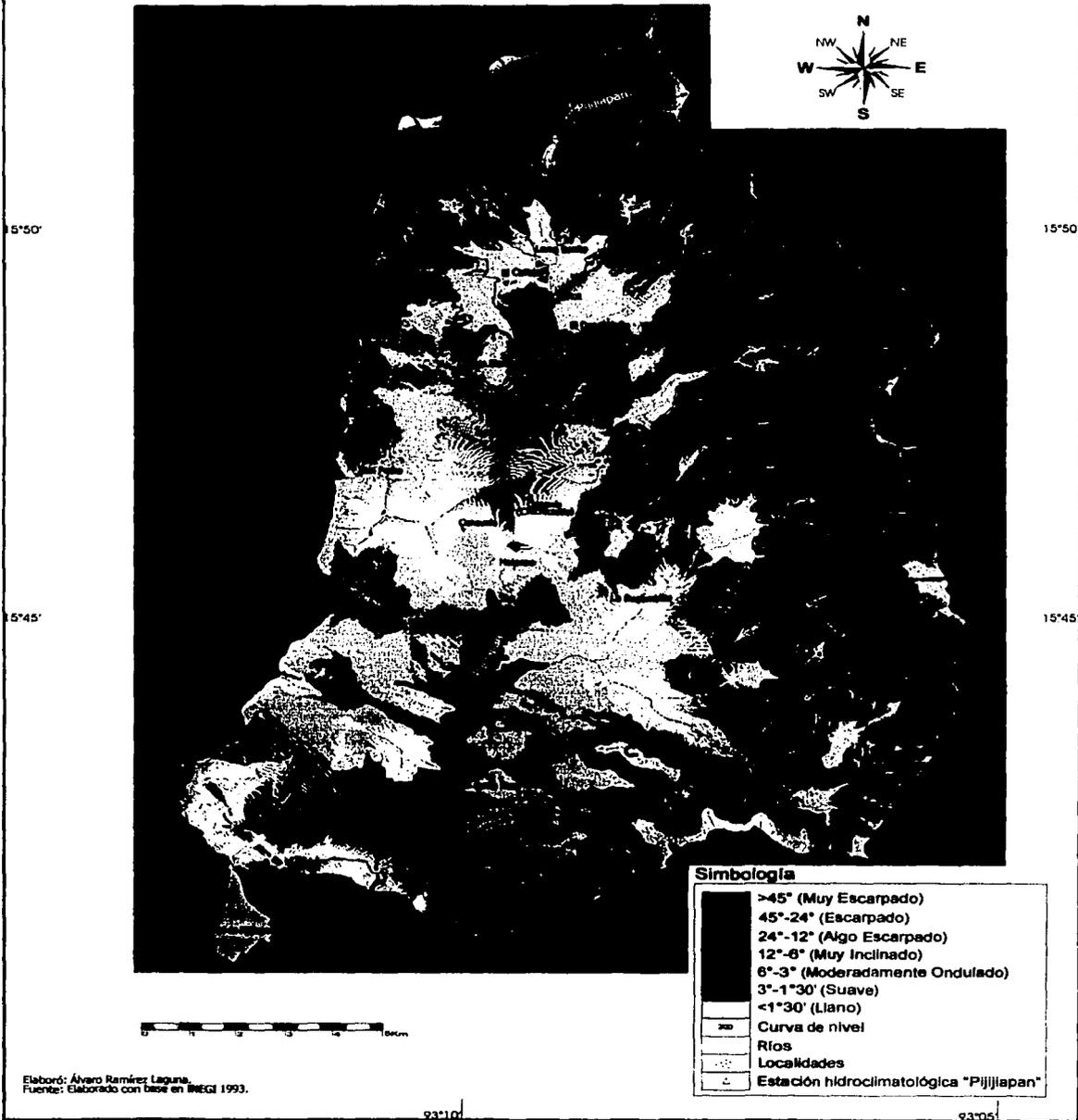
Declive Absoluto

Este parámetro se calculó con la aplicación de la siguiente formula:

$$D = \frac{D_c}{D_t} * 100$$

Donde: D= Declive, D_c= Diferencia entre cota mayor y menor, D_t= Distancia entre cotas, reemplazando valores en la formula se tiene:

Figura 1.5 Cuenca alta del río Pijijiapan: Declives Orográficos



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

$$D = \frac{2420 \text{ m}}{21650 \text{ m}}$$

$$D = 0.1118 \times 100, \mathbf{D = 11.18\%}$$

El declive absoluto se calculó midiendo la distancia en línea recta que hay de la desembocadura del río Pijjiapan hasta el punto de mayor altitud, en este caso la cumbre del Cerro Azul y el resultado fue de 11° lo que es igual a 11.15%, lo que teóricamente se interpreta que por cada 100 metros que se avance en línea recta desde la cima hasta la desembocadura se descenderán aproximadamente 11 metros.

Histograma de frecuencias altimétricas

En la figura I.6 se aprecia que la distribución de los pisos altimétricos se clasifica en tres grandes grupos con base en su extensión areal:

1. El primer grupo abarca tres rangos que van de los 2000 a 2480 m.s.n.m, el decrecimiento areal entre un piso y otro es proporcional. En conjunto suman 2.77 Km² que representan el 1.34% del total de la cuenca (Figura I.5), (Tabla I.3).
2. Abarca de los 2000 a 1200 metros de altitud, el área de cada piso altimétrico aumenta progresivamente conforme va disminuyendo la altitud, son cuatro grupos altimétricos que suman 30.67 Km² que equivalen a 14.9% de área total bajo estudio (Figura I.5), (Tabla I.3).
3. Son seis pisos altimétricos que suman 172.56 Km² y representan el 83.76% de toda la cuenca; se localizan desde los 1200 a los 60 m.s.n.m, son los pisos altitudinales predominantes en la cuenca del río Pijjiapan. El aumento areal es gradual hasta la categoría de 200-400 metros de altitud que tiene una extensión de 48.42 Km² que es la extensión máxima; pero en el rango altitudinal de 60-200 m.s.n.m disminuye a 19.92 Km² (Figura I.5), (Tabla I.3).

Unidades básicas del relieve

Se detectaron tres unidades básicas del relieve en la cuenca fluvial del río Pijjiapan y son las siguientes:

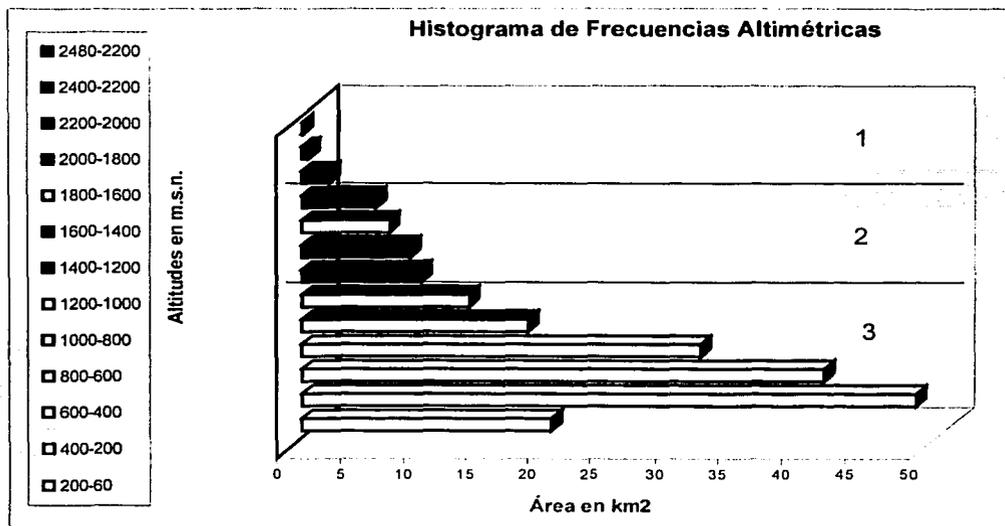


Figura I.6 Cuenca alta del río Pijjiapan: Histograma de frecuencias altimétricas.
Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la tabla I.3.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

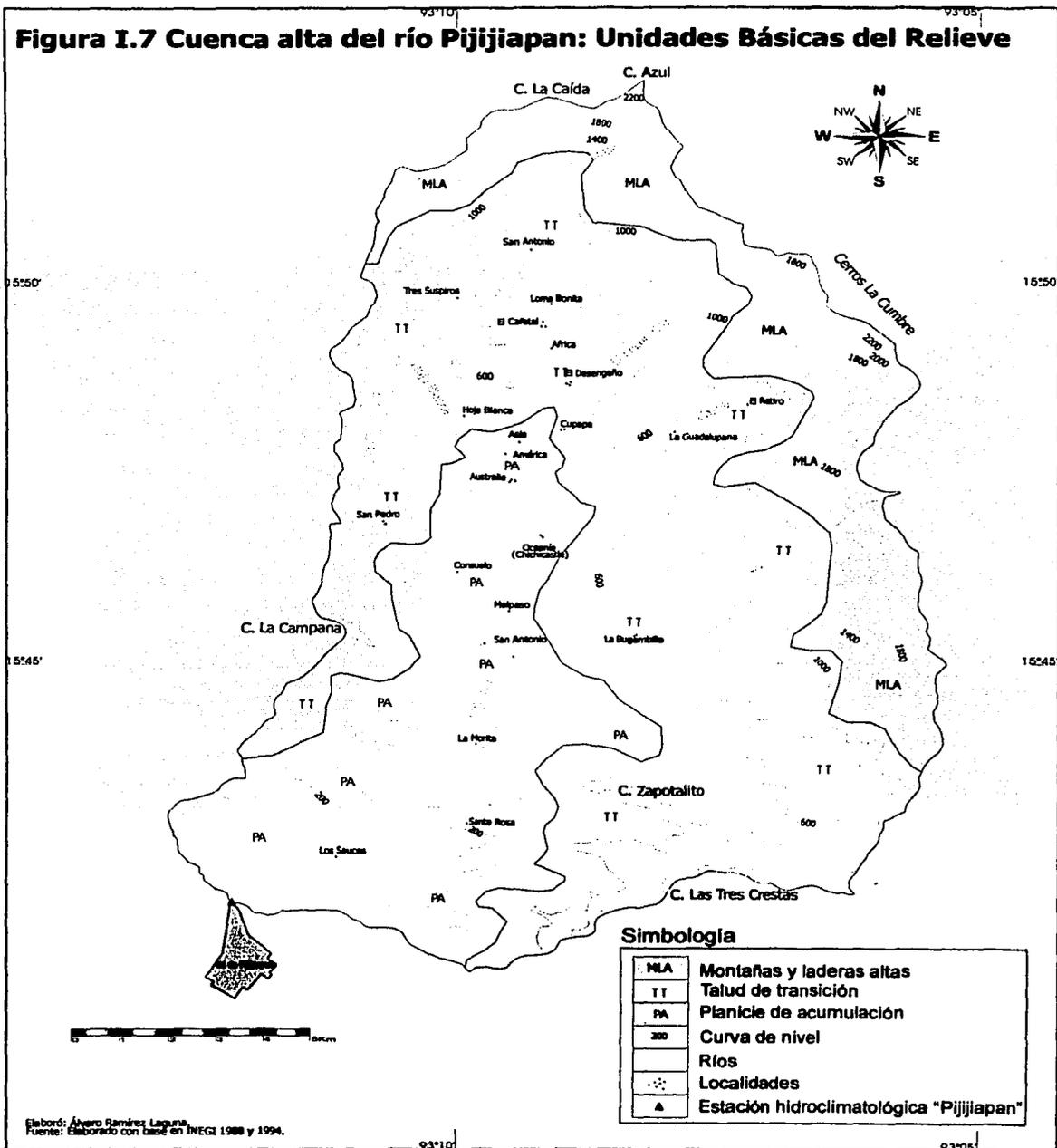
● Montañas y laderas altas

Esta unidad básica del relieve se distribuye primordialmente a lo largo de las estribaciones meridionales de la Sierra Madre de Chiapas, con una dirección NNW-SSE, con altitudes que oscilan entre los 2480 y los 1200 m.s.n.m. Se caracteriza por ser una región donde la acumulación de material aluvial es escasa, y por el contrario aporta muchos detritos por los elevados declives que se presentan que son de 45°-24° primordialmente y en menor proporción los >45°, en ésta unidad natural del relieve por los declives elevados que predominan no hay ningún asentamiento humano (Figura I.7).

● Talud de transición

También se le conoce como "Piedemonte", se ubica aproximadamente entre los 1200 y los 400 m.s.n.m; aquí se localizan las localidades de San Antonio, Tres Suspiros, Loma Bonita, El Cafetal, África, El Desengaño, El Retiro, Hoja Blanca, La Guadalupana, San Pedro y La Bugambilia; es un área de transición por un lado hacia las montañas y laderas altas y por el otro para la planicie de acumulación. Los declives que predominan son 45°-24° (Escarpado); 24°-12° (Algo escarpado) y 12°-6° (Muy inclinado), (Figura I.7).

Figura I.7 Cuenca alta del río Pijijiapan: Unidades Básicas del Relieve



Simbología

MLA	Montañas y laderas altas
TT	Talud de transición
PA	Planicie de acumulación
200	Curva de nivel
1000	Ríos
●	Localidades
▲	Estación hidroclimática "Pijijiapan"

Elaboró: Álvaro Ramírez Laguna.
Fuente: Elaborado con base en INEGI 1988 y 1994.

● Planicie de acumulación

Es una zona donde predomina la acumulación de material aluvial, es decir, el acarreado por el río Pijijiapan, es un área donde el relieve es más suave predominando un valle de acumulación fluvial en etapa madura en forma de "v" con algunos lomeríos; en ésta unidad básica del relieve se aposentan las localidades de Asia, América, Australia, Oceanía, Consuelo, Malpaso, San Antonio, La Morita, Santa Rosa y Los Sauces; se localizan declives de, 6°-3° (Moderadamente ondulado), 3°-1°30' (Suave) y <1°30' (Llano), (Figura I.7).

Tabla I.3 Cuenca alta del río Pijijiapan: Análisis oroaltimétrico.

Altitudes.	Dif. Mts.	Alturas m.	Altura %	Área Km ² .	Área %	Área acum.	Área % ac.
2,480-2,400	80	2,420-2,340	100-96.69	0.03	0.01	0.03	0.01
2,400-2,200	200	2,340-2,140	96.69-88.43	0.52	0.25	0.55	0.26
2,200-2,000	200	2,140-1,940	88.43-80.17	2.22	1.08	2.77	1.34
2,000-1,800	200	1,940-1,740	80.17-71.90	5.76	2.80	8.53	4.14
1,800-1,600	200	1,740-1,540	71.90-63.64	6.85	3.33	15.38	7.47
1,600-1,400	200	1,540-1,340	63.64-55.37	8.58	4.17	23.96	11.64
1,400-1,200	200	1,340-1,140	55.37-47.11	9.48	4.60	33.44	16.24
1,200-1,000	200	1,140-940	47.11-38.84	13.23	6.42	46.67	22.66
1,000-800	200	940-740	38.84-30.58	18.02	8.75	64.69	31.41
800-600	200	740-540	30.58-22.31	31.67	15.37	96.36	46.78
600-400	200	540-340	22.31-14.05	41.30	20.05	137.66	66.83
400-200	200	340-140	14.05-5.79	48.42	23.50	186.08	90.33
200-60	140	140-0	5.79-0.00	19.92	9.67	206.00	100.00
Total.				206.00	100.00		

Fuente: Elaborado con base en cálculos efectuados por Álvaro Ramírez Laguna.

Nota: Dif. Mts= Diferencia en metros, Alturas m.= Alturas en metros, Área acum.= Área acumulada, Área % ac.= Área porcentual acumulada.

Curva hipsográfica

Es la representación de la forma media del relieve de la cuenca alta del río Pijijiapan, medidas desde la cumbre más alta, en este caso el Cerro Azul, hasta la desembocadura. Es decir, la estación hidroclimatológica "Pijijiapan". Por su forma se le puede considerar como una línea similar a un gran perfil topográfico (Figura I.8).

Para construirla se tomaron en cuenta las altitudes de la cuenca y las áreas acumulativas que ocupan las mismas (Figura I.8).

Gracias a la curva, se tuvo una idea del relieve que predomina en la zona investigada, en este caso fue el moderadamente elevado (1,200-60 m.s.n.m), y se pudo observar que

aproximadamente a la altitud de 2,200 m.s.n.m se comenzó a flexionar la curva de nivel, indicando que en ésta altitud comienzan los cambios de declive (Figura I.8).

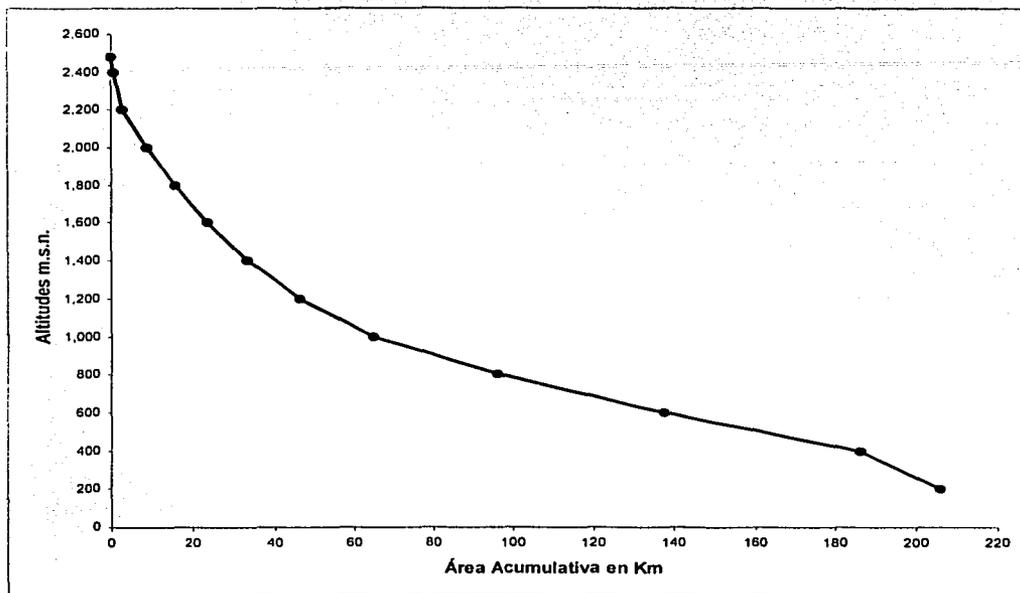


Figura I.8 Cuenca alta del río Pijjiapan: Curva hipsográfica.

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos de la tabla I.3, página 18.

Curva integral hipsométrica

Es una gráfica que se obtuvo a partir de las áreas porcentuales acumulativas de las franjas altimétricas de la cuenca alta del río Pijjiapan expresadas en Km^2 y después se transformaron a expresiones porcentuales cuya suma fue igual a 100% y se combinó con las altitudes máxima y mínima convertidas a altura, se hizo una transformación de altura máxima igual a 100% y altura mínima igual 0%. La presentación de esta gráfica es en forma de un cuadrado en el cual se graficaron los puntos de alturas porcentuales y áreas porcentuales acumulativas calculadas en un cuadro; en algunos aspectos tiene cierta similitud con la curva hipsográfica.

La gráfica se dividió en dos partes, el área sobre la curva, que teóricamente fue el volumen total de roca que se perdió por procesos hidrogeomorfológico-erosivos; y el área bajo la curva que representa el volumen de roca del relieve actual. En el caso de este trabajo se observa que la línea de la gráfica tiene una forma cóncava, lo que significa que debido a la antigüedad del material que lo compone (granito del cámbrico, 600 millones de años de antigüedad) y a las condiciones ambientales subtropicales de la región, se encuentra en una etapa de intensa erosión activa (Figura I.9).

Aunque el granito esta compuesto por material muy duro y resistente es tal el grado de alteración de la roca por las condiciones climatológicas que según López 1981 citando a Webber (1957) señala: "sus feldespatos están convertidos en arcilla, la biotita parcialmente descompuesta y solamente el cuarzo permanece inalterado" (p.255).

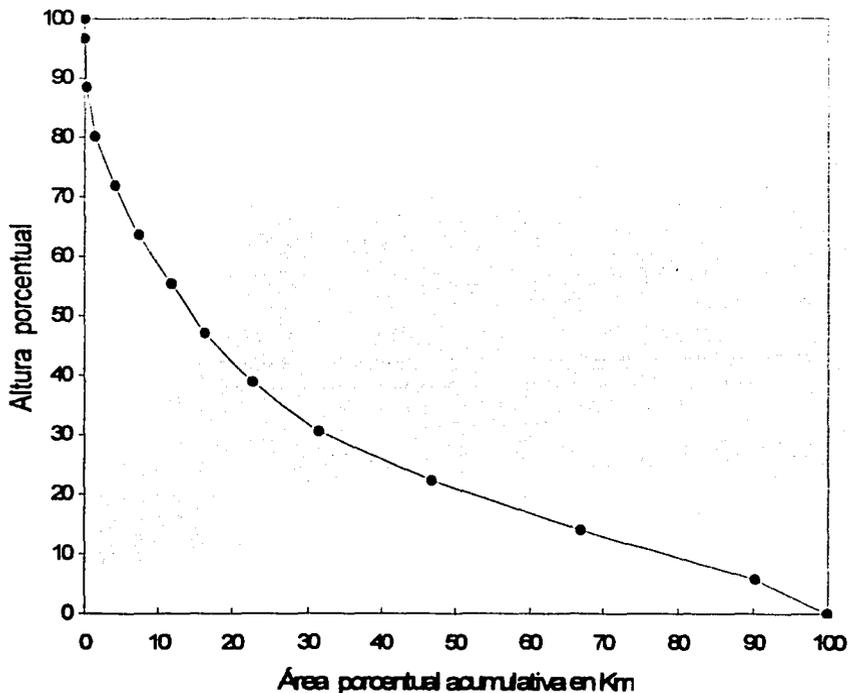


Figura I.9 Cuenca alta del río Pijjiapan: Curva integral hipsométrica.
Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos de la tabla I .3, página 18.

Climas

Para identificar los tipos de climas que predominan en la cuenca alta del río Pijijiapan se tomó como base la carta de climas a escala 1:500 000 editada por la Secretaría de la Presidencia y la Universidad Nacional Autónoma de México en 1970.

En la zona bajo estudio hay dos tipos de clima que pertenecen al grupo de climas A y tienen como principal característica ser tropicales lluviosos, húmedos o subhúmedos con una temperatura media del mes más frío mayor de 18° C.

Clima (A) C (fm) ig

Semicálido húmedo con régimen de lluvias intermedio, es decir, entre verano e invierno, es isotermal (oscilación térmica menor de 5° C) y presenta marcha del tipo ganges, ósea, el mes más caliente es antes del solsticio de verano, el % de precipitación invernal con respecto a la total anual es menor de 18. Se localiza por lo general en las porciones que corresponden a las montañas y laderas altas (Figura I.10).

Clima Am (w'') ig

Cálido húmedo con régimen de lluvias de verano, es isotermal (oscilación térmica menor de 5° C) y marcha del tipo Ganges, es decir, el mes más caliente es antes del solsticio de verano, presenta canícula, la temperatura media anual es sobre los 22° C y la del mes más frío sobre los 18° C (Figura I.10).

Cabe indicar que en el sitio considerado como punto terminal de la cuenca, hay una estación hidrométrica-climatológica denominada "Pijijiapan", y esta registra un tipo de clima diferente al que aparece en el mapa de climas de la misma región; esta unidad climática es la siguiente:

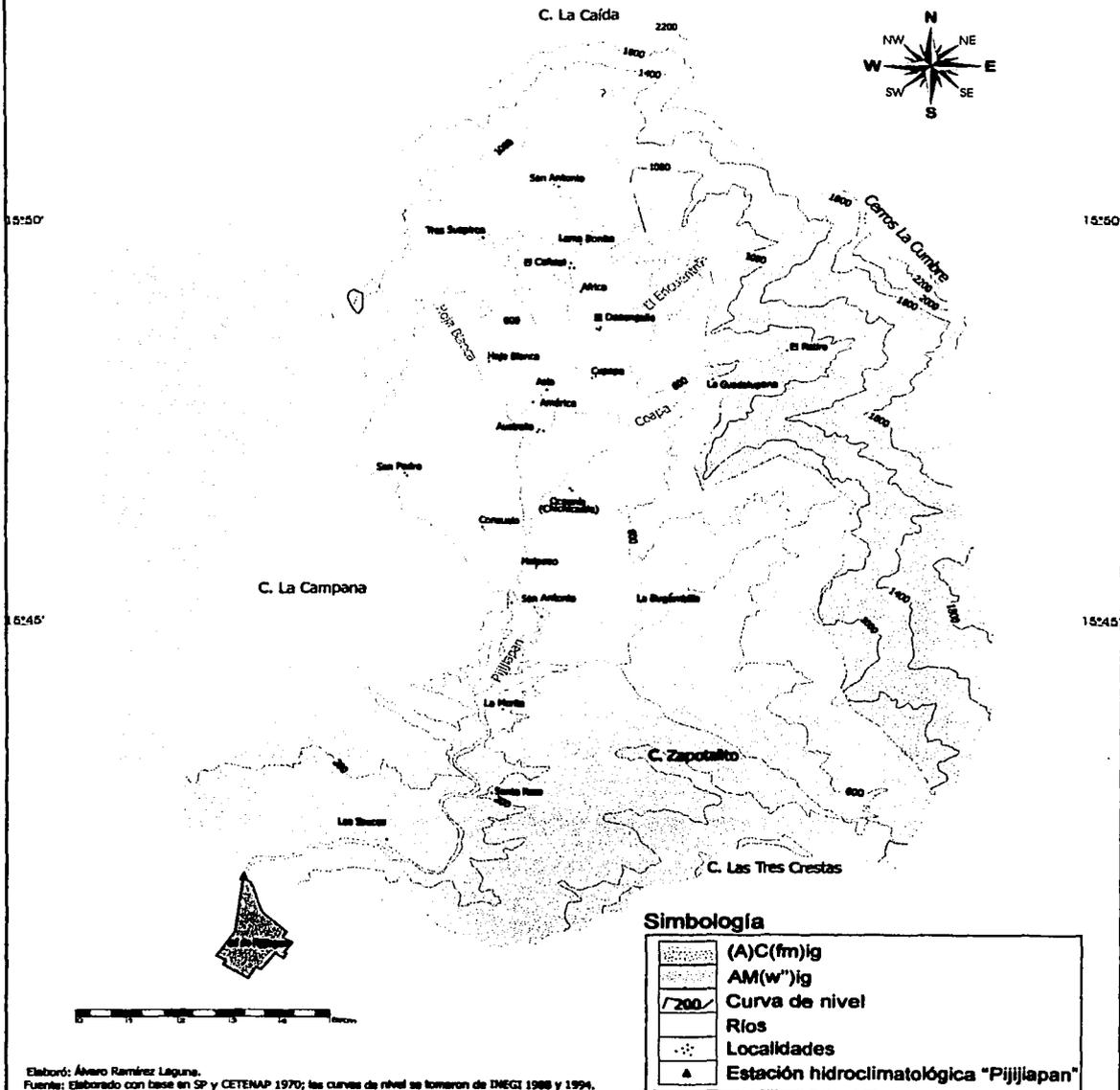
Clima Aw 2 (w) i g w''

La fórmula climática significa:

Semicálido subhúmedo (el más húmedo de los subhúmedos) con régimen de lluvias de verano (de mayo a octubre),. Presenta un bajo porcentaje de lluvia invernal (0.5mm) es isotermal (oscilación térmica menor de 5°c) y tiene marcha del tipo ganges, es decir, el mes más caliente es antes del solsticio de verano.

Figura I.10 Cuenca alta del río Pijijiapan: Climas

C. Azul



Simbología

	(A)C(fm)ig
	AM(w'')ig
	Curva de nivel
	Ríos
	Localidades
	Estación hidroclimatológica "Pijijiapan"

Elaboró: Álvaro Ramírez Laguna.

Fuente: Elaborado con base en SP y CETENAP 1970; las curvas de nivel se tomaron de INEGI 1968 y 1994.

Nota: Las frentes de lluvia se trazaron empleando el método de isoyetas con base en las curvas de isoterma climática mayo-octubre y noviembre-abril; en el caso de las isoterma se usó el método del gradiente térmico, con base en la temperatura registrada por la estación hidroclimatológica "Pijijiapan".

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La precipitación media anual es de 2336.4 mm, la mayor cantidad de precipitación es en el mes de septiembre con 498.2 mm y la mínima tiene lugar en Diciembre con 2.2mm. La temperatura media anual es de 28°.0 C; el mes más cálido se presenta en la estación de primavera, en el mes de abril, donde el termómetro registra 29°.4 C; la temperatura mínima tiene lugar en los meses de diciembre y enero, en la estación invernal con 27°.1 C; la oscilación térmica es del orden de los 2°.2 C, lo que se considera como pequeña.

Climograma

El climograma permitió tener una visión objetiva con respecto a las variables atmosféricas de temperatura y precipitación que imperan en los alrededores de la estación hidroclimatológica "Pijijapan"; ambos elementos del clima con 41 años de registro hasta el 2001 (Tabla I.4).

Tanto los registros de temperatura como los de precipitación sirvieron de base para realizar los cálculos necesarios del balance hídrico en la parte baja de la cuenca del río Pijijapan y así conocer el comportamiento del ciclo hidrológico local de esta región.

Cuadro I.4 Estación hidroclimatológica "Pijijapan": Temperatura y precipitación media mensual y anual; período 1960-2001.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Temperatura	27.5	27.8	28.6	29.6	29.3	28.3	28.2	28.1	27.9	28.1	28.1	27.7	28.3
Precipitación	1.4	7.8	14.1	42.8	222.0	406.8	363.3	416.1	499.0	225.7	56.4	8.7	2264.1

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos proporcionados por la estación hidroclimatológica "Pijijapan", Gerencia Regional Frontera Sur (GRFS) y el Observatorio Meteorológico de Tacubaya (OMT).

La temperatura comenzó a elevarse a principios de febrero, donde el termómetro registró 27°.8 C, y llegó a su punto máximo en abril con 29°.6 C; pero como consecuencia que el período de lluvias empezó en mayo y el pluviómetro marcó 222.0 mm, el calor disminuyó hasta valores que oscilaron entre los 29°.3 y 27°.9 C en toda esta temporada; para llegar a su punto más bajo en el mes de enero con 27°.5 C (Figura I.11).

En el mes de septiembre la precipitación pluvial alcanzó su valor máximo con 499.0 mm; cifra que enero disminuyó al mínimo con 1.4 mm (Figura I.11).

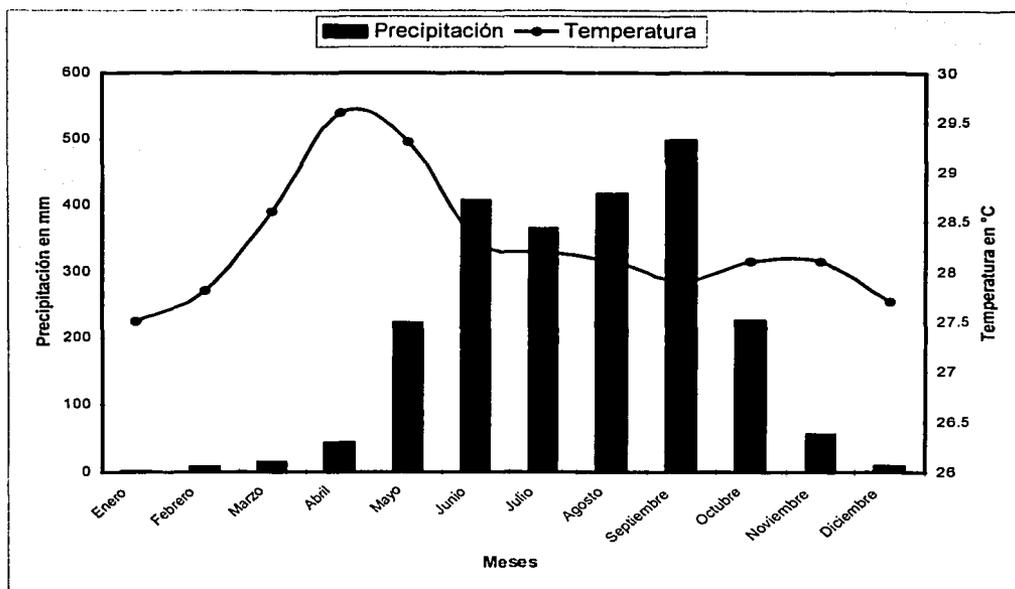


Figura I.11 Estación hidrolimnológica "Pijijiapan": Climograma, período 1960-2001.

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos proporcionados por la estación hidrolimnológica "Pijijiapan", Gerencia Regional Frontera Sur (GRFS) y el Observatorio Meteorológico de Tacubaya (OMT).

Vientos

El viento es un elemento del clima determinante para que las nubes provenientes del Océano Pacífico lleguen cargadas de humedad y se precipiten en forma de lluvia sobre la cuenca alta del río Pijijiapan y tenga continuidad el ciclo hidrológico.

Según los registros de la estación hidrolimnológica "Pijijiapan", el viento dominante a lo largo del año proviene del Suroeste, es decir, llega del lado del Océano Pacífico.

Acerca de este fenómeno natural en la vertiente meridional de la Sierra Madre de Chiapas en donde se ubica la zona de estudio, Miranda (1975) dice:

"La región al Sur de la Sierra Madre, desde la frontera con Guatemala hasta algo al Noroeste de Pijijiapan tiene un régimen de vientos diferente al anterior. Durante el verano el débil alisio del Nordeste no alcanza a esta zona, a donde llega en cambio el alisio del Sureste habiendo cambiado su dirección al Suroeste; cargado de humedad a su paso sobre las aguas

del Océano Pacífico, produce copiosas lluvias en toda la región. A partir de noviembre o diciembre, el alisio del Nordeste, ya más fuerte, alcanza también a esta región, especialmente durante la noche, y es sustituido durante el día por vientos débiles del Suroeste. Los "nortes" del invierno son vientos muy fuertes y fríos en las cumbres de la serranía, pero se van debilitando y calentando a medida que descienden, tomando el carácter de un Foehn".(p. 13)

Geología

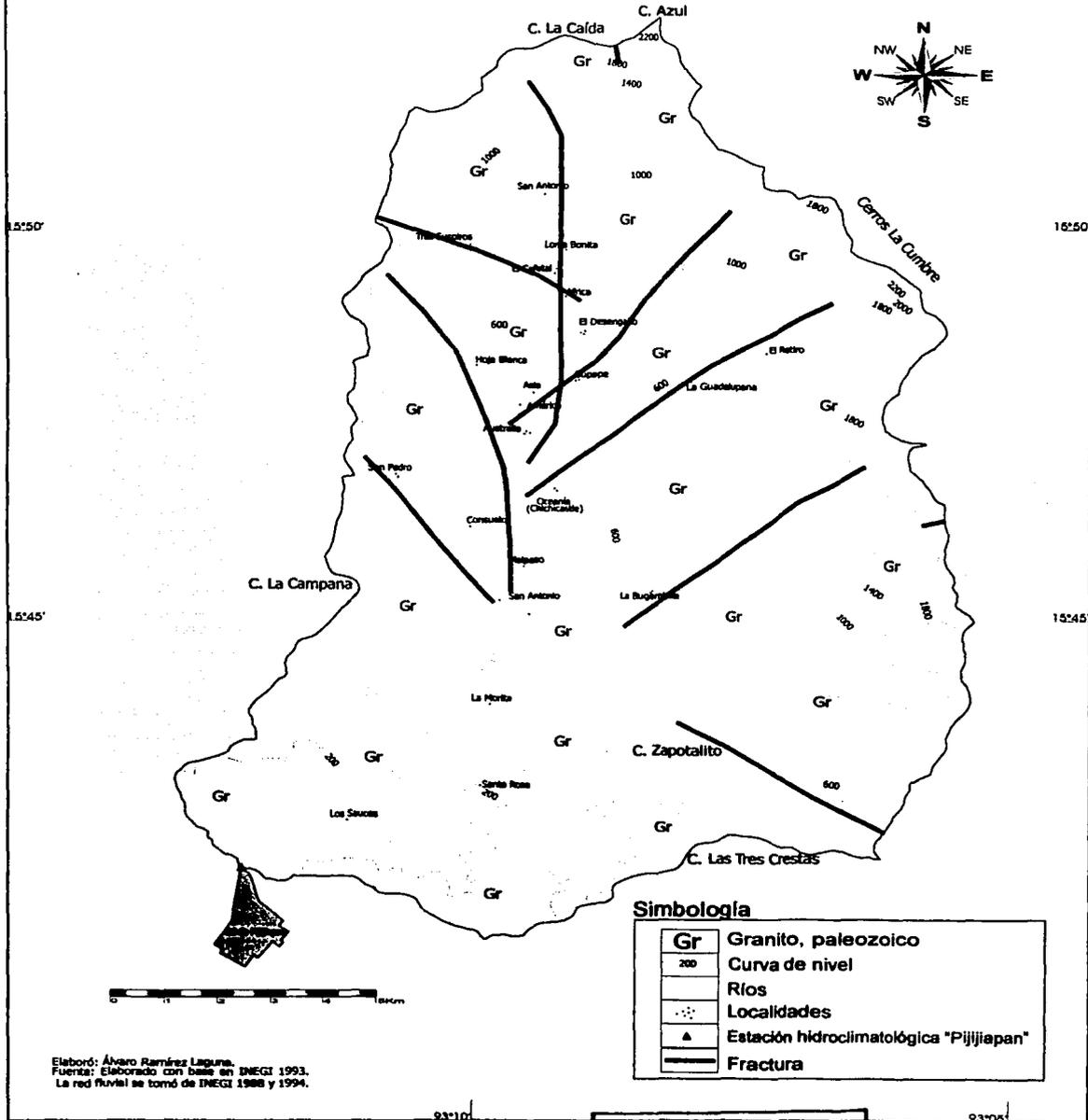
La unidad litológica localizada en el área bajo investigación está compuesta totalmente por rocas pertenecientes a un batolito granítico de 600 millones de años de antigüedad de la era Paleozoica, período cámbrico; éstas, son rocas ígneas intrusivas de grano grueso (textura fanérita), es decir, sus cristales son perceptibles a simple vista porque tuvieron más tiempo para enfriarse. Es una roca ácida por su alto contenido de silicatos y muy dura por su elevado porcentaje de ortoclasa y cuarzo que en la escala de dureza de Moss ocupan el sexto y séptimo lugar respectivamente; la composición mineralógica del granito es la siguiente: Ortoclasa 40%, cuarzo 35%, feldespato 15% y ferromagnesiano 10%.

En la margen Oriental del río Pijjiapan se ubican cuatro fracturas, las tres primeras de Norte a Sur con una dirección Noreste-Suroeste y la última con una orientación Noroeste-Sureste; la segunda fractura ayuda a que el río Coapa se encauce (Figura I.12).

Por la margen Occidental de la cuenca se localizan tres fracturas la primera de ellas describiéndolas de Norte a sur tiene una orientación WNW-ESE, la segunda NNW-SSE y la tercera Noroeste-Sureste; en la segunda fractura se aloja parte del cauce del río Hoja Blanca (Figura I.12).

Por último en la porción central de la zona bajo estudio en la cota altitudinal de 1500 m.s.n.m comienza otra fractura que encauza la parte alta del río Pijjiapan y se interna aproximadamente hasta los 400 metros de altitud; todas las fracturas están alineadas con las principales cañadas de la zona bajo estudio (Figura I.12).

Figura I.12 Cuenca alta del río Pijijiapan: Geología



Simbología

Gr	Granito, paleozoico
200	Curva de nivel
	Ríos
	Localidades
	Estación hidroclimatológica "Pijijiapan"
	Fractura

Elaboró: Álvaro Ramírez Laguna.
Fuentes: Elaborado con datos de INEGI 1993.
La red fluvial se tomó de INEGI 1988 y 1994.

Edafología

En la cuenca del río Pijijiapan existen tres asociaciones edafológicas que a continuación se describen.

Grupo1. Litosol+Regosol eútrico+Feozem con textura media(I+Re+Hh/2)

Grupo2. Luvisol crómico con textura fina(Lc₃)

Grupo3. Fluvisol+Cambisol eútrico textura con media(Je+Be/2)

Litosol (I)

Se localiza como unidad de suelo dominante en casi la totalidad de la cuenca, principalmente en las laderas y cimas de las principales elevaciones montañosas, así como en el piedemonte; ocupa la mayor extensión areal dentro de la cuenca, es decir, 197.57 km² que equivalen al 95.91% del total de la zona bajo estudio, éste tipo de suelo se caracteriza por tener una profundidad menor de 0.10 m hasta la roca madre (Figura I.13), (Tabla I.5), (Fotografías 2 y 3).

Cuando se ubican en los litosoles bosques y selvas, su utilización es forestal, no son aptos para ningún tipo de cultivo, y sólo se pueden destinar al pastoreo; tienen susceptibilidad a erosionarse de moderada a muy alta dependiendo de los parámetros morfométricos del terreno.

Regosol (Re)

Se ubica como unidad de suelo secundaria, es decir, asociado al litosol, son suelos claros sin estructura muy parecidos a la roca madre cuando no son profundos, y están formados por material suelto.

Tiene subunidad de suelo secundario eútrico que son regosoles con subsuelo rico o muy rico en nutrientes, su fertilidad es de moderada a alta y son de susceptibilidad variable a la erosión (Tabla I.5).

Feozem (Hh/2)

Se presenta como unidad de suelo terciaria, asociado al regosol y al litosol; estos suelos se caracterizan por tener una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes, su fertilidad varía de moderada a alta.

Tiene subunidad de suelo terciario háplico que son feozem sin ninguna propiedad especial, su susceptibilidad a la erosión depende al uso de suelo sometido y a la topografía, se tiene una textura media del suelo, es decir, <35% de arcilla < 65% de arena en los primeros 0.30 m del suelo (Tabla I.5).

Luvisol (Lc/3)

Se identificó como unidad de suelo primaria, ocupa el segundo lugar por extensión con 6.41 km², equivalente a 3.11% del total de la cuenca; se distribuye en la parte baja de la cuenca, su límite coincide en la zona donde se siembra el pastizal cultivado; estos suelos poseen un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo, el rendimiento en cultivos de café y algunos frutales tropicales es elevado, con pastizales cultivados e inducidos pueden dar buenas utilidades en la ganadería, en el uso forestal es muy importante y sus rendimientos sobresalientes (Figura I.13), (Tabla I.5).

Los luvisoles se diferencian de los acrisoles en que son más fértiles y menos ácidos que éstos; tiene subunidad de suelo crómico, son suelos que cuando están húmedos son de color rojo o amarillentos en el subsuelo, tienen fertilidad moderada.

Esta unidad edafológica es de alta susceptibilidad a la erosión principalmente por uso agrícola y pecuario sin tomar las precauciones necesarias, presenta textura de suelo fina, es decir, >35% de arcilla y fase física pedregosa que es una abundancia de rocas sobre la superficie y/o dentro de las capas superficiales del suelo, las rocas miden de 7.5 a 25 cm en su parte más ancha, ó sea, son más grandes que las gravas.

Fluvisol (Je)

Ocupa el tercer lugar por extensión dentro de la cuenca, cuenta con 2.02 km² que representan el 0.98% de toda la superficie del área bajo estudio. Se distribuye en la parte central de la cuenca, al Noreste del cerro La Campana, principalmente en parte del curso medio y las vegas del río Pijijapan (Figura I.13), (Tabla I.5).

Son suelos formados siempre por materiales arrastrados por agua y son muy pocos desarrollados, es típica la vegetación de sauces, ahuehetes o ceibas; presenta como subunidad de suelo eútrico, solo presentan las características de los fluvisoles sin tener otra

propiedad, su contenido de nutrientes va de moderado a alto, este tipo de suelo es el más abundante en México.

Cambisol (Be₂)

Se localizó como unidad de suelo secundario, son suelos jóvenes y poco desarrollados, presentan en el subsuelo una capa que parece más suelo de roca ya que en ella se forman terrones, la capa superficial puede ser oscura con más de 0.25 m de espesor, pero pobre en nutrientes y a veces no existe, pueden presentar acumulación de arcillas, carbonato de calcio, fierro, manganeso, pero sin que esta acumulación sea abundante.

Esta unidad edafológica tiene subunidad eútrico, que es un cambisol con subsuelo rico o muy rico en nutrientes, en la agricultura se obtienen rendimientos de moderados a altos según a la fertilización a la que sean sometidos, se tiene una textura de suelo media, es decir, un contenido <35% de arcilla < 65% de arena, son de susceptibilidad de moderada a alta a la erosión (Tabla I.5).

Tabla I.5 Cuenca alta del río Pijijiapan: Unidades edafológicas.

Unidad edafológica	Área en Km²	Porcentaje.
Litosol. l+Re+ Hh ₂	197.57	95.91
Luvisol. Lc ₃	6.41	3.11
Fluvisol. Je+Be ₂	2.02	0.98
Total.	206.00	100.00

Fuente: Áreas calculadas por Álvaro Ramírez Laguna, con base en INEGI 1985.

Vegetación

La vegetación es importante porque facilita la infiltración del agua de lluvia al precipitarse al suelo, además las raíces de los árboles actúan en forma de "telaraña" reteniendo al suelo y por consiguiente evitando la erosión.

Con el propósito de hacer una comparación para observar como se ha modificado el uso de suelo y vegetación a través del tiempo se analizarán dos mapas editados en diferentes años, el primero, la carta de Uso de Suelo y Vegetación de 1985 editada por el INEGI y la segunda la carta de cobertura vegetal 2000 elaborada por el INEGI en colaboración con la UNAM y la SEMARNAP.

● Uso del suelo y vegetación en 1985

En la cuenca alta del río Pijijiapan se identificaron cuatro asociaciones vegetales para el año de 1985: selva alta perennifolia con vegetación secundaria arbórea, pastizal inducido, bosque mesófilo de montaña y pastizal cultivado, las cuales se describen a continuación.

● Selva alta perennifolia con vegetación secundaria arbórea

Son comunidades formadas por vegetación arbórea; generalmente se encuentran localizadas en climas cálidos-húmedos y subhúmedos, y están compuestas por la mezcla de un gran número de especies, muchas de las cuales presentan contrafuertes o aletones, con bejucos, lianas y plantas epífitas, la vegetación secundaria arbórea se presenta cuando la selva original ha sido eliminada, ya sea para cultivo o pastoreo y por lo general las especies secundarias son de madera de mala calidad y bofa.

La zona bajo estudio es rica tanto en flora como en fauna debido a que se localiza en la zona de influencia o amortiguamiento de la reserva de la biosfera "El Triunfo". Dentro de la vegetación de la selva alta perennifolia destacan especies de maderas consideradas como finas o preciosas, tal es el caso de la caoba, *Swietenia macrophylla*, el cedro, *Cedrela odorata* y la ceiba, *Ceiba petandra* por mencionar algunos casos (Anexo 1).

En la cuenca del río Pijijiapan se distribuye al N-NE de la ciudad de Pijijiapan en laderas y cañadas del cerro La Campana, desde los 660 hasta los 400 m.s.n.m. En el talud de transición de los Cerros La Cumbre desde los 1000 a 400 metros de altitud aproximadamente; a la altura del paralelo 15°45' se desarrolla de los 1800 metros de altitud hasta los 400 m.s.n.m., en éste tipo de vegetación se asientan las localidades de San Antonio, La Guadalupana, San Pedro y Consuelo. Abarca una extensión de 110.47 Km² que representan el 53.63% con respecto al total (Figura I.14), (Tabla I.6), (Fotografía 4).

Se desconoce su densidad arbórea, aunque durante el recorrido de campo realizado en marzo del 2002, desde la ranchería San Antonio se observaron áreas muy extensas de Selva Alta Perennifolia muy alteradas por la deforestación para la introducción de pastizales que alimenten al ganado bovino (Fotografía 5).

● Pastizal inducido

Es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original que lo dominaba. Éste pastizal puede aparecer como consecuencia de desmontes de cualquier tipo de vegetación; también se establece en áreas que se incendian con frecuencia; en la cuenca alta del río Pijijiapan ésta unidad ocupa 55.67 km², que representan el 28.48% con respecto al total. Se distribuye alrededor de las cotas altimétricas de los 600 a 200 metros; en las localidades de Loma Bonita, El Cafetal, El Desengaño, Hoja Blanca, Cupape, Asia, América, Australia, Oceanía, Malpaso, La Bugambilia, San Antonio, La Morita y Santa Rosa, en las zonas con relieve suave donde predomina la acumulación de material aluvial, cerca de las vegas de los ríos. Tienen como límite de desarrollo el paralelo 15°50' donde se presenta una pequeña área de pastizal inducido en el margen occidental aproximadamente a los 1800 m.s.n.m; más al norte no se presenta (Figura 1.14), (Tabla 1.6), (Fotografías 6 y 7).

● Bosque mesófilo de montaña

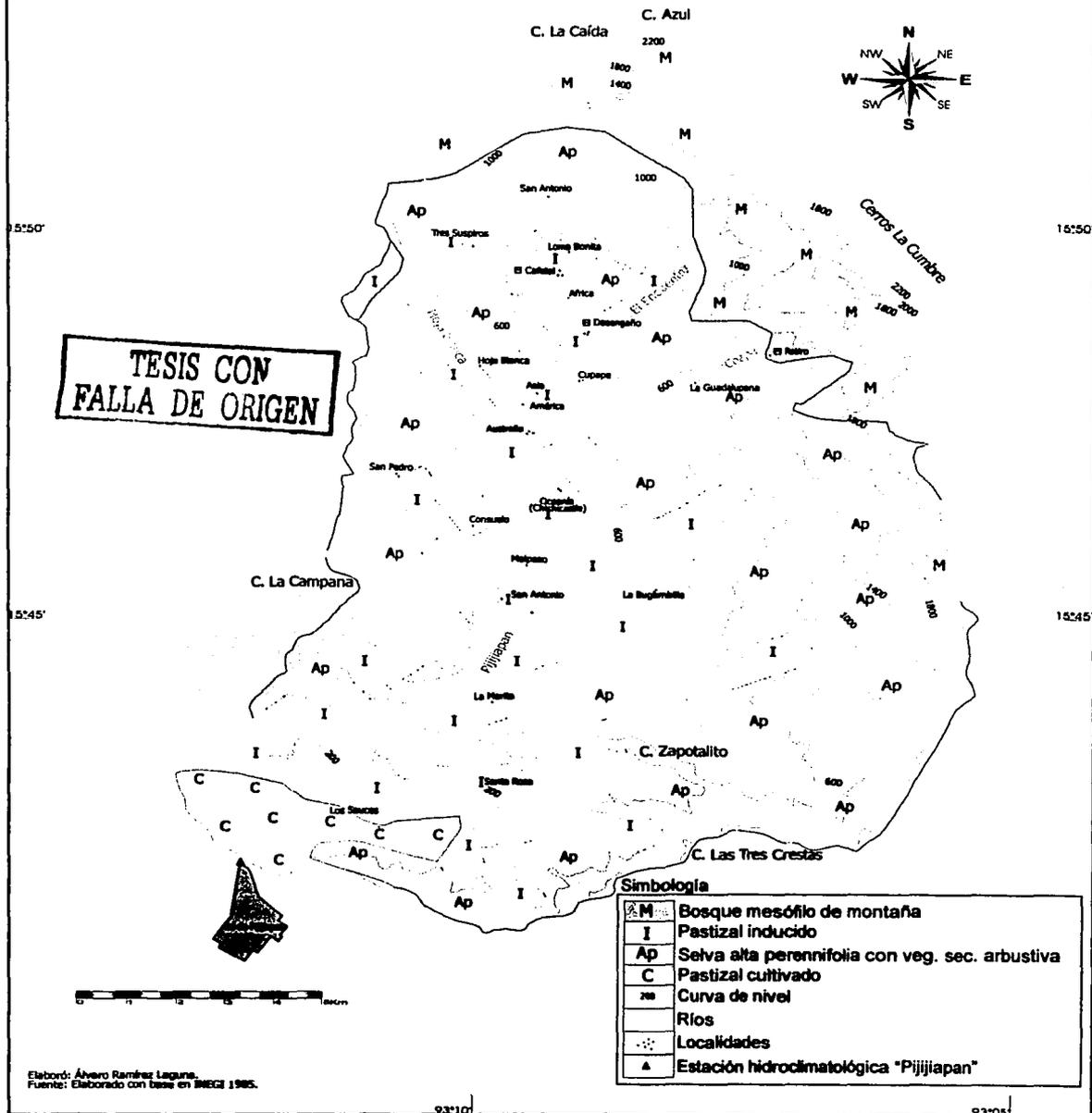
También se le conoce con el nombre de bosque de niebla porque por lo general siempre hay nubes que cubren a la vegetación como consecuencia de su distribución en zonas de mucha altitud.

Esta región es muy adecuada por su altura y humedad para el cultivo de café; las especies que predominan se consideran un relictos de la era glaciaria, se encuentran algunas especies amenazadas entre las que destacan varias de la familia bromeliácea como *Tillandsia argentea*, *Tillandsia tricolor*, *Tillandsia lampropeda*, el ciprés *Cupressus benthamii*, orquídeas como *Brassia verrucosa*, *Encyclia baculus*, *Encylia vitellina*, *Lemboglossum cordatum*, *Lemboglossum rossii*, *Oncidium bicallosum*, *Oncidium ornithorchinchum*, *Sombralia macrantha* y la cícada, *Ceratozamia matudae* (Internet 3), (Anexo 2).

Además en la zona se tienen especies endémicas como la *Alfaroa aff. Mexicana*, el amate blanco, *Ficus crassiuscula*, *Anthurium ovandensis*, *Zamia soconuscensis*, *Ceratozamia matudai* y el encino, *Quercus ovandensis* (Internet 3), (Anexo 2).

Se localiza principalmente en la unidad básica del relieve de Montañas y laderas Altas, pero se desconoce su densidad arbórea. De los 1200 a 2480 m.s.n.m en laderas y cañadas del Cerro Azul y cerro La Caída, en las estribaciones meridionales de la Sierra Madre de Chiapas con predominio de clima (A) C (fm) ig.

Figura I.14 Cuenca alta del río Pijijiapan: Uso del Suelo y Vegetación, 1985



En las laderas de los Cerros La Cumbre, aproximadamente desde los 2420 a 800 m.s.n.m y en las cañadas de los arroyos El Encuentro y Coapa que tienen condiciones de humedad más favorables por su altitud que otras barrancas.

A la altura del paralelo 15°45' se encuentra un manchón aislado en laderas altas y cimas de montañas aproximadamente a los 1800 metros de altitud. Ocupa un área de 29.48 Km² equivalentes a 14.31% del total de la cuenca (Figura I.14), (Tabla I.6).

● Pastizal cultivado

Es el que se ha introducido con la intención de establecerlo y conservarlo en una región determinada con el fin de alimentar al ganado bovino, se realizan labores de cultivo y manejo, además por lo general son pastos nativos de diversas partes del mundo. En el área que se estudia abarca una extensión de 7.38 km², que equivalen a 3.58% con respecto al total. Los pastizales que se cultivan en la parte baja de la cuenca del río Pijijiapan son principalmente de las especies Estrella Africana *Cynodon plectostachyus*, Pangola *Digitaria decumbens*, Guinea o Privilegio *Panicum maximum*, y Sorgo *Sorghum vulgare* y se utilizan como forraje para alimentar al ganado bovino; se localizan en áreas cercanas a la considerada desembocadura del río Pijijiapan, en la localidad de los sauces, es una zona que coincide con el tipo de suelo Luvisol y declives llanos (Figura I.14), (Tabla I.6).

Tabla I.6 Cuenca alta del río Pijijiapan: Comparación del Uso de suelo y vegetación en los años 1985 y 2000.

Tipo de vegetación	1985		2000	
	Área en Km ²	% del área.	Área en Km ²	% del área
Selva alta perennifolia con vegetación Secundaria arbórea	110.47	53.63	110.90	53.84
Pastizal inducido.	58.67	28.48	66.05	32.06
Bosque mesófilo de montaña.	29.48	14.31	22.00	10.68
Pastizal cultivado.	7.38	3.58	7.05	3.42
Total.	206.00	100.00	206.00	100.00

Fuente: Áreas calculadas por Álvaro Ramírez Laguna, con base en INEGI 1985 y 2000.

Nota: La selva alta perennifolia fue sumada al área de la selva alta perennifolia con vegetación secundaria arbórea en el año 2000, como consecuencia del cambio de nomenclatura entre ambas cartas.

Cobertura vegetal en 2000

Para la edición del mapa de cobertura vegetal del año 2000, la selva alta perennifolia sufre un cambio, en 1985 aparecía con el nombre de selva alta perennifolia con vegetación secundaria arbórea y para el año 2000 aparece la selva alta perennifolia pero con vegetación

secundaria arbustiva, además diferencian a ésta y la selva alta perennifolia sin vegetación secundaria de tipo arbustiva.

● Selva Alta y mediana Perennifolia

Es una comunidad arbórea cuyos árboles dominantes sobrepasan los 30 metros de altura y durante todo el año conservan las hojas en sus ramas. Se desarrolla principalmente en la margen oriental de la cuenca del río Pijijiapan, básicamente en el talud de transición de Cerros La Cumbre (en las cañadas del río Coapa), de los 1200 a los 400 metros de altitud, y en el cerro Las Tres Crestas hasta los 1800 m.s.n.m. En laderas y cima del cerro Zapotalito hasta los 700 m.s.n.m; a la altura del paralelo 15°45' crece hasta aproximadamente los 2000 metros de altitud (Figura I.15).

En la margen occidental se localiza en dos porciones, la primera en cañadas y laderas del cerro La Caída de los 1400 a 800 m.s.n.m, y la segunda más o menos en el paralelo 15°50' cerca del parteaguas principal de los 1200 a los 600 metros de altitud. Las especies vegetales son las mismas que en 1985 y con respecto a su extensión abarca 82.75 Km² que corresponden al 40.17% con respecto al área total de la zona en estudio (Figura I.15), (Tabla I.6).

● Selva Alta y mediana Perennifolia Con Vegetación Secundaria Arbustiva

Las especies vegetales son las mismas que en 1985 y se distribuyen en la margen occidental de la cuenca del río Pijijiapan en dos porciones, la primera en las estribaciones del cerro La Campana de los 660 a los 400 m.s.n.m, la segunda en cañadas del cerro La Caída de los 1400 a 600 metros de altitud aproximadamente. En la margen oriental se localizó aproximadamente a los 800 m.s.n.m al Este del cerro Las Tres Crestas. Abarca 28.15 Km² que representan 13.67% del total bajo investigación (Figura I.15), (Tabla I.6).

● Pastizal Inducido

En términos generales mantuvo la misma distribución que en 1985 a excepción que el límite sobrepasa el paralelo 15°50', se destruyeron áreas de bosque mesófilo de montaña para su introducción, se localiza en laderas del cerro La Caída de 2000 a 1400 metros de altitud aproximadamente, es decir se interna en áreas de la unidad básica del relieve de Montañas y Laderas Altas. Se extiende en cañadas y laderas del talud de transición al

Noreste de la ciudad de Pijijiapan; también se destruyó una zona de selva alta perennifolia al E-NE del cerro Las Tres Crestas y se amplió su distribución en cañadas del río El Encuentro. Ocupa dentro de la cuenca del río Pijijiapan el segundo lugar por extensión con 66.05 Km² que representan el 32.06%, es decir, el pastizal inducido aumentó su extensión areal 7.38 Km² (Figura I.15), (Tabla I.6), (Fotografías 6 y 7).

• Bosque mesófilo de montaña

Conserva la misma distribución que en 1985 quizás como resultado de su ubicación en cañadas muy escarpadas, lo cual hace difícil que sea accesible esta zona a la población; solo que en el año 2000 tiene una extensión de 22.00 Km² que representan el 10.68% con respecto al área total de la cuenca del río Pijijiapan, es decir, se perdieron 7.48 Km² con respecto a 1985 (Anexo 2).

• Pastizal cultivado

Tiene la misma distribución que en 1985 sólo que ahora se extiende con 7.05 Km² que equivalen a 3.42% del total del área de la cuenca del río Pijijiapan, es decir, su cultivo se redujo 330 m² en un lapso de 15 años (Figura I.15), (Tabla I.6).

Fauna

La región es rica en fauna por ser parte de la zona de influencia o amortiguamiento de la reserva de la biosfera de "El Triunfo" y destacan especies que son amenazadas o están en peligro de extinción como el jaguar, *Panthera onca*, puma, *Felis concolor*, ocelote, *Leopardus pardalis*, tigrillo, *Felis wiedii*, Jaguarundi, *Felis yagouaroundi*, Loro cabeza azul, *Amazona farinosa*, entre muchos otros (Anexo 3).

Además cabe destacar la presencia del **pijije canelo o pato chiflador** *Dendrocygna bicolor*, ya que debido a esta especie se da el nombre de Pijijiapan tanto al río como al municipio (Fotografía 8).

Capítulo II

Hidrografía general de la cuenca alta del río Pijijiapan

Hidrografía general de la cuenca alta del río Pijijiapan

En este apartado, se describieron las características hidrológicas de la cuenca alta del río Pijijiapan, con base en el método de la morfometría fluvial, con el objetivo de analizar las características superficiales de los segmentos de cauces en la zona en investigación.

Maderey (1977) define al escurrimiento fluvial así:

Desde el punto de vista hidrológico el escurrimiento es la parte de la precipitación que aparece en las corrientes fluviales superficiales, perennes, intermitentes o efímeras, y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores. Dicho de otra manera es el deslizamiento virgen del agua que no ha sido afectado por obras artificiales hechas por el hombre.(p.9)

Los escurrimientos superficiales de la cuenca vertiente del río Pijijiapan, se generan en las partes altas de las montañas en forma de corrientes intermitentes de poca longitud, que conforme confluyen entre si mismas van aumentando de tamaño y caudal para posteriormente unirse al río Pijijiapan.

Por la margen oriental, en las estribaciones meridionales de la Sierra Madre de Chiapas, entre el Cerro Azul y Cerros La Cumbre a 2200 m.s.n.m nace el arroyo El Encuentro, con una dirección general NNE-SSW y recorre 5 Km desde su nacimiento hasta su confluencia con el río Pijijiapan entre las rancherías de Loma Bonita y El Cafetal (Figura II.1).

En los Cerros La Cumbre a una altitud de 2100 m.s.n.m nace el río Coapa que tiene 10 Km de longitud y una orientación ENE-WSW, y confluye con el río Pijijiapan al sur de la ranhería Australia (Figura II.1).

Del cerro Las Tres Crestas a 1080 m.s.n.m descienden dos arroyos hacia el río Pijijiapan con dirección E-W y con longitudes que oscilan entre los 5 y 6 Km (Figura II.1).

Aproximadamente 4.5 Km antes de la estación hidroclimatológica "Pijijiapan", el colector principal "choca" con las laderas septentrionales del cerro donde localmente se encuentra "la piedra del burro", esta situación hace que el río bordee a la elevación, para retomar su camino en las proximidades de la ranhería Los Sauces (Figura II.1).

Del Cerro Zapotalito a una altitud de 700 m.s.n.m, descienden varios arroyuelos con direcciones generales SSW-NNE y longitudes que varían de 1 a 1.5 Km, éstos confluyen con arroyos más grandes y de mayor caudal que van a desembocar al río Pijijiapan.

Por la margen occidental del Cerro La Caída a una altitud de 2260 m.s.n.m descienden varios arroyos que alimentan el caudal del río Pijijiapan (Figura II.1).

A una altitud de 1200 m.s.n.m con una dirección NNW-SSE se origina el arroyo Hoja Blanca con 4 Km de longitud desde su nacimiento hasta su confluencia con el río Pijijiapan al norte de la ranchería Australia (Fotografía 9).

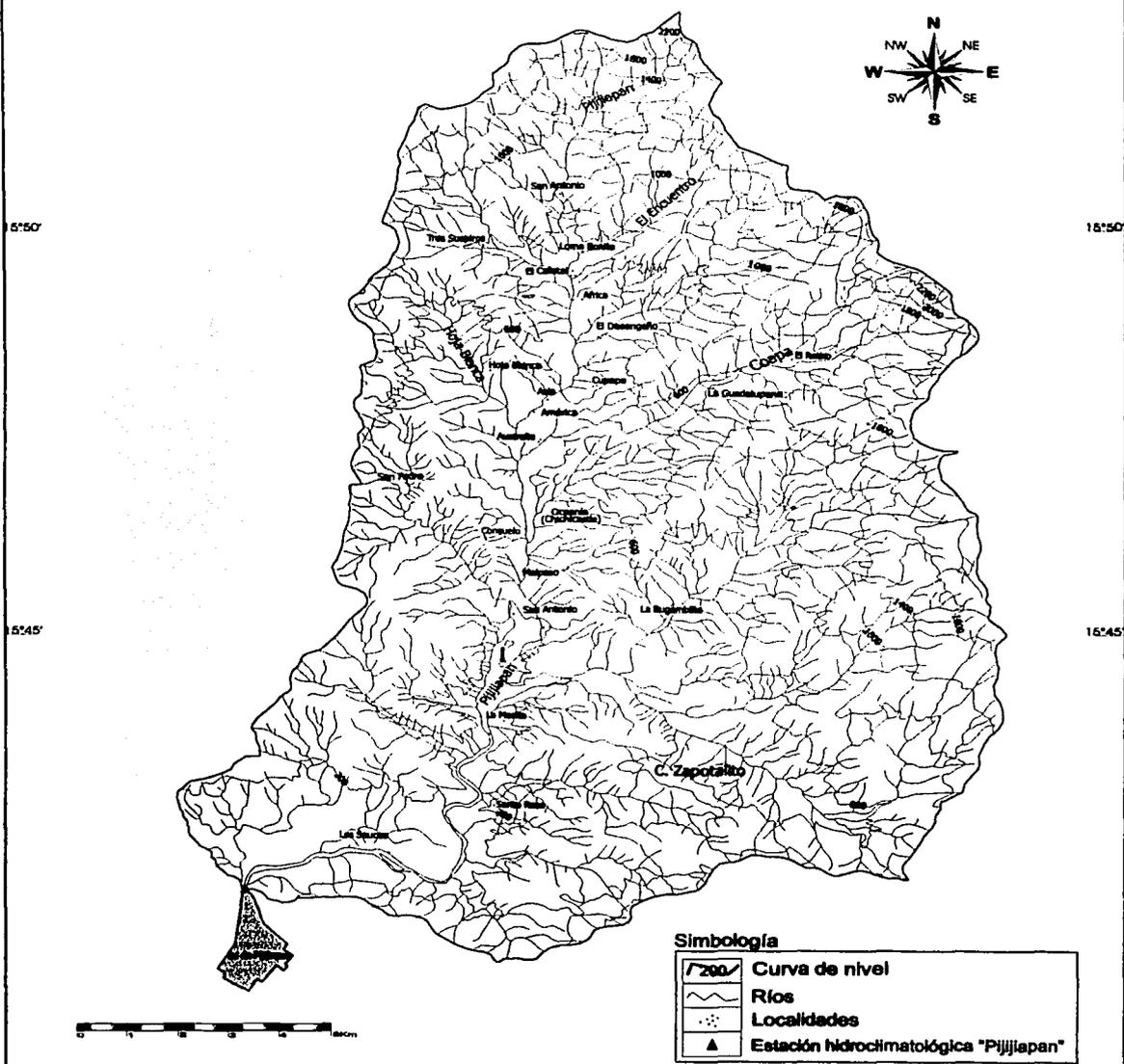
En la parte baja de la cuenca del río Pijijiapan, por su margen occidental en las laderas del Cerro La Campana a una altitud de 660 m.s.n.m, varios arroyos intermitentes descienden impetuosamente para verter sus aguas en el río Pijijiapan en las cercanías de la ranchería La Morita (Figura II.1).

Para finalizar, el colector principal de la cuenca, que es precisamente el río Pijijiapan, nace en el Cerro Azul a una altitud de 2480 m.s.n.m, y recorre una distancia de 28 Km desde su nacimiento hasta el considerado punto terminal de la cuenca, a la altura del puente de la carretera federal costera; Mantiene una dirección general NNE-SSW por 24 Km, pero cerca de la ranchería de Los Sauces cambia de dirección por 2 Km a ESE-WNW, posteriormente pasando ésta ranchería y hasta la desembocadura con un tramo de 2 Km, cambia su dirección a ENE-WSW, ya en la parte baja de la cuenca como consecuencia del poco declive que existe en esta zona el río forma meandros (Figura II.1), (Fotografía 9).

Principales subcuencas y afluentes del río Pijijiapan

La zona en investigación esta constituida básicamente por 16 subcuencas, de las cuales sobresale con 60 Km² la que se localiza en las inmediaciones de la ranchería La Bugambilia, en la margen oriental del colector principal, en las laderas meridionales de la Sierra Madre de Chiapas y que da origen a una corriente de quinto orden que no tiene nombre y que aguas abajo de la ranchería La Morita confluye con otra corriente del mismo orden, también sin nombre, para dar origen a la categoría de sexto orden del río Pijijiapan (Fotografía 10) .

Figura II.1 Cuenca alta del río Pijijlapan: Hidrografía General



Elaboró: Álvaro Ramírez Laguna.
Fuente: Elaborado con base en INEGI 1988 y 1994.

En la margen occidental, sobresale la subcuenca del arroyo Hoja Blanca con 15 Km²; las 14 subcuencas restantes tienen un área que oscila entre los 14 y 5 Km², por lo cual no son de mucha consideración.

Número de cauces margen derecha e izquierda

Esta contabilización de segmentos de cauces, se elaboró con el fin de apreciar cual es la margen del río que tiene más arroyos y por lo tanto esta mejor desarrollada.

Margen Izquierda u Oriental

Es la margen más desarrollada de la cuenca alta del río Pijjiapan, como consecuencia que en esta región se localizan las estribaciones meridionales de las laderas de la Sierra Madre de Chiapas, en total se contabilizaron 862 segmentos de cauces sin considerar su longitud y su jerarquía (Tabla II.1).

Margen Derecha u Occidental

Es la margen menor desarrollada de la cuenca fluvial del río Pijjiapan, debido a que en esta zona el relieve que se presenta es menos abrupto que al otro lado del río. En total se contaron 493 segmentos de cauces sin considerar su longitud ni jerarquía (Tabla II.1).

Tabla II.1 Cuenca alta del río Pijjiapan: Numero total de segmentos de cauces por margen.

Orden	Margen Oriental o izquierda	Margen Occidental o derecha	Total de la cuenca	%
1°	672	382	1055	77.6
2°	153	89	243	17.9
3°	29	18	49	3.5
4°	6	4	11	1.0
5°	1	-	2	0.0
6°	-	-	1	0.0
Total	861	493	1360	100.0

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en mediciones efectuadas en INEGI 1988 y 1994.

Patrón de drenaje

El patrón de drenaje es la forma en que se acomoda un sistema de cauces dentro de una cuenca fluvial; y según Parvis, 1950, citado por Guerra (1980) considera que: " el drenaje de una región se encuentra influido por factores tales como la "estructura de las

rocas", la "textura del suelo", la "topografía", las "vías de agua artificiales", la "precipitación", la "vegetación" y la "evaporación" (p.203).

En la cuenca vertiente del río Pijijiapan, se detectó que predomina una configuración de drenaje de tipo dendrítica o arborescente (por su similitud con la forma de un árbol), que de hecho es la más común de las configuraciones de drenaje, esta configuración se presenta en cuencas donde el tipo de roca es homogéneo, o en rocas ígneas de estructura sólida, como el granito.

Con respecto a las características que tienen las corrientes fluviales en el tipo de drenaje dendrítico Guerra (1980) menciona:

La homogeneidad en todos sentidos de las rocas que se encuentran dentro de un área de configuración "dendrítica", hace que las corrientes que se inician sobre su superficie, tomen la dirección de la inclinación de la pendiente, de forma que los ríos "dendríticos" troncales, son "consecuentes" inicialmente. A su vez, la falta de irregularidades, de ondulaciones abruptas superficiales, hace que las corrientes "dendríticas" tributarias que se vayan formando, se extiendan arbitrariamente por toda el área, al no encontrar obstáculos importantes en sus cursos, por lo que éstos son, genésicamente, "insecuentes". Existe pues, una correlación estrecha entre la configuración "dendrítica" del drenaje y el tipo genésico "consecuente" inicial. (p.209)

Clasificación de cauces según Strahler

Esta clasificación es muy útil para fines geomorfológicos y en cuencas relativamente pequeñas como la del río Pijijiapan. En su sistema no considera alteración del número de orden de un cauce cuando se le unen cauces de un orden inferior, es decir, si a una corriente de 5° se le unen varios cauces de 4°, 3°, 2° o 1°, el río colector seguirá siendo de 5°.

Los ríos que geomorfológicamente se consideran completamente erosivos son los de 1° y 2°, porque aunque cortos en tamaño, son los que predominan en número. Éstos se localizan en lugares con declives muy altos y, cuando se precipita el agua en forma de lluvia, desgastan o erosionan mucho a la roca granítica de la cuenca alta del río Pijijiapan aunque sean efímeros, es decir, que sólo llevan agua en su cauce cuando llueve. Los ríos de 3° se consideran de transición, o sea, son controlables o erosivos, dependiendo del manejo que se les de, del caudal de agua que lleven y del declive donde se localicen (Figura II.2).

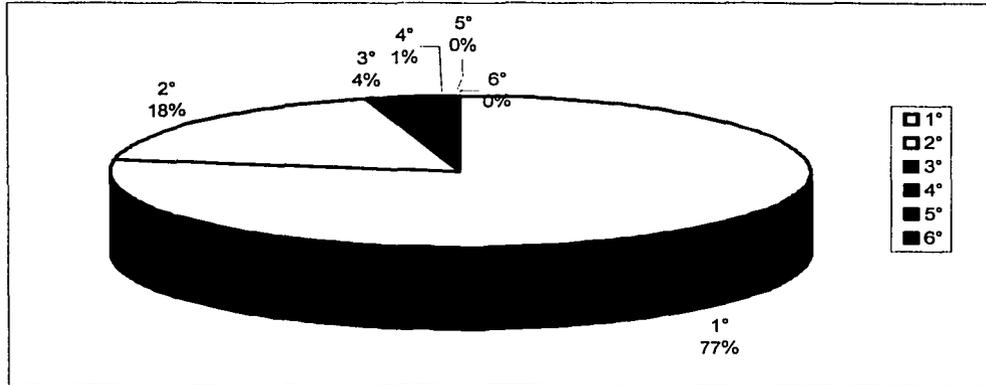


Figura II.2 Cuenca alta del río Pijjapan: Numero total de segmentos de cauces por orden, según Arthur Strahler.
Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la tabla II.1 de la pagina 51.

Relación de confluencia

Índica el numero de cauces de un orden dado que teóricamente en promedio son afluentes de los de un número de orden o categorías de cauces superior, con respecto al del siguiente orden. Cuando la relación de confluencia es alta de un orden a otro se establece que durante una tormenta en plena época de lluvias, los colectores principales podrán recibir una gran cantidad de agua acumulada a lo largo de sus cauces en un área determinada.

La relación de confluencia se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{N_e}{N(C+1)}$$

Donde:

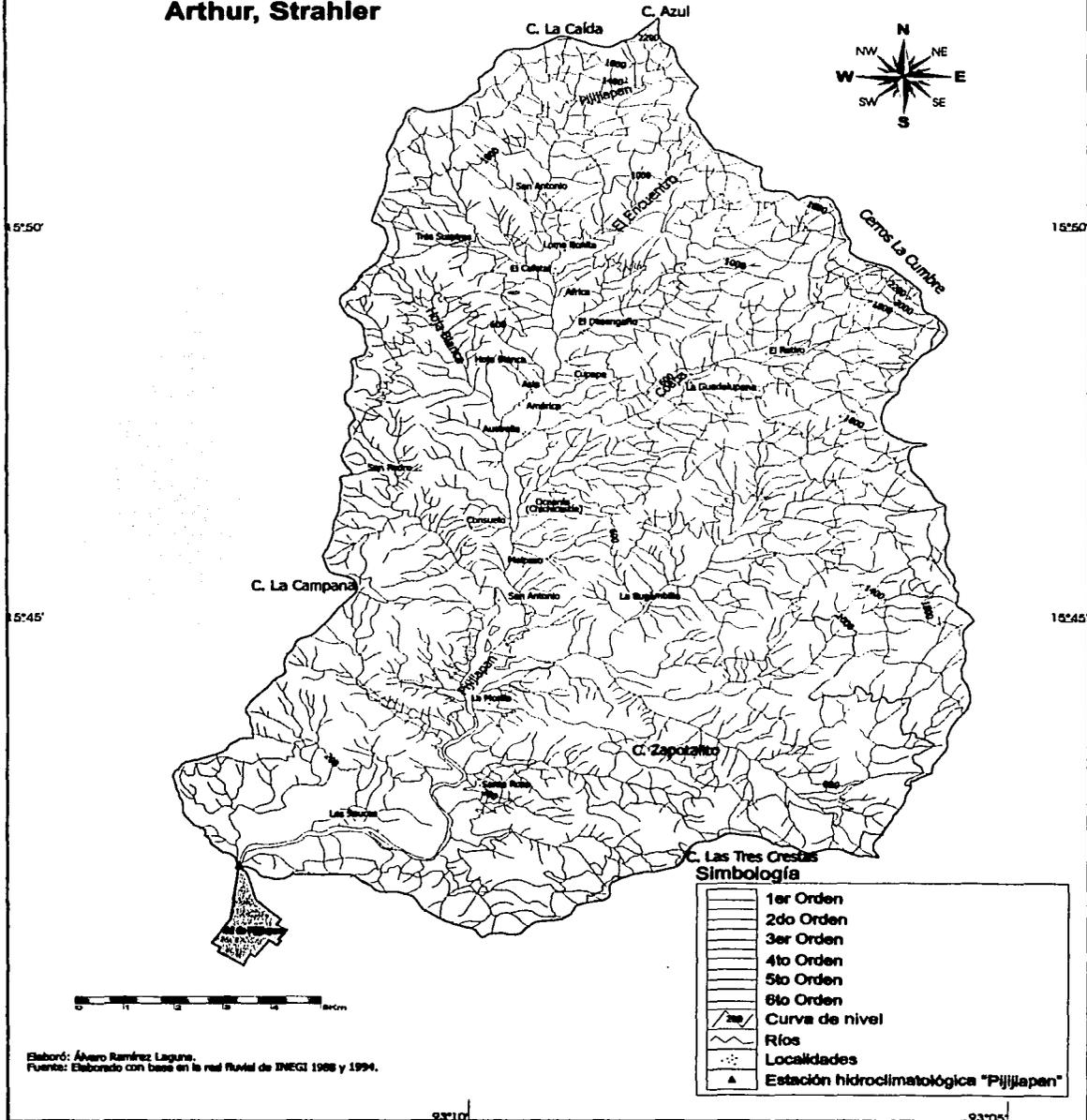
R_c = Relación de confluencia

N_e = Numero de corrientes de un orden determinado

$N(C+1)$ = Numero de corrientes de orden inmediato superior

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura II.3 Cuenca alta del río Pijijapan: Clasificación de cauces según Arthur, Strahler



En la cuenca alta del río Pijijiapan se obtuvieron los resultados siguientes:

- $R_c(2^\circ)$

$$R_c = \frac{1054}{242} = \mathbf{4.34}$$

- $R_c(3^\circ)$

$$R_c = \frac{242}{48} = \mathbf{5.06}$$

- $R_c(4^\circ)$

$$R_c = \frac{48}{10} = \mathbf{4.36}$$

- $R_c(5^\circ)$

$$R_c = \frac{10}{2} = \mathbf{5.50}$$

- $R_c(6^\circ)$

$$R_c = \frac{2}{1} = \mathbf{2.00}$$

En la cuenca alta del río Pijijiapan a los segmentos de cauce de segundo orden le confluyen en promedio **4.34** segmentos de cauce; a los segmentos de cauce de tercer orden le confluyen en promedio **5.06** segmentos de cauce; a los segmentos de cauce de cuarto orden le confluyen en promedio **4.36** segmentos de cauce; a los segmentos de cauce de quinto orden le confluyen en promedio **5.50** segmentos de cauces, cifra que es la más alta; y por último a los segmentos de cauces de sexto orden le confluyen en promedio **2.00** valor mínimo de la relación de confluencia en la zona en estudio (Tabla II.2).

Tabla II.2 Cuenca alta del río Pijijiapan: Morfometría fluvial.

Número de Orden. (U)	Long. U.	Relación de Confluencia.	Logaritmo de Long. U.	Lu. Km.	T. Km.	Longitud Acumulada.	Densidad de drenaje.	Relación de Longitud.
1.	1055	-	3.02	507.5	0.48	507.5	2.46	-
2.	243	4.34	2.39	178.0	0.73	685.5	0.86	1.52
3.	48	5.06	1.68	68.1	1.42	753.6	0.33	1.93
4.	11	4.36	1.04	46.8	4.25	800.4	0.23	2.99
5.	2	5.50	0.30	15.0	7.50	815.4	0.07	1.76
6.	1	2.00	0.00	9.0	9.00	824.4	0.04	1.20
Total	1360			824.4			3.99	

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en mediciones efectuadas en INEGI 1988 y 1994.

Nota: Long. U.= Longitud del numero de orden, Lu. Km.= Longitud del numero de orden en kilómetros, T. Km= Longitud media en kilómetros.

Gráfica de la relación de confluencia

Esta gráfica es una progresión geométrica basada en un modelo matemático que se conoce con el nombre de función exponencial negativa; en el eje de las abscisas (x) se expresa el número de orden de los cauces, y en el eje de las ordenadas (y) el numero de cauces en forma logarítmica.

Se nota una alineación de puntos en orden descendente de arriba a la izquierda hacia abajo a la derecha. En un principio representa una función negativa porque conforme aumenta la jerarquía del orden va disminuyendo el número de cauces, en este caso disminuye el valor del logaritmo.

Cuando los puntos están sobre la recta o muy próximos a ella, significa que el desarrollo geomorfológico del sistema fluvioigráfico tiende a ser homogéneo, la cuenca es simétrica y lo más probable es que la litología y los declives tienden a presentar cierta uniformidad.

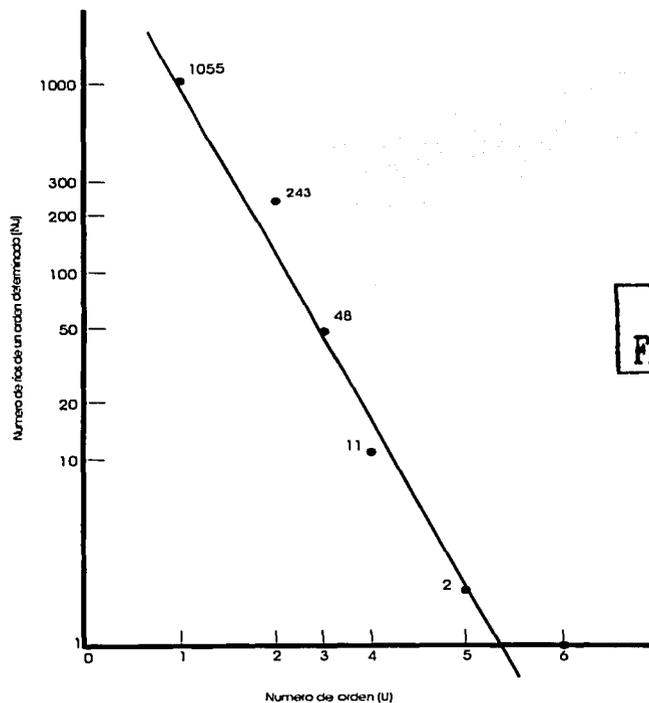
En el caso que los puntos tiendan a estar arriba de la recta, con respecto a la alineación de la mayoría, eso se interpreta que el número de cauces correspondiente a los ordenes en donde se note, ha aumentado por alguna causa en el espacio geográfico en donde se ubiquen en el mapa.

Si algunos puntos de la parte intermedia de la recta están hacia abajo, esto quiere decir que existe una disminución de cauces con respecto al desarrollo normal de la recta y,

entonces, se notará en el mapa una disminución en el espacio de los segmentos de cauces de esos ordenes.

Para finalizar, si los puntos tienen poca alineación con respecto a la recta, se puede inferir que las condiciones geológicas, edáficas, climáticas y de declives, son muy variables en la cuenca.

Con respecto a la gráfica de la cuenca alta del río Pijijiapan los segmentos de cauces de 1^o, 2^o y 3^o tienden a estar arriba de la recta de regresión (a la derecha), no así los de 4^o que quedan por debajo (izquierda), los de 5^o quedan exactamente en la línea y el de 6^o muy por encima de esta (Figura II.4).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura II.4 Cuenca alta del río Pijijiapan: Gráfica de la relación de confluencia.
Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la II.1 de la página 51.

Relación de longitud

Es un coeficiente numérico que resultó de dividir la longitud media de los segmentos de cauces de un orden dado, entre la longitud media correspondiente al orden inmediato anterior: e indica el crecimiento en unidades y fracción decimal en que van creciendo los segmentos de cauces de un orden determinado.

Para calcular este parámetro se empleo la formula siguiente:

$$R_L = \frac{\overline{L_u}}{\overline{L_{-1}}}$$

Donde:

R_L = Relación de longitud

$\overline{L_u}$ = Longitud media de un cauce de un orden determinado

$\overline{L_{-1}}$ = Longitud media del cauce de orden inmediato superior

Así se tiene que los segmentos de cauces de 2º se incrementan en longitud **1.52 km** con relación a los de 1º; los de 3º aumentan **1.93 km** en comparación con los de 2º; los de 4º se desarrollan **2.99 km** en proporción con los de 3º, este valor es el más alto de todos los segmentos de cauces; los de 5º se acrecientan con **1.76 km** en relación con los de 4º; y para finalizar los de 6º se incrementan **1.20 km** en comparación con los de 5º (Tabla II.2).

Gráfica de la relación de longitud

Puesto que los datos iniciales se obtuvieron de las cartas topográficas en escala 1: 50 000 Ignacio Zaragoza (D15 A19) y Pijijiapan (D15 A29), entonces la longitud media establece el largo promedio que tendrán los cauces por número de orden, el cuál va creciendo conforme aumenta el numero de orden. En consecuencia, la relación de longitud será una indicador del número de veces en que aumenta el largo de los cauces de una jerarquía a otra, es decir, la siguiente.

Generalmente la última cifra correspondiente al mayor número de orden, es engañosa (falsa) en las cuencas fluviales epicontinentales cuando la desembocadura o punto final de la cuenca fluvial se establece convencionalmente (como es el caso de este trabajo, en donde

solamente se esta trabajando la cuenca de captación, no así la totalidad de la cuenca hasta su desembocadura en el mar).

En la figura II.5 se aprecia que en la línea de la gráfica, todos los puntos que representan a los segmentos de cauce de cada uno de los seis ordenes que se detectaron tienen una tendencia de estar alineados, lo que se interpreta que la red de drenaje de la cuenca alta del río Pijijapan es homogénea, en otras palabras, su desarrollo es uniforme, lo cual favorece una erosión similar en todos los sectores de la zona bajo estudio.

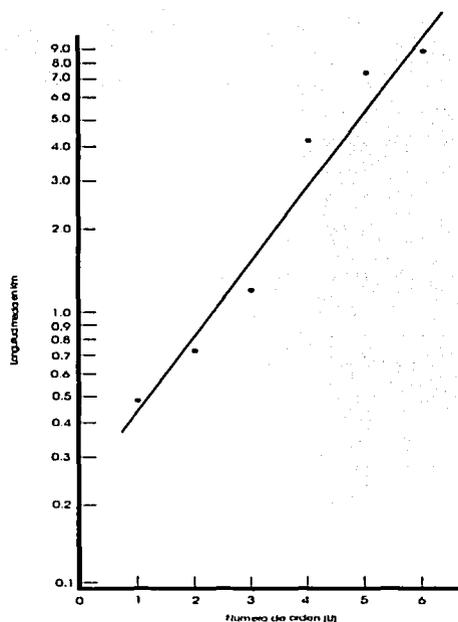


Figura II.5 Cuenca alta del río Pijijapan: Gráfica de la relación de longitud.
Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la II.1 de la página 51.

Distribución geográfica de la frecuencia de cauces

En este tópico, se analizó la distribución geográfica de la frecuencia de cauces de dos maneras; la primera de manera absoluta para tener un panorama general de la distribución geográfica de la frecuencia de cauces por Km^2 en toda la cuenca. El segundo procedimiento es el particular, que considera como unidad de análisis 1 Km^2 .

Distribución geográfica de la frecuencia de cauces absoluta

Para calcularla se utilizó la fórmula siguiente:

$$F_c = \frac{N_{tc}}{A}$$

Donde:

F_c = Frecuencia de cauces, N_{tc} = Numero total de cauces de la cuenca, A = Área de la cuenca
Reemplazando valores con los datos de la cuenca se tiene:

$$F_c = \frac{1357 \text{cauces}}{206 \text{Km}^2} = 7 \text{cauces/Km}^2$$

Es decir, en la zona en investigación, en promedio se tienen **7 segmentos de cauces por cada Km^2** , que en términos generales es un valor alto en el sistema fluvial de la cuenca alta del río Pijijapan

Distribución geográfica de la frecuencia de cauces particular

Éste mapa sirvió para conocer el número de segmentos de cauces que se concentran por cada Km^2 en la cuenca alta del río Pijijapan; y así tener cierta idea de cuales son los lugares con sus respectivas localidades que pueden tener problemas por el desbordamiento de sus arroyos, es decir, una zona detectada con frecuencia de cauces muy alta es más probable que tenga inundaciones que un lugar con un valor muy bajo (Figura II.6).

● Frecuencia de cauces de 25-21 (Muy Alta)

Se ubican dos zonas al Noreste del cerro La Campana y dos al Sureste, en las cercanías de las rancherías San Pedro y Consuelo, por la margen occidental o derecha del río Pijijiapan: esta zona se caracteriza por ser muy propensa a desbordamientos de los arroyos que pasan por este lugar (Figura II.6).

● Frecuencia de cauces de 20-16 (Alta)

Su distribución es irregular pero principalmente se localiza en la margen derecha del río Pijijiapan al N-NE del cerro La Campana, cerca de la localidad de Oceanía. (Figura II.6).

● Frecuencia de cauces de 15-11 (Mediana)

Se detecta básicamente en la margen oriental o izquierda del río Pijijiapan, en las cercanías de las rancherías Tres Suspiros, Loma Bonita, África, El Desengaño, Hoja Blanca, El Retiro, La Guadalupana, Malpaso, La Bugambilia, La Morita y Los Sauces; en las laderas y cañadas de los arroyos El Encuentro y Coapa; básicamente en el Talud de Transición; es curioso observar en el mapa II.6 que la frecuencia de cauces mediana se localiza en términos generales debajo de la distribución de la frecuencia de cauces baja.

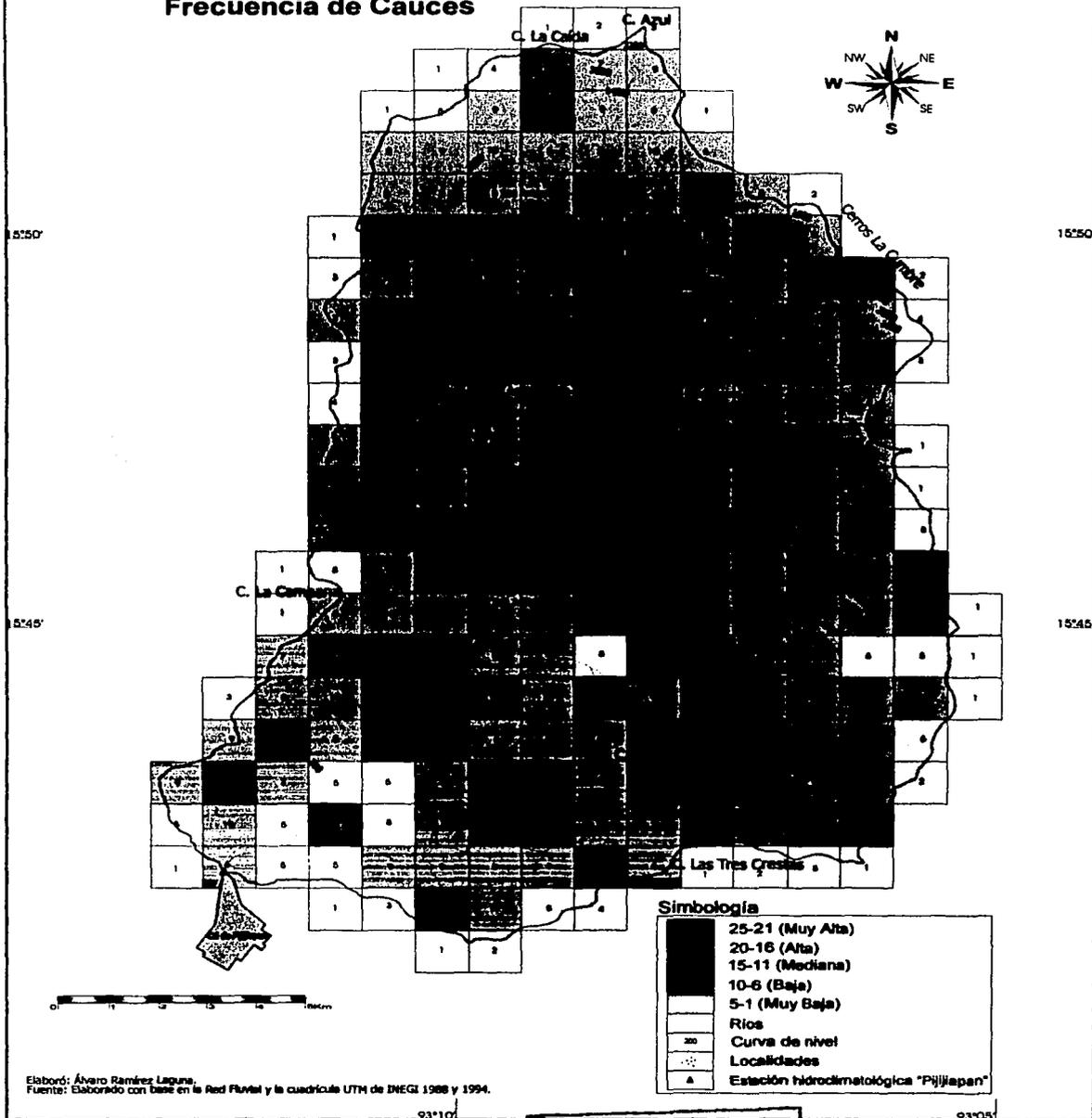
● Frecuencia de cauces de 10-6 (Baja)

Es la frecuencia de cauces predominante, se concentran en las laderas de los cerros La Caída, Azul, La Campana y La Cumbre, principalmente en la parte alta del Talud de Transición y Las Montañas y Laderas Altas, en las cercanías de las rancherías de San Antonio, El Cafetal, Cuppape, Asia, América, Australia y Santa Rosa; al N-NE del cerro Las Tres Crestas; esta distribución de la frecuencia de cauces según el mapa II.6, se localiza arriba de la frecuencia de cauces mediana probablemente porque los arroyos empiezan a crecer en tamaño y caudal de las partes altas a las partes bajas.

● Frecuencia de cauces de 5-1 (Muy Baja)

Se localizan en las cumbres de todo el parteaguas principal de la cuenca alta del río Pijijiapan, en las cimas de las principales elevaciones montañosas como son el cerro La Caída, cerro Azul, La Cumbre, Las Tres Crestas, La Campana (Figura II.6).

Figura II.6 Cuenca alta del río Pijijiapan: Distribución Geográfica de la Frecuencia de Cauces



Elaboró: Álvaro Ramírez Laguna.
Fuente: Elaborado con base en la Red Fluvial y la cuadrícula UTM de INEGI 1988 y 1994.

Contaminación de la cuenca alta del río Pijijiapan

Cabe destacar, que durante el recorrido de campo efectuado en marzo de 2002, se observó que el tipo de ganadería que se practica en la cuenca alta del río Pijijiapan, a la altura de la localidad de San Antonio, es de tipo extensivo, lo cual provoca que el ganado bovino defeque por todas partes, ésta materia fecal, cuando es temporada de lluvias es arrastrada por las corrientes superficiales tributarias de la corriente principal y contaminan tanto el agua superficial como la subterránea (Fotografía 11).

Por otra parte, en platicas con los pobladores de la misma localidad de San Antonio, comentaron que algunas personas pescan con herbicidas como el anate en aguas del río Pijijiapan especies para consumo propio como el camarón, la sardina y la mojarra de río; toda esta agua contaminada se escurre a la parte media y baja de la cuenca en investigación y, los habitantes de las localidades aledañas y de la ciudad de Pijijiapan la consumen directa o indirectamente; lo cual provoca en algunos casos que la población local presente enfermedades gastrointestinales y de la piel.

Agua subterránea

Para este apartado se intento conseguir la carta de aguas subterráneas en escala 1:250 000, hoja Huixtla (D15-2), pero no se tuvo éxito alguno, por tal motivo se explica este tema con base en las características geográficas-físicas que prevalecen en la zona en investigación y que favorecen a la infiltración.

La cuenca alta del río Pijijiapan, se localiza en una de las zonas relativamente más abundantes de precipitación pluvial en la República Mexicana, pero asimismo es una de las zonas que registra mayor temperatura por ser costa, por lo que se pierden miles de m³ de agua en forma de vapor hacia la atmósfera, fenómeno conocido como evaporación; además todo tipo de vegetación también pierde agua por la insolación y a esto se le llama evapotranspiración.

Aunado a estas condiciones ambientales, la constitución litológica de la cuenca compuesta por rocas de tipo granítico, que son estratos impermeables debido a su dura consistencia donde predomina el mineral de cuarzo, y a la unidad edafológica prevaleciente

de litosoles, que son suelos de textura media, impiden una recarga de agua satisfactoria de los mantos acuíferos subterráneos distribuidos en ésta unidad natural del relieve.

Pero esto no quiere decir que no exista la infiltración, ya que gracias a la presencia de vegetación de selva alta perennifolia en las partes altas de la cuenca en estudio, éstas captan agua de lluvia además las fracturas y fisuras de las rocas graníticas, favorecen que cierta cantidad de agua penetre en el subsuelo y alimenten los mantos freáticos del subsuelo; este tópico se explicará con mayor profundidad en el capítulo del balance hídrico (Fotografía 12).

NOTA: Se recomienda ver al final de éste trabajo la **sinopsis geográfica de la cuenca alta del río Pijijapan**, para ver los resultados obtenidos durante la investigación de manera general y simplificada.

Capítulo III

Balance hídrico de la cuenca alta del río Pijijiapan

Balance Hídrico de la Cuenca alta del Río Pijijiapan

El balance hídrico en una cuenca fluvial, es de vital importancia para tener una idea inicial de la evaluación del recurso agua, que sirva como base para la correcta administración del recurso agua, así como para los procesos de ordenamiento y planeación territorial en un espacio determinado.

Es imprescindible conocer que cantidad de agua se precipita sobre la cuenca, para calcular el volumen de ingreso como fuente única, a partir de la cual se derivan las salidas o pérdidas de agua por evapotranspiración, el caudal que escurre por los ríos y arroyos para realizar obras de irrigación, por solo poner un ejemplo, y para finalizar la proporción que se infiltra para la recarga de los mantos acuíferos.

El procedimiento consistió en combinar el método de las isoyetas, apoyándose en los mapas de eventos climáticos mayo-octubre, y el de noviembre abril, ambos en escala 1:250 000. Además se tomaron en cuenta la dirección regional de los vientos de la cuenca alta del río Pijijiapan que provienen del Suroeste, y la topografía de ésta unidad natural del relieve por las lluvias de tipo orográfico. Para así, finalmente trazar las isoyetas e isotermas medias anuales con sus respectivos ajustes explicados anteriormente.

En el caso de las isotermas, su trazo fue relativamente más sencillo, puesto que se tomo como base la temperatura proporcionada por la estación hidroclimatológica "Pijijiapan", localizada en el punto terminal de la cuenca; a partir de este punto se aplicó el método del gradiente térmico, que a su vez se ajustó para obtener un valor local y así por cada 200 metros en aumento de la altitud, la temperatura disminuye $1^{\circ}.3$ C, aspecto que no es posible realizar para las franjas de lluvia.

Se optó por estos criterios para el trazo de las isolíneas de temperatura y precipitación, porque las cuervas de nivel tienden a presentar cierta homogeneidad y la

cuenca alta del río Pijijiapan es de tamaño mediano, es decir, las características geográficas de esta zona son relativamente uniformes.

La zona en investigación se dividió en cinco unidades, con base en la distribución espacial de las franjas de precipitación, para de esta forma calcular balances hidrológicos parciales para cada zona, por último se elaboró el balance general del agua de toda la cuenca (Figura III.1).

Al no tener acceso a datos del escurrimiento de la zona en estudio, éste se infirió con la cantidad de precipitación de la cuenca alta del río Pijijiapan y con base en las características geológicas, edafológicas y de vegetación del área en cuestión.

Cabe destacar que las variables climatológicas de temperatura, precipitación, evaporación potencial, y la evapotranspiración real y potencial, se contó con un registro de 42 años, es decir, de 1960 al 2001; pero en el caso del registro del escurrimiento, solo se pudo disponer de 33 años que abarcaron de 1962 a 1994.

Formulas para el cálculo del balance hidrológico

- Fórmula general del balance hídrico

Precipitación(P)= Evapotranspiración(ET)+Eskurrimiento(R)+Infiltración(I)

- Volumen de precipitación(VP)= Área de la unidad en m²*lámina de lluvia en m.

- Evapotranspiración real según Turc

$$L = 300 + 25(T^\circ) + 0.05(T^\circ)^3$$

$$E_r = \frac{P}{\sqrt{0.9 + P^2 \div L^2}}$$

Donde:

E_r = Evapotranspiración real

L= Parámetro térmico

T° = Temperatura media anual

P= Precipitación anual

- Volumen de ET= (Área de la unidad en $m^2 \times$ lámina de ET en m)
- Escurrimiento(R)= Porcentaje de escurrimiento
- Volumen de R= (Área de la unidad en $m^2 \times$ lámina de R en m)
- Infiltración(I)= P-(ET+R)
- Volumen de I= (Área de la unidad en $m^2 \times$ lámina de I en m)

Balance hidrológico parcial de la unidad A

Es la unidad hídrica de menor tamaño con sus 8.1 Km² que representan el 3.9% con respecto al total de la cuenca; se localiza en su totalidad en la Unidad Básica del Relieve de Montañas y Laderas Altas; desde la cabecera de la cuenca en el cerro Azul a 2480 m.s.n.m, entre las isoyetas de 2600 y 2200 mm; con una lámina media de precipitación anual de 2400 mm y una temperatura media anual de 17.8° C (Figura III.1).

Los datos que se utilizaron para la estimación del balance hídrico parcial de esta unidad son los siguientes:

Lámina de precipitación media = 2400.0 mm

Temperatura media = 17.8° C

Escurrimiento = 20.0% Área de la unidad

A = 8.1 Km².

Reemplazando estos datos en sus respectivas fórmulas, anteriormente mencionadas, se tienen los siguientes resultados resumidos en una matriz.

La evapotranspiración fue del orden de $7.708 \times 10^6 m^3$, que equivalieron al 39.7%; este valor se consideró relativamente bajo como consecuencia, en primer lugar, de la nubosidad en esta parte de la cabecera de la cuenca, la cual impide el paso de la radiación solar al suelo; en segundo lugar fue consecuencia de la baja temperatura de esta parte de la cuenca por la elevada altitud, y por último al iter del suelo compuesto principalmente por la hojarasca, que permite conservar la humectación del suelo y así evitar que la evapotranspiración fuera más elevada (Tabla III.1), (Figura III.2).

El escurrimiento tuvo un volumen de $3.888 \times 10^6 m^3$ que correspondieron al 20.0% del total del balance hídrico. Con respecto al escurrimiento, aquella tiene un valor más elevado

que este, debido a la vegetación que ayudó a que el agua precipitada en forma de lluvia se deslizará por el dosel de los árboles hasta llegar a las raíces que actuaron en forma de "telaraña" para ayudar a "capturar" el agua, y así se infiltrase en el subsuelo y permitiese recargar los mantos acuíferos.

La infiltración fue la tercer y última variable calculada del balance de agua en la cuenca alta del río Pijijiapan, y tuvo un volumen de $7.844 \times 10^6 \text{ m}^3$ que equivalieron al 40.3% (Tabla III.1), (Figura III.2).

Tabla III.1 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico parcial franja A.

Balance hídrico parcial franja A			
Variables	mm	10^6 m^3	%
Precipitación	2400.0	19.440	100.0
Evapotranspiración	951.6	7.708	39.7
Escurrimiento	480.0	3.888	20.0
Infiltración	968.4	7.844	40.3

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la figura III.1, página 58.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

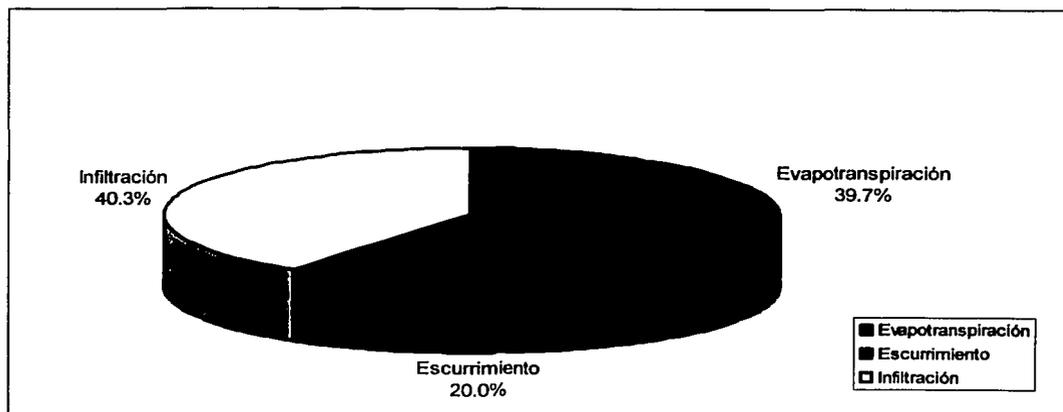


Figura III.2 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico parcial franja A.

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos de la tabla III.1.

Balance hídrico parcial de la unidad B

Esta franja tiene una extensión de 34.2 Km² que representaron el 16.6% con respecto al total de la cuenca; se localiza en las laderas meridionales de la Sierra Madre de Chiapas, en el límite de las Montañas y Laderas Altas y el Talud de Transición, entre las isoyetas de 2600 y 2500 mm. La lámina media de precipitación anual en este lugar es de 2550 mm, la lluvia aumentó con respecto a la unidad anterior y presenta el valor máximo de la cuenca porque es de tipo orográfico. La temperatura media anual se incrementó a 20°.4 C, como consecuencia de que la altitud disminuye conforme se avanza hacia el sur (Figura III.1).

Lámina de precipitación media = 2550.0 mm

Temperatura media = 20.4°C

Escurrimiento = 21.0%

Área de la unidad B= 34.2 Km²

La evapotranspiración fue de 38.366×10^6 m³ que equivalieron al 44.0%, este valor se incrementó debido a que la temperatura fue más alta que en la franja A y este factor es determinante para que se pierda mayor cantidad de agua en forma de vapor (Tabla III.2), (Figura III.3).

El escurrimiento tuvo un volumen de 18.314×10^6 m³ que correspondieron al 21.0% del total del balance hídrico. Con respecto a la infiltración fueron 30.530×10^6 m³ que equivalieron al 35.0% los que penetraron en el subsuelo (Tabla III.2), (Figura III.3).

La infiltración siguió siendo mayor que el escurrimiento porque las fracturas y las grietas o fisuras de las rocas que están en las cañadas de los arroyos El Encuentro y Coapa favorecieron a que el agua se infiltrase con mayor facilidad que en otras zonas que no tienen fracturamientos.

Tabla III.2 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico parcial franja B.

Balance hídrico parcial franja B			
Variables	mm	10⁶m³	%
Precipitación	2550.0	87.210	100.0
Evapotranspiración	1121.8	38.366	44.0
Escorrentamiento	535.5	18.314	21.0
Infiltración	892.7	30.530	35.0

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la figura III.1, página 75.

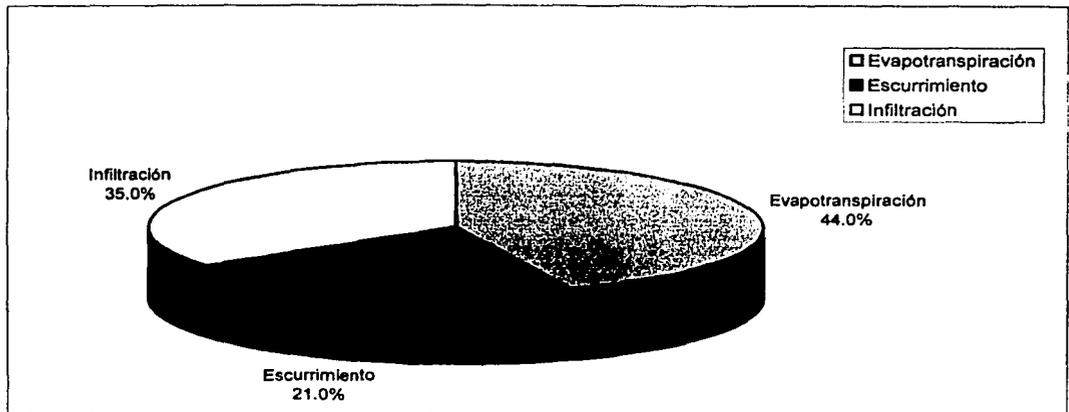


Figura III.3 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico parcial franja B.
Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos de la tabla III.2.

**TESIS CON
FOLIO DE ORIGEN**

Balance hídrico parcial de la unidad C

Esta región tiene una extensión de 56.2 Km² que representaron el 27.3% con respecto al total de la cuenca; se localiza en el pie de monte del Talud de Transición y en una pequeña porción de las Montañas y Laderas Altas, entre las isoyetas de 2500 y 2400 mm. La lámina media de precipitación anual fue de 2450 mm y la temperatura media anual aumentó a 23°0 C (Figura III.1).

Lámina de precipitación media= 2450.0 mm

Temperatura media = 23.0° C

Escurrimiento = 23.0%

Área de la unidad C = 56.2 Km²

La evapotranspiración fue de $72.290 \times 10^6 \text{ m}^3$ que equivalieron al 52.5%, es decir, se perdió un poco más de la mitad del agua que se precipitó en forma de lluvia por este fenómeno. La evapotranspiración se incrementó como consecuencia de la disminución de altitud, que incrementó la temperatura (Tabla III.3), (Figura III.4).

El escurrimiento tuvo un volumen de $31.669 \times 10^6 \text{ m}^3$ que correspondieron al 23.0% del total del balance hídrico. La infiltración fue del orden de $33.731 \times 10^6 \text{ m}^3$ que equivalieron al 24.5% (Tabla III.3), (Figura III.4).

Esta variable siguió siendo un poco mayor que el escurrimiento, debido a que las fracturas y las grietas o fisuras de las rocas continuaron siendo el factor que permitió la infiltración.

Tabla III.3 Cuenca alta del río Pijijapan: Balance hídrico parcial franja C.

Balance hídrico parcial franja C			
Variabes	mm	10⁶m³	%
Precipitación	2450.0	137.690	100.0
Evapotranspiración	1286.3	72.290	52.5
Escurrimiento	563.5	31.669	23.0
Infiltración	600.2	33.731	24.5

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la figura III.1, página 58.

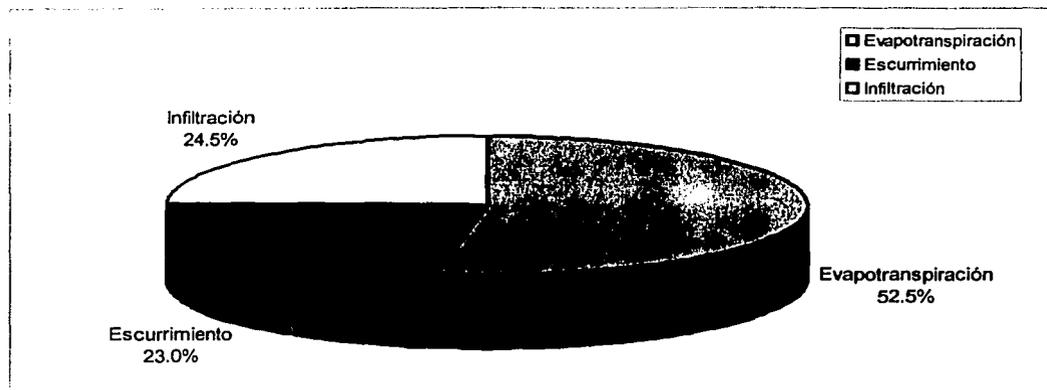


Figura III.4 Cuenca alta del río Pijijapan: Balance hídrico parcial franja C.
Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos de la tabla III.3.

Balance hídrico parcial de la unidad D

La franja D posee una extensión aréal de 50.5 Km² que representaron el 24.5% con respecto al total de la cuenca; se localiza desde las laderas del cerro La Campana hasta las del cerro Las Tres Crestas, en su parte central es atravesada por la unidad básica del relieve de la Planicie de Acumulación, entre las isoyetas de 2400 y 2300 mm la lámina media de precipitación anual fue de 2350 mm y la temperatura media anual fue de 25.6° C (Figura III.1).

Lámina de precipitación media= 2350.0 mm

Temperatura media = 25.6° C

Escurrimiento = 26.0%

Área de la unidad D = 50.5 Km²

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La evapotranspiración fue de 72.967×10^6 m³ que equivalieron al 61.5%, como se puede observar es un valor muy elevado.

El escurrimiento tuvo un volumen de 30.856×10^6 m³ que correspondieron al 26.0% del total del balance hídrico, aquí el valor fue mayor que el de la infiltración porque en esta zona casi no hay fracturas y los sedimentos taparon las grietas y fisuras de las rocas lo cual

disminuyó la infiltración y aumentó el escurrimiento. La infiltración fue de $14.852 \times 10^6 \text{ m}^3$ que equivalieron al 12.5% (Tabla III.4), (Figura III.5).

La cifra de esta variable disminuyó considerablemente porque la presencia de fracturas y grietas o fisuras en las rocas fue menor; otro factor que le contribuyó fue el fenómeno conocido con el nombre de "sendero de ganado", que es la compactación del suelo por las pisadas del ganado bovino, que es una de las principales actividades económicas que predomina en esta parte de la cuenca (Fotografía 6).

Tabla III.4 Cuenca alta del río Pijjiapan: Balance hídrico parcial franja D.

Balance hídrico parcial franja D			
Variables	mm	10^6 m^3	%
Precipitación	2350.0	118.675	100.0
Evapotranspiración	1444.9	72.967	61.5
Escurrecimiento	611.0	30.856	26.0
Infiltración	294.1	14.852	12.5

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la figura III.1, página 58.

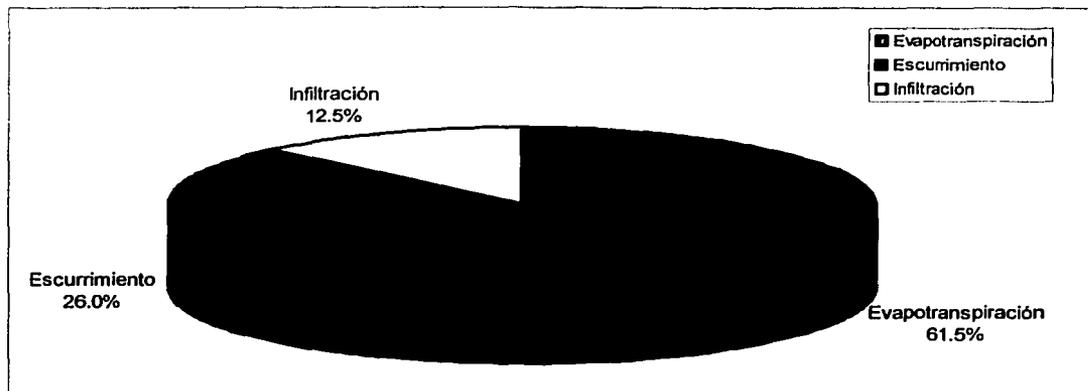


Figura III.5 Cuenca alta del río Pijjiapan: Balance hídrico parcial franja D.
Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos de la tabla III.4.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Balance hídrico parcial de la unidad E

Esta región tiene una extensión de 57.0 km² que representaron el 27.7% con respecto al total de la cuenca; se localiza en la parte baja de la cuenca del río Pijjiapan, es decir, en la desembocadura. La lámina media de precipitación anual fue de 2250 mm, que fue la cifra más baja de lluvia en toda la cuenca; y la temperatura media anual fue de 27.6° C, que fue la mayor en toda la zona bajo investigación (Figura III.1).

Lámina de precipitación media= 2250.0 mm

Temperatura media = 27.6° C

Escurrimiento = 29.0%

Área de la unidad C = 57.0 Km²

La evapotranspiración fue la más elevada de todas las franjas con 88.185×10^6 m³ que equivalieron al 68.8% del volumen total de agua disponible (Tabla III.5), (Figura III.6).

El escurrimiento tuvo su volumen máximo con 37.192×10^6 m³ que correspondieron al 29.0% del total del balance hídrico.

La infiltración fue de 2.873×10^6 m³ que equivalieron al 2.2%; éste fue el valor más bajo de toda la cuenca y se dio por motivo de la poca porosidad de la roca granítica (Gr) y de la unidad edafológica litosol (I), que impidieron que el agua se infiltrase con facilidad. Por otra parte los sedimentos que se depositaron en la cuenca por medio de diversos procesos (aluvión, coluvión, diluvión, eluvión, proluvión) sellaron la permeabilidad del suelo y la roca.

Balance hídrico general

El primer paso para calcular el balance hídrico general de la cuenca del río Pijjiapan, se obtuvo mediante la suma del volumen de escurrimiento de agua de las cuatro variables para cada una de las cinco franjas de la zona bajo estudio. Así se tuvo una entrada de agua en la cuenca en forma de lluvia con un volumen de 491.265×10^6 m³ lo cual equivalió al

100%. A partir de estos datos se hicieron los cálculos correspondientes para obtener las láminas con sus respectivos porcentajes.

Tabla III.5 Cuenca alta del río Pijijapan: Balance hídrico parcial franja E.

Balance hídrico parcial franja E			
Variabes	mm	10⁶m³	%
Precipitación	2250.0	128.250	100.0
Evapotranspiración	1547.1	88.125	68.8
Escorrimento	652.5	37.192	29.0
Infiltración	50.4	2.873	2.2

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la figura III.1, página 58.

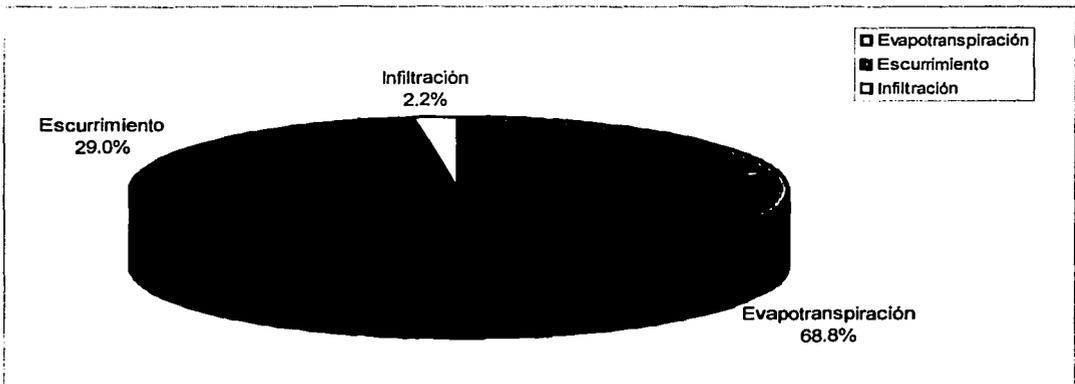


Figura III.6 Cuenca alta del río Pijijapan: Balance hídrico parcial franja E.

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos de la tabla III.5.

El volumen de evapotranspiración fue la variable de mayor porcentaje, con el 56.9% con respecto al total de precipitación, que se tradujo a 279.516×10^6 m³ de agua que se perdió en forma de vapor, es decir, más de la mitad del agua que llueve; esto fue consecuencia de las altas temperaturas que caracterizan a la región subtropical de la Costa

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

de Chiapas, zona a la que pertenece la cuenca alta del río Pijijiapan (Tabla III.6), (Figura III.7).

El escurrimiento predominó sobre la infiltración con $121.919 \times 10^6 \text{ m}^3$ que conformó el 24.8% del total del balance hídrico. Esto fue consecuencia del tipo de roca granítica y de los suelos correspondientes a la unidad edafológica litosol; éstos son de tipo impermeable, con poca porosidad, la cual aunado a la textura de los mismos favorecen el escurrimiento (Fotografía 2).

La infiltración fue del orden de $89.830 \times 10^6 \text{ m}^3$ que representaron el 18.3%, esta variable se vió un poco favorecida por como se dijo anteriormente por las condiciones litológicas y edáficas. Con base en la litología la infiltración sólo se facilitó por la existencia de fracturas y grietas o fisuras que hay en las rocas. Además la cobertura vegetal constituida por especies del Bosque Mesófilo de Montaña y de la Selva Alta Perennifolia (ver anexos 1 y 2) de las partes altas de la cuenca del río Pijijiapan, favorecieron a que el agua penetre en su subsuelo (Tabla III.6), (Figura III.7), (Fotografía 12).

Tabla III.6 Cuenca alta del río Pijijiapan: Balance hídrico general.

Balance hídrico general			
Variables	mm*	10^6 m^3	%
Precipitación	2385.0	491.265	100.0
Evapotranspiración	1357.0	279.516	56.9
Escurrimiento	592.0	121.919	24.8
Infiltración	436.0	89.830	18.3

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la figura III.1, página 58.

*Nota: En ésta columna se considera la lámina teórica equivalente al volumen.

Con la finalidad de tener una idea cualitativa y cuantitativa del comportamiento de los parámetros atmosféricos analizados de la cuenca alta del río Pijijiapan como son: temperatura, precipitación, evaporación potencial, evapotranspiración real y potencial, y escurrimiento, se recurrió a los registros de datos de la estación hidroclimatológica

“Pijijapan” y para las variables de la evapotranspiración real y potencial se tuvieron que realizar los cálculos necesarios para ello. Se utilizaron dos tipos de gráficos para cada variable, excepto para la evapotranspiración Real donde se elaboró un solo tipo de gráfico, (Fotografías 13 y 14).

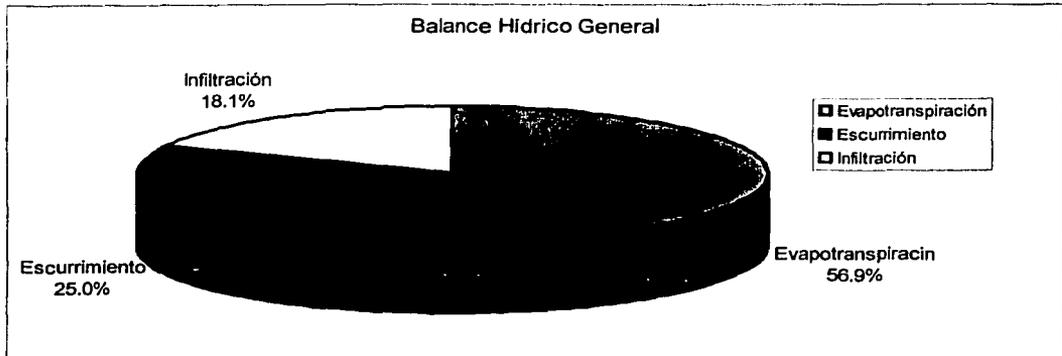


Figura III.7 Cuenca alta del río Pijijapan: Balance hídrico general.
Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos de la tabla III.6.

La primera gráfica muestra la evolución histórica del fenómeno en cuestión, durante un lapso de tiempo de 42 años; la segunda figura expone datos mensuales con valores medios del mismo período el desarrollo del tópico en turno.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos no son representativos de toda la cuenca en estudio, ya que tienen mayor validez en las zonas cercanas a la parte baja de la zona investigada, y se considera que tienen menor veracidad conforme se asciende a los taludes y a la cabecera de la unidad natural del relieve. Sin embargo, el comportamiento de los mismos en el tiempo, si es posible que sean válidos para toda la cuenca.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Comportamiento histórico de la temperatura media anual registrada en la estación hidroclimatológica "Pijijiapan"; durante el período 1960-2001

El comportamiento de la temperatura media anual se describió año por año con cifras medias de un período de 42 años, que comprendió de 1960 al 2001. En 1960 se registró una temperatura media anual de 29.1° C la cual disminuyó paulatinamente hasta 27.8° C en 1963, es decir, en este lapso de tres años la oscilación térmica fue de 1.3° C (Figura III.8), (Anexo 4).

De 1963 a 1974 ésta variable mostró cierta tendencia homogénea con valores que oscilaron de 27.8° a 27.3° C (cifra mínima del período), con excepción de 1969 donde se registró un aumento de temperatura a 28.1° C (Figura III.8), (Anexo 4).

Del año 1974 a 1980 la temperatura se incrementó progresivamente de 27.3° hasta llegar a los 28.7° C; pero a partir de este año comenzaron nuevamente a disminuir los registros hasta 1985, año en que se tuvieron 28.1° C. A partir de 1985 y hasta el 2001, la temperatura presentó discontinuidad y en la gráfica se observan puntos que tienden al aumento y otros a disminuir; no se percibe un patrón térmico que sea regular (Figura III.8), (Anexo 4).

La máxima temperatura se registró en 1993 con 29.6° C y coincide con uno de los años en que hubo menor precipitación (1876.1 mm), con respecto a la evapotranspiración real esta dentro de las cifras "normales" (1509.5 mm), pero con la evapotranspiración potencial coincide con la máxima del todo el período con un valor de 2563.3 mm (Anexo 4).

La mínima temperatura tuvo lugar en 1974 con 27.3° C, la precipitación esta dentro de la media en este año (2066.2 mm), la evapotranspiración real coincide dentro de la media (1473.0 mm) al igual que la evapotranspiración potencial (1817.1 mm), (Anexo 4).

Se presentó una oscilación térmica a lo largo del ciclo de 42 años de 2.3° C, la cual se considera baja y se relacionó con el hecho de que la temperatura fue estable y no hubieron cambios bruscos de calor.

Comportamiento histórico de la temperatura media mensual registrada en la estación hidroclimatológica "Pijijiapan"; durante el período 1960-2001

La variación de la temperatura media mensual se comportó de la siguiente manera: en el mes de enero se registraron 27.5° C que es el valor más bajo en todo el año; progresivamente la temperatura se elevó en los meses de febrero y marzo para finalmente llegar a su máximo en abril con 29.6° C (mitad seca del año), (Anexo 4).

Con la llegada de la temporada de lluvias en el mes de mayo, la temperatura se ve mermada y desciende uniformemente de 29.3° C en el mes de mayo a 27.9° C en el mes de septiembre (mitad húmeda del año); una vez terminada la temporada de lluvias, la temperatura empezó a aumentar un poco en los meses de octubre y noviembre, ambos meses con 28.1° C, pero en diciembre vuelve a bajar con 27.7° C. La oscilación térmica en todo el año fue de 2.1° C (Figura III.9), (Anexo 4).

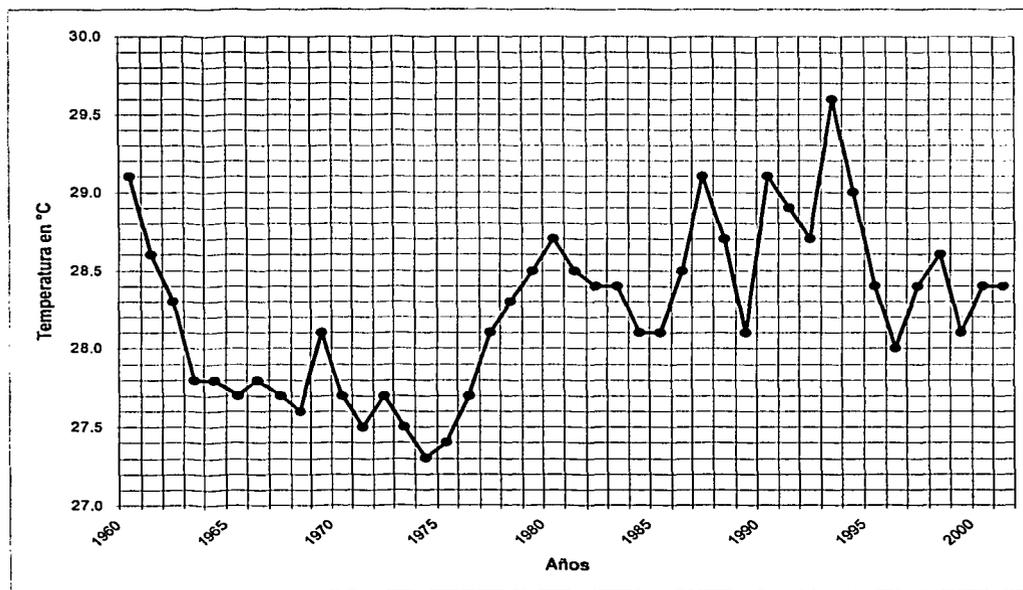


Figura III.8 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Temperatura media anual durante el período 1960-2001.

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos de la tabla del anexo 4, página 124.

Nota: El año 1986 se obtuvo por medio de un promedio puesto que se carecían de todos los meses.

Comportamiento histórico de la precipitación media anual registrada en la estación hidroclimatológica "Pijijiapan"; durante el período 1960-2001

Al observar la gráfica de los registros de precipitación de la estación hidroclimatológica "Pijijiapan" (Figura III.10), no se nota un patrón de lluvia bien definido, ya que el comportamiento de la precipitación es irregular, en algunos años sobrepasa los 2000 mm y en otros ni siquiera se aproximan a esta cifra, aunque lo "normal" es que anualmente se precipiten más de 2000 mm (Anexo 5).

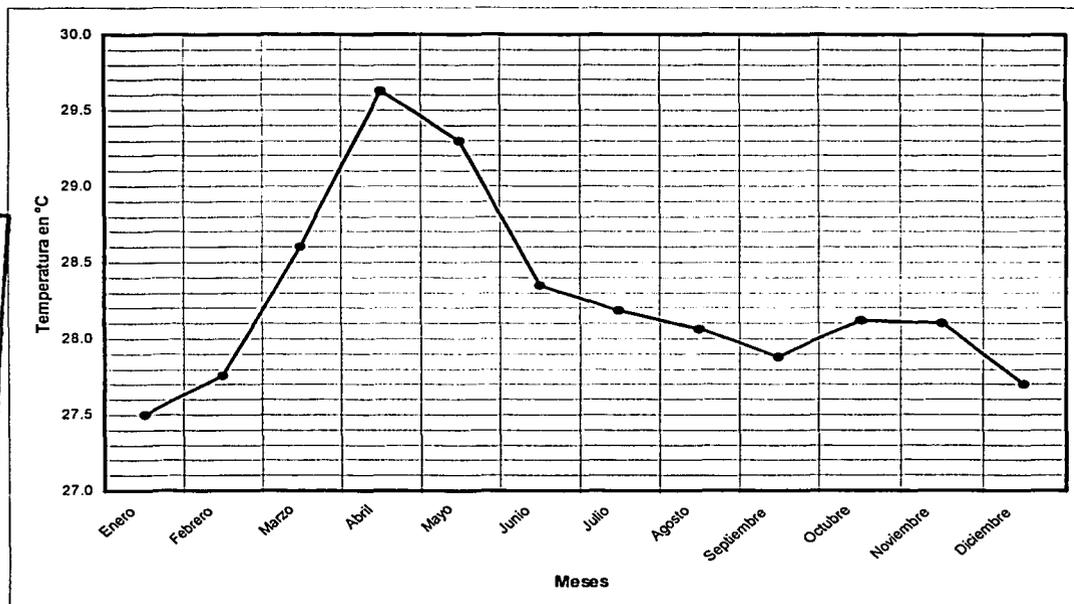


Figura III.9 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Temperatura media mensual durante el período 1960-2001. Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la tablas de los anexos 4, página 124.

Un caso extraordinario fue el del año 1989, cuando se registraron 3046.9 mm de lluvia a lo largo del año, aunque no se tienen noticias de daños graves en la ciudad de Pijijiapan como los ocurridos en las inundaciones de septiembre de 1998, en donde solo en éste mes se precipitaron 1064.4 mm de lluvia sobre la cuenca en estudio y zonas aledañas, y en todo ese año fueron 2887.2 mm (tercer lugar en el período de registro de lluvia de la

estación hidroclimatológica "Pijijapan"), que aunque no es el valor más alto, si tuvo serias repercusiones para los habitantes de la ciudad; ésta catástrofe fue por consecuencia, principalmente, de la alteración de la vegetación original en las partes altas de la cuenca, para la introducción de pastizales para el ganado bovino (Anexo 5). Al disminuir el estrato arbóreo que retenía el suelo, y como consecuencia de los elevados declives de la zona, está quedó a merced del agua de lluvia que la arrastró por medio de los arroyos y ríos y la llevó aguas abajo, provocando una intensa erosión hídrica con su respectiva inundación en las partes media y baja de la zona investigada.

El valor mínimo de precipitación fue en el año 2001 con 1345.8 mm, esta disminución tan brusca se pudo deber, como se dijo anteriormente, a la deforestación de la selva y los bosques del lugar, lo cual, al parecer, provoco una reducción en la lluvia y alterará el ciclo hidrológico local (Anexo 5).

TESIS
FALLA DE ORIGEN

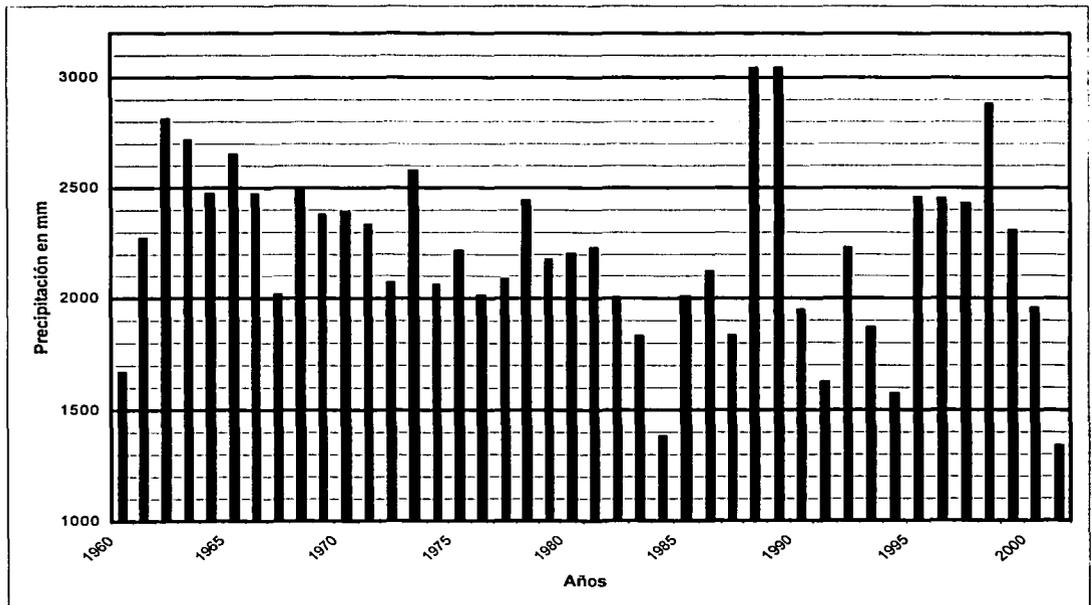


Figura III.10 Estación hidroclimatológica "Pijijapan": Precipitación media anual durante el período 1960-2001.

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos de la tabla del anexo 5, página 125.

Nota: El año 1985 se obtuvo por medio de un promedio puesto que se carecía de todos los meses.

Comportamiento histórico de la precipitación media mensual registrada en la estación hidroclimatológica "Pijijiapan"; durante el período 1960-2001

Al analizar la grafica de la precipitación media mensual (Figura III.11), se presentó un patrón de lluvias bien definido a lo largo del año, se observa la mitad seca del año de los meses de noviembre a abril; y la mitad húmeda de los meses de mayo a octubre (Anexo 5).

Durante el período seco, que es en el mes de enero, se registró la mínima precipitación con 1.4 mm; ésta se incrementó paulatinamente, a lo largo de los meses de febrero (7.6 mm), marzo (13.7 mm) y abril (41.7 mm). En el mes de mayo comenzó progresivamente la temporada de lluvias con 216.8 mm, cifra que se incrementó en junio, con 397.7 mm, pero en el mes de julio la precipitación disminuyó a 354.6 mm, fenómeno conocido con los nombres de canícula, sequía de medio verano ó sequía intraestival. En el mes de agosto nuevamente aumentó la precipitación a 398.4 mm y llegó a su punto máximo en septiembre con 488.4 mm. Una vez terminada la temporada de lluvias, esta disminuye su intensidad en los tres meses venideros (Figura III.11), (Anexo 5).

Desviación Estándar de la precipitación media anual del período 1960-2001

La media aritmética da cierta idea del comportamiento de las cifras de precipitación en la parte baja de la zona en investigación, pero tiene el inconveniente de verse afectada por los valores extremos muy altos o muy bajos de una serie de datos numéricos. Es por este motivo que se calculó la desviación estándar o típica de la precipitación media anual del período 1960-2001 registrada en la estación hidroclimatológica "Pijijiapan", para conocer que tanto varían los datos de lluvia con respecto al promedio.

La desviación estándar en la parte baja de la zona en estudio, en un período de 42 años de registro, es de 398.9 mm, cifra que se considera baja, es decir, el comportamiento de la precipitación media anual tiende a ser homogéneo, y se comprueba con su coeficiente de variación que es de 17.9% con respecto a la media, por lo tanto, los datos se consideran válidos y representativos (Anexo 5).

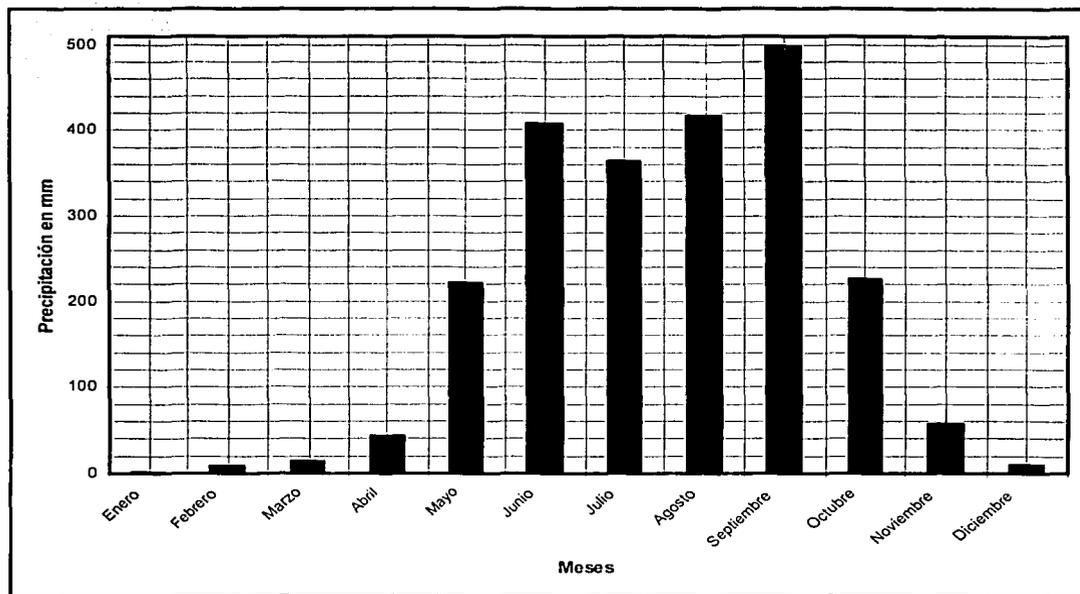


Figura III.11 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Precipitación media mensual durante el período 1960-2001. Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos de la tabla del anexo 5, página 125.

Comportamiento histórico de la evaporación potencial media anual registrada en la estación hidroclimatológica "Pijijiapan"; durante el período 1960-2001

La evaporación es el paso del agua del estado líquido al gaseoso sin la intervención de la vegetación; y a lo largo de este período se observan cuatro ciclos que a continuación se explican.

Primer período: comenzó en 1960 con 1708.3 mm y terminó en 1975 con 1536.1 mm, este período se caracterizó por una regularidad en la distribución espacial de esta variable, sin cambios bruscos de valores (Figura III.12), (Anexo 6).

Segundo período: empezó en 1975 (1536.1 mm) y concluyó en 1985 con 1840.3 mm, este período tiende a ser parecido al anterior, pero es distinto de aquél porque se presentó

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

un incremento en los valores de evaporación, este lapso de tiempo concuerda con un época de elevadas temperaturas y una precipitación relativamente baja (Figura III.12), (Anexo 6).

Tercer período: abarcó del año 1985 (1840.3 mm) a 1995 con 1122.4 mm, éste período es el más inestable y concuerda con una perturbación en la temperatura y un comportamiento irregular en el patrón de precipitación; es aquí donde se presenta la máxima evaporación en 1987 con 2162.2 mm y la mínima en 1995 con 1122.4 (Figura III.12), (Anexo 6).

Cuarto período: fue del año 1995 (1122.4 mm) al 2001 con 1580.0 mm; este período tiende a ser un poco más homogéneo que el anterior pero todavía no llega a ser tan estable como el primer lapso de tiempo (Figura III.12), (Anexo 6).

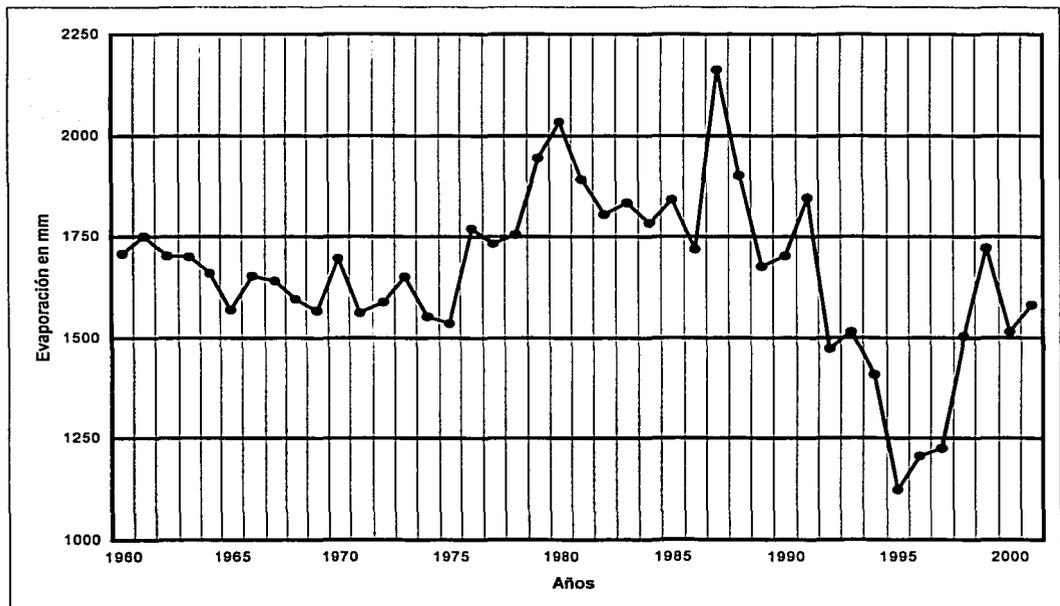


Figura III.12 Estación hidrometeorológica "Pijijapan": Evaporación potencial media anual durante el período 1960-2001.

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la tabla del anexo 6, página 126.

Nota: El año 1986 se obtuvo por medio de un promedio puesto que se carecían de todos los meses.

Comportamiento histórico de la evaporación potencial media mensual registrada en la estación hidroclimatológica "Pijjiapan"; durante el periodo 1960-2001

El comportamiento de la evaporación esta íntimamente relacionado con el patrón de temperatura y precipitación a lo largo de todo el año; en el mes de enero se tuvo una pérdida de agua hacia la atmósfera de 161.1 mm, el cual se incrementó en febrero con 170.2 mm y llegó a su máximo en marzo con 192.7 mm, cifra que no coincide con el mes más caluroso de la ciudad de Pijjiapan que es en abril, quizás este fenómeno se debe a que en abril llueve más que en marzo (Figura III.13), (Anexo 6).

A partir de marzo la evaporación disminuyó paulatinamente para que en el mes de abril se tuvieran 175.8 mm, en mayo 150.0 mm y en junio 110.4 mm, cifra que en el mes de julio se incrementó ligeramente por la canícula a 111.4 mm (Figura III.13), (Anexo 6).

Pero en agosto con el incremento de la precipitación, la evaporación disminuyó a 108.6 mm, para que en septiembre el mes más lluvioso registrara su valor más bajo con 93.7 mm, en octubre como es el fin de la temporada de lluvias y hay una disminución de éstas y un pequeño incremento en la temperatura, la pérdida de agua hacia la atmósfera aumentó ésta cifra a 117.7 mm (Figura III.13), (Anexo 6). Finalmente en noviembre hay 129.3 mm y en diciembre 139.7 mm.

Comportamiento histórico de la evapotranspiración real anual durante el periodo 1960-2001

Ésta variable, solo tendrá la gráfica del comportamiento histórico de la evapotranspiración real anual, puesto que con el método de Turc, seleccionado para éste trabajo, no permite calcular éste tópic para cada mes.

Se observaron claramente dos ciclos bien definidos en la Figura III.14, el primero comprendió del año 1960 con una evapotranspiración real de 1392.0 mm y terminó en 1983 con 1440.8 mm, a lo largo de éste periodo se presentó cierta regularidad en donde la línea de tendencia de la gráfica no sufrió cambios bruscos (Anexo 7).

El segundo ciclo abarcó los años de 1984 (1203.0 mm) y termina en el año 2001 con 1185.0 mm en este lapso de tiempo los valores de evapotranspiración real no tienen una tendencia bien definida ya que la línea de tendencia forma picos hacia abajo y hacia arriba sin tener una homogeneidad (Figura III.14).

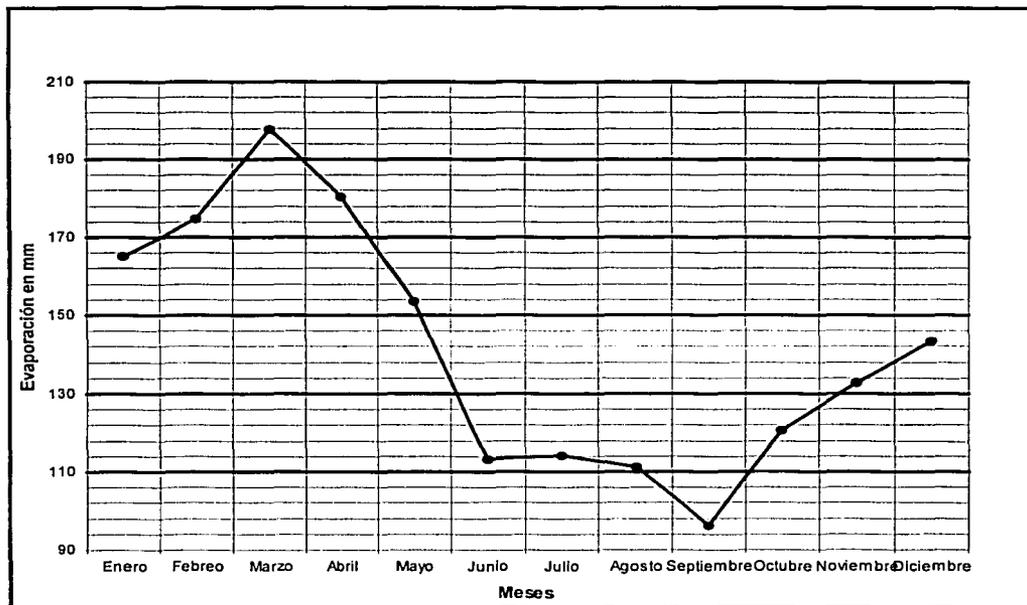


Figura III.13 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Evaporación potencial media mensual durante el período 1960-2001. Fuente: Figura elaborada por el sustentante de este trabajo con base en la tabla del anexo 6, página 126.

El máximo de evapotranspiración real es en el año de 1988 con 1814.6 mm y el mínimo es en el 2001 con 1185.0 mm (Figura III.14).

Comportamiento histórico de la evapotranspiración potencial anual durante período 1960-2001

La evapotranspiración potencial según Campos 1987 citando a Thornthwaite (1948) es "el límite superior de la cantidad de agua que realmente retorna a la atmósfera por evaporación y transpiración".

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Claro que la cantidad de evapotranspiración depende de factores biológicos como las etapas de desarrollo de la planta y su tipo de especie; edáficos según el contenido de humedad del suelo y la facilidad de éste para cederla y climáticos como el poder evaporante de la atmósfera según la cantidad de radiación solar, la temperatura y los vientos.

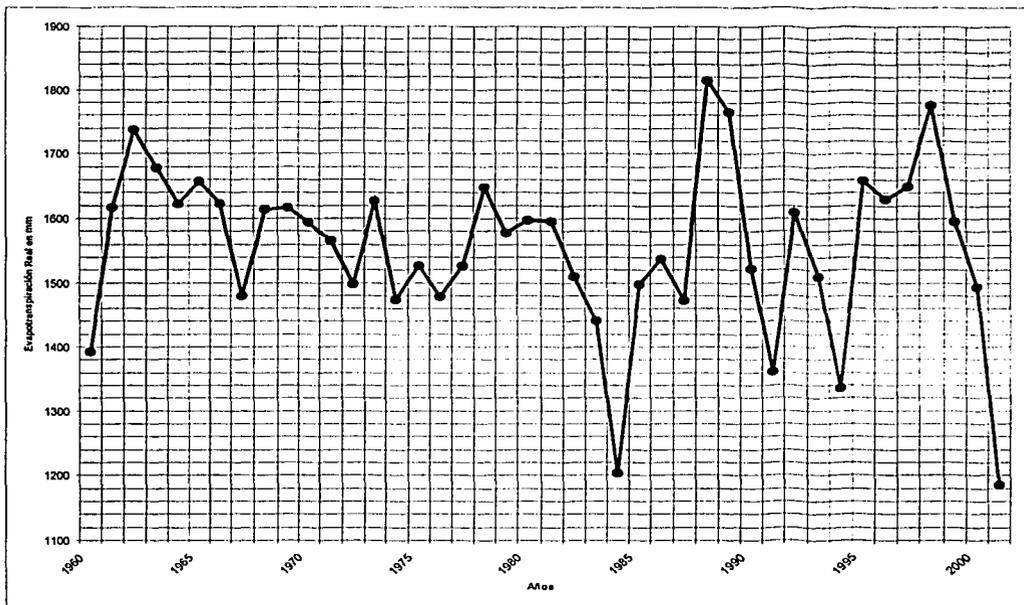


Figura III.14 Estación hidroclimatológica "Pijjilapan": Evapotranspiración real anual durante el período 1960-2001.

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la tabla del anexo 7, página 127.

Nota: El año 1986 se obtuvo por medio de un promedio puesto que se carecían de todos los meses.

En la gráfica se perciben tres períodos bien marcados que a continuación se describen:

Primer período: Comenzó en 1960 con 2363.7 mm de evapotranspiración potencial y concluyó en 1985 con 2032.2 mm, este lapso de tiempo se caracteriza porque todos los valores tienden a ser uniformes, ya que no se aprecian "saltos" significativos en la posición de los puntos (Figura III.15).

TESIS CON
FALLA DE RIGEN

El segundo ciclo fue a partir del año 1985 (2032.2 mm), y termina en el año de 1996 con 2002.2 mm; se aprecia claramente que no hay una estabilidad en el comportamiento de esta variable, se nota cierta discrepancia en los puntos de evapotranspiración potencial, esta inestabilidad coincide con una alteración de la temperatura en el mismo intervalo de tiempo (Figura III.15).

El tercer período comenzó a partir de 1996 (2002.2 mm), donde se nota otro ciclo con un comportamiento que tiende a la homogeneidad en la distribución de los puntos de evapotranspiración potencial que terminaron en el año 2001 con 2122.5 mm (Figura III.15).

La máxima evapotranspiración potencial fue en el año de 1993 con 2563.3 mm, cifra que coincide con el máximo de temperatura del período en estudio; y la mínima es en 1974 con 1817.1 mm, valor que encaja con el mínimo de temperatura en ese lapso de 42 años (Figura III.15).

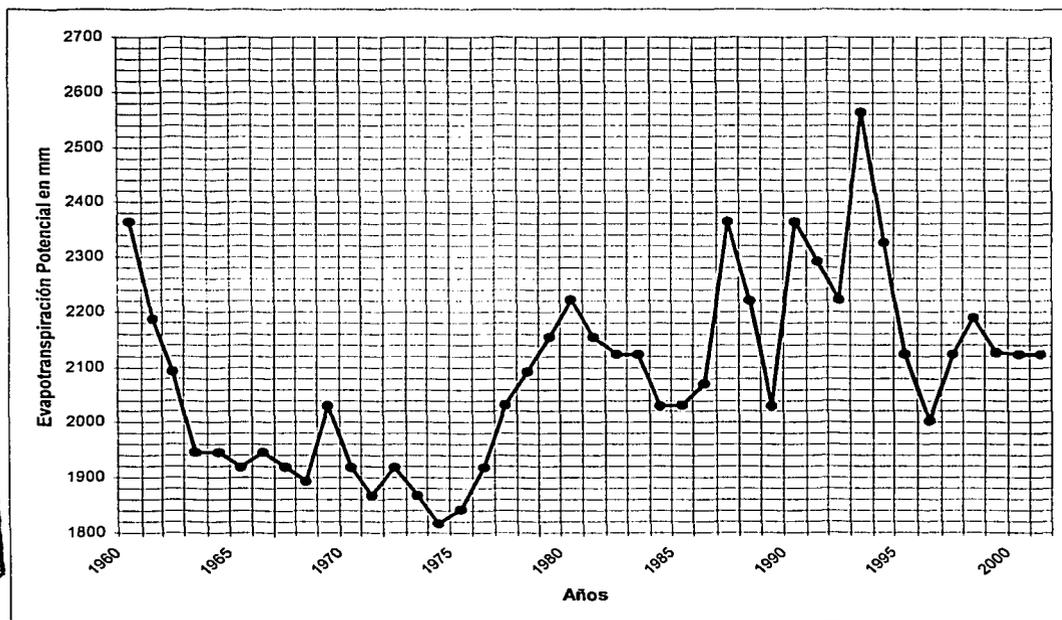


Figura III.15 Estación hidroclimatológica "Pijijapan": Evapotranspiración potencial anual durante el período 1960-2001.

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la tabla del anexo 7, página 127.

Nota: El año 1986 se obtuvo por medio de un promedio puesto que se carecían de todos los meses.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Comportamiento histórico de la evapotranspiración potencial mensual; durante el período 1960-2001

Al observar la Figura III.16 se nota una enorme relación entre el comportamiento de la evapotranspiración potencial con las variables de temperatura y precipitación a lo largo los meses. Es en el mes de enero cuando se tuvo una cifra de 145.5 mm de agua que retornó a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas; en el mes de febrero con el incremento de la temperatura también aumentó la variable tratada en este apartado con 143.2 mm y lo mismo sucedió en los meses de marzo y abril con 183.6 y 215.6 mm respectivamente para llegar a su punto máximo en el mes de mayo con 220.0 mm, cifra que no coincidió con el mes de máxima temperatura que es el de abril, esto probablemente como consecuencia de que en mayo llueve más que en el mes de abril.

En el mes de junio la evapotranspiración potencial disminuyó a 183.7 mm para que en el mes de julio aumentara a 187.6, comportamiento que coincidió con una pequeña disminución de la lluvia en estos dos meses. En los meses de agosto y septiembre esta variable disminuyó a 178.1 y 163.0 mm, pero en el mes de octubre como consecuencia de un pequeño aumento en la temperatura la evapotranspiración aumentó levemente a 166.6 mm, en noviembre y diciembre las cifras disminuyeron a causa del descenso de la temperatura (Figura III.16).

Comportamiento histórico del escurrimiento medio anual registrado en la estación hidroclimatológica “Pijijiapan”; durante el período 1962-1994

El comportamiento del escurrimiento registrado en la estación hidroclimatológica “Pijijiapan”, abarcó 33 años, el cual comenzó en 1962 y concluyó en 1994, a lo largo de éste lapso de tiempo se distinguieron cuatro períodos que a continuación se describen (Fotografía 15), (Anexo 8).

Primer período: comenzó en 1962 con $340,715 \times 10^3 \text{ m}^3$ y terminó en 1972 con $215,849 \times 10^3 \text{ m}^3$, durante este lapso de 10 años, el escurrimiento máximo se registró en

1969 con $438,261 \times 10^3 \text{ m}^3$ y el mínimo en 1967 con $191,090 \times 10^3 \text{ m}^3$ (Figura III.17), (Anexo 8).

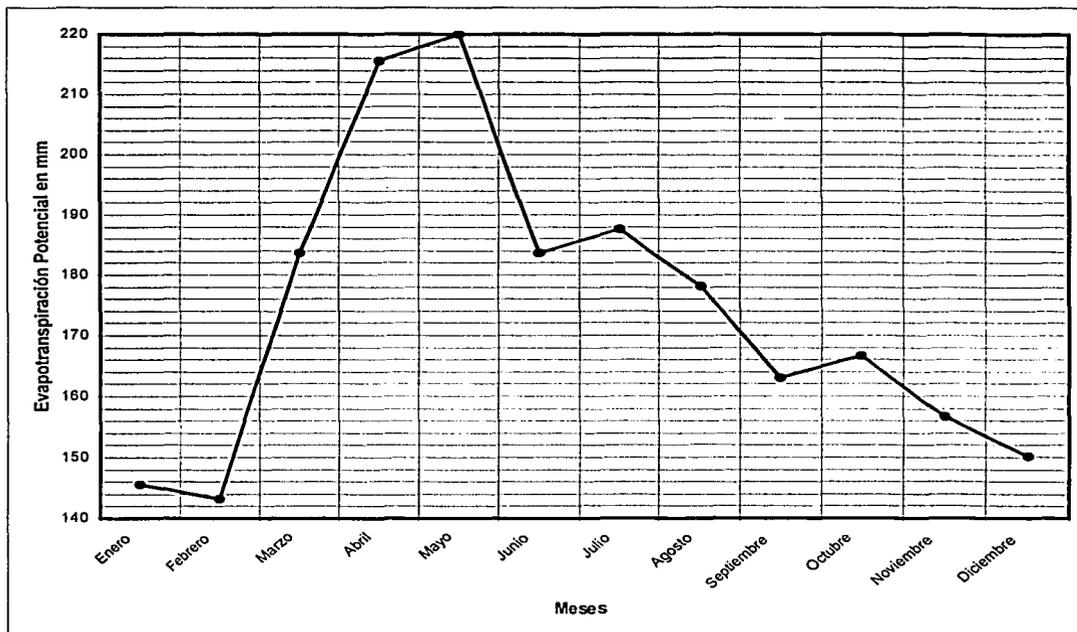


Figura III.16 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Evapotranspiración potencial mensual durante el período 1960-2001.

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la tabla del anexo 7, página 127.

Nota: El año 1986 se obtuvo por medio de un promedio puesto que se carecían de todos los meses.

Segundo período: empezó en 1973 con $580,797 \times 10^3 \text{ m}^3$ (tercer registro de escurrimiento máximo) y concluyó en 1981 con $785,531 \times 10^3 \text{ m}^3$ cifra de escurrimiento máximo en los 33 años de registro que se tienen de la estación hidroclimatológica "Pijijiapan" (Figura III.17), (Anexo 8).

Tercer período: Abarcó del año 1982 con $270,513 \times 10^3 \text{ m}^3$ a 1989 (este año junto con 1988 ocuparon el cuarto y segundo lugar de escurrimientos máximos en la cuenca del río Pijijiapan con $554,244 \times 10^3 \text{ m}^3$ y $589,981 \times 10^3 \text{ m}^3$ respectivamente) (Figura III.17), (Anexo 8).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuarto período: fue del año 1990 con $372,641 \times 10^3 \text{ m}^3$ a 1994 con $148,486 \times 10^3 \text{ m}^3$, cifra mínima de escurrimiento registrado en zona en investigación, en un lapso de 33 años de registro que se disponen de escurrimiento (Figura III.17), (Anexo 8).

Al comparar el escurrimiento obtenido por medio del balance hídrico general en este mismo capítulo que fue de $121.919 \times 10^6 \text{ m}^3$, y compararlo con el valor medio registrado en la estación hidroclimatológica "Pijijiapan", que fue de $373.600 \times 10^6 \text{ m}^3$; se observa claramente una diferencia de $251.681 \times 10^6 \text{ m}^3$; éste déficit, muy probablemente se debe a dos motivos; el primero es que el agua que se precipita en la parte de la cabecera de la cuenca en estudio, tiende a desplazarse subterráneamente aguas abajo y salir a la superficie en las cercanías de la considerada desembocadura, es decir, existe afluencia de agua subterránea. Es por este motivo, que en época de secas, el río Pijijiapan no se seca completamente y se le considere como una corriente perenne, en otras palabras, que en todo el año lleva agua en su cauce.

El segundo motivo puede ser resultado de haber manejado valores medios anuales en el cálculo del balance hídrico de la cuenca alta del río Pijijiapan, además no hay que olvidar que el registro hidrométrico del que se dispuso solo abarco de 1962 a 1994, por otra parte hubo varios meses con datos inferidos y años en donde el escurrimiento fue sumamente excesivo, por ejemplo, como ya se explico anteriormente se presentaron años como el de 1994, en cual escurrieron $148.486 \times 10^6 \text{ m}^3$, y otros como el de 1981, donde escurrió un volúmen de $785.531 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Anexo 8).

Entonces, por estas variaciones extremas, se pudo haber visto afectado el balance hídrico de la cuenca alta del río Pijijiapan, por el método empleado por el sustentante de este trabajo, y la cifra escurrimiento registrad en la estación hidroclimatológica "Pijijiapan". Por estas razones, en estudios posteriores, sería muy conveniente realizar investigaciones que aborden el tema de las aguas subterráneas; tópico que se trató con un poco más de detalle a la hora de que se emitieron las recomendaciones y sugerencias.

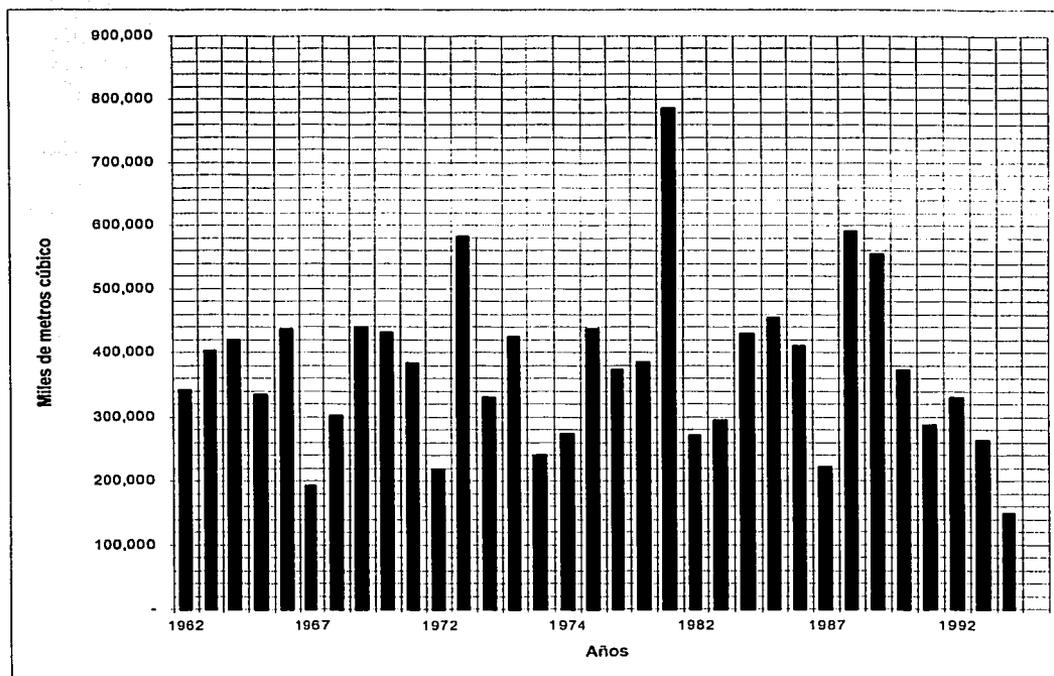


Figura III.17 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Esguimiento medio anual durante el período 1962-1994.

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la tabla del anexo 8, página 128.

Nota: El año 1986 se obtuvo por medio de un promedio puesto que se carecían de todos los meses.

Comportamiento histórico del esguimiento medio mensual registrado en la estación hidroclimatológica "Pijijiapan"; durante el período 1962-1994

La distribución del esguimiento a lo largo de los meses comenzó en el mes de enero con $153.4 \times 10^3 \text{ m}^3$, cifra que para febrero disminuyó a $83.5 \times 10^3 \text{ m}^3$ y para marzo a $65.8 \times 10^3 \text{ m}^3$, y en abril llegó el río Pijijiapan a su mínimo caudal con $65.0 \times 10^3 \text{ m}^3$, valor que coincidió con el máximo de temperatura, no así con el de evaporación que fue en marzo (Figura III.18), (Anexo 8).

Para el mes de mayo, por comenzar la temporada de lluvias, el esguimiento empezó a aumentar progresivamente ($249.0 \times 10^3 \text{ m}^3$) hasta llegar a su punto máximo en el mes de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

septiembre ($3,237.2 \times 10^3 \text{ m}^3$), que coincidió con el mes más lluvioso. Los tres meses siguientes con el fin de la época de lluvias el caudal del río decrece poco a poco (Figura III.18), (Anexo 8).

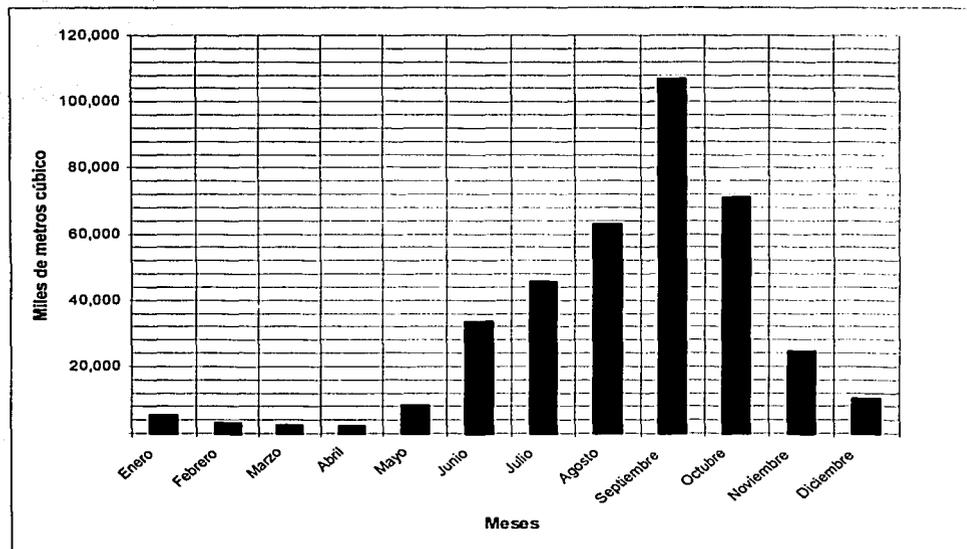


Figura III.18 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Escorrentamiento medio mensual durante el período 1962-1994. Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en la tabla del anexo 8, página 128.

Desviación Estándar del escurrimiento medio anual del período 1962-1994

Debido a que éste trabajo es de tipo hidrogeográfico, se considera pertinente conocer que tanta es la dispersión que tiene una de las variables más importantes del balance hídrico como lo es el escurrimiento con respecto a su media aritmética.

La desviación estándar del escurrimiento registrado en la estación hidroclimatológica del río Pijijiapan en un período de 33 años que abarcó de 1962 a 1994 fue de $127,097.1 \text{ m}^3$, que es un valor medio, y el cual se comprueba con su coeficiente de variación que fue de 34.0% de desviación con respecto al promedio, en otras palabras, los datos de esta serie numérica se consideran válidos pero poco representativos (Anexo 8).

Probablemente, esta variabilidad numérica se deba a que la estación hidroclimatológica "Pijijiapan" registra el caudal del río no solo del considerado punto terminal de la cuenca, sino también el volumen de agua proveniente de las porciones alta y media de la zona en investigación; y como la precipitación es diferente en cada parte de esta unidad natural del relieve, hay diferentes caudales en los arroyos que conforman el sistema de drenaje y que además se contabilizan en un solo lugar que es donde se localiza la estación.

Por ejemplo puede estar lloviendo muy fuerte en la parte media de la cuenca, pero en la parte baja, es decir, en la desembocadura no llueve, sin embargo la estación hidrométrica va a registrar el volumen de agua escurrido desde río arriba, y si más tarde llueve en la parte alta todos estos caudales se van a ir acumulando y se registrarán en la estación hidroclimatológica "Pijijiapan".

Comparación histórica de las variables temperatura, precipitación, evaporación potencial, evapotranspiración real y potencial media anual; durante el período 1960-2001

Esta gráfica se elaboró con la finalidad de observar el comportamiento histórico anual, y más adelante mensual, de las variables de temperatura, precipitación, evaporación, evapotranspiración real y potencial, que se registraron en la estación hidroclimatológica "Pijijiapan" durante un período de 42 años, que comprendió de 1960 a 2001.

Nótese en la Figura III.19, que la temperatura es el elemento climático que presentó más homogeneidad en todo el lapso de tiempo; y el resto de las variables tienen un comportamiento que tiende a la homogeneidad en algunos casos, y en otros son muy irregulares, como ya se explicó anteriormente al describir cada uno de los tópicos analizados.

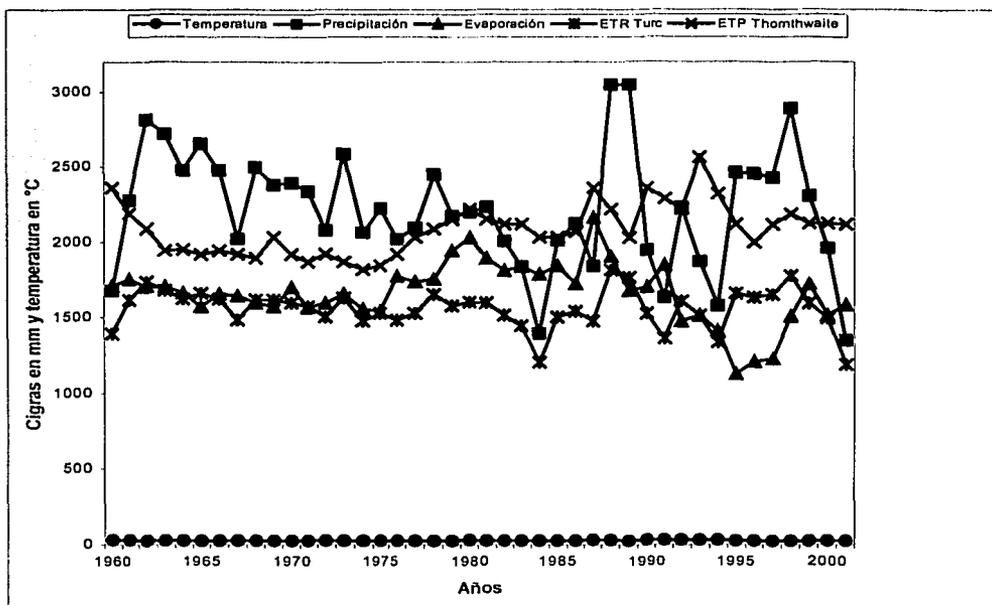


Figura III.19 Estación hidroclimatológica "Pijijapan": Comparación histórica de las variables temperatura, precipitación, evaporación potencial, evapotranspiración real y potencial medias anuales; durante el período 1960-2001. Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en las tablas de los anexos 4-8, páginas 124-128. Nota: El año 1986 se obtuvo por medio de un promedio puesto que se carecían de todos los meses.

Comparación histórica de las variables temperatura, precipitación, evaporación potencial, evapotranspiración real y potencial media mensual; durante el período 1960-2001

Aquí es importante observar, que cada una de las variables graficadas obedecieron al patrón de comportamiento de la temperatura por un lado y, al de la precipitación por el otro; obsérvese que la temperatura siguió comportándose homogéneamente a lo largo del año, y las demás variables tienden a disminuir con la llegada de la temporada de lluvias y la consecuente disminución de la temperatura. No hay que olvidar que cada uno de los elementos graficados, fueron explicados con mayor detalle anteriormente en éste mismo capítulo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

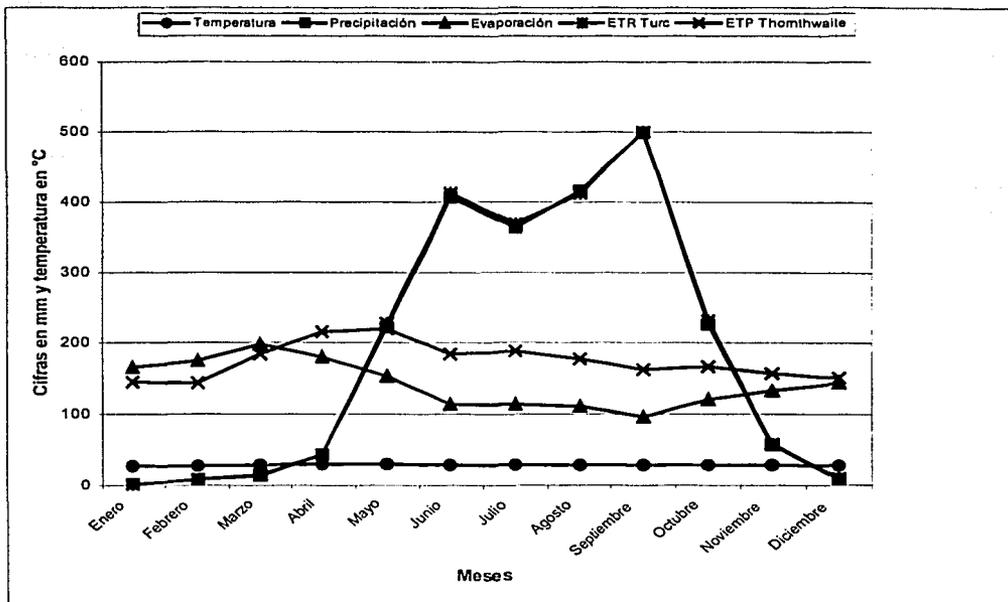


Figura III.20 Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Comparación histórica de las variables temperatura, precipitación, evaporación potencial, evapotranspiración real y potencial medias mensuales; durante el período 1960-2001.

Fuente: Elaboró Álvaro Ramírez Laguna, con base en las tablas de los anexos 4-8, páginas 124-128.

Nota: El año 1986 se obtuvo por medio de un promedio puesto que se carecían de todos los meses.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

NOTA: Se recomienda ver al final de éste trabajo la **síntesis geográfica de la cuenca alta del río Pijijiapan**, para ver los resultados obtenidos durante la investigación de manera general y simplificada.

Capítulo IV

Características geográfico-sociales del municipio y ciudad de Pijijiapan

Localidades en la cuenca alta del río Pijijiapan en 1990

En el presente capítulo, la intención era analizar las características geográfico-sociales de las localidades que se ubican dentro de la cuenca alta del río Pijijiapan; pero ante la carencia de datos que sirviesen a este propósito, la presencia de localidades con el mismo nombre en el municipio, lo cual provocó confusión para saber cual era la ranhería que estaba dentro de la cuenca, y por último a la poca población que habita en la zona de investigación; se optó por analizar las mismas características, pero tanto del municipio de Pijijiapan, como de la ciudad, ésto por la relativa disponibilidad de datos registrados en los censos de población del INEGI.

Según INEGI 1990, en la cuenca alta del río Pijijiapan habían sólo cuatro localidades: La Morita, Hoja Blanca y dos ranherías llamadas San Antonio, con una población total de 203 personas (Figura IV.1); pero en la Tabla IV.1, se mencionan las localidades que se asentaron dentro de la zona en investigación, según los mapas topográficos correspondientes.

Tabla IV.1 Cuenca alta del río Pijijiapan: Localidades en 1990.

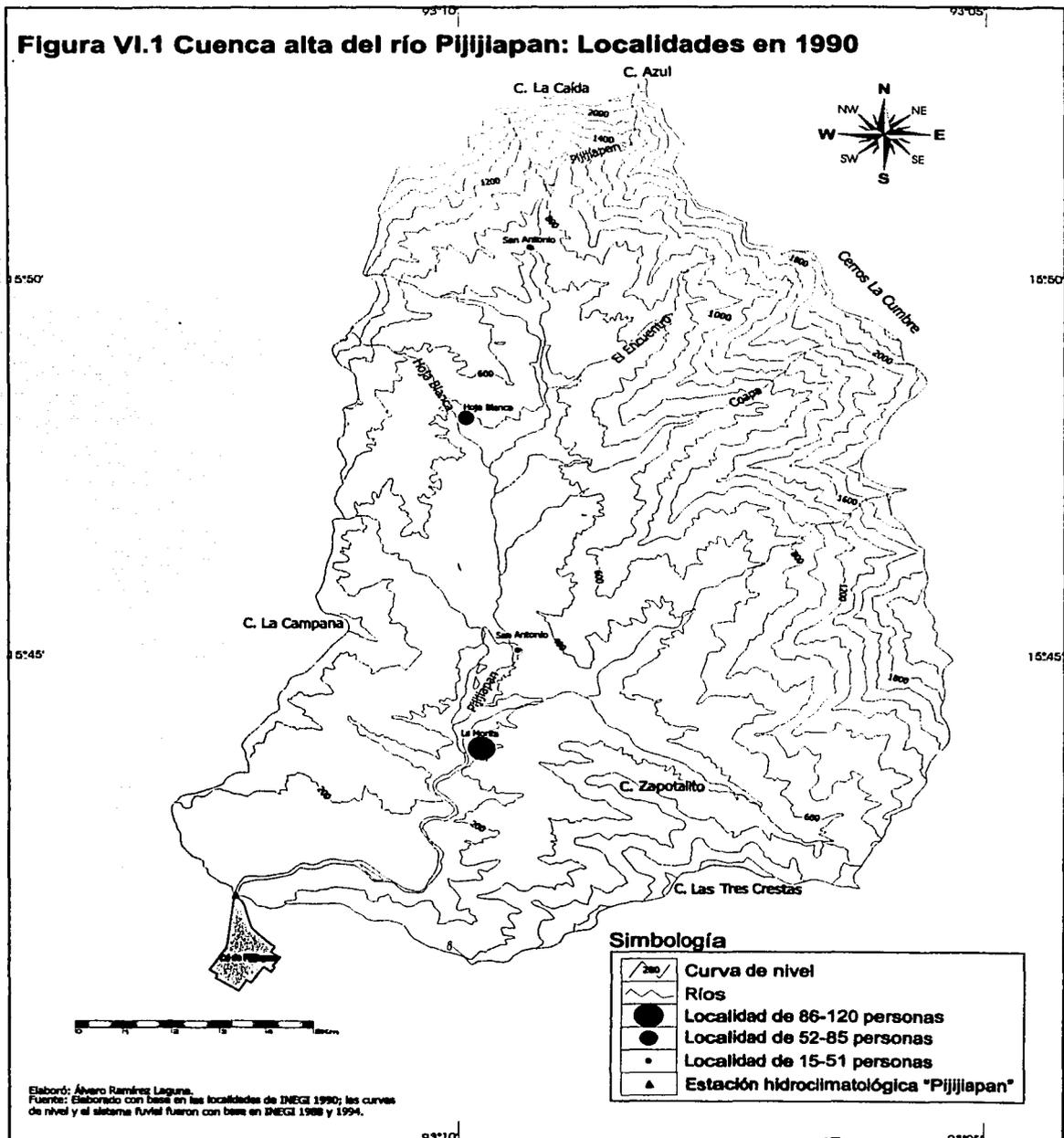
1. San Antonio	9. El Cupape	17. Malpaso
2. Tres Suspiros	10. La Guadalupana	18. La Bugambilia
3. Loma Bonita	11. Asia	19. San Antonio
4. El Cafetal	12. América	20. La Morita
5. África	13. Australia	21. Santa Rosa
6. El Desengaño	14. San Pedro	22. Los Sauces
7. El Retiro	15. Oceanía (Chichicastle)	23. Ciudad de Pijijiapan (13,931 Hab)
8. Hoja Blanca	16. El Consuelo	

Fuente: Tabla elaborada por Álvaro Ramírez Laguna, con base en INEGI 1988 y 1994.

Densidad de población en la cuenca alta del río Pijijiapan en 1990

Se tuvo una densidad de población en la cuenca alta del río Pijijiapan de **0.9 habitantes por cada km²**; la cual se considero como extremadamente baja, es decir, que la zona en investigación estuvo casi despoblada en este año. Se utilizó la siguiente formula para obtener este valor:

Figura VI.1 Cuenca alta del río Pijijapan: Localidades en 1990



Simbología

	Curva de nivel
	Ríos
	Localidad de 86-120 personas
	Localidad de 52-85 personas
	Localidad de 15-51 personas
	Estación hidroclimática "Pijijapan"

Elaboró: Álvaro Ramírez Laguna.
Fuente: Elaborado con base en las localidades de INEGI 1990; las curvas de nivel y el sistema fluvial fueron con base en INEGI 1988 y 1994.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

$$D_p = \frac{203 \text{ Hab}}{206 \text{ Km}^2} = 0.9 \text{ Hab/Km}^2$$

Población del municipio de Pijijiapan en 1990

La población total en éste año fue de 43,248 habitantes, de los cuales 50.94% eran hombres, es decir, 22,032 personas y 21,216 fueron mujeres, es decir, 49.06% con respecto al total de la población del municipio de Pijijiapan (Anexo 9).

Incremento de población 1980-1990 en el municipio de Pijijiapan

Este parámetro permitió conocer a manera de porcentaje, la cantidad de población que aumentó en el municipio de Pijijiapan del decenio de 1980 al de 1990; la fórmula que se empleó para el calculo de esta variable demográfica fue la siguiente:

$$I_p = \left(\frac{P_F - P_I}{P_I} \right) \times 100$$

Donde:

I_p = Incremento de población

P_F = Población final

P_I = Población inicial

100 = Constante para obtener el porcentaje

Sustituyendo valores se tiene:

$$I_p = \left(\frac{43,248 - 28,896}{28,896} \right) \times 100$$

$$I_p = \left(\frac{14352}{28,896} \right) \times 100 = 49.7\%$$

Del resultado obtenido se concluyó que en el decenio que va de 1980 a 1990, la población aumento un 49.7% en el municipio de Pijjiapan, es decir, casi se duplico. Este es un valor de incremento muy elevado a nivel nacional si se considera que el incremento de población de la República Mexicana en el mismo decenio fue de 21.5%; pero se puede considerar también como una cifra relativamente baja, pero con respecto al estado de Chiapas donde se obtuvo un incremento de 54.0%.

El incremento de población fue tan drástico; que seguramente ocasionó, en la ciudad de Pijjiapan principalmente, un aumento en la demanda y consumo de agua; lo cual no se puede comprobar, por no existir datos de la clasificación del uso del agua exclusivamente de la ciudad.

Población económicamente activa del municipio de Pijjiapan en 1990

Con la finalidad de conocer la distribución de los habitantes del municipio y la ciudad de Pijjiapan en cada una de las ramas económicas y por consiguiente saber en que sector se consumió más agua, se hizo la siguiente descripción.

La Población Económicamente Activa (PEA), según la Organización Internacional del Trabajo, es toda persona que ejerce una actividad con la cual se obtiene una remuneración para mantenerse a si mismo y a su familia. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) dice que es la fuerza de trabajo que constituye la mano de obra para la producción de bienes y servicios.

La PEA en el municipio de Pijjiapan para 1990 fue de 11,672 personas. La Población Económicamente Inactiva (PEI) se considera a la población que aunque esta en edad de trabajar, estas no lo hacen, son personas que no participan directamente en el proceso productivo por diferentes motivos, como las personas de edad mayor, los enfermos, los

presos, los jubilados, etcétera. La PEI para 1990 en el municipio de Pijijiapan es de 16,189 habitantes.

Dentro de la PEA se distinguen la población ocupada y la población desocupada o desempleada. La población ocupada es aquella fuerza de trabajo (en México es oficialmente a partir de los 12 años) que tiene una ocupación en alguno de los tres principales sectores de actividad económica.

En el caso del municipio de Pijijiapan para 1990 tuvo un valor de 11,446 personas, es decir, el 98.1 de la PEA tiene trabajo. La población desocupada la componen las personas que se encuentran temporalmente de vacaciones, las que están en huelga o paro, los enfermos transitorios, los jóvenes en edad de trabajar pero que no son productivos, etcétera; en el caso del municipio de Pijijiapan alcanzó una cifra de 226 habitantes, es decir, 1.9% de la PEA no tenía empleo. La PEA se divide en tres sectores: Primario, Secundario y Terciario, estos tópicos a su vez se dividen en ramas.

El sector Primario, es aquella población que se dedica a las actividades agropecuarias (agricultura y ganadería), al aprovechamiento forestal o silvicultura, a la pesca y a la caza, es decir, hacen uso directo de los recursos naturales para tener satisfactores de primera entrada. A nivel municipal, Pijijiapan tuvo en este sector de actividad económica a una población de 7,666 personas que representaron el 67% con respecto al total de la población ocupada, este valor hace ver que en la entidad predominó en 1990 a nivel general la población rural (Figura IV.2).

El sector secundario, es la fuerza de trabajo que procesa la materia prima procedente de las actividades económicas primarias y la transforma para tener bienes que sean satisfactores de la sociedad, en esta rama económica laboraron 1,145 personas a nivel municipal que equivalieron a un 10% con respecto al total de la población ocupada (Figura IV.2).

El sector terciario, se compuso por la fuerza de trabajo, que ponen en contacto a la producción con el consumidor, en general son actividades de servicios y distribución, la cual

en el municipio de Pijijiapan alcanzó un valor de 2,312 personas, es decir, el 20% (Figura IV.4).

Para finalizar 323 personas, es decir, el 3% no tuvieron clasificación en ninguno de los tres sectores (Figura IV.2).

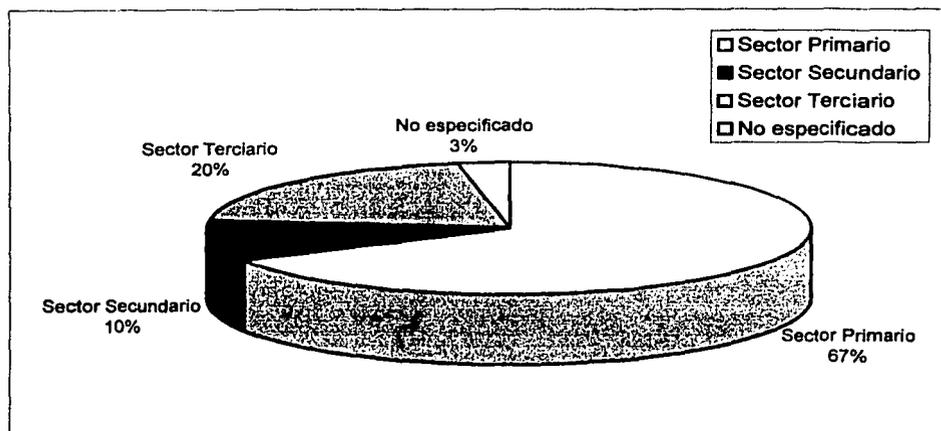


Figura IV.2 Municipio de Pijijiapan: Población económicamente activa por sector de actividad en 1990.
Fuente: Figura elaborada por Álvaro Ramírez Laguna, con base INEGI 1990.

Población económicamente activa de la ciudad de Pijijiapan en 1990

Esta gráfica se elaboró con la intención de que se notara la diferencia que existió entre los tres sectores económicos del municipio de Pijijiapan con respecto a los de la ciudad de Pijijiapan. En la cabecera municipal se tuvo una PEA total de 3,279 personas, de las cuales 3,172 fueron población ocupada (96.7%) y 107 estuvieron en la categoría de desempleados (3.3%). La PEI fue de 5,027 personas.

El sector primario en la ciudad de Pijijiapan fue de 614 personas que representaron el 19% de la población ocupada (nótese la disminución de esta fuerza de trabajo con respecto a la nivel municipal), es la fuerza de trabajo de menor importancia en la ciudad de Pijijiapan (Figura IV.3).

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Cabe destacar, que por las condiciones geológicas, edafológicas y de vegetación, que predominan en el municipio de Pijijiapan y como consecuencia en la cuenca alta del río Pijijiapan, las actividades económicas del sector primario como son: la ganadería, la agricultura y la explotación forestal, son las que se ven mayormente favorecidas para que las practiquen los habitantes de la zona en investigación; aunque lamentablemente no se tengan registros del consumo de agua en este sector de actividad, si se conoce que se cultivan pastizales de temporal para alimentar al ganado bovino, es decir no se observaron obras hidráulicas para regar los cultivos durante el recorrido de campo .

El sector secundario ocupó un 23% que equivalió a 732 personas y fue el segundo sector en importancia en la cabecera municipal, dentro de esta rama económica se ubico a la fábrica de quesos (Figura IV.3).

El sector terciario lo conformaron 1,675 personas que representaron el 53% de la fuerza de trabajo; 5% de la población, es decir, 151 personas no estuvieron especificadas a que sector pertenecen, aquí entraron todos los comercios de la ciudad de Pijijiapan, pero no fue posible obtener los registros del consumo del uso del agua (Figura IV.3).

Es en la actividad económica terciaria donde se notó la diferencia que hay entre la ciudad y el municipio de Pijijiapan; esto es característico de las ciudades urbanas, pero este sector es engañoso porque aquí sucede un fenómeno que se conoce como "Proceso de terciarización de la PEA" que es muy característico de los países subdesarrollados, y consiste en incrementar este sector como una alternativa para el desempleo y subempleo, con esto no avanza la sociedad, ya que es un reflejo del atraso tecnológico y no ayuda en mucho a la economía nacional (Figura IV.3).

Pirámide de edades del municipio de Pijijiapan en 1990

En éste año en el municipio de Pijijiapan se presentó una población total de 43,248 personas, de las cuales 22,032 eran varones que representaron el 50.94% con respecto al total; y el número de mujeres fue de 21,216, es decir, el 49.06% (Anexo 10).

Con la finalidad de analizar los grupos quinquenales que conforman los habitantes del municipio de Pijijiapan, éstos fueron representados en la pirámide de edades, la población se dividió en cinco grandes grupos que a continuación se describen:

El primer grupo abarcó de los 0 a los 14 años, con un total de 17,867 habitantes entre hombres y mujeres que representaron el 38.06% del total del municipio; este sector se compone exclusivamente de niños (Figura IV.4).

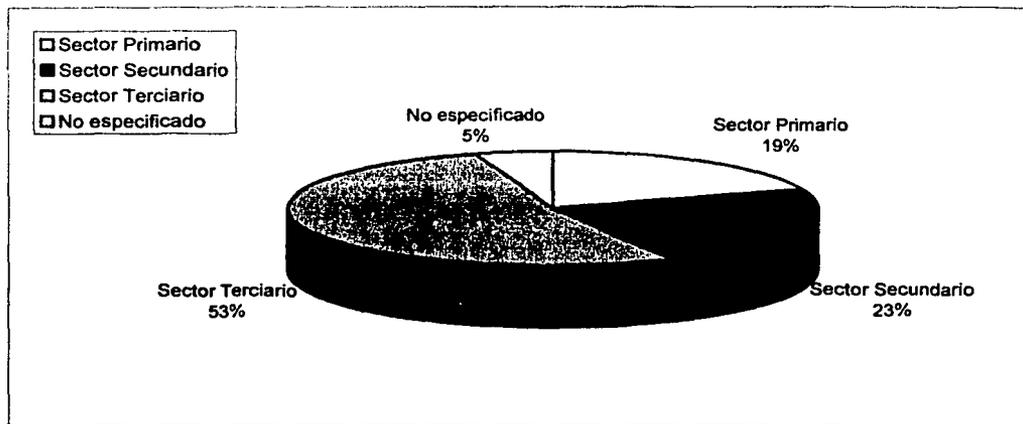


Figura IV.3 Ciudad de Pijijiapan: Población económicamente activa por sector de actividad en 1990. Fuente: Figura elaborada por Álvaro Ramírez Laguna, con base en INEGI 1990.

El segundo rango ocupó de los 15 a los 24 años, con un total de 8,606 personas que equivalieron al 18.33%, con respecto al total, este grupo está compuesto por jóvenes (Figura IV.4).

El tercer grupo abarcó de los 25 a los 44 años con un total de 11,836 habitantes que representaron el 25.21% de la población total; este sector está constituido por personas que se consideran adultos jóvenes, en éste rango de edad se localizaron principalmente a las personas que están emigrando a las maquiladoras del norte del país, por el poco ingreso económico que perciben los trabajadores de la región (Figura IV.4).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El cuarto grupo se consideró de los 45 a los 64 años con una población de 6,076 personas que equivalieron al 12.94% con respecto al total de los habitantes, éste grupo se consideró compuesto por adultos, los cuales se desempeñaron en actividades del sector primario (Figura IV.4).

Finalmente el quinto grupo abarcó de los 65 años y más, con un total de 2,164 personas que representaron el 4.61%, y los habitantes de éste sector fueron considerados como adultos mayores, generalmente este rango de edad esta empleado en el sector terciario atendiendo tiendas de abarrotes; 400 personas, es decir, el 0.85% de los habitantes del municipio quedó como no especificado (Figura IV.4).

La forma de esta pirámide de edades es típica de una población joven, porque la base de la misma tiene mayor anchura en la base, y conforme se va aumentando la edad en la parte superior las barras van haciéndose más estrechas (Figura IV.4).

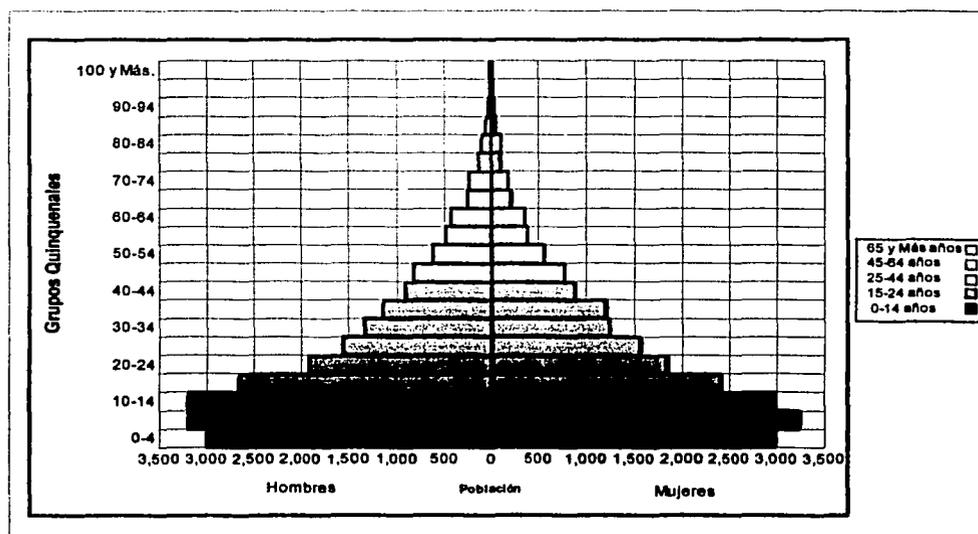


Figura IV.4 Municipio de Pijijiapan: Pirámide de edades en 1990.
Fuente: Figura elaborada por Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos del Anexo 10.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Localidades en la cuenca alta del río Pijijiapan en 2000

Para la elaboración de este mapa se tuvo que localizar a cada una de las localidades que quedaban dentro de la zona en investigación por medio de sus coordenadas geográficas, las cuales se obtuvieron del disco de Integración Territorial del 2000 (ITER). Según INEGI 2000, en la cuenca alta del río Pijijiapan, se registraron 78 localidades con una población total de 512 personas (Figura IV.5).

Densidad de población en la cuenca alta del río Pijijiapan en 2000

Se tuvo una densidad de población en la cuenca alta del río Pijijiapan de **2.7 habitantes por cada km²**; la cual aumentó con respecto al año de 1990; pero de todos modos se siguió considerando como extremadamente baja, es decir, que la zona en investigación estuvo casi despoblada en este año. Se utilizó la siguiente fórmula para obtener esta cifra:

$$D_p = \frac{553 \text{ Hab}}{206 \text{ Km}^2} = 2.7 \text{ Hab/Km}^2$$

Población del municipio de Pijijiapan en 2000

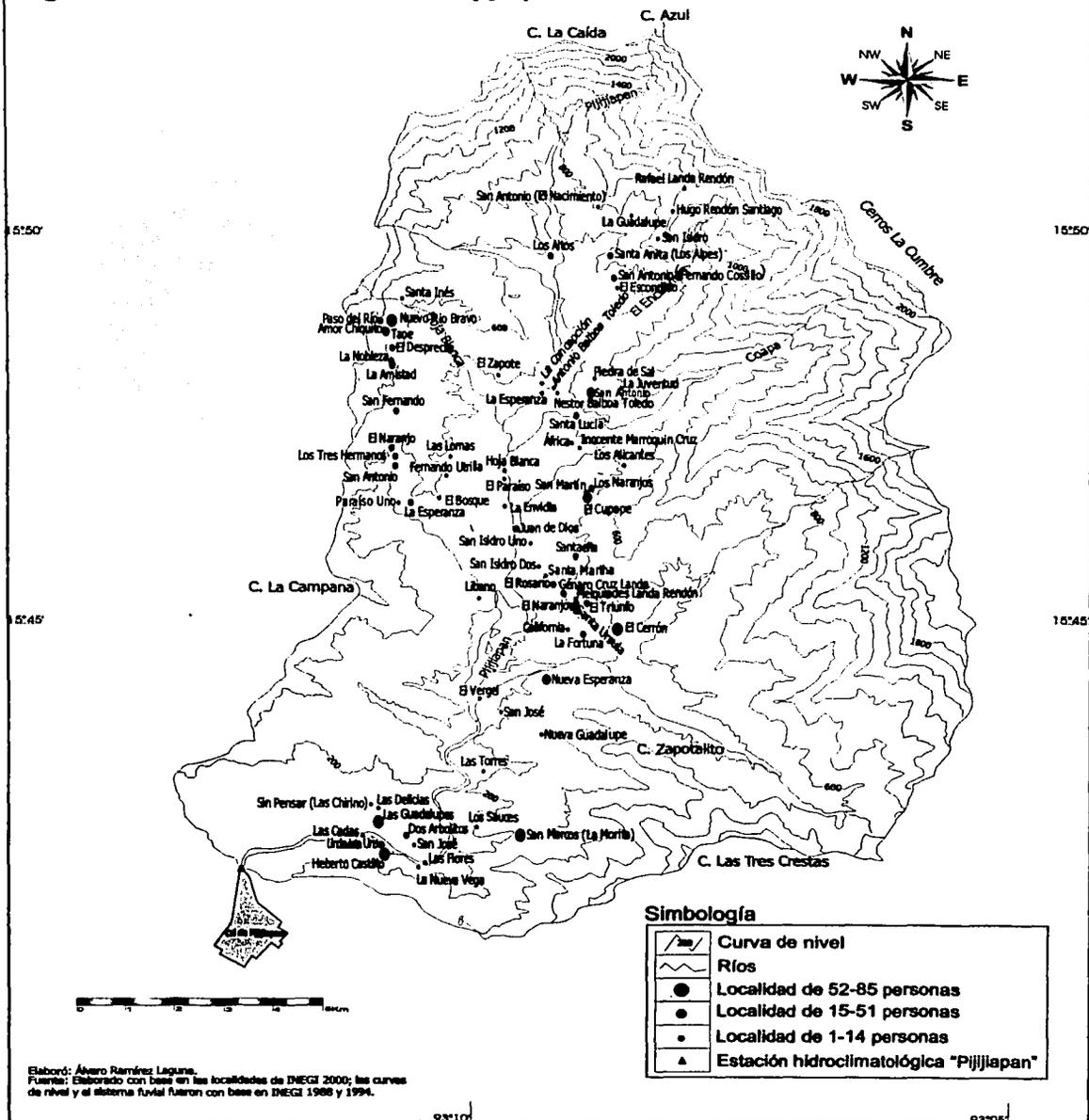
La población total en este año fue de 46,949 habitantes, de los cuales 50.11% fueron hombres, es decir, 23,528 personas y 23,421 eran mujeres, es decir, 49.89% con respecto al total de la población del municipio de Pijijiapan (Anexo 11).

Incremento de población 1990-2000

Del resultado obtenido, se concluyó que en el decenio que va de 1990 al 2000, la población aumentó en el municipio de Pijijiapan un **8.56%**. Este valor con respecto al incremento de población de la República Mexicana en el mismo decenio, se consideró como bajo, ya que a nivel nacional se registró una cifra de 20.0% y a nivel estatal se obtuvieron 22.1%.

$$I_p = \left[\frac{46,949 - 43,248}{43,248} \right] \times 100$$

Figura VI.5 Cuenca alta del río Pijijapan: Localidades en 2000



Simbología

	Curva de nivel
	Ríos
	Localidad de 52-85 personas
	Localidad de 15-51 personas
	Localidad de 1-14 personas
	Estación hidroclimática "Pijijapan"

Elaboró: Álvaro Ramírez Laguna.
Fuentes: Elaborado con base en las localidades de INEGI 2000; las curvas de nivel y el sistema fluvial fueron con base en INEGI 1988 y 1994.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

$$I_p = \left(\frac{3,701}{43,248} \right) \times 100 = 8.56$$

Población económicamente activa del municipio de Pijijiapan en 2000

La PEA en el municipio de Pijijiapan para el año 2000 fue de 14,105 personas y la PEI de 18,063 habitantes; La población ocupada, que en este caso es a nivel municipal fue de 14,005 personas, es decir, el 99.3% de la PEA tuvo un empleo, y los desempleados alcanzaron una cifra de 100 habitantes, es decir, el 0.7% de la población del municipio.

El sector económico primario lo encabezaron 7,641 personas que representaron el 55% de la población ocupada, en el sector secundario laboraron 1,746 personas que equivalieron al 12% y en el sector terciario trabajaron 4,365 habitantes, es decir, el 31%; para finalizar 253 personas, o sea, el 2% no estuvo especificado en ninguna de las tres ramas económicas. Las actividades económicas que predominaron fueron las mismas que en el año de 1990, igualmente se desconoció el consumo y la demanda de agua (Figura IV.6).

La principal actividad económica en la zona en estudio es la cría de ganado bovino para engorda con el cual se practica el comercio de traslado principalmente a las entidades federativas de Veracruz, Nuevo León, Tamaulipas y Guerrero (Internet 2).

Al intentar encontrar información ganadera reciente en la zona en investigación, se encontró el inconveniente de que para el año 2001 las cifras son manejadas por Distritos de Desarrollo Rural, que son el equivalente a las regiones económicas, y no por municipio, como se hubiera requerido para este trabajo, pero con base en cálculos efectuados por el sustentante de la tesis, se hicieron estimaciones para conocer de manera aproximada cual es la participación ganadera del municipio de Pijijiapan en esta región.

Para organizar y presentar la información del sector ganadero, la delegación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación del estado de Chiapas (SAGARPA), cuenta con 10 Distritos de Desarrollo Rural, y la zona bajo estudio

pertenece al sector 09 denominado Tonalá; comprendido por los municipios de Arriaga, **Pijijiapan** y Tonalá (INEGI, 2001).

El Distrito de Desarrollo rural 09 Tonalá en el año 2000, tuvo un total de 343,909 cabezas de ganado bovino, en los cuales el municipio de Pijijiapan participó aproximadamente con 3/5 partes. De la producción de carne en canal se obtuvieron 10,492 toneladas, de las cuales el municipio de Pijijiapan, contribuyó con alrededor de 4/5 partes.

Además esta zona se caracteriza por la producción de lácteos y sus derivados como el queso y la crema; se produjeron 109 10³ m³ de leche, de los cuales aproximadamente 4/7 partes fueron aportadas por el municipio de Pijijiapan principalmente para consumo y venta local, aunque también éstos productos llegan a centros comerciales de la Ciudad de México (Tabla IV.2).

Tabla I.V.2 Municipio de Pijijiapan: Evolución de la ganadería de bovinos.

	Municipio de Pijijiapan	Municipio de Pijijiapan	Región 09
	1990	1994	2000
Cabezas de Bovino	200,178	203,624	343,909
Carne en Canal de Bovino	5,894	8,689	10,492
Leche de Bovino	41,580	32,324	59,109

Fuente: Tabla elaborada por el Alvaro Ramírez Laguna, con base en INEGI 1995.

Población económicamente activa de la ciudad de Pijijiapan en 2000

En la ciudad de Pijijiapan las cifras cambiaron en comparación con los valores obtenidos de la PEA a nivel municipio. La ciudad de Pijijiapan tuvo una población total de 13, 931 habitantes de los cuales 4,624 personas formaron la PEA, de las cuales 4,583 fueron población ocupada (99.1%) y 41 personas (0.9%) estuvieron en la categoría de desempleados. La PEI alcanzó una cifra de 5,268 personas.

El sector primario en la ciudad de Pijijiapan fue conformado por 626 personas que representaron el 14% de la población ocupada, ésta es la rama económica de menor relevancia en la ciudad (Figura IV.7).

El sector secundario ocupó un 22% que equivalieron a 986 habitantes y fue el segundo sector en importancia en la ciudad de Pijijiapan. El sector terciario lo conformaron

2,837 personas que representaron el 61% de la fuerza de trabajo; un 3% de la población ocupada estuvo no especificada, o sea, 134 personas (Figura IV.7).

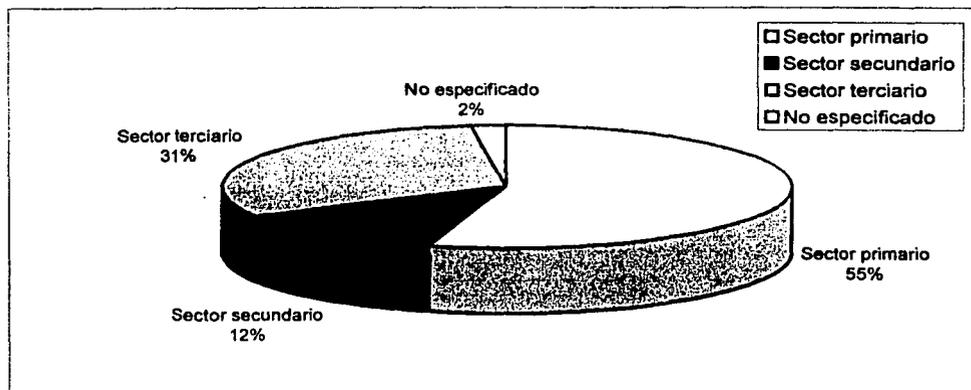


Figura IV.6 Municipio de Pijijiapan: Población económicamente activa por sector de actividad en 2000.
Fuente: Figura elaborada por Álvaro Ramírez Laguna, con base en Internet 5.

Los tres sectores económicos en el año 2000, tuvieron un comportamiento similar al decenio anterior, solo que las cifras en cada actividad económica se incrementaron como resultado del aumento de la población y la consecuente demanda de empleos.

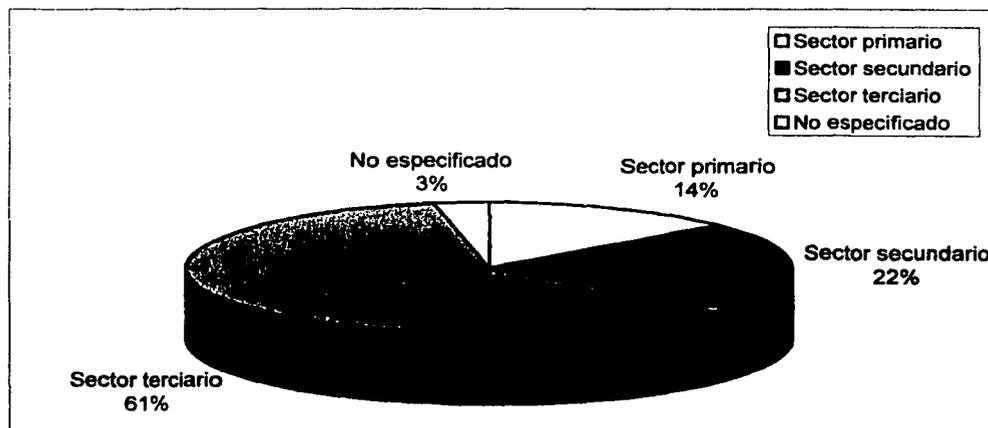


Figura IV.7 Ciudad de Pijijiapan: Población económicamente activa por sector de actividad en 2000.
Fuente: Figura elaborada por Álvaro Ramírez Laguna, con base en Internet 5.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Pirámide de edades del municipio de Pijijiapan en 2000

En el año 2000, en el municipio de Pijijiapan se observó una población masculina de 23,528 personas que representaron el 50.11% con respecto al total; las mujeres equivalieron al 49.89%, es decir, 23,421, entre ambos sexos dió una suma total de 46,949 habitantes en el municipio de Pijijiapan.

En la pirámide de edades se distinguieron tres grupos de población; el primero abarcó de los 0 a los 19 años, con un total de 22,700 habitantes entre hombres y mujeres que representaron al 48.39% del total del municipio; este sector se compuso por niños y jóvenes (Figura IV.8).

El segundo rango ocupó de los 20 a los 64 años, con un total de 21,635 personas que equivalieron al 46.09% con respecto al total, este grupo estuvo compuesto por adultos jóvenes, adultos mayores y un pequeño grupo de viejos (Figura IV.8).

El tercer grupo abarcó de los 65 a 100 años y más con un total de 2,164 habitantes que representaron al 4.67% de la población total; este sector lo constituyen exclusivamente personas consideradas como adultos mayores (Figura IV.8).

Finalmente 400 personas, es decir, 0.85% estuvieron en la categoría de no especificados. Esta pirámide es típica de una población de jóvenes adultos. Es de destacar que en las tres pirámides de edades, la base de estas es amplia, lo que se interpreta con el hecho de que hay muchos nacimientos; la parte central de las pirámides, conforme avanzan los años, va incrementando su anchura porque la población va envejeciendo paulatinamente (Figura IV.8).

Demanda actual y disponibilidad de agua en la cuenca y municipio de Pijijiapan en 2000

Con base en los resultados obtenidos en el balance hídrico de la cuenca del río Pijijiapan, se tuvo un escurrimiento de agua de $121.919 \times 10^6 \text{ m}^3$, éste valor dividido entre la

población de la **ciudad de Pijijapan** que fue de 13,931 personas en el año 2000, dio una disponibilidad de agua de **23,977.077 lts/hab/día** para este año.

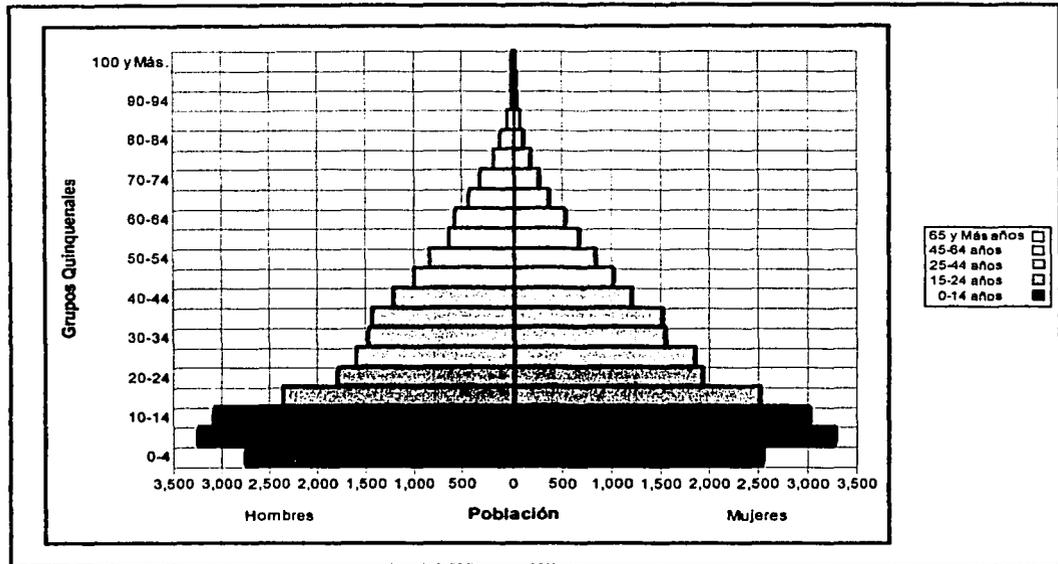


Figura IV.8 Municipio de Pijijapan: Pirámide de edades en 2000.

Fuente: Figura elaborada por Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos del Anexo 11.

De acuerdo con el volumen anual de extracción del municipio de Pijijapan para el año 2000, que fue de $1930.720 \times 10^3 \text{ m}^3$ (Tabla I.V.3) el **municipio de Pijijapan** tuvo una demanda de agua de **112.668 lts/hab/día**.

La fuente de abastecimiento de la cual se consumió más agua en el municipio de Pijijapan, fue en primer lugar el pozo profundo con un volumen anual de extracción de $1052.970 \times 10^3 \text{ m}^3$, que representaron el 54.5% del volumen total; en segundo lugar están los ríos, arroyos, etcétera con $824.660 \times 10^3 \text{ m}^3$, es decir, el 42.7% y en tercer lugar los manantiales que representan al 2.8% con $53.09 \times 10^3 \text{ m}^3$ (Figura IV.9).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla I.V.3 Municipio de Pijjijapan: Fuentes de abastecimiento y volumen anual de extracción de agua potable en 2000.

Fuentes de abastecimiento	Total	Porcentaje	Volumen anual de extracción en 10 ³ m ³	Porcentaje
Pozo profundo	18	1.9	1052.970	54.5
Manantial	316	34.0	53.090	2.8
Otras	597	64.1	824.660	42.7
Total	931	100.0	1930.720	100.0

Fuente: Tabla elaborada por Álvaro Ramírez Laguna, con base en INEGI 2001.

Nota: * Comprende ríos, presas, lagunas, norias, arroyos, entre otros.

Proyección de población para el año 2010

Para obtener esta variable se utilizó la siguiente fórmula:

$$P_p = P_f \left[\frac{T_c}{100} + 1 \right]^n$$

Donde:

P_p = Proyección de población

P_f = Población final (2000)

T_c = Tasa de crecimiento

100 = Constante

1 = Constante

n = Numero de años en que se proyecta la población

$$P_p = 46,949 \left[\frac{0.8}{100} + 1 \right]^{10} = 50,967 \text{ Habitantes}$$

La proyección de población, también conocida con el nombre de prospección de población se utiliza con fines socio-urbanos de planeación, con la finalidad de estimar con cuanta población se va a contar para determinado año, el valor obtenido es teórico, ya que no se puede afirmar con certeza que es un valor verdadero, puesto que esto depende de

varios factores como son los nacimientos, las defunciones, los programas de planificación familiar, la emigración y la inmigración, etcétera.

En este caso, se calculó la proyección de población, para conocer el número de personas que probablemente van a haber en el próximo decenio, tanto en el municipio de Pijijiapan, como en la ciudad, para tener cierta idea de la demanda y el consumo de agua que van a ejercer los habitantes de la zona estudiada.

Para el año 2010 se estima que la población entre hombres y mujeres en el municipio de Pijijiapan será de 50,967 habitantes. Y en la ciudad de Pijijiapan de 16,035 personas en total.

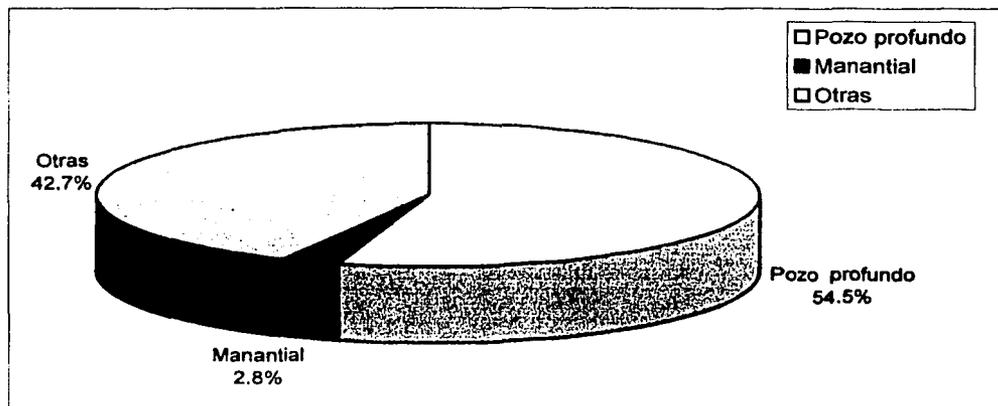


Figura IV.9 Municipio de Pijijiapan: Volumen anual de extracción en 2000.
Fuente: Figura elaborada por Álvaro Ramírez Laguna, con base en el cuadro IV.3.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

NOTA: Se recomienda ver al final de éste trabajo la sinopsis geográfica de la cuenca alta del río Pijijiapan, para ver los resultados obtenidos durante la investigación de manera general y simplificada.

Resultados y Conclusiones

De acuerdo con los planteamientos concernientes a los objetivos y la hipótesis enunciada para elaborar esta tesis, al respecto puede decirse que las metas se alcanzaron de manera satisfactoria y se logró la comprobación respectiva, con base en los estudios obtenidos y las interpretaciones efectuadas.

- Se conocieron, cuantificaron y se correlacionaron las principales características geográfico-físicas que condicionaron el comportamiento del agua en esta unidad natural del relieve, y se contribuyó al conocimiento hidrogeográfico de la región hidrológica Frontera Sur, en donde no existía ningún trabajo parecido al que se presenta.
- El balance hídrico de la cuenca alta del río Pijijiapan, se cuantificó con base en el conocimiento y registro de datos correspondientes a cada fase del ciclo local del agua y su relación con las características geográficas de la región que de alguna manera lo condicionan. El balance hídrico se expresó en milímetros de lámina, en millones de metros cúbicos para el volumen y en porcentaje. Esto permitió tener una visión clara y comparativa de las proporciones de agua, tanto de ingreso como de las pérdidas, que participan en el ciclo hidrológico de la cuenca alta del río Pijijiapan.

Con base en esto se dedujo que el funcionamiento hidrológico-hidráulico de la cuenca es "natural", debido a la poca población que habita en la región, por lo tanto la alteración es mínima o moderada. Sin embargo, como consecuencia de la alteración del ecosistema original debida principalmente a la deforestación, en el futuro se podría provocar una modificación en el funcionamiento del ciclo hidrológico local en esta cuenca, como unidad hidrogeográfica natural.

- Un aspecto importante que se debe de tomar en cuenta es que, con base en observaciones efectuadas en los registros de temperatura y precipitación de la estación hidroclimatológica "Pijijiapan", los volúmenes obtenidos en cada una de las diferentes variables del balance hídrico, varían considerablemente de la temporada húmeda del año a la temporada seca; pero, como el cálculo se efectuó de manera "global" sin hacer distinción de la época del año,

éstos cambios no se notan completamente y hacen pensar que dichos volúmenes son constantes durante todo el año.

- La temperatura fue la variable climatológica con mayor estabilidad en la cuenca alta del río Pijijiapan, ya que en un período de 42 años tuvo una variación de 2.1 °C, en comparación con las estaciones climatológicas relativamente más cercanas que fueron Tonalá con una variación de 3.6°C y Mapastepec con 2.5°C. Ésto es importante porque teóricamente la evapotranspiración tiende a ser constante y más o menos homogénea durante el transcurso del año; sin embargo esto va a depender de la cantidad de precipitación que exista. Por ejemplo, no necesariamente en el transcurso de un período seco va a aumentar el calor, así, puede registrarse casi la misma temperatura que en otros años y en cambio la precipitación ser menor, obviamente esto produce que se altere la evapotranspiración, e induce a pensar que la temperatura tiene cambios bruscos de un año a otro.
- La evapotranspiración fue la variable del balance hídrico con más importancia en la cuenca alta del río Pijijiapan, del total de la precipitación que hay en la zona en investigación, se pierde hacia la atmósfera en forma de vapor de agua más de la mitad, es decir, el 56.9%, le sigue el escurrimiento con el 25.0% y finalmente la infiltración con 18.1%; estas dos últimas variables se ven notoriamente favorecidas y perjudicadas por el tipo de roca (granito) y la cubierta edáfica predominante (litosol) en la zona en estudio.
- Con base en el análisis de las características hidrogeográficas de la cuenca alta del río Pijijiapan, y en concordancia con los resultados obtenidos, se infiere que la **disponibilidad de agua superficial** para la ciudad de Pijijiapan fue muy alta con **23,977.077 Its/hab/día**; y la **demanda actual de agua** a nivel municipal fue de **112.668 Its/hab/día**, por lo que se dispuso de mucha agua y se consumió relativamente poca; por lo tanto se tuvo un superávit del vital líquido.
- Durante el estudio efectuado y para verificar resultados teóricos, se hicieron recorridos en campo para efectuar observaciones y comprobaciones. En estos recorridos se notaron diversos incendios en la cuenca alta del río Pijijiapan durante la temporada seca. Los pobladores locales queman la vegetación para que nazcan nuevos brotes de pasto para que

sirvan de alimento al ganado bovino; esta practica agropecuaria puede provocar incendios de gran magnitud en la zona investigada y en otros lugares aledaños debido a los vientos que se conocen localmente con el nombre de "nortes". Los incendios podrían propagarse mucho y destruir gran parte de la vegetación de la región. También se efectuaron platicas con habitantes de varias localidades los cuales dijeron que cerca de la localidad de San Antonio, se pesca y se consume camarón, sardina y mojarra de río, con el empleo de herbicidas como el anate, de lo cual se infiere que el agua superficial del río Pijijiapan y los mantos acuíferos subterráneos de la región se contaminan de manera notable cuando se efectúa esta actividad de manera irracional.

- En los recorridos efectuados para el trabajo en campo, se observó que la ganadería practicada en la cuenca alta del río Pijijiapan es de tipo extensivo, por lo que se tiene compactación del suelo en áreas grandes originadas por las pisadas de los animales. Este proceso, a corto plazo va a afectar en cierto grado, el proceso de infiltración para la recarga de los acuíferos subterráneos. Por otra parte el ganado bovino al estar suelto disemina su estiércol, y al llover, el agua arrastra estos desechos al río Pijijiapan y lo contaminan para toda la población que se abastece de agua superficial en la parte baja de la cuenca.
- La vegetación natural de la zona estudiada se observó muy alterada como consecuencia de que fue talada para introducir pastizales que alimenten al ganado bovino, esto provoca que las lluvias erosionen el suelo de las montañas y laderas altas y se deposite en las partes bajas de la cuenca, incluyendo la ciudad de Pijijiapan. Al eliminarse la cubierta vegetal se altera la infiltración del agua para la recarga de los mantos acuíferos subterráneos.
- Por las características físicas de los horizontes de diagnóstico del suelo, y debido a la geología de la cuenca alta del río Pijijiapan, la verdadera vocación del suelo de la zona en investigación es forestal y no ganadera.
- Como la ciudad de Pijijiapan se ubica inmediatamente al punto terminal del área de estudio, se estimó conveniente mencionar que anteriormente las variaciones en la disminución o aumento de la precipitación en la región no afectaban a muchas personas porque había menos gente; pero como paulatinamente la zona en investigación se va

poblando, las variaciones de precipitación ahora si tiene serias repercusiones y riesgos, tanto para la población, como para su economía. Por ejemplo, se requiere disponer de agua para alimentar, criar y engordar al ganado bovino en la temporada seca, durante la cual escasean los pastizales y se tienen que hacer fuertes inversiones para la compra de los mismos.

- En el municipio de Pijijiapan, la población consumió más agua de los pozos profundos con un 54.5%, que de ríos o arroyos con 42.7%; el 2.8% del vital líquido se obtuvo de manantiales.
- En el ámbito socio-económico, se elaboraron pirámides de edades para dos decenios (1990 y 2000) que permitieron conocer que la población del municipio de Pijijiapan estuvo compuesta principalmente por adultos jóvenes, tiende a aumentar y está envejeciendo, lo que seguramente repercutirá en un futuro no muy lejano en el incremento y demanda de consumo de agua. Se calcularon diversos índices demográficos de los cuales se concluye que a nivel municipal y de ciudad las necesidades de empleo están cubiertas.
- Se hicieron gráficas de la Población Económicamente Activa (PEA) por sector de actividad, de ello se deduce que el municipio de Pijijiapan es una entidad netamente rural; pero en la ciudad, la rama económica indica que es urbana. Además se hizo una proyección de crecimiento de población para el 2010 y se estimó que la población se incrementará de 46,949 en el 2000 a 50,967 habitantes entre hombres y mujeres para el 2010; lo cual seguramente repercutirá en el incremento de la demanda de agua.
- Se considera pertinente indicar que el grado de precisión obtenido en los resultados concernientes al balance hídrico es satisfactorio y permite, por lo menos, tener una primera aproximación cuantitativa a cada uno de los procesos del ciclo hidrológico de la cuenca alta del río Pijijiapan. Para ello es necesario tener presente que una parte de la información se obtuvo de registros efectuados en una estación hidroclimatológica. Por muchos defectos, omisiones o discontinuidad que tenga esta información, como sea aporta datos bastantes reales.

En contraste, otra parte de la información empleada es producto de procesamientos e inferencias hechas a partir de promedios estadísticos, lo cual en muchas ocasiones deforma

los resultados numéricos. Sin embargo se considera que los recorridos en campo contribuyeron en gran medida a observar cualitativamente los aspectos geográficos de algunas partes de la cuenca, pero bastantes representativos de todo el territorio que abarca. Las observaciones en campo permitieron tener un criterio adicional para estimar la validez y el nivel de veracidad. La combinación de éstos tipos de información, dieron como resultado únicamente una aproximación a los aspectos cuantitativos; por lo tanto el grado de exactitud del presente estudio es de alrededor de 60-70%, de acuerdo con el procedimiento metodológico y el procesamiento de datos efectuado en la investigación.

Recomendaciones y Sugerencias

Con base en los resultados y conclusiones obtenidos teóricamente, y por medio de observaciones en campo, como autor de la tesis tengo la esperanza de que el estudio efectuado sea una contribución al conocimiento hidrogeográfico de México y llegue a diversos profesionales e instituciones. Confío en que tenga utilidad y sirva de base para otros estudios concernientes a otras cuencas vertientes del estado de Chiapas hacia el Océano Pacífico.

Durante la elaboración de mi tesis, me resultó obvio que la cuenca alta del río Pijijiapan requiere de otros estudios hidrogeográficos, enfocados principalmente a lugares problemáticos o críticos. Por lo precedente puedo manifestar y afirmar que son necesarios estudios particulares, reducidos en la extensión territorial, pero más detallados y amplios, siempre y cuando se disponga de mayores recursos, tiempo e información.

De esta manera, los resultados que se obtengan serán más precisos y mostrarán una realidad geográfica. También espero que las diversas dependencias oficiales con sus respectivas autoridades conozcan y consideren las recomendaciones y sugerencias que aquí se manifiestan.

Con la finalidad de no alterar y conservar la calidad del ciclo hidrológico local del agua en la cuenca alta del río Pijijiapan; y al mismo tiempo beneficiar a la población local, se recomienda considerar las siguientes medidas básicas:

- Reforestar con especies arbóreas locales las unidades básicas del relieve de montañas y laderas altas y el talud de transición que son donde se localizaron los declives más elevados; para así incrementar la infiltración, es conveniente que se utilice el método de seguir las curvas de nivel.
- La reforestación puede servir para explotar de modo racional especies arbóreas de madera preciosa para comercializarse y obtener resultados a largo plazo y así alternar la ganadería en las partes bajas de la cuenca con la explotación forestal en las montañas y laderas altas.
- Practicar en las partes altas de la cuenca la ganadería de tipo estabulado, para que los bovinos no compacten el suelo con sus pisadas y disminuya la infiltración.

- Introducir el pasto o zacate *Vetiver vetiveria zizanioides* como una alternativa para alimentar al ganado bovino y como una opción para estabilizar laderas y cañadas deforestadas, ya que esta gramínea tiene muchas cualidades que beneficiarían tanto a la cuenca como a sus pobladores. Entre las virtudes que más destacan se tienen: estabilización de suelos, conservación del agua porque ayuda en la recarga de los mantos acuíferos subterráneos, sirve como material para hacer techos y sus raíces sirven como aceite aromático para la industria de la perfumería.
- Instalar estaciones hidroclimatológicas en la cabecera, parte media y desembocadura de cada una de las cuencas que conforman la subregión hidrológica 23 "Costa de Chiapas", y así conocer el comportamiento de la temperatura, precipitación e hidrometría en esta zona, para tratar de prevenir posibles desastres como el que ocurrió en septiembre de 1998.
- Las autoridades locales deben de tomar las medidas necesarias para que los pobladores de las partes altas de la cuenca del río Pijijapan no pesquen, y además no consuman, camarón, sardina y mojarra de río con herbicidas como el anate; ya que uno de sus efectos es contaminar el agua superficial y subterránea. Esta sustancia disuelta en el agua, llega a la ciudad de Pijijapan por medio de los ríos y pozos, y las personas que entran en contacto con el agua contaminada, tienden a presentar síntomas de enfermedades, tanto de la piel, como de males gastrointestinales. Además, éste contaminante posiblemente podría ocasionar diferentes tipos de cáncer en los individuos.
- Iniciar estudios similares al presente en las cuencas vecinas al río Pijijapan, porque solo así se conocerá un comportamiento hidrogeográfico regional en la subregión hidrológica 23 "Costa de Chiapas".
- Se considera necesario que el Gobierno del Estado de Chiapas insista ante el INEGI la necesidad de que se elabore la cartografía temática en escala 1: 50 000 sobre Geología, Edafología, Uso del Suelo y Vegetación, Hidrología de aguas superficiales y subterráneas, etcétera para que se realicen estudios más detallados en la zona.
- Finalmente se espera que la presente investigación sirva y se utilice como auxiliar en futuros trabajos hidrogeográficos encaminados a la planeación microregional y al

ordenamiento territorial, enfocados a la utilización de los recursos naturales por parte de la población de manera adecuada y sustentable, la cual, asumiendo su responsabilidad junto con el gobierno estatal y municipal, así como con las instituciones federales; en éstas destacan la Comisión Nacional del Agua, la Gerencia Regional de la Frontera Sur, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; las cuales con apoyo de los avances tecnológicos más aprovechables como: fotografías aéreas recientes, imágenes de satélite, cartografía con mayor grado de detalle, etcétera, puedan obtener resultados más precisos, confiables y satisfactorios y así se logre una óptima planificación, tanto de uso, como de preservación de los recursos y los espacios involucrados.

Cuenca alta del río Pijijiapan: Sinopsis geográfica

(Hoja 1 de 3)

Unidades Básicas del Relieve	Localización	Altitud m.s.n.m	Declive	Clima	Litología y Geología	Unidades edafológicas	Textura	Uso del Suelo	Vegetación	Cobertura
Montañas y Laderas Altas	Al Noreste de la ciudad de Pijijiapan; en las laderas meridionales de la Sierra Madre de Chiapas	2480-1200	>45° (Muy Escarpado) 45°-24° (Escarpado) 24°-12° (Algo Escarpado)	(A) C (fm) ig	Granito (Cámbrico)	Litosol	Media	Forestal	Bosque Mesófilo de Montaña Selva Alta y Mediana Perennifolia Selva Alta y Mediana Perennifolia Con Vegetación Secundaria Arbustiva Pastizal Inducido	Abierta
Talud de Transición	Al Noreste de la ciudad de Pijijiapan, en el piedemonte de los cerros Azul, La Caída, Cerros La Cumbre, La Campana y Las Tres Crestas	1200-400	45°-24° (Escarpado) 24°-12° (Algo Escarpado) 12°-6° (Muy Inclinado)	Am (w'') ig	Granito (Cámbrico)	Litosol	Media	Pecuario y forestal	Selva Alta y Mediana Perennifolia Selva Alta y Mediana Perennifolia Con Vegetación Secundaria Arbustiva Pastizal Inducido	Abierta y dispersa
Planicie de Acumulación	Al Noreste de la ciudad de Pijijiapan, en la parte baja de la cuenca alta del río Pijijiapan, en la considerada desembocadura	400-60	12°-6° (Muy Inclinado) 6°-3° (Moderadamente Ondulado) 3°-1°30' (Suave) <1°30' (Llano)	Am (w'') ig	Granito (Cámbrico)	Fluvisol Litosol Luvisol	Fina Media	Pecuario	Selva Alta y Mediana Perennifolia Selva Alta y Mediana Perennifolia Con Vegetación Secundaria Arbustiva Pastizal Inducido Pastizal Cultivado	Dispersa

Unidades Básicas del Relieve	Patrón de Drenaje	Frecuencia de Cauces n/Km ²	Temp. °C	Precipitación media mm	ET media mm	Escorrentamiento medio mm	Infiltración media mm	Localidades*	Población
Montañas y Laderas Altas	Dendrítico	15-11 (Mediana) 10-6 (Baja) 5-1 (Muy Baja)	17.8	2425.0	953.0	526.3	820.4	Ninguna	Despoblado
Talud de Transición	Dendrítico	25-21 (Muy Alta) 20-16 (Alta) 15-11 (Mediana) 10-6 (Baja) 5-1 (Muy Baja)	24.3	2400.0	1367.2	590.6	459.4	San Antonio, Tres Suspiros, Loma Bonita, El Cafetal, África, El Desengaño, El Retiro, Hoja Blanca, El Retiro, La Guadalupana, San Pedro, La Bugambilia	Casi Despoblado
Planicie de Acumulación	Dendrítico	25-21 (Muy Alta) 20-16 (Alta) 15-11 (Mediana) 10-6 (Baja) 5-1 (Muy Baja)	26.3	2300.0	1479.3	631.8	172.3	Asia, América, Australia, Oceanía, Consuelo, Malpaso, San Antonio, La Morita, Santa Rosa, Los Sauces	Poco poblado con inicio de población (Cd de Pijijapan)

Fuente: Sinopsis elaborada por Álvaro Ramírez Laguna, con base en los resultados obtenidos durante la investigación.

Nota: Las localidades de la cuenca alta del río Pijijapan se tomaron de INEGI 1988 y 1994.

Unidades Básicas del Relieve	Observaciones	Recomendaciones
Montañas y Laderas Altas	Deslizamientos o procesos de ladera en las zonas elevadas y con mayor declive del parteaguas meridional de la cuenca alta del río Pijijiapan	Reforestación con especies arbóreas locales para prevenir procesos de ladera y la erosión del suelo. Introducir una estación hidroclimatológica en las cercanías de la cabecera de la cuenca alta del río Pijijiapan para conocer el comportamiento de la temperatura, precipitación y escurrimiento en esta zona.
Talud de Transición	En algunas casas se observó la cría de ganado caprino en escala menor que la del Vacuno	Reforestación con especies arbóreas locales para seguir estimulando la infiltración del agua, ya que esta unidad básica del relieve fue identificada como la zona de recarga de los mantos acuíferos subterráneos y se encuentra muy alterada en su vegetación original. Evitar la tala clandestina de los bosques y selvas. Introducir una estación hidroclimatológica en esta parte media de la cuenca alta del río Pijijiapan para conocer el comportamiento de la temperatura, precipitación y escurrimiento en esta unidad básica del relieve. Emplear la técnica de manejo de pastizales; además de practicar la ganadería estabulada, para evitar la contaminación del agua por heces fecales. Evitar la pesca con herbicidas para no alterar la calidad del agua del río Pijijiapan y prevenir enfermedades gastrointestinales en la ciudad.
Planicie de Acumulación	Fase física pedregosa en la unidad edafológica Luvisol	Reforestación con especies arbóreas locales para estimular la infiltración, ya que la zona tiene un alto grado de deforestación y manejo de pastizales para alimentar al ganado bovino.

Anexo 1. Cuenca alta del río Pijijiapan: Especies Vegetales de la Selva Alta Perennifolia con Vegetación Secundaria Arbórea (SAP)

Selva Alta Perennifolia con Vegetación Secundaria Arbórea

Asociación: *Aspidosperma magalocarpon*-*Cecropia obtusifolia*

Estrato en metros 25m

Nombre(es) común(es)	Nombre científico
Guayacán, huizache, subín.	<i>Acacia</i> sp.
Ballester, bayalté, colorado, chibhi, chicha, chichi, chichi colorado, huichichi, palo chiche.	<i>Aspidosperma magalocarpon</i>
Ajash, ash, moho, mojú, motsoque, mujú, osh, ramón, ramón blanco, talcolte.	<i>Brosimum alicastrum</i>
Chacá, chacáh, chacaj, chocohuite, chohuite, mulato, palo jiote, palo mulato.	<i>Bursera simaruba</i> <i>Bursera</i> sp.
Árbol de hule, hule.	<i>Castilla elastica</i>
Chupacté, guarumbo, guarumo.	<i>Cecropia obtusifolia</i>
Cedro, cedro rojo, chujte.	<i>Cedrela odorata</i>
Ceiba, pishtín, pochotillo.	<i>Ceiba pentandra</i>
Bojón, ciricote cópíte, cupapé, trompillo.	<i>Cordia dodecandra</i>
Cajeta, hoja fresca, mano de danta, mano de león, sac-chacáh.	<i>Dendropanax arboreus</i>
Amate, amatillo, chileamate, matapalo.	<i>Ficus</i> sp.
Courbaril, guapinol, pacuy, pakay, locust.	<i>Hymenaea courbaril</i>
Dzalam, tzalam.	<i>Lysiloma bahamensis</i>
Anal, cordoncillo.	<i>Piper</i> sp.
Mamey, mamey colorado, taquisapame zapote mamey.	<i>Pouteria zapota</i>
Cuchillal, guanacaste, guanacaste blanco de Pichucalco, palo de danta, tzementé.	<i>Schizolobium parahybum</i>
Bellota, castaño.	<i>Sterculia mexicana</i>
Acajou, caoba, mahogany, puná, tzutzul.	<i>Swietenia macrophylla</i>
Chaperno, chuchum, mezcal, nuculpat, olmo, palo de banquetta, sacpucté, tzapasnaca.	<i>Ulmus mexicana</i>
Cacao volador.	<i>Virola guatemalensis</i>
Alacrán, cola de alacrán.	<i>Zanthoxylum</i> sp.
Estrato en metros 15m	
Cornezuelo, ishcanal, tzumbí.	<i>Acacia</i> aff. <i>Collinsii</i>
Camarón, guetzé guetzé, huetzecuil, nuetzui, plumajillo.	<i>Alvaradoa amorphoides</i>
Peine, peine de mico, papachote.	<i>Apeiba tibourbou</i>
Chupacté, guarumbo, guarumo.	<i>Cecropia obtusifolia</i>
Bolchiche, carnero, uvero.	<i>Coccoloba barbadensis</i>
Anacahui, bojón, bojón prieto, hormiguillo blanco, laurel, pajarito, pajarito prieto.	<i>Cordia alliodora</i>
Cola de pava, quiebrahacha.	<i>Cupania dentata</i>
	<i>Erythroxylon tabascense</i>
Amate, amatillo, chileamate, matapalo.	<i>Ficus</i> sp.
madre de cacao, ujcum, yaité.	<i>Gliricidia sepium</i>
Caobilla.	<i>Guarea</i> sp.
Trompillo.	<i>Guarea trompillo</i>

Nombre(es) común(es)	Nombre científico
tzuni, tzuyui.	Guauzama ulmifolia
Coctzán, cuajinicuil, cuil de agua, chelel, tzan.	Inga spuria
Pfo.	Licania sparsipilis
Cenizo, hoja de lata, patashtillo, patastillo sabano.	Miconia argentea
Acubisi, jabnal, mano danta, mano león.	Oreopanax xalapensis
Aguacatillo, águasete silvestre.	Persea sp.
ciruela amarilla, jobo, lului, lulushotz.	Spondias mombin
Chapona, chapón, cojón de berraco, cojon de danta, cojon de toro, tontzimin.	Stemmadenia donnell-smithi
Canshán, cortés amarillo, guayabo, guayabo volador, k'an-ol-té, k'an-shan, volador.	Terminalia amazonia
Cacao.	Theobroma cacao
	Thopis mexicana
Capulín, capulín de agua, capulín cimarrón, colorada, majagua, pellejo de vieja.	Trema micrantha
Estrato en metros 3m	
Cornezuelo, ishcanal, tzumbí.	Acacia collinsii
Cornezuelo.	Acacia cornigera
Guayacán, huizache, subin.	Acacia sp.
Camarón, guetzé guetzé, huetzecuil nuetzcul, plumajillo.	Alvarodoa amorphoides
	Ardisia Karwinskyana
	Casearia commersoniana
Bojón, bojón prieto, laurel, anacahui, hormiguillo blanco, pajarito, pajarito prieto.	Cordia alliodora
Cacaito, hojamán, jamán, tachicón.	Curatella americana
	Desmodium sp.
	Hirtella tomentosa
Mano danta, mano león, jabnal, acubisi.	Oreopanax xalapensis

Fuente: Elaborado por Álvaro Ramírez Laguna, con base en INEGI 1985; Miranda, Faustino 1975; Del Amo, Silvia, et al 1992; Cervantes Ramírez 1987 e Internet 3.

Anexo 2. Cuenca alta del río Pijijiapan: Especies Vegetales del Bosque Mesófilo de Montaña (BMM)

Bosque Mesófilo de Montaña o Bosque de Niebla	
Asociación: Conostegia xalapensis-Ternstroemia tepezapote	
Nombre(es) Común(es)	Nombre(es) científico
Epífitas.	
Orquídea.	Brassia verrucosa Encyclia baculus Encyclia vitellina Lemboglossum cordatum Lemboglossum rossii Oncidium bicalosum Oncidium ornithorhynchum Restrepia lankesteri Sobralia macrantha
Estrato en metros 15m	
Abeto, oyamel, pinabeto, plumajazit, romerillo.	Abies guatemalensis
Aile, spach.	Alnus arguta
	Alfaroa aff. mexicana
	Anthurium ovandensis
Cícada, cycada.	Ceratozamia matudae
Mano de dragón, mano de león, macpacxúchil.	Chiranthodendron pentadactylon
Zapotillo.	Clethra sp.
Ciprés.	Cupressus benthamii
Ciprés nuculpat.	Cupressus lindleyi
	Dendropanax populifolius
Amate blanco.	Ficus crassicuscula
Cuajinicuil, coctzán, cuil de agua, chelel, tzan, chelel.	Inga spuria
Ciprés, enebro.	Juniperus gamboana
Liquidambar, estoraque, red gum, sweet gum, nabá, toshcui, tzoté.	Liquidambar styraciflua
Guayabillo.	Matudaea trinervia
Morera, mora, zarzamora.	Morus sp.
	Ocotea chiapensis
	Perrottetia longistylis
Chusnito, chusniito tabla.	Podocarpus matudai
Camay, encino, roble, yashté.	Quercus crispifolia Quercus oocarpa Quercus ovandensis Quercus peduncularis Quercus sapotifolia
	Symplococarpon flavifolium Symplococarpon hartwegii
Estrellita.	Trophis cuspidata
Primavera.	Turdus sp.
Cícada, cycada.	Zamia soconuscensis

Estrato en metros 10	
	<i>Hedyosmum mexicanum</i>
	<i>Ilex macfadyenii</i>
Estrato en metros 6m	
Lolito.	<i>Conostegia xalapensis</i> var <i>lanceolata</i>
Cola de pescado, guatapil, palma, palma camedor.	<i>Chamaedorea</i> sp.
Encino, roble.	<i>Quercus peduncularis</i>
Estrato en metros 2m	
Helecho arborescente.	<i>Alsophila salvinii</i>
	<i>Arthrostylidium racemiflorum</i>
Bromelia.	<i>Billandsia</i> sp. <i>Bromelia</i> sp.
Shashim.	<i>Calliandra</i> sp.
Lolito.	<i>Conostegia xalapensis</i> var <i>lanceolata</i>
Helecho arborescente.	<i>Cyathea</i> <i>Cyathea fulva</i> <i>Cyathea Valdecrenata</i>
Zapotillo.	<i>Dipholis</i> sp.
Frijol silvestre, porotos.	<i>Phaseolus</i> sp.
Matapiojo, memela, naranjillo, tilií.	<i>Ternstroemia tepezapote</i>
Bromelia, tecolumate.	<i>Tillandsia argentea</i> <i>Tillandsia lampropeda</i> <i>Tillandsia</i> sp. <i>Tillandsia tricolor</i>

Fuente: Elaborado por Álvaro Ramírez Laguna, con base en INEGI 1985; Miranda, Faustino 1975; Del Amo, Silvia, et al 1992; Cervantes Ramírez 1987 e Internet 3.

Anexo 3. Cuenca alta del río Pijijiapan: Especies Faunísticas

Nombre(es) local(es)	Nombre científico
Dragoncillo verde	Abronia matudai
Bella ninfa de los bosques, rana arborícola, rana verde esmeralda.	Agalychnis callidryas
Tepescuintle.	Agouti paca nelson
Barba amarilla, cantil.	Agkistrodon bilineatus
Mono aullador, saraguato.	Alouatta palliata Alouatta pigra
Loro de nuca amarilla.	Amazona auripalliata
Loro cabeza azul.	Amazona farinosa
Pasarríos.	Anolis biporcatus
Guacamaya roja.	Ara macao
Guacamaya militar, guacamaya verde.	Ara militaris
Murciélago higuero, murciélago zapotero.	Artibeus jamaicensis
Momoto corona azul, momoto gorjazul, pájaro reloj.	Asphata gularis
Mono araña.	Ateles geoffroyi
Rascador barbiamarillo.	Atlapetes gutturalis
Colibrí enano sureño.	Atthis ellioti
Tucán esmeralda.	Aulacorhynchus prasinus
Murciélago.	Balantiopteryx plicata
Cacomixtle.	Bassariscus astutus
Pasarríos.	Basiliscus vittatus
Cotorrilla, periquito serrano.	Bolborhynchus lineola
Nauyaca verde.	Bothriechus ornatus
Barba amarilla, cuatronarices, nauyaca.	Bothrops asper Bothrops atrox
Páparo callejero.	Bucco macrorhynchus
Matraca chiapaneca.	Campylorhynchus chiapensis
Zanate.	Cassidix palustris
Tlacuache acuático, zorro de agua.	Chironectes minimus
Puercoespln.	Coendou mexicanus
Boa constrictor, mazacuata o víbora sorda.	Constrictor imperator
Zopilote o Zope.	Coragyps atratus
Hocofaisán.	Crax rubra rubra
Víbora de cascabel.	Crotalus durissus
Chara de niebla.	Cyanolyca pumilo
Comecacao.	Daptrius americanus
Tepescuintle.	Dasyprocta mexicana
Armadillo.	Dasyopus novemcinctus
Pato chiflador, pije canelo.	Dendrocygna bicolor
Gallina de monte.	Dendrortyx macroura Tinamus major
Halcón comecacao.	Daptrius americanus
Salamandra.	Dendrotriton xolocalcae
Viejo del monte.	Eira barbara
Halcón murciélaguero.	Falco ruficularis

Nombre(es) local(es)	Nombre científico
Puma.	<i>Felis concolor</i>
Margay, tigrillo.	<i>Felis wiedii</i>
Jaguarundi.	<i>Felis yagouaroundi</i>
Grisón.	<i>Galictis vittata</i>
Paloma codorniz.	<i>Geotrygon albifacies</i>
Ardilla voladora.	<i>Glaucomys volans</i>
Águila arpia.	<i>Harpia harpyja</i>
Guaco.	<i>Herpetotheres cachinnans</i>
Iguana verde.	<i>Iguana iguana</i>
Iguana de río, iguana de rivera.	<i>Iguana rhinolopha</i>
Falso coralillo.	<i>Lampropeltis spp</i> <i>Lampropeltis triangulum</i>
Ocelote.	<i>Leopardus pardalis</i>
Langostino de río.	<i>Macrobrachium americanum</i>
Tlacuache.	<i>Marmosa mexicana</i>
Temazate café, venado cabrito, venado mazama.	<i>Mazama americana</i>
Rascadorcito patillado.	<i>Melozone biarcuatum</i>
Rascadorcito orejiblanco.	<i>Melozone leucotis</i>
Comadreja.	<i>Mustela frenata</i>
Tejón o pisote.	<i>Nasua narica</i> <i>Nasua nasua</i>
Venado cola blanca.	<i>Odocoileus virginianus</i>
Pavón.	<i>Oreophasis derbianus</i>
Chachalaca, chachalaca ventriblanca.	<i>Ortalis leucogaster</i> <i>Ortalis poliocephala</i> <i>Ortalis vetula</i>
Jaguar.	<i>Panthera onca</i>
Cojolita, cojilote, pava.	<i>Penelope purpurascens</i>
Chachalaca negra, pajuil.	<i>Penelopina nigra</i>
Ratón de campo.	<i>Peromyscus melanophrys melanophrys</i>
Quetzal.	<i>Pharomachrus mocinno</i>
Tlacuachillo cuatro ojos, zorro plateado.	<i>Philander opossum pallidus</i>
Martucha o mico de noche.	<i>Potos flavus</i>
Mapache.	<i>Procyon lotor</i>
Tecolote, tecolotito.	<i>Pulsatrix perspicillata</i>
Zanate.	<i>Quiscalus mexicanus</i>
Tucán.	<i>Ramphastos sulfuratus</i>
Zopilote rey.	<i>Sarcoramphus papa</i>
Zorrillo manchado.	<i>Spilogale augustifrons</i>
Zorrillo rayado.	<i>Spilogale gracilis</i>
Águila elegante.	<i>Spizaetus ornatus</i>
Águila ventriblanca.	<i>Spizaetus melanoleucus</i>
Águila tirana.	<i>Spizaetus tyrannus</i>
Búho Serrano, lechuzón.	<i>Strix fulvescens</i>
Musaraña.	<i>Surex sp.</i>
Oso hormiguero arborícola.	<i>Tamandua mexicana</i>
Tangara de alas azules, tangara aliazul.	<i>Tangara cabanisi</i>

Nombre(es) local(es)	Nombre científico
Tapir o danta.	Tapirus bairdii
Cochemonte, cochino de monte, jaball de collar, jaball de labios blancos, pecarí, pecarí de collar, senso.	Tayassu pecari ringens
Culebra agua, culebra arroyera, culebra ranera.	Thamnophis melanogaster
Trogon gigante.	Trogon Massena
Trogon ocotero.	Trogon mexicanus
Falsa nauyaca.	Xenodon rabdocephalus

Fuente: Elaborado por Álvaro Ramírez Laguna, con base en Internet 4 y Cervantes Ramírez 1987.

Anexo 4. Estación hidroclimatológica "Pijijapan": Temperatura media mensual y anual en °C, durante el período 1960-2001

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1960	28.3	28.3	29.9	30.5	30.8	28.9	28.7	28.6	28.9	28.9	29.5	28.3	29.1
1961	28.7	28.6	29.1	30.5	29.9	28.4	28.0	28.8	28.1	28.8	28.6	27.6	28.6
1962	27.4	28.5	29.8	30.6	30.2	28.0	28.1	27.6	27.7	27.7	27.2	27.2	28.3
1963	27.2	27.1	29.1	29.0	28.4	28.2	27.9	28.4	27.1	28.0	27.4	26.4	27.8
1964	26.4	27.2	29.0	29.6	29.3	27.5	27.6	27.8	27.9	27.5	27.5	26.6	27.8
1965	26.0	27.2	27.8	28.4	29.0	27.6	28.3	28.1	28.0	27.3	27.8	27.2	27.7
1966	27.4	28.2	28.6	29.5	28.8	28.0	28.3	(27.8)	27.7	27.6	26.6	25.9	(27.8)
1967	26.8	27.2	27.9	28.6	29.0	27.6	27.8	28.0	27.4	27.9	27.4	27.0	27.7
1968	26.8	28.3	27.7	29.3	28.2	27.8	27.9	28.0	27.6	27.6	27.3	27.2	27.6
1969	26.9	28.0	29.2	30.4	29.3	28.6	28.2	(27.7)	27.6	27.6	27.4	26.9	(28.1)
1970	26.9	27.5	28.3	29.9	29.7	28.5	27.8	27.7	26.5	27.6	26.4	26.3	27.7
1971	26.6	27.0	28.0	28.4	29.0	27.4	27.8	27.1	27.3	27.3	27.0	26.8	27.5
1972	26.5	26.8	27.8	28.7	28.5	27.5	28.2	27.7	28.0	28.1	27.8	27.2	27.7
1973	26.7	27.3	28.6	29.5	29.0	27.6	27.2	27.1	26.9	26.8	27.5	25.6	27.5
1974	26.8	26.9	27.3	28.2	28.1	26.8	27.5	27.6	26.9	27.4	27.1	27.1	27.3
1975	26.5	26.8	28.3	29.4	28.4	27.9	27.3	27.5	27.3	27.1	26.8	25.5	27.4
1976	26.0	25.7	27.5	28.2	28.9	(27.9)	28.8	28.0	28.2	28.3	28.0	27.3	(27.7)
1977	26.6	27.5	28.6	29.1	28.8	28.2	28.2	28.0	28.1	28.1	27.9	27.8	28.1
1978	26.7	27.5	29.0	29.7	29.5	28.4	27.9	28.5	27.3	28.2	28.4	28.5	28.3
1979	27.4	28.0	29.0	29.7	29.6	28.8	28.3	28.2	27.4	28.3	28.7	28.9	28.5
1980	28.2	28.3	28.5	30.3	30.0	28.9	28.3	28.0	27.6	28.6	29.3	28.4	28.7
1981	27.7	28.8	29.4	30.1	29.6	27.8	28.0	27.9	27.8	28.3	28.4	28.8	28.5
1982	28.0	28.2	28.3	29.6	28.7	28.0	28.1	28.5	27.9	28.4	28.8	28.1	28.4
1983	28.4	27.5	27.3	29.5	30.5	28.8	28.5	28.2	(27.5)	28.4	(28.1)	28.3	(28.4)
1984	27.6	28.0	28.2	29.3	29.2	(28.2)	27.5	28.1	27.3	28.4	27.9	28.1	(28.1)
1985	26.7	27.7	28.7	29.0	28.9	28.3	27.8	27.8	28.0	28.1	27.9	28.1	28.1
1986	28.0	28.1	28.6	29.8	29.4	28.6	28.3	28.2	28.1	28.4	28.7	28.3	28.5
1987	28.2	28.5	29.1	30.8	30.0	29.1	28.4	28.6	28.5	29.5	29.7	29.1	29.1
1988	29.4	29.0	29.2	30.2	30.4	28.0	28.5	27.6	27.0	28.3	28.9	28.4	28.7
1989	28.5	27.0	26.2	30.7	28.7	28.5	28.7	28.5	28.5	25.3	29.2	28.0	28.1
1990	28.5	29.5	29.0	30.2	30.3	29.0	28.7	28.0	29.0	30.0	29.5	28.0	29.1
1991	29.0	29.2	29.0	29.2	28.5	29.5	28.7	28.5	28.5	29.2	29.0	28.2	28.9
1992	29.0	28.0	30.0	30.2	28.0	29.2	28.0	28.5	27.5	28.5	29.0	29.0	28.7
1993	30.2	29.2	29.5	30.7	30.7	31.2	28.7	29.0	28.7	28.7	29.0	29.2	29.6
1994	27.7	28.1	29.7	30.0	29.7	28.0	28.5	28.3	31.7	28.7	29.5	28.7	29.0
1995	29.0	28.7	29.0	29.7	29.2	29.0	28.2	27.7	27.7	27.5	28.2	27.5	28.4
1996	27.2	26.7	26.7	30.5	29.0	28.0	28.2	27.2	27.6	28.7	28.5	28.0	28.0
1997	27.5	28.5	29.0	28.7	29.5	27.7	29.0	28.0	28.0	28.7	28.5	28.2	28.4
1998	27.7	26.7	28.5	30.0	30.7	29.2	28.5	28.5	28.0	29.0	28.2	28.0	28.6
1999	28.0	27.7	28.7	29.5	29.2	28.5	28.2	28.7	27.7	26.7	27.5	26.7	28.1
2000	27.5	28.2	27.7	30.0	28.2	28.5	28.0	28.7	28.5	28.2	28.7	28.2	28.4
2001	28.5	28.0	28.8	30.0	29.7	27.7	29.0	28.7	28.5	28.7	27.5	28.2	28.4
Media	27.5	27.8	28.6	29.6	29.3	28.3	28.2	28.1	27.9	28.1	28.1	27.7	28.2

Fuente: Elaborado por Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos proporcionados por la estación hidroclimatológica "Pijijapan", Gerencia Regional Frontera Sur (GRFS) y el Observatorio Meteorológico de Tacubaya (OMT).

Nota: El año de 1986 se calculó por el método del promedio por carecer de datos todo el año y con el fin de obtener su grafica correspondiente. Los valores entre paréntesis fueron inferidos por el método del promedio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Anexo 5. Estación hidroclimatológica "Pijijapan": Precipitación media mensual y anual en mm, durante el período 1960-2001

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1960	0.0	0.0	0.0	14.0	51.0	306.5	304.5	316.0	352.0	319.0	13.5	0.0	1675.5
1961	0.0	0.0	0.0	0.0	94.5	426.5	473.0	300.9	459.9	97.6	373.0	52.0	2277.4
1962	0.0	0.0	0.0	13.5	113.5	823.5	387.5	467.2	604.9	405.2	0.3	0.0	2815.6
1963	0.0	3.0	12.0	71.0	304.8	373.7	404.6	371.8	895.6	85.0	198.2	0.0	2719.7
1964	0.0	0.0	20.2	6.0	123.8	433.0	645.0	587.2	411.8	128.5	95.1	26.4	2477.0
1965	24.8	0.0	17.2	29.9	464.8	467.7	314.2	283.2	699.9	343.6	9.6	0.0	2654.9
1966	0.0	11.8	0.0	88.3	355.2	417.6	368.8	(406.9)	559.0	268.3	1.5	0.0	(2477.4)
1967	0.0	0.0	15.6	93.5	217.0	392.2	384.9	285.3	405.9	219.7	6.8	1.0	2021.9
1968	0.0	0.0	0.0	32.9	467.0	367.7	360.8	377.7	633.4	253.2	4.5	0.0	2457.2
1969	0.0	19.0	0.0	27.0	125.0	(411.7)	438.5	(465.2)	499.6	373.2	20.7	0.0	(2379.9)
1970	0.0	0.0	0.0	0.0	103.3	304.1	387.1	478.2	736.7	328.9	54.1	0.0	2394.4
1971	0.0	0.0	0.0	0.5	240.0	370.1	326.0	451.9	500.6	357.5	86.1	6.2	2339.9
1972	0.9	32.3	16.2	76.0	302.2	527.7	142.3	410.3	305.1	174.4	73.8	13.9	2075.1
1973	0.0	0.0	0.0	76.2	132.8	422.1	354.4	677.7	504.4	337.1	33.6	0.0	2583.3
1974	20.0	10.6	69.7	100.2	206.5	414.7	275.0	339.5	541.7	57.0	31.3	0.0	2066.2
1975	0.0	0.0	15.2	10.6	211.5	359.3	471.3	408.5	396.1	251.1	72.3	24.7	2220.6
1976	0.0	0.0	1.8	105.0	99.8	527.8	276.8	308.9	282.7	328.7	86.7	0.0	2018.2
1977	0.0	0.0	3.5	31.7	316.2	215.2	265.4	450.6	389.0	405.1	0.0	17.9	2094.6
1978	0.0	0.3	0.2	87.2	278.7	457.7	472.5	392.1	622.2	125.3	9.1	3.0	2448.3
1979	0.0	0.0	6.0	151.5	134.8	304.4	362.7	734.7	302.8	181.2	0.0	0.8	2178.9
1980	1.3	0.0	0.0	0.0	216.5	244.3	571.4	424.7	623.8	112.3	10.5	0.0	2204.8
1981	0.0	0.0	0.0	53.2	183.0	608.5	283.1	516.0	214.6	363.7	11.7	0.0	2233.8
1982	0.0	54.9	15.0	56.6	351.1	461.1	308.0	223.0	331.8	155.0	43.2	9.0	2008.7
1983	0.0	62.6	72.6	0.0	52.3	370.6	327.9	266.1	(474.2)	147.5	(43.0)	21.1	(1837.9)
1984	0.0	0.0	6.2	0.0	183.8	(396.4)	216.7	251.4	280.6	53.5	0.0	0.0	1388.6
1985	0.0	20.0	16.0	11.9	206.7	224.5	313.2	510.8	301.0	247.5	182.3	0.0	2013.9
1986	0.5	10.1	15.6	44.5	214.5	371.7	359.1	427.1	436.7	188.6	34.3	4.9	2127.4
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	212.4	342.4	508.5	399.0	377.4	0.0	0.0	0.0	1839.7
1988	3.2	0.0	1.2	5.0	142.9	510.8	(354.1)	890.3	961.6	104.4	(70.6)	2.8	(3046.0)
1989	0.0	5.8	0.0	30.2	261.8	456.7	460.1	480.6	725.8	107.1	122.7	0.0	3048.9
1990	0.0	47.0	46.5	33.0	186.8	363.9	300.7	283.6	362.3	304.8	14.2	9.3	1951.9
1991	0.0	0.0	0.0	57.0	118.8	478.9	230.3	218.2	320.5	201	2.2	4.3	1631.2
1992	0.0	2.3	135	27.2	155.7	265.7	508	232.2	628.9	230.4	28.1	20.1	2233.6
1993	3.4	0.0	1.0	15.4	186.9	327.3	300.5	480.4	375.6	183.4	2.2	0.0	1876.1
1994	0.0	(8.7)	0.0	33.6	196.9	240.1	207.1	(388.6)	194	297.3	6.8	4.2	(1577.3)
1995	2.5	0.0	6.9	164.6	204.0	341.2	433.4	634.3	532.3	107.4	29.2	5.0	2460.8
1996	0.0	0.0	0.0	27.6	601.5	296.2	480.7	455.7	433.5	116	44.1	0.7	2456.0
1997	0.0	0.0	64.2	52.4	227.7	505	230.3	279.1	401.7	331.7	243.7	95.5	2431.3
1998	0.0	13.4	0.0	0.0	45.2	379.4	389.9	519.5	1064.4	262.9	212.5	0.0	2887.2
1999	0.0	19.0	0.0	31.6	173.1	579.5	279.2	272.6	625.6	324.6	1.0	5.8	2312.0
2000	0.0	0.0	0.0	79.8	472.7	374.7	240.1	151.8	370.8	201.6	(58.4)	(14.5)	(1964.4)
2001	0.0	0.0	(20.7)	14.3	165.7	215.7	178.2	243.0	318.5	174.7	0.0	(15.0)	(1345.8)
Media	1.4	7.8	14.1	42.8	222.0	406.8	363.3	416.1	499.0	225.7	56.4	8.7	2264.1
D.S	4.9	15.2	26.8	41.2	121.1	116.8	107.6	149.5	194.7	107.1	78.9	17.3	399.2
C.V													2275.4

Fuente: Elaborado por Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos proporcionados por la estación hidroclimatológica "Pijijapan", Gerencia Regional Frontera Sur (GRFS) y el Observatorio Meteorológico de Tacubaya (OMT).

Nota: El año de 1986 se calculó por el método del promedio por carecer de datos todo el año y con el fin de obtener su grafica correspondiente. Los valores entre paréntesis fueron inferidos por el método del promedio.

Anexo 6. Estación hidroclimatológica "Pijijapan": Evaporación potencial media mensual y anual en mm, durante el período 1960-2001

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1960	156.1	155.3	208.2	175.3	182.3	123.9	132.7	108.0	117.2	107.5	110.3	(131.5)	1708.3
1961	(154.7)	(160.9)	160.8	217.1	194.7	198.5	(111.9)	(113.0)	89.9	122.9	(127.2)	100.0	1751.6
1962	160.8	132.9	195.8	184.2	120.3	(109.4)	(112.3)	(111.8)	137.7	125.3	154.3	156.9	1701.7
1963	169.7	179.8	210.4	166.3	148.0	(107.4)	103.4	127.2	85.5	118.8	136.0	148.8	1701.3
1964	152.2	154.8	172.1	161.9	154.5	113.6	113.5	114.1	107.2	156.5	139.9	119.7	1660.0
1965	142.7	144.2	173.0	141.9	(159.8)	(106.3)	(109.8)	111.7	112.8	118.8	110.6	137.8	1569.4
1966	174.7	162.7	200.5	147.6	131.6	113.3	114.3	(109.8)	(97.4)	127.0	132.5	141.3	1652.7
1967	166.1	176.7	177.4	169.2	153.4	98.5	113.3	111.6	96.5	135.9	120.7	121.1	1640.4
1968	147.7	167.9	202.0	157.3	130.6	105.2	112.3	107.5	77.4	114.7	125.6	146.4	1594.6
1969	150.1	149.0	176.5	182.7	171.1	(111.5)	104.3	(115.2)	86.1	93.2	111.2	116.0	1566.8
1970	148.4	179.8	177.9	169.2	211.8	142.8	112.6	114.2	86.2	86.7	139.5	126.7	1695.8
1971	134.2	161.0	198.9	212.2	129.5	97.8	122.7	106.7	94.2	89.7	101.8	113.7	1562.5
1972	145.2	188.9	177.3	168.2	137.8	97.1	116.6	99.6	101.4	112.3	102.1	141.7	1588.2
1973	184.6	185.8	204.1	177.3	148.1	87.5	102.6	107.4	97.1	88.9	121.2	145.2	1649.8
1974	122.2	164.8	156.1	160.1	147.9	89.2	101.7	112.1	95.8	129.6	145.8	125.9	1551.2
1975	155.0	153.7	169.9	166.8	124.1	119.8	97.8	104.8	101.8	108.8	120.1	113.5	1536.1
1976	179.0	172.6	176.0	159.8	149.8	108.0	142.2	118.7	116.0	144.4	147.3	155.9	1769.7
1977	152.0	164.4	186.6	184.0	148.7	116.7	145.3	133.9	112.0	138.9	126.0	125.0	1733.5
1978	151.8	171.4	221.6	182.4	161.8	125.6	128.3	121.1	100.8	126.9	114.5	149.1	1755.3
1979	169.4	198.7	228.0	209.3	158.9	130.3	(121.1)	133.8	111.7	119.5	182.4	182.0	1945.1
1980	171.7	215.1	222.7	225.0	164.9	131.1	147.3	121.8	102.7	151.1	161.8	216.9	2032.1
1981	185.5	218.9	228.7	205.5	148.4	113.5	126.0	116.0	110.8	119.4	157.5	161.7	1891.9
1982	172.8	173.1	218.0	157.9	124.6	110.6	125.7	133.8	120.6	138.3	165.6	167.6	1806.6
1983	223.9	169.5	192.9	187.0	175.9	117.6	107.6	106.2	(105.2)	143.5	(146.9)	158.1	1834.3
1984	184.9	200.6	204.6	180.4	146.5	(119.8)	89.1	93.9	103.1	123.5	148.6	189.4	1784.3
1985	190.9	191.4	223.9	187.1	163.0	129.3	(122.1)	(117.3)	(84.2)	(139.3)	(121.6)	(171.2)	1840.3
1986	167.0	177.7	203.2	187.5	149.8	112.3	(113.5)	(109.0)	(95.5)	(122.2)	(134.4)	(148.3)	1720.3
1987	194.0	188.5	224.0	235.7	170.6	150.1	154.8	152.1	140.2	203.4	183.9	165.0	2162.2
1988	195.6	221.2	237.4	210.2	198.4	110.8	(94.2)	124.8	89.1	142.7	(108.1)	169.6	1902.0
1989	(146.0)	(154.0)	135.9	212.6	160.5	107.6	124.8	107.3	88.9	141.3	125.1	172.2	1676.2
1990	171.2	187.6	179.1	163.3	143.5	97.9	118.7	97.3	95.0	121.5	162.5	165.3	1702.8
1991	174.9	194.3	235.1	200.7	150.6	125.6	132.7	119.7	104.0	109.8	153.9	145.8	1847.0
1992	159.0	175.0	210.1	(179.9)	(142.6)	(101.3)	33.7	88.9	66.1	84.2	107.4	126.4	1474.3
1993	141.0	142.3	209.8	211.7	155.7	93.0	93.2	77.3	79.3	103.8	99.4	106.7	1513.2
1994	150.9	(154.1)	208.8	182.5	119.9	98.6	110.9	(89.9)	67.9	63.4	78.6	82.6	1408.0
1995	105.4	120.4	160.9	121.1	118.0	76.9	88.0	64.3	53.8	58.8	82.6	72.2	1122.4
1996	119.4	141.0	159.9	153.1	93.5	83.5	64.8	61.1	58.2	72.8	114.8	83.6	1205.7
1997	110.2	136.4	124.1	108.0	180.6	69.6	89.9	82.0	59.1	69.9	59.6	135.4	1224.8
1998	136.7	126.4	208.8	180.8	147.3	86.8	83.7	90.9	79.5	105.6	97.5	159.3	1503.3
1999	191.3	163.9	175.8	197.6	146.1	91.9	108.0	109.8	56.9	121.8	198.8	160.6	1722.6
2000	190.3	202.2	180.1	116.6	93.0	92.5	120.9	107.3	77.3	114.9	(115.5)	(103.1)	1513.7
2001	171.27	178.75	(187.3)	96.49	140.95	117.74	113.24	107.66	76.45	130.19	142.31	(117.6)	1580.0
Media	165.1	174.6	(197.7)	180.3	153.4	113.2	114.2	111.2	96.1	120.6	132.6	(143.3)	1702.5

Fuente: Elaborado por Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos proporcionados por la estación hidroclimatológica "Pijijapan", Gerencia Regional Frontera Sur (GRFS) y el Observatorio Meteorológico de Tacubaya (OMT).

Nota: El año de 1986 se calculó por el método del promedio por carecer de datos todo el año y con el fin de obtener su grafica correspondiente. Los valores entre paréntesis fueron inferidos por el método del promedio.

Anexo 7. Estación hidroclimatológica "Pijijiapan": Evapotranspiración real en mm según el método de Turc, y evapotranspiración potencial en mm según el método de Thornthwaite, durante el período 1960-2001

Año	ETR Turc	ETP Thornthwaite
1960	1392.0	2363.7
1961	1615.8	2187.8
1962	1736.2	2091.3
1963	1677.8	1945.6
1964	1621.7	1946.1
1965	1656.5	1918.7
1966	1621.8	1945.6
1967	1479.4	1919.2
1968	1613.0	1892.2
1969	1615.6	2030.8
1970	1593.7	1918.2
1971	1565.9	1867.8
1972	1497.8	1918.9
1973	1626.1	1867.5
1974	1473.0	1817.1
1975	1526.5	1841.9
1976	1478.1	1919.1
1977	1526.1	2032.3
1978	1647.7	2092.0
1979	1577.3	2154.8
1980	1597.5	2221.5
1981	1595.7	2154.4
1982	1510.4	2123.6
1983	1440.8	2123.0
1984	1203.0	2030.9
1985	1497.2	2032.2
1986	1537.4	2069.4
1987	1471.6	2363.6
1988	1814.6	2220.7
1989	1764.6	2030.6
1990	1521.3	2363.4
1991	1361.5	2291.4
1992	1608.3	2220.8
1993	1509.5	2563.3
1994	1336.0	2326.2
1995	1657.7	2122.4
1996	1629.8	2002.2
1997	1649.5	2122.6
1998	1774.8	2188.1
1999	1596.0	2127.5
2000	1493.2	2123.9
2001	1185.0	2122.5
Media	1554.7	2038.4

Fuente: Cifras calculadas por Alvaro Ramírez Laguna, con base en datos de los anexos 4 y 5, páginas 124 y 125.

Nota: El año de 1986, se calculó por el método del promedio por carecer de datos todo el año y con el fin de obtener su gráfica correspondiente.

Anexo 8. Estación hidroclimatológica "Pijjiapan": Esguimiento medio mensual y anual en m³, durante el período 1962-1994

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1962	5,475	2,618	1,603	550	9,459	30,796	29,764	41,003	99,905	90,792	18,799	9,951	340,715
1963	5,468	2,875	1,889	1,280	3,344	15,802	48,335	41,670	178,797	56,419	33,762	12,219	401,838
1964	5,698	2,457	1,697	1,151	3,783	27,299	69,715	85,956	111,931	84,543	15,397	8,068	417,693
1965	5,215	2,627	1,681	1,694	5,259	35,308	38,047	38,742	63,751	116,930	19,308	7,284	333,846
1966	3,137	4,745	3,522	14,957	49,269	43,995	54,293	44,349	110,084	83,290	17,720	6,770	436,131
1967	3,769	2,154	1,825	1,561	2,953	15,333	19,242	23,350	54,921	45,593	14,013	6,376	191,090
1968	3,461	1,845	1,150	1,154	16,105	33,187	44,252	33,128	89,665	50,324	18,402	8,735	301,208
1969	4,700	2,640	1,582	1,150	2,344	9,079	48,106	120,251	119,114	91,176	26,116	12,003	438,261
1970	6,639	3,285	2,095	1,532	1,349	18,769	35,896	74,988	160,093	83,282	29,419	12,295	429,642
1971	6,087	2,901	2,070	1,448	3,298	17,141	20,661	77,180	120,001	89,537	27,747	14,211	382,282
1972	8,724	4,544	3,504	2,538	6,883	38,407	21,830	26,689	37,241	26,138	25,476	11,875	215,849
1973	7,232	3,457	2,664	2,595	5,334	37,467	47,960	145,915	175,872	111,343	28,163	12,595	580,797
1974	8,968	4,058	3,921	2,562	11,157	40,864	45,285	37,473	108,122	46,827	11,917	7,712	328,864
1975	4,701	2,662	3,176	1,598	8,369	26,971	59,963	86,027	123,380	69,370	27,451	10,616	424,284
1973	5,497	3,073	2,255	3,365	5,326	29,848	34,741	16,731	35,230	77,646	17,343	7,311	238,366
1974	4,092	1,825	1,456	1,722	11,782	19,259	18,084	49,494	63,902	59,056	31,466	10,428	272,566
1978	5,021	2,603	2,682	1,969	8,494	46,248	70,391	56,070	130,524	78,327	24,535	8,537	435,401
1979	4,412	2,431	1,673	2,792	5,114	16,787	32,465	81,703	149,838	51,773	17,122	6,355	372,465
1980	4,090	1,922	1,157	923	2,934	8,862	36,521	77,384	150,928	76,318	15,622	6,803	383,484
1981	3,280	1,891	1,573	2,396	7,512	107,636	154,593	129,632	160,245	152,440	43,014	22,319	785,531
1982	5,409	2,841	1,844	2,770	3,503	40,801	27,600	28,716	47,634	83,177	18,518	7,900	270,513
1983	3,645	3,174	5,324	1,148	1,592	13,493	26,402	38,045	116,649	46,968	27,490	9,876	293,806
1984	5,049	3,168	2,406	2,145	(8,296)	(43,130)	42,093	105,017	148,716	45,438	16,986	6,566	(429,010)
1985	4,317	2,217	1,474	836	8,666	33,390	46,941	87,305	93,756	73,287	78,307	22,482	452,978
1986	4,598	3,640	2,398	4,253	26,763	102,909	82,225	47,467	55,335	51,762	19,859	8,410	409,619
1987	4,392	1,974	1,535	653	4,757	18,810	45,692	55,170	40,069	32,019	12,090	3,803	220,964
1988	1,807	918	763	486	13,357	51,728	53,602	133,408	219,039	83,217	22,517	9,139	589,981
1989	(4,758)	(2,605)	(1,921)	(1,831)	(8,765)	36,868	57,629	98,901	213,773	80,456	33,768	13,168	(554,244)
1990	6,018	3,372	3,136	2,471	8,630	50,160	55,045	41,541	85,404	79,363	26,915	10,586	372,641
1991	6,142	2,973	1,795	1,279	4,843	28,229	41,448	34,216	60,608	69,440	24,824	9,853	285,650
1992	5,357	2,566	2,056	1,795	1,601	26,621	44,493	44,006	98,746	68,595	23,676	10,179	328,691
1993	5,405	2,893	2,153	1,057	2,551	16,851	37,732	40,611	81,617	44,332	16,886	9,799	261,887
1994	4,506	2,326	1,494	1,336	7,719	15,154	12,289	26,442	20,410	35,257	14,802	6,751	148,486
Medla	5,062.5	2,753.9	2,171.9	2,144.8	8,215.5	33,218.8	45,495.0	62,714.5	106,827.3	70,740.5	24,225.2	10,029.5	31,133.3
D.S	1,437.2	779.4	914.4	2,411.7	8,789.3	21,799.6	24,840.3	34,442.1	50,680.4	25,877.6	11,849.7	3,906.4	127,097.1
C.V	4.6%	2.5%	2.9%	7.7%	28.2%	70.0%	79.8%	110.6%	162.8%	83.1%	38.1%	12.5%	34.0%

Fuente: Elaborado por Álvaro Ramírez Laguna, con base en datos proporcionados por la Gerencia Regional Frontera Sur (GRFS).
Nota: Los números que están entre paréntesis se obtuvieron por el método del promedio.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Anexo 9. Cuenca alta del río Pijijiapan: Localidades en 2000

Localidad	Longitud	Latitud	Localidad	Longitud	Latitud
La Esperanza	93°12'27"	15°46'38"	El Bosque	93°11'59"	15°48'41"
San Marcos (La Morita)	93°10'40"	15°42'15"	Santa Ines	93°12'35"	15°49'20"
Nueva Guadalupe	93°10'20"	15°43'33"	Santna Martha	93°10'16"	15°45'40"
Paraiso Uno	93°12'38"	15°46'38"	El Vergel	93°11'19"	15°44'03"
Hoja Blanca	93°10'56"	15°47'01"	Santa Ursula	93°09'47"	15°45'17"
La Envidia	93°10'56"	15°46'34"	Los Sauces	93°11'23"	15°42'23"
San Isidro Uno	93°10'31"	15°46'04"	El Naranjo	93°09'51"	15°45'13"
Juan de Dios	93°10'44"	15°46'15"	Inocente Marroquin Cruz	93°09'42"	15°47'53"
El Rosario	93°10'10"	15°45'33"	Santaella	93°09'46"	15°45'54"
El Cerrón	93°09'07"	15°44'55"	Nestor Balboa Toledo	93°10'04"	15°48'03"
Nueva Esperanza	93°10'15"	15°44'17"	La Amistad	93°12'47"	15°48'24"
Las Guadalupe	93°13'01"	15°42'24"	Los Tres Hermanos	93°12'44"	15°47'12"
Dos Arbolitos	93°12'34"	15°42'15"	El Triunfo	93°09'35"	15°45'17"
Las Cadas	93°13'17"	15°42'16"	La Nobleza	93°12'48"	15°48'27"
San Antonio (El Nacimiento)	93°09'26"	15°50'30"	San Fernando	93°12'43"	15°47'50"
África	93°09'51"	15°47'23"	San Martín	93°09'35"	15°46'45"
Los Alicantes	93°09'00"	15°47'05"	Antonio Balboa Toledo	93°10'10"	15°48'07"
Santa Anita (Los Alpes)	93°09'15"	15°49'50"	Manuel Ortiz	93°09'59"	15°45'25"
Los Altos	93°10'12"	15°49'52"	Rafael Landa Rendón	93°08'01"	15°50'45"
Amor Chiquito	93°12'54"	15°48'51"	Lindavista Uno	93°12'57"	15°42'06"
Las Delicias	93°13'01"	15°42'35"	Heberto Castillo	93°12'54"	15°42'00"
California	93°09'54"	15°44'57"	Las Lomas	93°11'49"	15°47'14"
La Concepción	93°10'20"	15°48'10"	Nuevo Río Bravo	93°12'47"	15°49'01"
El Cupape	93°09'35"	15°46'39"	La Nueva Vega	93°12'23"	15°41'49"
El Despreco	93°12'45"	15°48'40"	San Isidro	93°08'29"	15°50'06"
La Esperanza	93°10'18"	15°48'05"	Santa Lucía	93°09'45"	15°47'47"
La Fortuna	93°09'40"	15°44'52"	Genaro Cruz Landa	93°09'59"	15°45'24"
La Guadalupe	93°08'52"	15°50'25"	Hugo Rendón Santiago	93°08'13"	15°50'27"
La Juventud	93°09'04"	15°48'06"	Melquiades Landa Rendón	93°09'45"	15°45'20"
Libano	93°11'19"	15°45'23"	Sin Pensar (Las Chirino)	93°13'09"	15°42'39"
Los Naranjos	93°09'32"	15°46'49"	Las Torres	93°11'18"	15°43'03"
El Naranjo	93°12'46"	15°47'19"	El Escondido	93°09'08"	15°49'25"
El Paraiso	93°10'55"	15°46'55"	Paso del Río	93°12'58"	15°49'00"
Las Pedas	93°12'56"	15°49'02"	San Antonio (Fernando Cossillo)	93°09'11"	15°49'34"
Piedra de Sal	93°09'30"	15°48'13"	Fernando Utrilla	93°11'54"	15°46'58"
Las Flores	93°12'14"	15°41'54"	Taoe	93°12'55"	15°48'53"
San Antonio	93°09'32"	15°48'03"	El Zapote	93°11'03"	15°48'18"
San Antonio	93°12'44"	15°47'07"	San José	93°10'58"	15°43'50"
San Isidro Dos	93°10'23"	15°45'47"	San José	93°12'25"	15°42'08"

Fuente: Elaborado por Álvaro Ramírez Laguna, con base en INEGI 2000.

Anexo 10. Municipio de Pijijiapan: Población total Según sexo en 1990

Edades.	Hombres.	% Hombres.	Mujeres.	% Mujeres.	Total.	% Total.
0-4	2,992	13.58	2,970	14.00	5,962	13.79
5-9	3,191	14.48	3,242	15.3	6,433	14.87
10-14	3,183	14.44	2,974	14.02	6,157	14.24
15-19	2,636	11.96	2,411	11.36	5,047	11.67
20-24	1,909	8.66	1,863	8.78	3,772	8.72
25-29	1,548	7.03	1,573	7.41	3,121	7.22
30-34	1,330	6.04	1,250	5.89	2,580	5.97
35-39	1,141	5.18	1,213	5.72	2,354	5.44
40-44	900	4.08	890	4.19	1,790	4.14
45-49	815	3.70	775	3.65	1,590	3.68
50-54	612	2.78	559	2.63	1,171	2.71
55-59	477	2.17	389	1.83	866	2.00
60-64	419	1.90	360	1.70	779	1.8
65-69	247	1.12	206	0.97	453	1.05
70-74	224	1.02	175	0.82	399	0.92
75-79	132	0.6	93	0.44	225	0.52
80-84	92	0.42	99	0.47	191	0.44
85-89	49	0.22	42	0.2	91	0.21
90-94	31	0.14	31	0.15	62	0.14
95-99	15	0.07	13	0.06	28	0.06
100 y Más.	10	0.05	15	0.07	25	0.06
No Espec.	79	0.36	73	0.34	152	0.35
Total.	22,032	50.94	21,216	49.06	43,248	100.00

Fuente: Elaborado por Álvaro Ramírez Laguna, con base en el cuadro 2, Población total por municipio y edad desplegada según sexo, de INEGI 1990.

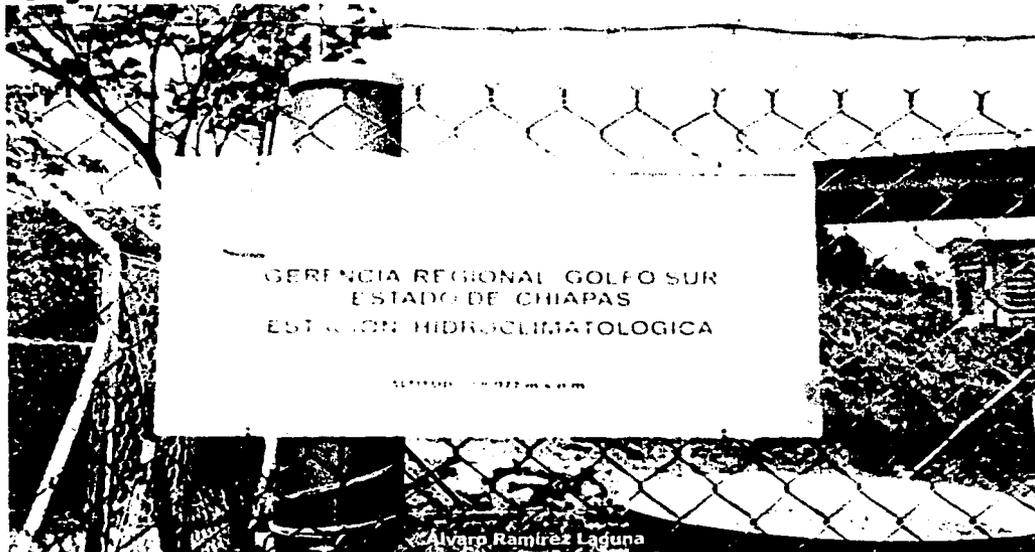
Anexo 11. Municipio de Pijijiapan: Población total Según sexo en 2000

Edades.	Hombres.	% Hombres.	Mujeres.	% Mujeres.	Total.	% Total.
0-4	2,748	11.68	2,525	10.78	5,273	11.23
5-9	3,255	13.83	3,252	13.88	6,507	13.86
10-14	3,083	13.10	3,004	12.83	6,087	12.97
15-19	2,378	10.11	2,505	10.70	4,883	10.40
20-24	1,799	7.65	1,924	8.20	3,723	7.93
25-29	1,611	6.85	1,843	7.87	3,454	7.36
30-34	1,477	6.28	1,540	6.58	3,017	6.43
35-39	1,442	6.13	1,509	6.44	2,951	6.29
40-44	1,226	5.21	1,188	5.07	2,414	5.14
45-49	1,019	4.33	1,000	4.27	2,019	4.30
50-54	854	3.63	824	3.52	1,678	3.57
55-59	643	2.73	649	2.77	1,292	2.75
60-64	577	2.45	510	2.18	1,087	2.32
65-69	439	1.87	339	1.45	778	1.66
70-74	323	1.37	250	1.07	573	1.22
75-79	196	0.83	163	0.70	359	0.76
80-84	130	0.55	91	0.39	221	0.47
85-89	64	0.27	56	0.24	120	0.26
90-94	26	0.11	24	0.10	50	0.11
95-99	20	0.09	17	0.07	37	0.08
100 y Más.	16	0.07	10	0.04	26	0.06
No Espec.	202	0.86	198	0.85	400	0.85
Total.	23,528	50.11	23,421	49.89	46,949	100.00

Fuente: Elaborado por Álvaro Ramírez Laguna, con base en el cuadro Población total por municipio, edad desplegada y grupos quinquenales de edad, su distribución según sexo, de Internet 5.

Anexo Fotográfico

Fotografía 1



Álvaro Ramírez Laguna

Gerencia Regional Golfo Sur, dependencia gubernamental a la que pertenece la estación hidroclimatológica "Pijijiapan".

Fotografía 2



Álvaro Ramírez Laguna

Aspecto de la unidad edafológica "Litosol", con rocas de tipo granítico en su superficie.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

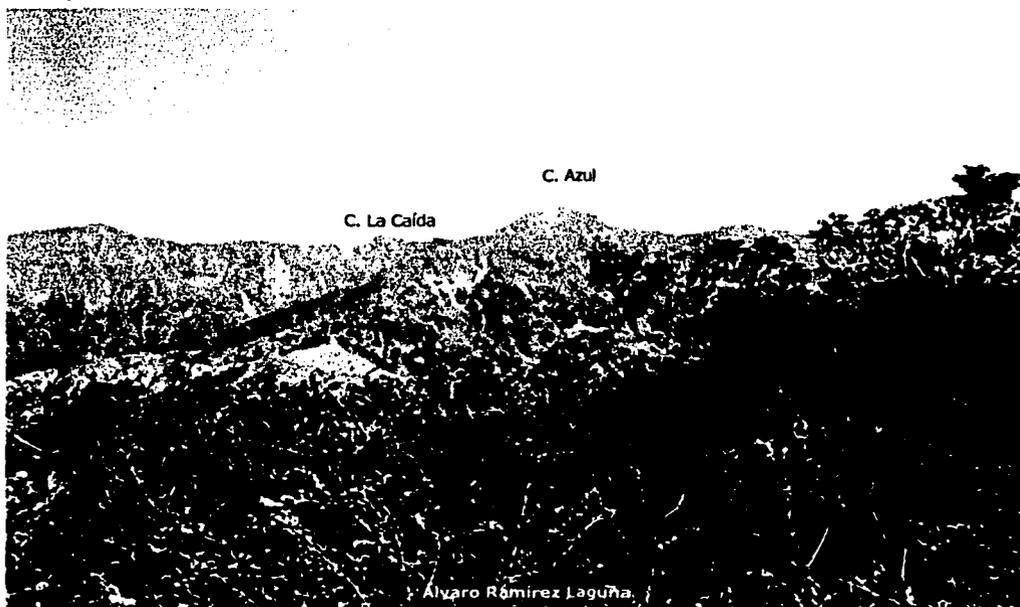
Fotografía 3



Álvaro Ramírez Laguna

Aspecto del perfil edafológico de un "Litosol", nótese el poco desarrollo de sus horizontes de diagnóstico.

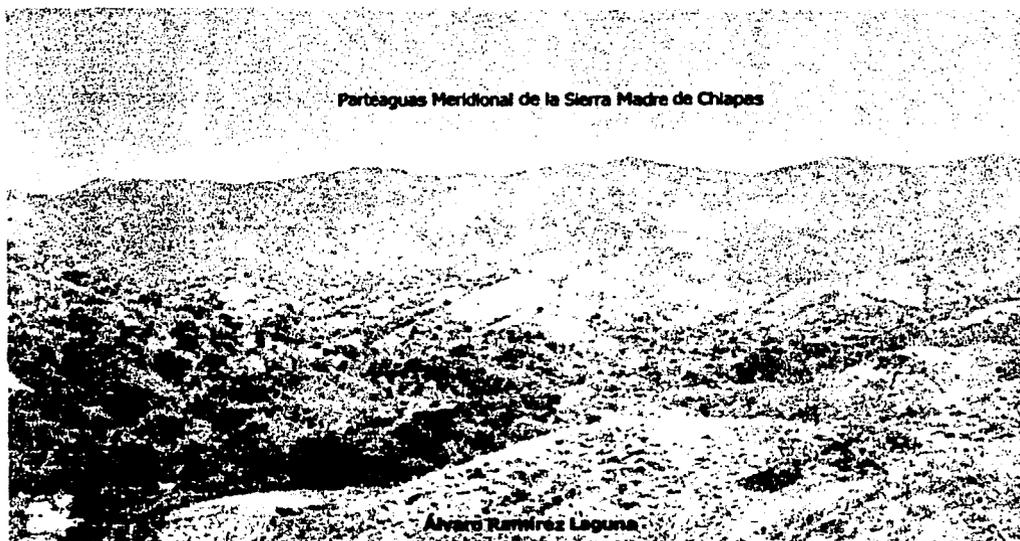
Fotografía 4



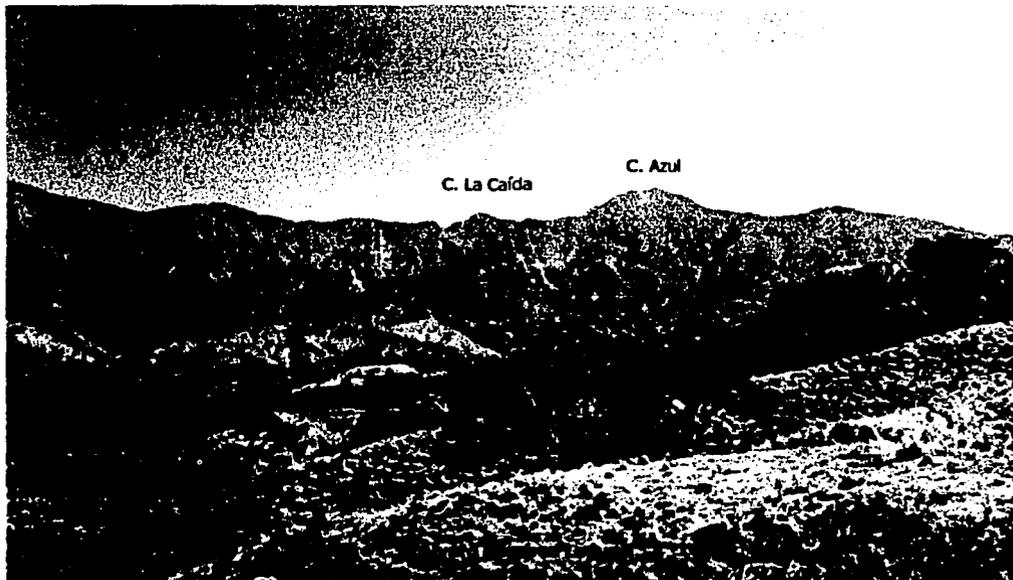
Álvaro Ramírez Laguna

En primer plano, aspecto de la selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria arbórea a la altura de la localidad San Antonio, al fondo los cerros Azul y La Caída con "rasguños" que en realidad son desprendimientos de roca y suelo, conocidos como procesos de ladera, ocasionados por el fuerte declive.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Fotografía 5

En primer plano, nótese el alto grado de deforestación en la Unidad Básica del Relieve de Montañas y Laderas Altas, al fondo se observa el parteaguas meridional de la Sierra Madre de Chiapas.

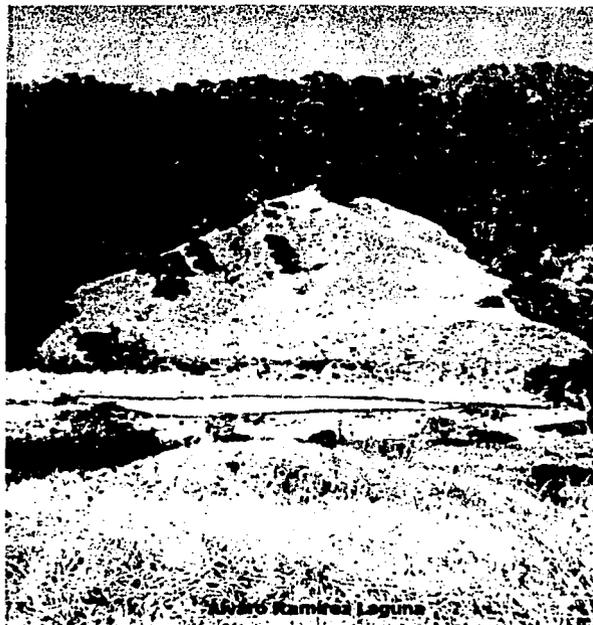
Fotografía 6

En primer plano, aspecto del pastizal inducido con el fenómeno conocido como "Sendero de ganado", en segundo plano algunos reductos de selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria arbórea, en tercer plano se observa el Cerro Azul y Cerro La Cofda, a la altura de la localidad de San Antonio.

Fotografía 7

Obsérvese en segundo plano, el alto grado de deforestación en la margen occidental o derecha de la cuenca del río Pijijapan por la introducción de pastizal inducido para alimento de la ganadería y para el consumo humano de madera.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**Fotografía 8**

Aspecto del Pijje canelo o pato chillador, *Dendrocygna bicolor*, símbolo del municipio de Pijijapan, Estado de Chiapas.

Fotografía 9



Álvaro Ramírez Laguna

En primer plano, obsérvese la confluencia del arroyo Hoja Blanca, por la margen occidental, con el río Pijjilapan, vista aguas arriba, a la altura de la localidad Australia, en segundo plano nótese la neblina en la zona que favorece a la humedad del suelo.

Fotografía 10



Álvaro Ramírez Laguna

En primer plano, obsérvese el aspecto del valle fluvial del río Pijjilapan vista aguas abajo, a la altura de la localidad de San Antonio, en segundo plano nótese las laderas deforestadas de las montañas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fotografía 11



Álvaro Ramírez Laguna

En primer plano, ganadería de bovinos en la localidad de San Antonio, al fondo obsérvese que el ganado suelto paca en las laderas de las montañas.

Fotografía 12

Grietas y fisuras provocadas por la intemperización en la roca granítica, encerrado en un círculo como referencia una navaja.



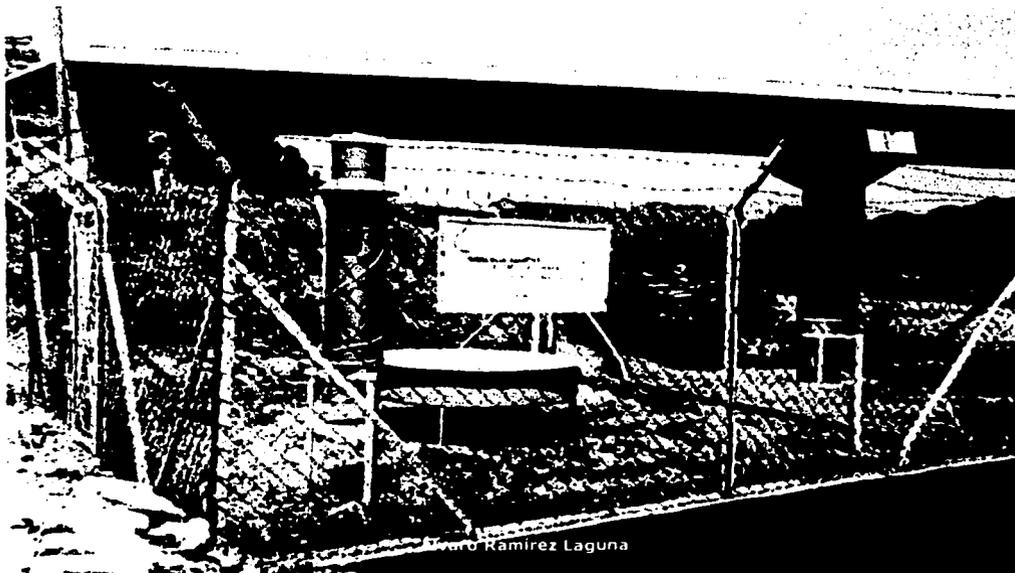
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Álvaro Ramírez Laguna



Aspecto general de la instalación de la estación hidroclimatólogica "Pijjilapan", a la altura del puente de la carretera federal costera, en la considerada desembocadura de la cuenca.

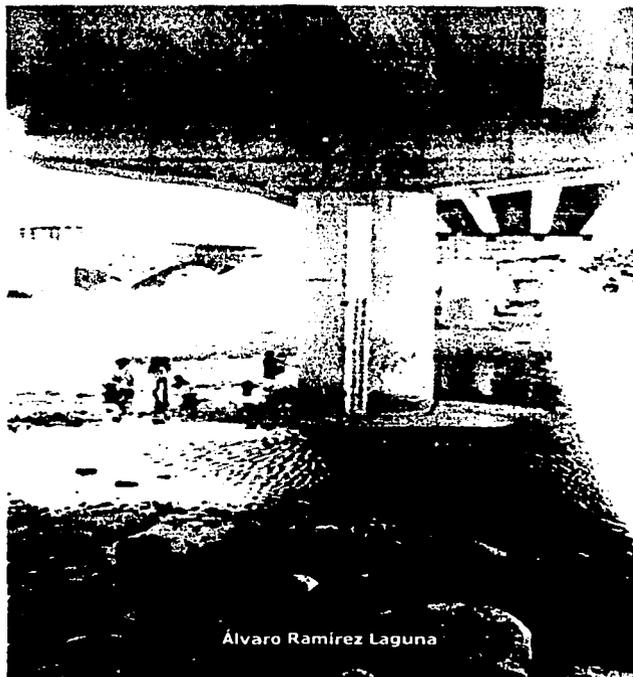
Fotografía 14



En primer plano, instrumental de la estación hidroclimatólogica "Pijjilapan" para medir diversas variables atmosféricas, al fondo puente de la carretera federal costera.

Fotografía 15

Aspecto de la estación hidrométrica "Pijlilapan" ubicada en la considerada desembocadura de la cuenca del mismo nombre, nótese el poco caudal del río por ser la temporada seca del año, la fotografía fue tomada en el mes de marzo.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Bibliografía

- BASSOLS BATALLA, Ángel. (1991). *Recursos naturales de México: teoría, conocimiento y uso*. México: Nuestro tiempo, S.A.
- CAMPOS ARANDA, D. (1987). *Procesos del ciclo hidrológico (Vol 1, Tomo 2/2)*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Editorial Universitaria Potosina. México.
- CERVANTES RAMÍREZ, Martha. (1987). *Análisis geográfico de recursos vegetales y faunísticos de México*. Tesis de Doctorado en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- DEL AMO, Silvia; CÁRDENAS, Abraham; ANAYA, Ana. (1992). *Manual de actividades de conservación y recuperación de especies para los comités municipales, Chiapas: Programa de Acción Forestal Tropical*. Tuxtla Gutiérrez: Gobierno del estado de Chiapas.
- GARCÍA DE MIRANDA, Enriqueta; y FALCÓN DE GYVES, Zaida. (1993). *Nuevo Atlas Porrúa de la República Mexicana*. México: Porrúa.
- GUERRA, Felipe. (1980). *Fotogeología*. México: UNAM.
- GUTIÉRREZ, Gil., et al. (1956). *Excursión C-15: Geología del Mesozoico y estratigrafía Pérmica del estado de Chiapas, xx Congreso Geológico Internacional*. México: UNAM.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (1990). *XI Censo General de Población y Vivienda: Resultados definitivos, tabulados básicos, estado de Chiapas*. México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (1995). *Cuadernito Estadístico Municipal: Pijijiapan, Estado de Chiapas*. México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2000). *Disco Compacto. ITER. Integración Territorial. XII Censo General de Población y Vivienda de la República Mexicana. México.*

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2001). *Anuario Estadístico del Estado de Chiapas. México.*

LÓPEZ, Ernesto. (1981). *Geología de México (Vol. 3). México.*

MADEREY RASCON, Laura. (1977). *Agua de escurrimiento en la República Mexicana. México: UNAM.*

MIRANDA, Faustino. (1975). *La vegetación de Chiapas (Vols. 1-2). México: Ediciones del gobierno del estado.*

SPRINGAL, Rolando. (1970). *Hidrología (primera parte, publicación D7). Instituto de Ingeniería. México: UNAM.*

Bibliografía Cartográfica

Instituto Nacional de estadística Geografía e Informática (INEGI). (1985). *Carta Uso del Suelo y Vegetación 1:250 000 Huixtla D15-2. México.*

Instituto Nacional de estadística Geografía e Informática (INEGI). (1988). *Carta Topográfica 1:50 000 Ignacio Zaragoza D15 A19. México.*

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (1993). *Carta Edafológica 1:250 000 Huixtla D15-2. México.*

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (1993). *Carta Geológica 1:250 000 Huixtla D15-2. México.*

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (1994). *Carta Topográfica 1:50 000 Pijijiapan D15 A29. México.*

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)., Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)., Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). (2000). *Cubierta Vegetal 1:250 000 D15-2*. México.

Secretaría de la Presidencia (SP)., Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAP)., Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (1970). *Carta de Climas 1:500 000 Tuxtla Gutiérrez 15Q-VII*. México.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). (1987). *Carta hidrográfica: Regiones hidrológicas 23-29 y 30 de la República Mexicana 1:1000 000*. México.

Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP); Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (1984). *Carta de Efectos Climáticos Regionales Mayo-Octubre 1: 250 000 Huixtla D15-2*. México.

Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP); Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (1984). *Carta de Efectos Climáticos Regionales Noviembre-Abril 1: 250 000 Huixtla D15-2*. México.

Direcciones en Internet

1. <http://www.planeacion.sgp.cna.gob.mx>
2. <http://www.elchiapaneco.com.mx/IX/ix.html>
3. http://www.chiapas.com.mx/bellezas/reservas/el_triunfo2.html
4. http://www.chiapas.com.mx/bellezas/reservas/el_triunfo3.html
5. <http://www.inegi.gob.mx/difusion/espanol/fpobla.html>

