



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Facultad de Filosofía y Letras
División de Estudios de Posgrado**

Departamento de Geografía

**Estudio hidrogeográfico de la cuenca
del río Yutamá, estado de Oaxaca
(Un enfoque a la problemática del uso
y conservación del agua).**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:

LIC. JANETTE FRANCISCO ROBLES

ASESOR: VÍCTOR MANUEL MARTÍNEZ LUNA

MAESTRO EN GEOGRAFÍA



MÉXICO, D. F.

2007



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.

“Invertir en agua hoy es invertir en la paz de mañana”.
Bertrand Charrier, Vicepresidente de Green Cross Internacional

*“Tenemos agua para satisfacer las necesidades de todos,
Pero no la avaricia de todos”.*
Mahatma Gandhi

*“El agua se ha convertido en un recurso precioso.
Hay lugares donde un barril de agua,
cuesta más que un barril de petróleo”.*
Lloyd Axworthy, Ministro Exterior de Canadá.

DEDICATORIA

*Dedico este trabajo con mucho amor, admiración y respeto a mis
padres:*

*Antonia Robles Aragón y Víctor Raúl Francisco Ayuso,
y a mi hermano Raúl Francisco Robles.*

Gracias por su cuidado, confianza y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Estudios de Posgrado, al Departamento de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras y al Instituto de Geografía. Les agradezco la oportunidad que ofrecen para cursar una Maestría con beca para sustentar mi desarrollo profesional.

Mtro. Víctor Manuel Martínez Luna: con admiración y respeto, agradezco profundamente la confianza, el apoyo, asesoría, consejos y sugerencias, que hicieron posible la presente obra.

A los sinodales:

Dr. Juan Carlos Gómez Rojas, Dr. Genaro Correa Pérez, Dr. José Enrique Zapata Zepeda y al Mtro. Cuauhtémoc Jesús Torres Ruata: gracias por ser una parte fundamental de este gran logro en mi vida. Por su paciencia, tiempo, dedicación, confianza, comentarios y señalamientos para enriquecer el presente trabajo. Agradezco que hallan aceptado formar parte del sínodo.

A todos los profesores, maestros y doctores que contribuyeron en mi reafirmación académica en el Programa de Posgrado de Maestría en Geografía y que compartieron tiempo, dedicación, experiencia y conocimiento, muchas gracias.

Índice
Introducción

i

Capítulo 1 Caracterización geográfica de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

	Página
1.1 Localización	1
1.2 Caracterización físico-geográfica	2
1.2.1 Parámetros morfométricos	2
1.2.2 Relieve general	7
1.2.3 Altimetría	10
1.2.4 Declives	14
1.2.5 Unidades básicas del relieve	16
1.2.6 Geología y litología	20
1.2.7 Clima	23
1.2.8 Ambientes geográficos	32
1.2.9 Edafología	37
1.2.10 Vegetación y uso del suelo	41
1.3 Caracterización socioeconómica-geográfica	52
1.3.1 Región socio-económica	53
1.3.2 Población	54
1.3.3 Dinámica de la población	55
1.3.4 Población en los municipios y localidades para los decenios 1960, 1970, 1980, 1990, 2000 y 2010	56
1.3.5 Población ocupada por sector económico	61

Capítulo 2 Descripción y funcionamiento del sistema hidrológico de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

2.1 Hidrografía y sistema fluvial de la cuenca	63
2.1.2 Patrones de drenaje	69
2.1.3 Clasificación de cauces según Strahler	71
2.1.4 Distribución geográfica de la frecuencia de cauces	78
2.1.5 Densidad de drenaje	79
2.2 Ciclo hidrológico	81
2.2.1 Precipitación	82
2.2.2 Evaporación	91
2.2.3 Evapotranspiración	96
2.2.4 Evapotranspiración real	97
2.2.5 Evapotranspiración potencial	100
2.2.6 Escorrentía	108
2.2.7 Escurrimiento	108
2.2.8 Infiltración	113
2.2.9 Aguas subterráneas	114
2.3 Balance hídrico estimado	115
2.3.1 Precipitación	116
2.3.2 Evapotranspiración total	117

2.3.3	Escurrimiento	118
2.3.4	Infiltración	120
2.3.5	Balance hídrico global estimado para la cuenca	125

Capítulo 3 Problemática del uso y conservación del agua en la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

3.1	Demanda actual y potencial del agua	128
3.1.1	Demanda actual y futura del agua	129
3.2	Suministro y abastecimiento de agua	134
3.3	Uso del agua	138
3.4	Contaminación del agua	140
3.4.1	Contaminación municipal y distrital	141
3.4.2	Contaminación agrícola	142
3.4.3	Contaminación por fuentes naturales	143
3.5	Calidad del agua	143
3.6	Problemas externos que afectan el recurso agua	144
3.7	Conservación del agua y recomendaciones	144

Capítulo 4. Sinopsis, análisis e interpretación hidrogeográfica de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

4.1	Sinopsis geográfica de la cuenca	151
4.2	Análisis e Interpretación de la sinopsis geográfica	161

Resultados, conclusiones y sugerencias

166

Bibliografía

Anexos

1.1	Tipos y especies de vegetación en la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca
1.2	Tipos y especies faunísticas en la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca
1.3	Población y tasa de crecimiento por municipio y localidad
1.4	Modelo de encuesta para trabajo de campo
2.1	Tipos o configuraciones de drenaje
2.2	Estaciones climáticas con datos de temperatura
2.3	Estaciones climáticas con datos de precipitación
2.4	Estaciones climáticas con datos de evaporación
2.5	Tablas con datos del cálculo de la evapotranspiración real y potencial
2.6	Duración promedio posible del fotoperiodo en los hemisferios Norte y Sur, expresado en unidades de 30 días de 12 horas cada uno
2.7	Valores de $i = \text{Índice de calor anual } i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$
2.8	Estación hidrométrica Yutamá
2.9	Estación hidrométrica Nduavé
3.1	Vivienda e indicadores ambientales
3.2	Conceptos y definiciones importantes

Relación de figuras y mapas

- Figura 1.1 Localización de la cuenca del río Verde
1.2 Cuencas circundantes
1.3 Localización de la cuenca del río Yutamá
1.4 Distrito de Tlaxiaco, Oaxaca
- Mapa 1.1 Topografía
1.2 Altimetría
1.3 Declives
1.4 Unidades básicas del relieve
1.5 Geología y litología
1.6 Clima, fuente: INEGI
1.7 Clima, fuente: SP, CETENAL, IG
1.8 Clima, fuente: CONABIO
1.9 Tipo de relieve
1.10 Edafología
1.11 Inventario forestal, fuente: INEGI
1.12 Uso del suelo y vegetación, fuente: CONABIO
1.13 Uso del suelo, fuente: INEGI, CONABIO
1.14 Distribución de la población
- 2.1 Hidrografía
2.2 Subcuencas
2.3 Patrón de drenaje
2.4 Clasificación de cauces según Strahler
2.5 Distribución geográfica de la frecuencia de cauces
2.6 Densidad de drenaje
2.7 Estaciones climáticas e hidrométricas
2.8 Coeficiente de escurrimiento superficial de la precipitación anual
2.9 Aguas subterráneas
2.10 Franjas de lluvia
2.11 Precipitación anual
2.12 Efectos climáticos mayo-octubre
2.13 Efectos climáticos noviembre-abril
- Figura 2.1 Ubicación de estaciones climáticas e hidrométricas
2.2 Isoyetas normales anuales de la República Mexicana 1931-1990

Relación de tablas

- 1.1 Clasificación propuesta para el tamaño de las cuencas
1.2 Datos para el análisis oroaltimétrico de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca
1.3 Categorías de los declives por rango
1.4 Principales Unidades básicas del relieve
1.5 Geología y litología de la cuenca del río Yutamá. Edad y áreas de las unidades litológicas.
1.6 Principales unidades de suelo
-
-

-
-
- 1.7 Inventario Forestal, INEGI, 2000
 - 1.8 Uso del suelo y vegetación, CONABIO, 1999
 - 1.9 Uso del suelo y vegetación, INEGI, 1996 agrupado por CONABIO en 1999
 - 1.10 Descripción de los Mnemónicos contenidos en las tablas de los anexos 1.3
 - 2.1 Corrientes principales que conforman el drenaje o sistema fluviográfico de la cuenca del río Yutamá
 - 2.2 Patrones de drenaje
 - 2.3 Características del sistema de drenaje de la cuenca del río Yutamá
 - 2.4 Datos para la elaboración de la gráfica, relación de longitud
 - 2.5 Datos de precipitación (P) por franja de lluvia
 - 2.6 Datos de evapotranspiración (ET) por franja de lluvia
 - 2.7 Datos de escurrimiento (R) por franja de lluvia
 - 2.8 Datos de infiltración (I) por franja de lluvia
 - 2.9 Volumen total de las variables que constituyen el balance hídrico local por franjas de lluvia
 - 2.10 Porcentaje de las variables que constituyen el balance hídrico por franja de lluvia
 - 2.11 Valor de las láminas totales de las variables que constituyen el balance hídrico local por franja de lluvia expresadas en milímetros.
 - 2.12 Resultados del balance hídrico global estimado para la cuenca
 - 3.1 Descripción de los Mnemónicos contenidos en las tablas de los anexos 3.1
 - 4.1 Sinopsis Geográfica por unidad de relieve de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca
 - 4.2 Sinopsis Geográfica por unidad de relieve de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca
 - 4.3 Sinopsis Geográfica por unidad de relieve de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca
 - 4.4 Sinopsis Geográfica por unidad de relieve de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Relación de gráficas

- 1.1 Histograma de frecuencias altimétricas
 - 1.2 Curva hipsográfica
 - 1.3 Curva hipsométrica
 - 1.4 Declives
 - 1.5 Unidades básicas del relieve
 - 1.6 Geología y litología
 - 1.7 Edafología
 - 1.8 Inventario Forestal 2000
 - 1.9 Uso del suelo y vegetación 1999
 - 1.10 Uso del suelo y vegetación 1996
 - 1.11 Dinámica de la población en la cuenca del río Yutamá, 1060-2010
 - 1.12 Población ocupada por sector de actividad en la cuenca del río Yutamá
 - 2.1 Relación de confluencia de la cuenca del río Yutamá
 - 2.2 Relación de longitud de la cuenca del río Yutamá
-
-

-
-
- 2.3 Termopluviometría anual del periodo 1961-1986. Estación Climatológica San Esteban Atlatlahuca
 - 2.4 Termopluviometría media mensual período 1961-1986. Estación Climatológica San Esteban Atlatlahuca
 - 2.5 Termopluviometría anual del período 1958-1988. Estación Climatológica Chalcatongo de Hidalgo
 - 2.6 Termopluviometría media mensual del período 1958-1988. Estación Climatológica Chalcatongo de Hidalgo
 - 2.7 Termopluviometría anual del período 1961-1968. Estación Climatológica Yutamá, Yosondúa
 - 2.8 Termopluviometría media mensual del período 1961-1968. Estación Climatológica Yutamá, Yosondúa
 - 2.9 Termopluviometría anual del período 1958-1988. Estación Climatológica Santiago, Yosondúa
 - 2.10 Termopluviometría media mensual del período 1958-1988. Estación Climatológica Santiago, Yosondúa
 - 2.11 Evaporación total anual del período 1978-1995. Estación Climatológica San Estaba Atlatlahuca
 - 2.12 Evaporación media mensual del período 1978-1995. Estación Climatológica San Estaba Atlatlahuca
 - 2.13 Evaporación total anual del período 1958-1988. Estación Climatológica Chalcatongo de Hidalgo
 - 2.14 Evaporación media mensual del período 1958-1988. Estación Climatológica Chalcatongo de Hidalgo
 - 2.15 Evaporación total anual del período 1961-1968. Estación Climatológica Yutamá, Yosondúa
 - 2.16 Evaporación media mensual del período 1961-1968. Estación Climatológica Yutamá, Yosondúa
 - 2.17 Evaporación total anual del período 1963-1988. Estación Climatológica Santiago, Yosondúa
 - 2.18 Evaporación media anual del período 1963-1988. Estación Climatológica Santiago, Yosondúa
 - 2.19 Evapotranspiración real anual del período 1961-1986. Estación climatológica San Estaban Atlatlahuca
 - 2.20 Evapotranspiración real anual del período 1958-1988. Estación climatológica Chalcatongo de Hidalgo
 - 2.21 Evapotranspiración real anual del período 1961-1968. Estación climatológica Yutamá, Yosondúa
 - 2.22 Evapotranspiración real anual del período 1958-1988. Estación climatológica Santiago, Yosondúa
 - 2.23 Evapotranspiración potencial anual del período 1961-1986. Estación climatológica San Estaban Atlatlahuca
 - 2.24 Evapotranspiración potencial anual del período 1958-1988. Estación climatológica Chalcatongo de Hidalgo
 - 2.25 Evapotranspiración potencial anual del período 1961-1968. Estación climatológica Yutamá, Yosondúa
-
-

-
-
- 2.26 Evapotranspiración potencial anual del período 1958-1988. Estación climatológica Santiago, Yosondúa
 - 2.27 Comparación de las variables medias anuales de precipitación, evapotranspiración real, evapotranspiración potencial, evaporación y temperatura del período 1961-1986. Estación climatológica San Esteban Atatlahuca
 - 2.28 Comparación de las variables medias mensuales de precipitación, evapotranspiración real, evapotranspiración potencial, evaporación y temperatura del período 1961-1986. Estación climatológica San Esteban Atatlahuca
 - 2.29 Comparación de las variables medias anuales de precipitación, evapotranspiración real, evapotranspiración potencial, evaporación y temperatura del período 1958-1988. Estación climatológica Chalcatongo de Hidalgo
 - 2.30 Comparación de las variables medias mensuales de precipitación, evapotranspiración real, evapotranspiración potencial, evaporación y temperatura del período 1958-1988. Estación climatológica Chalcatongo de Hidalgo
 - 2.31 Comparación de las variables medias anuales de precipitación, evapotranspiración real, evapotranspiración potencial, evaporación y temperatura del período 1961-1968. Estación climatológica Yutamá, Yosondúa
 - 2.32 Comparación de las variables medias mensuales de precipitación, evapotranspiración real, evapotranspiración potencial, evaporación y temperatura del período 1961-1968. Estación climatológica Yutamá, Yosondúa
 - 2.33 Comparación de las variables medias anuales de precipitación, evapotranspiración real, evapotranspiración potencial, evaporación y temperatura del período 1958-1988. Estación climatológica Santiago, Yosondúa
 - 2.34 Comparación de las variables medias mensuales de precipitación, evapotranspiración real, evapotranspiración potencial, evaporación y temperatura del período 1958-1988. Estación climatológica Santiago, Yosondúa
 - 2.35 Volumen de escurrimiento anual del periodo 1961-1969. Estación hidrométrica Yutamá
 - 2.36 Volumen de escurrimiento media mensual del periodo 1961-1969. Estación hidrométrica Yutamá
 - 2.37 Volumen de escurrimiento anual del periodo 1954 -1969. Estación hidrométrica Nduavé
 - 2.38 Volumen de escurrimiento media mensual del periodo 1964-1969. Estación hidrométrica Nduavé
 - 2.39 Franja de lluvia A
 - 2.40 Franja de lluvia B
 - 2.41 Franja de lluvia C
 - 2.42 Franja de lluvia D
 - 2.43 Balance hídrico estimado global
 - 3.1 Viviendas particulares con servicios dentro de la cuenca del río Yutamá
 - 3.2 Viviendas particulares con aparatos domésticos en la cuenca del río Yutamá
 - 3.3 Viviendas particulares que utilizan cierto tipo de combustible en la cuenca del río Yutamá
-
-

Introducción

Uno de los problemas vitales del mundo actual es la irregular distribución del agua en las áreas continentales, el aumento de población y el urbanismo requieren de una demanda mayor per cápita de agua ocasionando la reducción rápida de las reservas en las regiones sobrepobladas de la Tierra; la multiplicidad de usos que se le dan al agua produce una contaminación creciente de los recursos hidráulicos disponibles por lo que en la actualidad la escasez de agua potable, es el mayor peligro que enfrenta nuestra civilización.

También son de sobra conocidos los problemas concernientes a la abundancia o escasez de agua en las diversas regiones del territorio nacional, así como los efectos que se sobre producen cuando ocurren precipitaciones abundantes o cuando la carencia de lluvias durante varios años da origen a desastres ambientales que dañan la población y su entorno.

En el primer caso se tienen el conjunto de riesgos de origen hidrometeorológico que producen desbordamientos, inundaciones y daños de índoles diversas en zonas pobladas; en el segundo caso produce alteraciones muy notables relacionadas con la sequía: el exterminio de la vegetación, pérdida de cosechas, muerte del ganado y la carencia de agua para usos domésticos e industriales. En ambos casos la población resulta perjudicada en diferentes grados y da origen a otros aspectos o variaciones en el ámbito social, económico y cultural.

Otra problemática ya conocida es que en los estudios hidrogeográficos de México, la carencia de investigaciones particulares concernientes a cuencas pequeñas y medianas como regiones geográficas naturales. La mayor parte de este tipo de trabajos del agua en la República Mexicana se refiere a cuencas grandes.

Hasta hace poco, el agua se consideró como un bien gratuito o un patrimonio al que tenían derecho todos los seres humanos, sin restricciones o esfuerzos adicionales de su parte y que podía conservarse según las circunstancias. Este concepto está desapareciendo rápidamente al requerirse captaciones y condiciones cada vez más costosas para hacer los abastecimientos de agua, cualquiera que sea el uso a que se le destine.

Los motivos que conducen al desarrollo de esta investigación hidrogeográfica, es dar a conocer la ubicación espacial de los diversos hechos y fenómenos geográficos locales, circunscritos a una unidad geomorfológica y fluviográfica natural como lo es una cuenca. Así mismo, conocer las causas que los originan correlacionándolos entre si y con otras características seleccionadas de la región. Reconocer los efectos que se producen a lo largo del tiempo y desde luego, percatarse y sugerir las posibles aplicaciones útiles en beneficio de los pobladores y del hábitat, en las áreas de captación de la cuenca y para los que habitan aguas abajo, en donde se acentúan los efectos del comportamiento hídrico de la cuenca.

De igual manera es necesario considerar que las investigaciones hidrogeográficas permiten sentar las bases para el conocimiento de riesgos hídricos en planicies y establecer

un posible control de avenidas ante grandes flujos o crecidas extraordinarias del caudal de agua en los cauces, y así proponer el uso sustentable y conservación de los recursos hídricos, la determinación de la vocación del suelo y posibles ordenamientos espaciales.

Con el conocimiento propio que se tiene de una parte del estado de Oaxaca en concreto de la Sierra Sur, y con lo que se investigó en la tesis de licenciatura, se percibió al efectuar la revisión bibliográfica que no hay estudio alguno que manifieste la problemática del agua en esta región de Oaxaca y se consideró necesario darla a conocer por este medio. Por tal motivo, se escogió la cuenca hidrográfica del río Yutamá, estado de Oaxaca como área de investigación.

El estudio puede establecer los pilares para proporcionar el conocimiento de la potencialidad de agua que existe en la cuenca del río Yutamá, para dotar de este recurso a la población que en ella habita. Saber en que medida puede ser extraído sin alterar el ciclo del agua en la cuenca y por ende su balance hidrológico. Con ello se podrán evitar problemas como los que se presentan en otros lugares donde el volumen de extracción a la que se someten supera los volúmenes de infiltración, lo que ha motivado en algunos casos la presencia de fracturamientos y hundimientos.

Se considera necesario dar a conocer la oferta y demanda de agua de las poblaciones dentro de la cuenca y río abajo, como paso preliminar para planear y organizar una redistribución adecuada.

El problema principal que existe en la cuenca, enuncia lo siguiente; las causas que intervienen en el insuficiente abastecimiento del servicio de agua potable y sanidad a los habitantes de la cuenca del río Yutamá, son ocasionadas debido, a que la mayoría de la población dentro de la cuenca es eminentemente rural y se conforma especialmente de localidades pequeñas en las cuales, las viviendas se encuentran dispersas entre ellas. A su vez, en la cuenca se encuentra concentrada la población en las cabeceras municipales originando un desequilibrio entre la oferta y la demanda del agua, tanto para las actividades económicas agrícolas como para el uso doméstico. A tal grado que el abastecimiento de agua para las viviendas y zonas de cultivo, se basa en la extracción de agua que se realiza de los depósitos naturales, como manantiales primordialmente por su calidad. En segundo término se obtiene agua de algunos pozos. En tanto que el agua ya usada y contaminada es vertida directamente a las barrancas y escurrimientos superficiales, alterando el estado natural de los acuíferos, lo cual origina escasez y calidad baja del agua para sus diferentes usos. Aunado a esto, la tala excesiva, cambios de uso de suelo, pérdida de la vegetación e impactos al ambiente provocan una modificación en el comportamiento general del régimen fluvial y el ciclo hidrológico local.

En la actualidad el crecimiento de las zonas urbanas, los procesos de deforestación y la expansión de las zonas de cultivo tienen efectos negativos en los procesos de infiltración en la recarga de los mantos acuíferos y en la disponibilidad del agua dentro de una cuenca. Esto ha motivado un interés creciente por realizar estudios hidrogeográficos para evaluar el comportamiento y la disponibilidad de este recurso para planificar su uso según las diversas necesidades tanto de las actividades humanas, como de la protección del medio natural.

Esta tesis propone una posible de los problemas que se presentan en la cuenca con respecto al uso y conservación del agua, así como la preservación de los bosques y suelos. Igualmente corregir los errores derivados de mal manejo de los recursos naturales, en este caso el agua y de los que repercuten en ella. Es lógico que si se formula un estudio geográfico que incluya características físicas y sociales, se conseguirán una serie de resultados, de los cuales se podrán obtener conclusiones y sugerencias, para darlas a conocer en beneficio de los pobladores de la cuenca y para que, además conozcan la gravedad de la problemática. Los resultados obtenidos se consideran de tipo general, óptimos para servir de base para otros estudios de carácter particular.

Con base en lo expuesto y en los supuestos que se indican es posible establecer, a manera de hipótesis, que: el estudio hidrogeográfico del río Yutamá permitirá sentar las bases para conocer el ciclo hidrológico y el balance respectivo. Detectar, las causas o factores que deterioran el funcionamiento hidrológico general. Mediante un estudio geográfico que permita dar a conocer sus características individuales en sus aspectos espaciales, tanto cualitativos y cuantitativos, para después establecer un diagnóstico inicial de carácter general. También se pueden mencionar tentativamente cuales son los requerimientos prácticos para solucionar algunos de los problemas que tiene la población concernientes al abastecimiento, uso y conservación del agua.

Se considera que de cierta manera se establecen las bases para que posteriormente se efectúen investigaciones o estudios particulares y con mayor detalle en otras cuencas.

Con la intención de aportar diversos conocimientos geográficos y detectar algunos problemas concernientes al abastecimiento, uso y conservación del agua, en este proyecto se plantea como objetivo principal: desarrollar un estudio hidrogeográfico en la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca. Con el fin de evaluar los recursos de agua disponibles para la población, ya que es ella, la que debe efectuar un aprovechamiento racional del recurso, aún en la abundancia o la escasez.

Para lograr el objetivo general, será necesario cubrir de manera adecuada los siguientes objetivos particulares.

- Conocer y cartografiar el área de la cuenca y su caracterización geográfico-física y geográfico-social. Así como describir el funcionamiento del sistema y ciclo hidrológico, como parte esencial del componente hidrogeográfico de la cuenca.
- Calcular y exponer cada uno de los procesos que forman el balance hídrico.
- Realizar una estimación cuantitativa sobre las necesidades de agua de la población para el siguiente decenio.
- Advertir la problemática que se presenta en cuanto al abastecimiento, uso y conservación del vital líquido en la cuenca.
- Realizar una sinopsis de correlación hidrogeográfica por unidades de relieve.
- Con base en los resultados obtenidos, emitir las sugerencias necesarias conducentes para la sustentabilidad asociada directamente a la problemática del uso del agua y a la conservación de este recurso natural.

En México los estudios relacionados con esta temática son realizados principalmente por Laura Elena Maderey Rascón que en 2005, publicó: *Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico. Geografía para el siglo XXI*. En 1971, hace un cálculo de balance hídrico de la cuenca del río Tizar, y toma principalmente los aspectos geográfico-físicos, dejando a un lado los elementos geográfico-sociales, por otra parte hace poca mención de los parámetros morfométricos. En el caso de Juan Rosas Díaz, Martha Yaneth Hormiga y Leticia Martínez Cortes; se centralizan básicamente en la demanda de agua. Algunos investigadores como Víctor Manuel Martínez Luna con su obra *Los factores geomorfológicos que rigen el comportamiento de la presa "Ignacio Allende", Guanajuato* en 1980, y Cuauhtémoc Jesús Torres con el trabajo *Estudio hidrogeográfico de la cuenca alta del río Sinaloa, elementos climatológicos que condicionan su régimen hidrológico*, publicado en 1985, ambos se conducen por el proceso de evapotranspiración y el régimen fluvial. En cambio Juan Meléndez que en 1999, presenta la *Hidrogeografía de la cuenca del río Cuitzamala, Jalisco*; Janette Francisco con *Factores geográfico-físicos que rigen el comportamiento fluvial y el balance hídrico de la cuenca alta del río Sola de Vega, estado de Oaxaca* en 2003, y Arturo Jiménez que en el año 1981 publicó *Estudio geográfico del agua de escurrimiento de la cuenca del río Huicicila, Nayarit*, ellos se basan en los aspectos físicos y sociales, asociados a estudios hidrogeográficos.

En la mayoría de los estudios concernientes a las cuencas fluviales se toma como punto de partida el conocimiento previo de las características geográfico-físicas; de éstas hay algunas que tienen una mayor influencia en lo inherente a la presencia del agua, su cuantificación y el comportamiento que tiene con respecto al transcurso del tiempo. Para precisar lo anterior se hace referencia a las definiciones y conceptos más relevantes del trabajo de investigación. (Anexo 3.2)

Dentro de las limitantes para desarrollar el estudio hidrogeográfico de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca, están las siguientes:

Insuficiencia de información bibliográfica y cartográfica.

En lo referente a la calidad de la información, el sustento cartográfico, estadístico, climático e hidrométrico presenta deficiencias serias. En el primer aspecto, la cartografía temática es escasa, para la zona Sureste del país y se pudo comprobar, al no encontrar editadas ciertas cartas a escala 1: 250 000, como ejemplo: la hoja de aguas superficiales, la de climas, edafología, y mejor ni mencionar las cartas a escala 1: 50 000. Al adquirir la cartografía topográfica en formato digital sólo se encontraron tres de cuatro cartas que se requerían para la delimitación de la cuenca y la elaboración de cartas inéditas.

Los mapas de INEGI son demasiado generales. Con la cartografía disponible se realizó el trabajo lo más completo posible. De acuerdo con los datos recabados los cuales aparecen en la integración territorial 2000, del INEGI en las listas de las localidades, omiten muchos poblados con su información correspondiente y en algunos otros el nombre es incorrecto, también omiten datos de muchos municipios sobre estadísticas ambientales, lo que puedo decir es que los anuarios del INEGI son un compendio de errores y deficiencias.

En cuanto a la información climática e hidrométrica, se considera que es insuficiente, ya que algunas estaciones tienen muy pocos años de registro, otras ya no están operando y

las que llegan a tener más datos, estos son falsos o incongruentes. La falta de personal calificado limita el funcionamiento efectivo de dichas estaciones. Ante la carencia de este tipo de información se pone de manifiesto; que se establezcan estaciones climáticas nuevas. Que se reestablezcan las que ya existían al igual que las estaciones hidrométricas, ya que la precipitación, temperatura, evaporación, volumen de escurrimiento, caudal y gasto promedio, permiten obtener los resultados del balance hídrico, labor que deben realizar las siguientes dependencias gubernamentales: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), y Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Para la investigación y para cubrir los objetivos propuestos, se procedió conforme a la siguiente metodología y técnicas.

Búsqueda, revisión y recopilación de material bibliográfico.

Búsqueda, revisión y recopilación de material cartográfico, topográfico y temático, donde se ubique a la cuenca del río Yutamá a escalas 1: 50 000 y 1: 250 000, preferentemente. La información en escala 1: 50 000, ayudó a visualizar y calcular parámetros morfométricos con más exactitud, y los mapas en escala 1: 250 000, se utilizaron como auxiliar de cartas con temas que no se han elaborado a escalas 1: 50 000. Los nombres y ediciones de la cartografía utilizada de INEGI y otras dependencias están citados al final del documento.

Se elaboraron como punto de partida los mapas base; altimétrico, fluviográfico topográfico simplificado, a escala 1: 50 000.

Para facilitar el análisis oroaltimétrico se elaboró el mapa hipsométrico de la cuenca del río Yutamá. El cual se elaboró a partir de la topografía. Adicionalmente en este mapa se calcularon las áreas por franjas altitudinales en toda la cuenca.

Para el análisis de los declives en la cuenca del río se elaboró el mapa correspondiente.

Las categorías de declives se delimitaron con base a la relación distancia vertical y horizontal y el ángulo que forman. Se tomaron como bases: el mapa topográfico, altimétrico y el análisis oroaltimétrico, se escogieron los rangos más apropiados a la topografía de la cuenca y a la equidistancia predeterminada de 200 metros. La información de los declives con las áreas parciales y la distribución espacial representada en el mapa es un indicador importante para interpretar los procesos exógenos en la cuenca. Así mismo es una información importante para estimar la velocidad de la escorrentía.

Para la elaboración del mapa de edafología se recurrió principalmente a la información que se encuentra en la carta edafológica, escala 1: 1 000 000, hoja *México* de la Secretaría de Programación y Presupuesto, a la vez se revisó la carta estatal de Oaxaca, elaborada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, en el año 2003 a escala 1: 700 000. Dicha carta fue obtenida a partir de la carta edafológica 1: 1 000 000. Esta nota se encuentra proporcionada y especificada por el mismo Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, (INEGI). Por tal circunstancia se tomó la información de la carta original.

En cuanto a la vegetación, con el propósito de hacer un análisis comparativo y observar como se ha modificado el uso de suelo y vegetación a través del tiempo se examinaron tres mapas editados en diferentes años. El primero, la carta del Inventario Forestal 2000, impresa por el INEGI. La segunda carta de uso de suelo y vegetación de 1999, emitida por La Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, (CONABIO). La tercera carta de uso de suelo y vegetación de 1996, por el INEGI, agrupado por CONABIO en 1999. En general es conveniente obtener los porcentajes de área de la cuenca, cubierta por cada tipo de vegetación.

Para reconocer los climas de la cuenca se elaboraron tres mapas de climas. Con el fin de hacer una comparación entre ellos. El primero con base en la carta de climas, INEGI, 2003, hoja Oaxaca, 1: 700 000. El segundo mapa con base en la carta de climas, Secretaria de la Presidencia, (SP), CETENAL, Instituto de Geografía, (IG), 1970, hoja, 14 Q -VIII, San Pedro Pochutla, Oaxaca, 1: 500 000. El tercero y último con base en CONABIO, 2000. Cabe aclarar que estos mapas de climas están enlistados en orden de confiabilidad, y que los dos primeros están hechos basados en los tipos de clima según Köppen, modificados por Enriqueta García.

Debido a los aspectos metodológicos y las características del tema se consideró pertinente incluir las principales características socioeconómicas de la cuenca, inmediatamente después a las características físico-geográficas. Para calcular la tasa de crecimiento se utilizó la fórmula con el mismo nombre y se uso también para calcular la prospección de población para el año 2010.

Se realizaron dos trabajos de campo. Uno durante el mes de junio del 2003 y el otro en el mes de enero del 2004. Para analizar y confirmar algunos datos e información cartográfica de los aspectos físicos y socioeconómicos de la cuenca del río Yutamá. Para ello se diseño previamente en gabinete un cuestionario. Se entrevistó a treinta personas de diferentes localidades a fin de conocer específicamente sobre alguno aspectos tales como abastecimiento de agua, actividades de reforestación, obras hidráulicas, conservación de agua, principalmente.

En el análisis del sistema de drenaje natural de la cuenca se utilizó como método la clasificación de segmentos de cauces de la morfometría fluvial de Arthur N. Strahler. Con objeto de cuantificar las características superficiales de los segmentos de cauces en la cuenca, se habla de las características generales del sistema de drenaje en la cuenca, las subcuencas que la componen, patrones de drenaje y clasificación de cauces según Strahler.

El mapa de distribución geográfica de la frecuencia de cauces, se elaboró inicialmente en escala 1: 50 000. Para efectos de edición se emitió en escala 1: 130 000. La frecuencia de cauces particular se considera como unidad de análisis en un kilómetro cuadrado de área, siendo la figura de un cuadrado.

Para obtener la frecuencia absoluta de cauces de la cuenca se empleó la fórmula: frecuencia absoluta de cauces. Y para obtener la densidad de drenaje se utilizo la fórmula respectiva.

La cartografía temática inédita se elaboró por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG); conocido como *Arcview*. Este sistema de información es apropiado para realizar los mapas y calcular áreas y perímetros. Algunos valores lineales como la longitud de los ríos se miden con el curvímetero. Para fines de presentación se editaron todos los mapas a escala 1: 130 000.

Se procedió posteriormente con un análisis, interpretación y descripción de los diferentes mapas temáticos.

En el apartado de ciclo hidrológico, con base en los datos climáticos se calcularon datos inéditos como: evapotranspiración real (ETR), la cual, se determinó con el método de la fórmula empírica de Turc.

Para determinar los datos de evapotranspiración potencial del periodo correspondiente al de las estaciones disponibles, se utilizó la fórmula del método de Thornthwaite.

El método de Thornthwaite para determinar la evapotranspiración potencial considera la temperatura; la latitud y la insolación.

Para la obtener los valores de uso consuntivo o evapotranspiración pueden usarse métodos directos que *miden*, por medio de aparatos e instrumentos. También se pueden obtener estos datos por los llamados métodos indirectos que *estiman* el uso consuntivo o evapotranspiración por medio de modelos matemáticos que incluyen factores del clima como la humedad relativa, la luminosidad, el viento, fotoperiodo y la temperatura; así como la evaporación del tanque, estos modelos se valen de fórmulas empíricas basados en datos, observaciones e inferencias. Existe una gran variedad de fórmulas empíricas como las de: Harry F. Blaney y Wayne D. Criddle, Blaney junto con Criddle modificado por la United States Department of agriculture (U.S.D.A.), Hedke, Lowry y Johnson y Thornthwaite, cada uno con sus desventajas y sus ventajas. Aquí cabe mencionar que fue Warren Thornthwaite uno de los primeros en establecer los primeros modelos matemáticos y utilizarlos para el cálculo de la evapotranspiración. En el cual se usa la temperatura media mensual y anual. Por lo que es el más empleado y práctico modelo, cuando la falta de instrumentación y medición de parámetros son limitantes para el cálculo de la evapotranspiración.

En la realización de los cálculos que determinaron el balance hídrico estimado se aplicó la fórmula general del balance hídrico simplificado.

Para la determinación de las franjas de lluvia se hizo una comparación de diversas cartas de clima, encontradas para la cuenca, que presenten isoyetas, un tanto diferentes. Se considera que las diferencias que existen en las cartas se deben, además de la escala cartográfica, al número de años y/o periodos determinados que se utilizaron para su elaboración, así como el número de estaciones y la metodología empleada.

Para obtener el volumen de agua de precipitación media que ingresa a cada franja se obtuvieron cálculos a partir de los valores límites entre cada dos isoyetas; se trazaron las

isolíneas de precipitación media para cada franja. Una vez establecida la regionalización por el método de las curvas isoyetas. Se determinaron los valores medios de agua precipitada por medio de los valores de lluvia indicados por las líneas isoyetas preestablecidas en la carta. La precipitación promedio se evalúa ponderando la precipitación entre isoyetas sucesivas —comúnmente se toma el promedio— por el área entre isoyetas, y se determina el punto medio. Así se obtuvieron y se determinaron cuatro franjas de lluvia A, B, C y D.

Para efectuar el balance hídrico global estimado para la cuenca del río Yutamá, es importante cuantificar los elementos del ciclo hidrológico que determinan la cantidad y distribución del agua total que ingresa a la cuenca. Se inicia con la lluvia que es la única fuente de suministro; una vez conocido el volumen precipitado se prosigue con los siguientes elementos.

En lo concerniente al tema de la demanda potencial del agua y su uso respectivo. Éste se incorpora después del análisis del ciclo hidrológico y balance hídrico global estimado, dentro del capítulo tres, referente a la Problemática del uso y conservación del agua, para seguir una mejor continuidad del tema. La demanda actual y futura del agua se determinó por medio del cálculo de la proyección de crecimiento de la población, con base en los censos de población de INEGI de los años correspondientes.

A fin de tener un panorama general y global de las características geográficas de la cuenca del río Yutamá y advertir a primera vista los principales aspectos que se relacionan con el funcionamiento del sistema hidrológico, los procesos del ciclo hidrológico y su balance correspondiente, se elaboró una serie de tablas sinópticas, en las que se muestran los aspectos más relevantes.

Con la ayuda de los principales datos que se muestran en sinopsis geográfica se establece una correlación directa, sin dejar escapar aspectos de gran relevancia, para descubrir las principales problemáticas que se presentan en la cuenca.

De acuerdo con los planteamientos concernientes a los objetivos y la hipótesis enunciada, se puede decir que se logró cumplir satisfactoriamente con ellos. Ya que se pudo realizar el estudio hidrogeográfico de la cuenca del río Yutamá. Conocer de que manera y en que medida los factores geográfico-físicos y antropogeográficos analizados intervienen en el comportamiento del ciclo local del agua, en el balance hídrico, las fuentes de abastecimiento y las problemáticas principales que enfrenta la población de la cuenca. Obviamente este resultado general es producto de la integración y correlación de las características particulares de cada aspecto geográfico interpretado y analizado. Esto permite establecer una serie de resultados como producto de la medición y procesamiento de la información, de ellos se obtuvieron un conjunto de conclusiones derivadas del análisis e interpretación diversa.

Se considera que la cuenca se encuentra en un alto proceso de erosión y desertización, debido a los cambios tan abruptos de uso del suelo y a la pérdida de vegetación natural por desmonte y deforestación (por tala excesiva de árboles) principalmente de los bosques de pino, pino-encino y encino.

Para el año 2000, la cuenca en general cuenta con un total de 23 304 habitantes y una densidad teórica de cuarenta habitantes por kilómetro cuadrado. Población distribuida en pequeñas localidades rurales. La mayor población se concentra hacia la parte Norte de la cuenca. La actividad económica que predomina es la agrícola. En general la cuenca está medianamente alterada ya que todavía conserva algo de su estado natural.

La cuenca del río Yutamá, cuenta con tres principales subcuencas, a saber: la del río Yutamá, la del río La Esmeralda y la subcuenca del bajo río Yutamá.

De acuerdo con los resultados del balance hídrico, destaca la evapotranspiración con 401.974 millones de metros cúbicos, equivalente al 58.2 % del ingreso total de agua por medio de la lluvia. Esto se justifica por alguna de las características geográficas analizadas de la superficie. La conjugación de ciertos aspectos físicos y bióticos como: vegetación, litología y fracturas, suelos poco profundos no faltando los de fase lítica favorecen a la evapotranspiración.

El problema principal en cuanto al abastecimiento de agua es que la baja cobertura de agua potable o entubada en comunidades rurales lo cual se origina por la dispersión municipal. En consecuencia, dicha dispersión, que comprende localidades situadas en lugares sin acceso, sin fuentes de abastecimiento de difícil localización, hace incosteable la inversión y dispersión interlocal; además de que cuenta con baja calidad de vida, insalubridad, contaminación y ancestral malestar por las condiciones prevalecientes en el campo.

Un aspecto importante que hay que resaltar, es que la principal fuente de disponibilidad de agua para el abastecimiento de los habitantes de la cuenca es de los manantiales. Aparecen por lo menos treinta dentro de los municipios que conforman la cuenca, de los cuales se extraen 2027 metros cúbicos de agua diariamente para uso doméstico y agrícola, por ser de mejor calidad. En segundo lugar se extraen 78 metros cúbicos diarios de agua de tres pozos para uso doméstico. Y por último 23 metros cúbicos de agua de río, la cual se utiliza en irrigación de cultivos. En este último caso se extrae el agua del río porque está contaminada.

Los municipios que conforman la cuenca no cuentan con plantas de tratamiento por tanto los drenajes con los que cuentan descargan sus aguas negras y deshechos sólidos en las calles y en los cauces de los ríos. Además, presentan contaminación por fertilizantes, plaguicidas, pesticidas y otras sustancias químicas que alteran su composición. No se cuenta con algún plan para resolver la situación o con ningún proyecto de conservación de agua.

Se estimó la demanda actual de agua de la población y la demanda futura. Y se establece que: sí se evita la deforestación en las partes altas y algunas otras alteraciones como el constante cambio de uso de suelo en las partes medias y bajas de la cuenca que son las que modifican el ciclo hidrológico. Y entre otras cosas también continúa el descenso poblacional, en los próximos años, el volumen que se encuentran en la cuenca podrá satisfacer las necesidades de sus pobladores, inclusive, los de las cabeceras, que siguen creciendo de manera normal o muy lejos de la explosión demográfica.

Ante estas problemáticas, es inminente el reconocimiento de las cuencas hidrográficas como los territorios más apropiados para conducir los procesos de manejo, aprovechamiento, planeación y administración del agua y, en su sentido más amplio y general, como los territorios más idóneos para llevar a cabo su control.

Las cuencas son una parte fundamental de la solución de problemas del agua, por eso hay que adoptar medidas necesarias para evitar la destrucción de las cuencas existentes, a largo plazo, y con el objeto de reparar los daños causados a los recursos de agua. Las comunidades locales deberán atribuir prioridad especial a la restauración y rehabilitación de las cuencas alteradas, degradadas o modificadas.

Con base en los resultados obtenidos en el estudio se formulan y enuncian varias sugerencias que se consideran prioritarias para restaurar o al menos mitigar algunos efectos negativos al medio ambiente. Entre las principales acciones que se recomiendan están:

Implementar la reforestación de la zona afectada es otra solución importante que traería grandes beneficios, tanto para mitigar la erosión, como para restaurar las zonas de recarga natural de agua.

Promover el desarrollo de una cultura del agua y de diálogo en todos los niveles, sobre la base del establecimiento de toma de decisiones públicas y de un adecuado sistema de acceso a la información.

Iniciar el cambio de conducta mediante la toma de conciencia y capacidad, a través de materiales de comunicación para ampliar la educación formal y la capacitación para ayudar a que las personas actúen, así, como intercambio de experiencias para desarrollo.

Asumir una visión amplia y compartida, y entre otras cosas conseguir una utilización y manejo sostenido de los recursos hídricos. Esto ayudará a incrementar en toda la población la toma de conciencia acerca de la crisis del agua que hay que evitar que se agudice en los próximos años.

Dar prioridad al conocimiento y cuantificación de las disponibilidades de las aguas superficiales y subterráneas, alentar los usos más eficientes y los métodos ahorradores de agua en la agricultura y en el resto de los sectores.

Atender la contaminación de las corrientes y cuerpos receptores porque afectan y comprometen gravemente la disponibilidad del recurso en un futuro.

En materia de abasto y conducción del agua en la cuenca, lo que se debe hacer es proteger las fuentes de abasto, promover la desinfección de agua y planear una sectorización de las redes de abastecimiento.

En cuanto al saneamiento, es importante impulsar la construcción de letrinas o fosas sépticas y evitar el fecalismo al aire libre, que genera riesgos de salud. Es recomendable, el sanitario ecológico seco —saniseco—, para uso doméstico unifamiliar, ya que no utiliza

agua, no permite el contacto de las heces fecales con el entorno. Es de fácil traslado a cualquier comunidad, aún sin camino de acceso.

Al final se plantea la necesidad de la formación de equipos conformados por diversos tipos de profesionales para efectuar estudios o investigaciones más profundas en las áreas más problemáticas. Con base en ello se pueden plantear las soluciones más adecuadas para conservar el medio ambiente y establecer las bases de la ordenación territorial.

Capítulo 1 Caracterización geográfica de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

1.1 Localización

En cualquier estudio de índole geográfico, es recomendable georeferenciar la zona en estudio, ya que directa o indirectamente los fenómenos que sucedan en esta área modificarán las características físicas y socioeconómicas de la región.

Con base en la estructura del sistema fluvioigráfico, el río Yutamá es un afluente directo del río Sordo, este a su vez del río Yolotepec; y el río Yolotepec es afluente del río Atoyac que pertenece a la gran cuenca que lleva por nombre Verde-Atoyac, la cual corresponde a la vertiente continental mexicana hacia el Océano Pacífico, en el sureste del país. La cuenca del río Verde se localiza entre los 17°37' N y 15°58' de latitud Norte y 96°14' W y 98°06' de longitud Oeste. Según las unidades orogénicas de México, la cuenca del río Verde se ubica en las laderas vertientes meridionales de la parte oriental de la Sierra Madre del Sur. De acuerdo con la Organización Oficial del Gobierno Mexicano para el Ordenamiento de cuencas, plasmado en el Programa Nacional Hidráulico 2001-2006 (C N A , 2000), la cuenca del río Verde corresponde a la Gran Región V, Pacífico Sur y particularmente a la Región Hidrológica Número 20, denominada Costa Chica-Río Verde, (Figura 1.1) y la circundan algunas cuencas importantes. (Figura 1.2)

Todo el territorio de la cuenca del río Verde se ubica políticamente dentro del estado de Oaxaca; Cabe indicar que a este río también se le conoce con el nombre de Atoyac en particular en su porción alta y Atoyac Oaxaqueño en general. La distribución territorial de los afluentes y subafluentes en la cuenca del río Verde es sumamente complicada a causa de la orografía compleja de la porción Norte, constituida por las numerosas estribaciones de la Sierra Madre del Sur y en la porción meridional, en donde se ubica la cabecera del río Verde. La longitud de este colector es de 342 km. Su cuenca de captación cubre 18 465 km² y el escurrimiento medio se ha estimado en 6 173 millones de m³. La abundancia de serranías secundarias en el estado explica el gran número de afluentes que el río tiene.

El río Yutamá perteneciente a la margen derecha de la cuenca del río Verde, nace cerca de San Esteban Atatlahuca a una elevación de 3200 m. s. n. m., y baja con una dirección inicial Norte-Sur y a la altura de la localidad Unión de Galeana toma otra dirección Noroeste-Sureste hasta su punto terminal donde se une con el río Sordo.

La cuenca del río Yutamá se localiza en la porción oriental de la vertiente meridional de la *Sierra Madre del Sur*, al Oeste de la estado de Oaxaca, fisiográficamente la parte Norte, Centro y Sureste de dicha cuenca ocupa una parte significativa del *Escudo mixteco* o subprovincia de la *Mixteca alta*, porciones eminentemente montañosas, y en la parte Suroeste ocupa una pequeña parte de la subprovincia conocida como la *Cordillera Costera del Sur*.

Por coordenadas geográficas la cuenca se ubica entre los paralelos 17° 08' N y 16°45'N y entre los meridianos 97°30' W y 97° 45' W. (Figura 1.3). De acuerdo con la división política del estado de Oaxaca, la cuenca del río Yutamá se ubica en la porción Sur del distrito 25,

Figura 1.1 Localización de la cuenca del río Verde y regiones hidrológicas

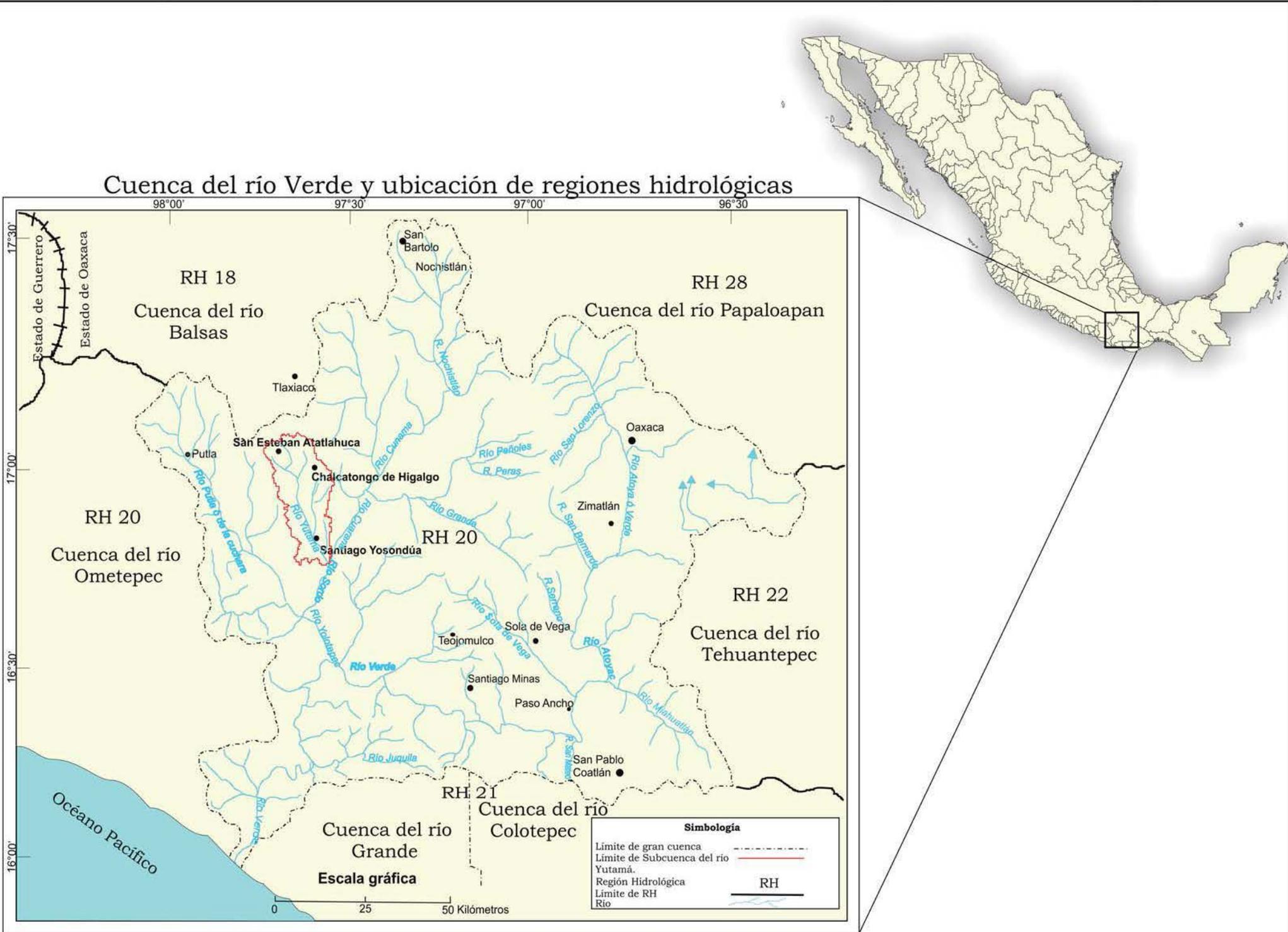
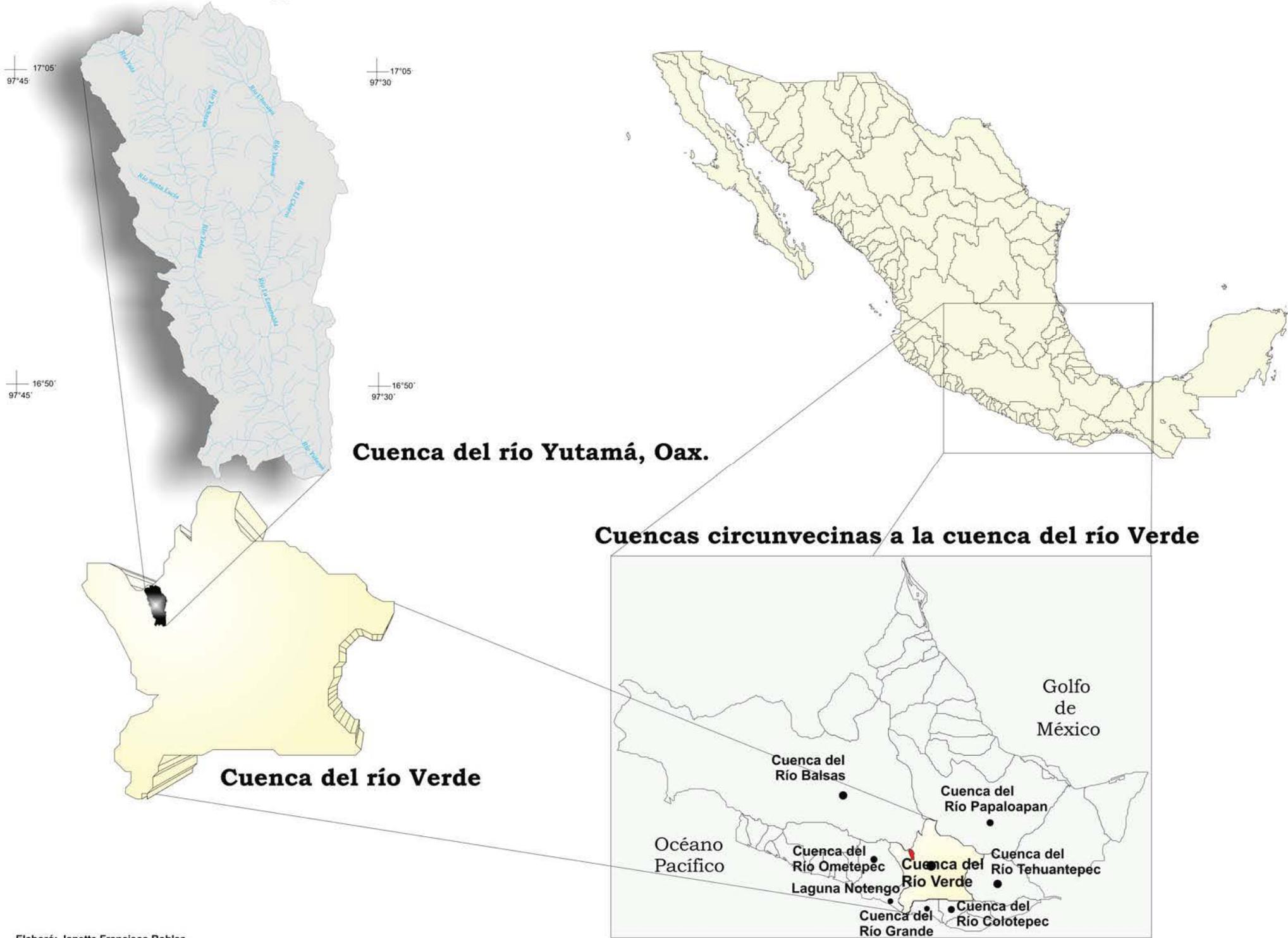


Figura 1.2 Cuencas circunvecinas a la cuenca del río Verde



Tlaxiaco, perteneciente a la región mixteca, abarcando parte de los municipios: Chalcatongo de Hidalgo, San Esteban Atlatlahuca, San Miguel El Grande, Santa Catarina Yosonotú, Santiago Yosondúa, San Pablo Tijaltepec, Santa Cruz Nundaco, Heroica Ciudad de Tlaxiaco, Santiago Nuyoo, Santo Domingo Ixcatlan, Santo Tomás Ocotepec. Y ocupa una pequeña parte en la porción Este del distrito 18, Putla de Guerrero, perteneciente a la región sierra sur, del cual, la cuenca abarca pequeños segmentos de los municipios: Santa Cruz Itundujia, Santa Lucía Monte Verde, San Andrés Cabecera Nueva.

1.2 Caracterización físico-geográfica de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

1.2.1 Parámetros morfométricos

La morfología y la geomorfometría comprenden el estudio de las formas superficiales con base en su expresión planimétrica para poder cuantificar determinados rasgos propios de la superficie terrestre. La cuenca fluviográfica funciona como un gran colector que recibe las precipitaciones y las transforma en escurrimientos, evapotranspiración e infiltración. Esta transferencia se realiza con salidas y pérdidas en base a una función, bastante compleja, de factores numerosos, entre los que predominan el clima y la configuración del terreno y otras características geográficas en el cual se desarrollan los fenómenos hidrológicos; los índices y las magnitudes morfométricas de la cuenca se expresan en términos simples junto con los valores medios de ciertas características del terreno; todos juegan un papel muy importante y son algunas de las condicionantes del régimen hidrológico.

En realidad resulta fácil establecer la función de varios de los factores físicos de la cuenca con respecto al volumen de precipitación que ingresa en la cuenca, y a las salidas de agua expresadas en volumen de escurrimiento. Ello se puede establecer de forma intuitiva, pero la dificultad estriba en expresar estas influencias en parámetros que representen exactamente esa forma de acción. Existen parámetros que dan las respuestas hidrológicas de una cuenca y por ello son puntos de partida de los análisis y determinaciones cuantitativas de cuencas hidrogeográficas, entre tales parámetros cabe citar el área o tamaño de la cuenca, su perímetro, forma, elevación media, pendiente y las características de las áreas cubiertas por diversos tipos de suelo, vegetación y tipos de roca.

Dimensiones y forma de la cuenca

El área drenada de una cuenca es el espacio geográfico en proyección horizontal delimitada por su divisoria de aguas, donde queda comprendida una corriente principal y todos sus afluentes. La representación del área en estudio sobre los mapas implica que sus mediciones lineales y areales son planimétricas. En las cuencas de gran extensión las áreas se expresan en kilómetros cuadrados, aunque en términos generales las áreas pequeñas se expresan en hectáreas.

De acuerdo con Campos (1992) las investigaciones hidrológicas han puesto de manifiesto que existe una diferencia significativa entre una cuenca pequeña y una grande. En una cuenca pequeña la cantidad y distribución del escurrimiento esta influenciado

notablemente por las condiciones físicas del suelo y cobertura, sobre las cuales el hombre tiene algún control. En cambio, para grandes cuencas, el efecto del almacenaje del cauce principal llega a ser muy importante y habrá que darle más atención a la hidrología de su corriente. Aunque cabe indicar que existen discrepancias de criterio al respecto.

Según Springall (1970). "Es difícil distinguir una cuenca grande de una pequeña, considerando solamente su tamaño; 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 250 km²".

Autores como Campos, hacen una división más específica como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 1.1 Clasificación propuesta para el tamaño de las cuencas

Tamaño de la cuenca en km ²	Descripción
< 25	Muy pequeña
De 25 a 250	Pequeña
De 250 a 500	Intermedia-Pequeña
De 500 a 2,500	Intermedia-Grande
De 2,500 a 5,000	Grande
>5,000	Muy grande

Fuente: Campos, 1992.

De acuerdo con la clasificación de Campos, se hace referencia al tamaño de cuencas en km², la cuenca del río Yutamá es una cuenca intermedia-grande, ya que se encuentra dentro del rango de 500 a 2500 km². El área de la cuenca del río Yutamá es de 571.50 km², que equivalen a 57,150 Hectáreas.

Ancho y largo promedio

La anchura media es la relación del área de la cuenca entre la longitud.

El largo de la cuenca, se determina, por la longitud en línea recta, desde la desembocadura hasta el punto más lejano de la divisoria. Dicha recta se traza por el centro de la cuenca y se orienta según el cauce principal.

La cuenca del río Yutamá, tiene 14.6 km, de ancho y de largo 45.2 Km. Con estos datos se pueden inferir los siguientes parámetros.

Forma de la cuenca

La forma de la cuenca definitivamente afecta las características de la descarga de la corriente; principalmente en los eventos de flujo máximo. En general los escurrimientos de una cuenca de forma casi circular serán diferentes a los de otra, estrecha o alargada, ambas de la misma área.

La forma de una cuenca se sabe por de la obtención del Coeficiente de compacidad (Cc) y Relación de elongación (Re).

Perímetro

El perímetro de una cuenca es la línea divisoria de aguas, es decir el contorno de la cuenca. Se puede dividir en dos porciones a partir del punto más alto de la divisoria de aguas, una línea por la margen derecha y otra por la izquierda, hasta que ambas llegan a la desembocadura.

El perímetro de la cuenca es de 124.34 km.

Este parámetro sirve para determinar el coeficiente de compacidad.

Coeficiente de compacidad

H. Gravelius definió el llamado Coeficiente de compacidad, como el cociente adimensional entre el perímetro de la cuenca, la circunferencia de un círculo con área igual al tamaño de la cuenca en km^2 , es decir:

P= Perímetro

$P_c = 2\sqrt{\pi A}$ = La circunferencia de un círculo con la superficie de la cuenca.

$K = P \div 2\sqrt{\pi A} = 0.282$

$C_c = p \div P_c = 0.282 p \div \sqrt{A}$

El Coeficiente de compacidad tendrá como límite inferior la unidad, indicando entonces que la cuenca es circular y conforme a su valor crece indicará una mayor distorsión en su forma, es decir se vuelve alargada o asimétrica y dejará de captar en mayor proporción las aguas de lluvia.

P= Perímetro de la cuenca 124.34 km. A = Área de la cuenca 571.5 km^2

K = Constante 0.282

$P = 124.34 \text{ km}$ $A = 571.5 \text{ km}^2$ $A = \sqrt{571.5}$ $A = 24.0$

Reemplazando : $K = (0.282) (124.34 \text{ km} \div 24.0)$

$C_c = 1.46$

La cuenca del río Yutamá presenta un Coeficiente de compacidad de 1.46 lo que significa que la forma de la cuenca es alargada irregular, esto significa que si llegan a presentarse

tormentas (o lluvias concentradas), estas abarcaran únicamente partes de la cuenca y no cubrirán su totalidad, por lo tanto dejará de captar en mayor proporción las aguas de lluvia.

Relación de elongación

Campos (1992) menciona que Schumm propuso la denominada relación de elongación (Re), definida como el cociente adimensional (Re) que resulta de dividir el diámetro (D) de un círculo que tiene igual área (A) que la cuenca entre la longitud (Lc) de la misma; la longitud se define como la más grande de la dimensión de la cuenca, a lo largo de una línea recta paralela al cauce principal, desde la desembocadura natural o afluencia a otro cauce mayor como es el caso de la cuenca del río Yutamá, hasta la parte más alta de la divisoria de aguas en la cabecera de la cuenca.

$$Re = D \div Lc = 1.1284 \sqrt{A} \div Lc$$

El cociente que se obtiene, varía entre 0.60 y 1.00 para una amplia variedad de climas y características geológicas. Además, parece estar fuertemente relacionado con el relieve de la cuenca, de manera que valores cercanos a la unidad son típicos de regiones con relieve bajo, en cambio donde (Re) varía de 0.60 a 0.80 está asociado a relieves altos y pendientes pronunciadas del terreno. En este caso, para la cuenca del río Yutamá es:

$$Re = (1.1284) (24.0 \div 45.2)$$

$$Re = 0.60$$

Además de su forma alargada irregular, esta cuenca se asocia a fuertes relieves y pendientes.

Factor de forma

Otra manera de determinar la forma de la cuenca es por medio de la fórmula siguiente:

$$Ff = Am \div L$$

En donde :

Ff = Factor de forma

Am = anchura media de la cuenca

L= largo de la cuenca

En la cuenca de estudio se tiene:

$$Ff = 14.6 \div 45.2$$

$$Ff = 14.6 \div 45.2 = 0.32$$

$$Ff = 0.32$$

Este valor mientras más pequeño es, respecto a la unidad, indica un mayor parecido a un círculo. Por lo tanto, en la cuenca estudiada se determina que tiene una forma alargada irregular, ya que su valor está más alejado de la unidad.

Declive absoluto de la cuenca

El declive absoluto de la cuenca es valioso para tener una idea general de las características topográficas de la misma. Se pueden calcular dos tipos de declives absolutos, uno en línea recta desde el punto más alto hasta el punto más bajo en la desembocadura de la cuenca. El segundo declive absoluto considera la longitud del cauce principal. (Meléndez, 1999, p.19)

a) Declive absoluto en línea recta

Tan x = (diferencia entre el punto más alto y más bajo ÷ distancia de la línea recta).

Reemplazando con los datos de la cuenca:

$$\tan x = (3340 - 740) \div 41\ 000\ \text{m}$$

$$\tan x = 2600 \div 41\ 000$$

$\tan x = 0.063414634$ valor numérico de la tangente de un ángulo

$$\tan x = (0.063414634) (100)$$

$$\tan x = 6.3\ \%$$

$$\text{arc tan } x = 3^{\circ}37'42''$$

$$\text{Declive absoluto} = 3^{\circ} 37'$$

b) Declive absoluto del cauce principal

Se considera la longitud total del río Yutamá desde su nacimiento hasta el punto terminal, en la divisoria preestablecida.

Declive absoluto del cauce.

$\tan x = \text{altura máxima de la cuenca} \div \text{longitud del cauce principal.}$

$$\tan x = 2600 \div 48\ 200\ \text{m}$$

$\tan x = 0.053941908$, que es el valor numérico de la tangente de un ángulo

$\tan x = (0.053941908) (100)$

$\tan x = 5.4\%$

$\arctan x = 3^{\circ}05'15''$

Declive absoluto = $3^{\circ}05'$

Con estos resultados se finaliza y se concluye que el colector principal tiende a presentar una inclinación pronunciada sobre todo en el área donde se encuentran las cañadas y el cañón, esto indica que la erosión en esta parte de la cuenca ha sido muy alta.

Conviene aclarar que las características físicas del terreno condicionan al régimen hidrológico, recíprocamente, el carácter hidrológico de una cuenca tiende a formar sus características físicas del terreno.

1.2.2 Relieve general

Como ya se indicó, fisiográficamente la cuenca se localiza en las laderas vertientes meridionales de la Sierra Madre del Sur por lo que cuenta con montañas notables en la divisoria de aguas y cañadas importantes, así como, dos cordones de gran relevancia. (Mapa 1.1 Topografía).

Cerro Chalcatongo:

Siendo uno de los de mayor altitud con 3340 m.s.n.m., se encuentra al Norte de la cuenca, en este cerro se forman las nacientes del río Yuchacanu, que vierte sus aguas al río Yutamá.

Cerro Cabandosonu:

Forma parte de la cabecera principal de la cuenca y tiene una altitud de 3200 m.s.n.m., ubicada al Noroeste, en este cerro se forman las nacientes del río Yute.

Cerro San Miguel:

Con una altitud de 3020 m.s.n.m., ubicado al Centro-Norte de la cuenca, divide las subcuencas del río Yute y río San Miguel, ahí se localizan algunos nacimientos de cauces del río Verde.

Cerro La Muralla:

Con una altitud de 2620 m.s.n.m., ubicado al Noroeste de la cuenca, divide la parte Sur de la subcuenca de los ríos Yute y Verde. (Foto 1.1)

Foto 1.1

Lugar: San Esteban Atatlahuca, Long. 97°40'03" Lat. 17°03'15" Alt. 2279 m.s.n.m. En primer plano se observan, algunos pinitos por crecimiento natural, y algunas viviendas en laderas. En segundo plano se observa vegetación abundante perteneciente al bosque de pino-encino, y por ultimo al fondo, el cerro La Muralla con, 2620 m.s.n.m.

Cerro Peña Grande:

Con una altitud de 3020 m.s.n.m., ubicado al Oeste de la cuenca en la porción Norte en el cual, nacen los arroyos del río Verde.

Cerro Yucundá:

Ubicado al Oeste de la cuenca en la porción Sur, con una altitud de 2820 m.s.n.m., nacen algunos subafluentes del colector principal.

Cerro Yucuyú:

Ubicado al Sureste del cerro Yucundá en la porción Sur, con una altitud de 2800 m.s.n.m.

Cerro Yucuxino:

Se ubica al Sur de la cabecera municipal Santiago Yosondúa, con una altitud de 2200 m.s.n.m.

Cerro El Sol:

Con una altitud de 2620 m.s.n.m., localizado al Suroeste de la cuenca, de ahí nacen algunos arroyos que confluyen al colector principal.

Cañada Morelos:

Se encuentra ubicada al Centro de la cuenca, cuenta con una altitud de 2450 m.s.n.m., constituye un elemento más del parteaguas interno que divide el río San Miguel y Chalcatongo, que vierten sus aguas al río Yutamá.

Cañada Galicia:

Se ubica al Sureste de la cuenca, tiene una altitud de 2060 m.s.n.m., y se encuentra al Este del río Esmeralda, el cual, vierte sus aguas al río Yutamá. Además tiene la característica notable de ser una falla geológica.

Cordón Yauvequí:

Se ubica al Sureste de la cuenca, forma una porción del parteaguas, entre el río Esmeralda y el colector principal Yutamá, se desprende de una altitud de 2200 m.s.n.m., hasta los 1600 m.s.n.m.

Cordón El Pajarito:

Se ubica al Sureste de la cuenca, en el parteaguas principal del Sureste que divide la cuenca del río Yutamá con la cuenca del río Sordo, tiene una altitud de 2200 m.s.n.m., hasta los 1400 m.s.n.m. Se encuentra al Este y es paralelo al cordón Yauvequí.

Los cerros más importantes se encuentran en la parte Norte, Oeste y Sur de la cuenca, al Noreste y Este se observa claramente en el mapa topográfico una ausencia de elevaciones importantes, la cual es sustituida por una planicie de cierta relevancia.

Cavernas

La mayoría del subsuelo de la cuenca por no decir toda; es de naturaleza caliza o kárstica, esto se debe al hecho de que la región estuvo ocupada por el mar en varios períodos geológicos, esto ha facilitado la presencia de agua subterránea desde hace miles de años que se produzcan formaciones, a través de las corrientes de agua, superficiales y subterráneas para que excaven y formen cavernas ¹ en las que, ocasionalmente hay desplomes de capas que crean grandes galerías y tiros verticales que, en algunos casos se alternan creando formaciones subterráneas monumentales.

Una formación de este tipo es la de Yosondúa, localidad situada en plena Sierra Madre del Sur o la conocida Mixteca Oaxaqueña. Con 8000 metros, de longitud y 600 metros de profundidad. Un sistema que al parecer no ha sido explorado.

Otras cuevas o cavernas ubicadas en la cuenca son las de Vehe Kihin, cañada de Galicia, Chala y Chalcatongo.

Algunas han sido refugio de bandidos cuyos nombres y hazañas conservan las tradiciones orales regionales, y muchas, también, fueron ocupadas transitoriamente durante los períodos bélicos del país por pequeños grupos de combatientes. En la de Vehe Kihin, varias veces pernoctó el General Porfirio Díaz y su reducido Ejército de Oriente a fines de 1865.

Respecto a las grutas de Chalcatongo y de Chala se reportan grandes dificultades de acceso debido a derrumbes y a destrucción intencional. (Álvarez, 2003).

¹ Con este nombre se designan generalmente las formas de conducción penetrables del Karst. Puede significar toda clase de antros subterráneos naturales, sea cualquiera su topografía; incluyendo simas y cuevas, es decir, cavidades verticales y horizontales. Las cavernas son o han sido las formas de conducción genuina del agua kárstica. Una caverna es resultado de la acción conjunta de la disolución y de la erosión sobre las fisuras; las cuales van siendo progresivamente ensanchadas por estos procesos; los volúmenes de aguas absorbidas y circulantes van siendo mayores, hasta que llegó el momento en que los volúmenes de las cavidades es superior al del agua circulante, en cuyo momento nace la caverna. De aquí; pues, que por la acción conjunta de la corrosión y erosión llega a formarse una auténtica red de conductos cavernosos. (Llopis, 1977, p. 111)

1.2.3 Altimetría

El propósito en esta parte es cuantificar y analizar las características topográficas de la cuenca, a través de las mediciones de las franjas altimétricas, (Mapa 1.2 Altimetría), para lo cual se adjunta un cuadro de análisis oroaltimétrico y gráficas que derivan del mismo.

Análisis Oroaltimétrico

Se trata del análisis oroaltimétrico con un alto grado de detalle a través de franjas altitudinales con una amplitud de 200 metros, comparadas con las áreas. Para facilitar la construcción del histograma de frecuencias altimétricas, la curva hipsométrica y la curva hipsográfica se efectuó la transformación de las altitudes sobre el nivel del mar a las alturas relativas correspondientes. Para establecer la expresión de altura en porcentaje se tomó la altura máxima con el valor de 100 y la altura mínima con el valor de cero.

Tabla 1.2 Datos para el análisis oroaltimétrico de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Altitudes	Diferencia altimétrica	Alturas	Alturas %	Área km ²	Área % km ²	Área acumulada	porcentaje areal
3200 - 3340	140	2600 - 2400	100 - 92.30	2.00	0.34	2.00	0.34
3000 - 3200	200	2400 - 2000	92.30 - 84.61	8.76	1.53	10.76	1.87
2800 - 3000	200	2200 - 2000	84.61 - 76.92	55.28	9.67	66.04	11.54
2600 - 2800	200	2000 - 1800	76.92 - 69.23	90.50	15.83	156.54	27.37
2400 - 2600	200	1800 - 1600	69.23 - 61.53	160.35	28.05	316.89	55.42
2200 - 2400	200	1600 - 1400	61.53 - 53.84	100.22	17.53	417.11	72.95
2000 - 2200	200	1400 - 1200	53.84 - 46.15	47.83	8.36	464.94	81.31
1800 - 2000	200	1200 - 1000	46.15 - 38.46	30.04	5.25	494.98	86.56
1600 - 1800	200	1000 - 800	38.46 - 30.76	21.52	3.76	516.50	90.32
1400 - 1600	200	800 - 600	30.76 - 23.07	20.61	3.60	537.11	93.92
1200 - 1400	200	600 - 400	23.07 - 15.38	15.40	2.69	552.51	96.61
1000 - 1200	200	400 - 200	15.38 - 7.69	9.10	1.59	561.61	98.20
800 - 1000	200	200 - 60	7.69 - 2.30	8.20	1.53	569.81	99.73
740 - 800	60	60 - 0	2.30 - 0.0	1.69	0.29	571.50	100

Al relacionar las respectivas franjas altimétricas y sus áreas, se detectaron tres grupos.

El primer conjunto de mayor importancia por el área que ocupa es el que tiene una altitud de 2200 a 2800 m.s.n.m., representa un área de 351.07 km² y representa el 69.77 % del área total de la cuenca, este conjunto de franjas representa el talud de transición superior e inferior, elevaciones secundarias internas y montañas y laderas intermedias.

El segundo grupo de importancia tiene una altitud de 740 a 2200 m.s.n.m., con un área de 154.39 km², equivalentes al 18.73 % del área total. Este grupo representa la principal zona de cañadas y el cañón paralelo.

El tercer grupo tiene una altitud entre los 2800 a 3340 m.s.n.m., cuenta con el área más pequeña de la cuenca 66.04 km², y con un porcentaje de 11.5 % respectivamente.

Como se observa en el mapa altimétrico la distribución del relieve es irregular. La diferencia entre el punto más alto y el más bajo es de 2600 m.

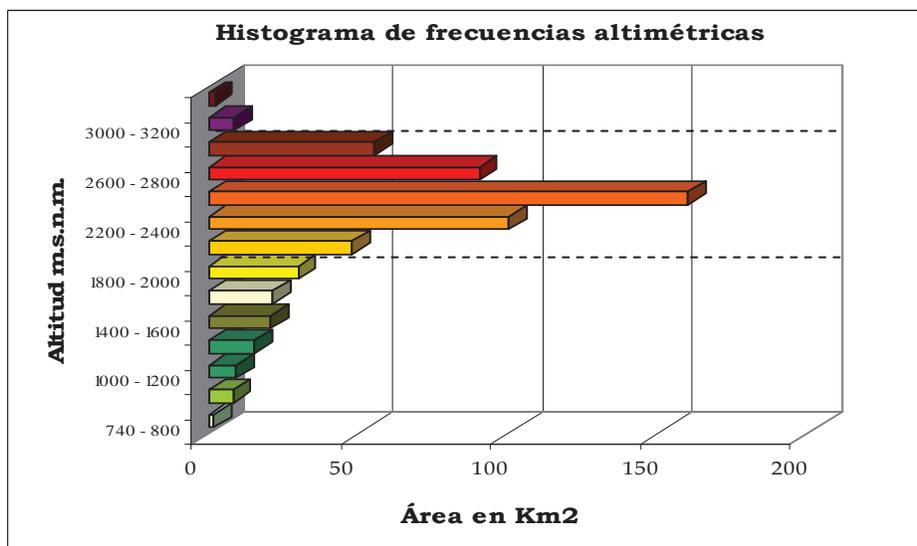
Para realizar un análisis altimétrico más completo se obtuvo el área en kilómetros cuadrados de cada franja altimétrica, con ellas se realizaron cálculos para elaborar la gráfica que muestra algunas características de la cuenca en estudio.

Histograma de frecuencias altimétricas o gráfica de distribución de áreas por franjas altitudinales.

Histograma de frecuencias altimétricas

Esta gráfica se obtiene de representar sobre el eje de ordenadas (x), el área total de la cuenca expresada en km^2 y en el eje de las (y), la altitud en m.s.n.m. comprendida entre las curvas de nivel, con su respectiva equidistancia.

Gráfica 1.1



En la gráfica 1.1, distribución de alturas o frecuencias altimétricas, se pueden visualizar las franjas altimétricas, así mismo, constatar y reforzar lo observado en la tabla del análisis oroaltimétrico de la cuenca. Se observa, de manera general que, las franjas altimétricas con respecto al área que ocupan, de manera particular, también se perciben las franjas altimétricas con la mayor área, ésta es de 61.4 %, cuentan con altitudes de 2200 a los 2800 m.s.n.m. Esta franja es muy representativa en la cuenca con respecto al área que ocupa, por que marca una división muy notoria tanto en el mapa, como en la gráfica, ya que las altitudes pertenecen a los taludes inferior y superior, aunado a las montañas y laderas altas de origen sedimentario, así como en las secundarias internas.

Después le siguen las franjas con área intermedia de 27.01 %; ésta se encuentra en la parte Sur de la cuenca, Cañón lateral paralelo y depresiones bajas, las altitudes a las que

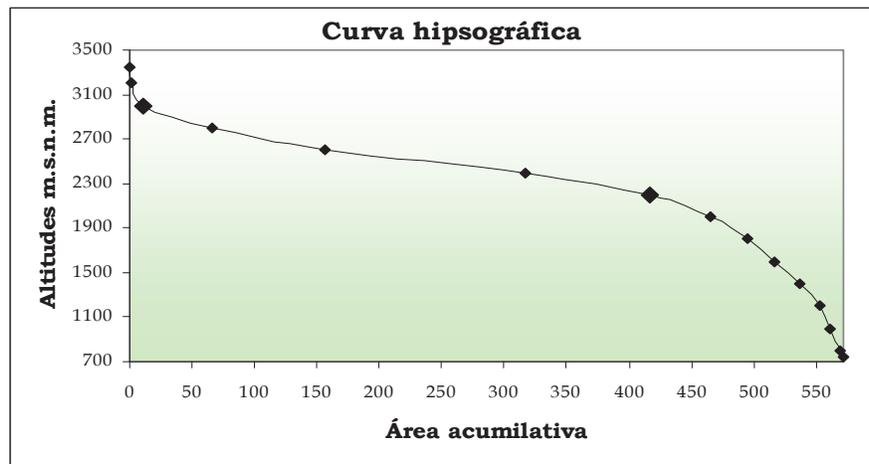
pertenece son de 740 a 2200 m.s.n.m. Y las de menor área con el 11.5 % del total de la cuenca, pertenece a las montañas y laderas altas de origen volcánico y va de los 2800 a 3340 m.s.n.m.

El relieve de la cuenca es un factor importante para la distribución de vegetación, ya que el tipo de vegetación siempre va ligado a las condiciones de altitud del relieve con respecto al nivel del mar.

Curva hipsográfica

La Curva hipsográfica muestra la distribución de la altitud con sus áreas respectivas, pero se presenta de manera secuencial y acumulativa, dando la idea de la superficie de cada piso altimétrico y a su vez muestra algo similar a un perfil topográfico de la cuenca.

Gráfica 1.2



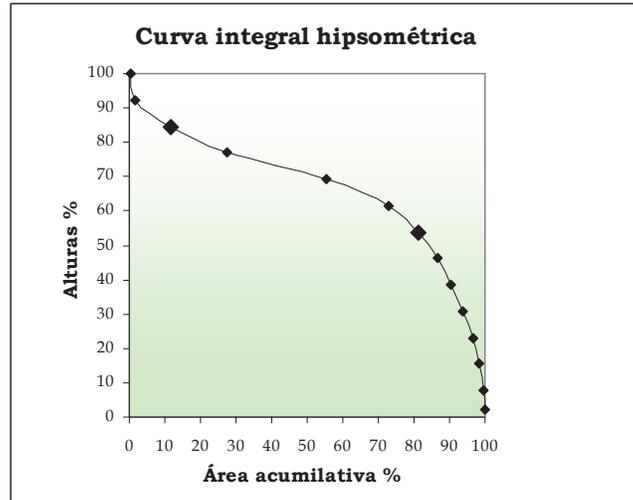
La distribución del área en las altitudes de manera descendente en su inicio es muy baja, en la gráfica se puede ver un punto a los 3000 m.s.n.m. muy marcado a partir de ahí, va aumentando el área hasta los 2200 m.s.n.m., se puede observar como se amplía el área entre los puntos, y a medida que se desciende de altitud va nuevamente disminuyendo el área, señalándose con una curva más pronunciada a partir de los 2200 m.s.n.m., hasta finalizar en los 740 m.s.n.m. Se infiere que esta gráfica tiene similitud con el histograma de frecuencias altimétricas ya que los valores representados son la altitud y la superficie, lo cual tiene un comportamiento similar en cuanto a la representación de sus valores y resultados.

Curva integral hipsométrica

Esta curva nos ofrece una visión del relieve y la altimetría de la cuenca. Por encima de la altitud mínima de la cuenca se halla el cien por ciento de altura por el cien de su superficie. La utilidad de la curva integral hipsométrica: La topografía o relieve de una cuenca puede tener más influencia sobre su respuesta hidrológica que la forma de la misma, es frecuente definir el relieve de una cuenca por medio de su llamada curva hipsométrica, la cual

representa gráficamente las elevaciones del terreno en función de las superficies correspondientes, esto permite calcular la elevación media de la cuenca. (Rosas, 1996, p.17). Esta gráfica nos permite inferir a que etapa del ciclo erosivo pertenece y que tipo de cuenca es.

Gráfica 1.3



Como se observa la gráfica es un cuadrado que representa el 100 % del volumen del relieve de la cuenca.

De acuerdo con la gráfica 1.3 de la curva integral hipsométrica se puede observar que existe una curva que se divide en dos tramos perfectamente identificables.

El área bajo la curva abarca aproximadamente 60 % del área total del relieve de la cuenca lo cual corresponde en teoría al volumen de rocas de la cuenca desde sus cumbres más altas al punto terminal. Y el 40 % es la roca ya erosionada de la cuenca. (Strahler, 1974)

Y también se divide en tres fases. La primera desciende desde el 100 % de altura 2600 metros ó en su equivalencia a los 3340 m.s.n.m., (tabal 1.2), hasta aproximadamente 2800 m.s.n.m., y presenta una inclinación considerable, lo cual implica que desde las cumbres más altas hasta dicha altitud existen una serie de laderas con declives muy notables, ya que estos pisos tienen una disposición casi vertical. Esto abarca 10 % del área. También se puede corroborar en el mapa altimétrico (Mapa 1.2), en donde se observan las franjas altimétricas estrechas y que abarcan áreas pequeñas.

La segunda va desde, donde la línea de la curva tiende a presentar menor inclinación y muestra una pendiente relativamente constante. Esto significa que los declives son menos pronunciados desde los 1800 metros con su equivalente en 2800 m.s.n.m., aproximadamente hasta los 1200 metros, o sea 2000 m.s.n.m, esto abarca casi el 70 % del área en el gráfico, esta zona se caracteriza por ser casi plana sobre todo en el municipio de Chalcatongo de Hidalgo al Noreste de la cuenca y cuenta con terrenos aptos para la agricultura. A diferencia de la fase anterior, ésta última va de los 1200 metros o

2000 m.s.n.m., hasta la desembocadura ó punto terminal (740 m.s.n.m.) Cubre el 20 % de área y presenta una curva muy pronunciada y pendientes muy inclinadas con una diferencia de altura desde el punto terminal a los 2000 m.s.n.m., de 1260 metros en un área relativamente pequeña, lo cual indica que se es una zona demasiado erosionada.

De acuerdo a la gráfica 1.3 de la curva integral hipsométrica se puede inferir que el último tramo, el más notorio a simple vista y el que más llama la atención, se encuentra la curva más pronunciada e inclinada con respecto a las anteriores y corresponde a relieves compuestos por una estructura de rocas relativamente blandas o de poca dureza, lo cual ha facilitado la acción erosiva.

Estos relieves constituyen aproximadamente el 20 % del área total de la cuenca y representan un volumen de 2 %. Al correlacionar cartográficamente el área del territorio del cañón y depresiones bajas con el mapa geológico se nota que esta constituido por el tipo de rocas llamadas caliza y la agrupación de calizas, lititas y areniscas de un tiempo de 135 ± 5 millones de años.

La gráfica indica, según al esquema que maneja (Campos, 1992), que la cuenca se encuentra en una etapa de desequilibrio, es geológicamente joven y es una cuenca de tipo meseta.

1.2.4 Declives

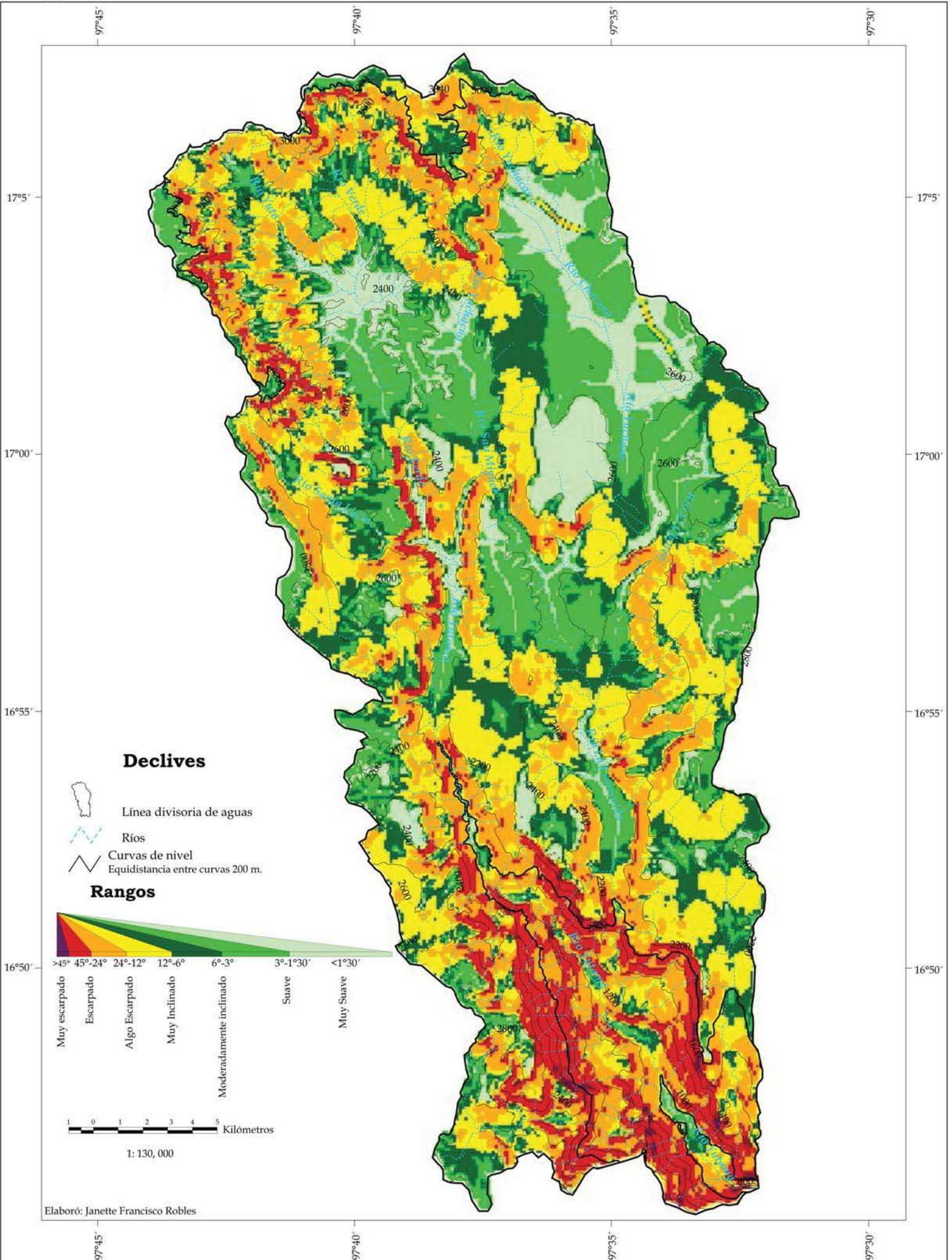
Los declives que existen dentro de la cuenca tienen una importante y compleja relación con la humedad del suelo, lo cual puede determinar cierta población de comunidades vegetales, además, tiene relación directa con el escurrimiento superficial, infiltración y la contribución del agua subterránea al flujo de los cauces. Es uno de los factores físicos que controlan la velocidad y por lo tanto el tiempo del flujo sobre el terreno; también tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas. (Tabla 1.3) (Mapa 1.3 Declives)

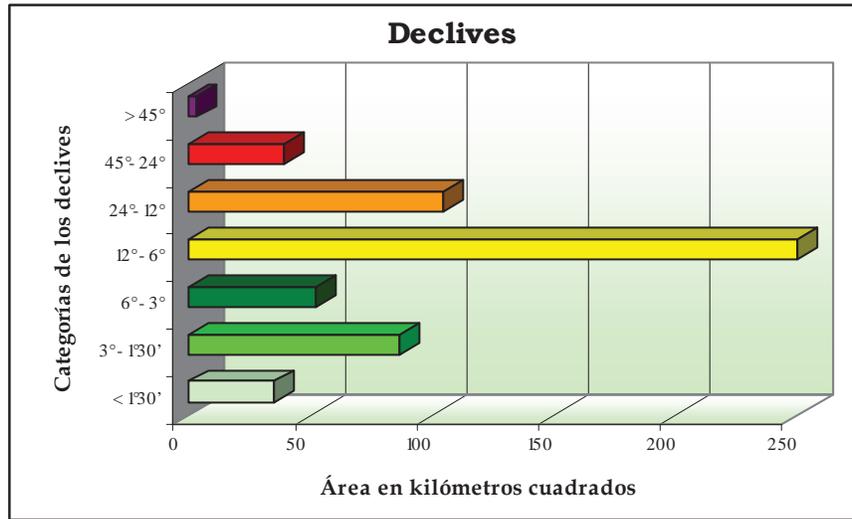
Tabla 1.3 Categorías de los declives por rango

Rango en grados	Categorías de Declives	Área en Km ²	Porcentaje Areal
> 45°	Muy escarpado	3.08	0.54
45° - 24°	Escarpado	39.54	6.92
24° - 12°	Algo escarpado	104.64	18.31
12° - 6°	Muy inclinado	249.85	43.72
6° - 3°	Moderadamente inclinado	52.52	9.19
3° - 1°30'	Suave	86.52	15.14
< 1°30'	Muy suave	35.31	6.18
TOTAL		571.50	100.00

Mapa 1.3

Cuenca del río Yutamá, Oaxaca



Gráfica 1.4

La denominación de los declives que aparecen en la tabla se adecuaron a la topografía de la cuenca por ejemplo: Muy escarpado, Escarpado y Algo escarpado.

Categoría de declive > 45°

Este rango de declive se presenta mayormente en las zonas donde las curvas de nivel se encuentran muy cerradas, principalmente al sur de la cuenca entre los 2000 y 2400 m.s.n.m., como referencias importantes al Sur del cerro Yocundá y al Noreste del cerro El Sol. En la cuenca esta categoría ocupa un área de 3.08 km². Y el 0.54 % del total de la cuenca. La denominación de esta categoría de declive es muy escarpado.

Categoría de declive entre 45°-24°

Estos declives se presentan mayormente en la zona de cañadas, a una altitud de 1000 a 2600 m.s.n.m., entre el cerro Yocundá y el cordón Yauvequí, al Sur de la cuenca, y otros lugares dispersos dentro de ella. Secundariamente se localiza en el cañón y barrancas de la cuenca, la denominación de esta categoría es escarpado. El área de esta unidad de declives es de 39.54 km², 6.92 % del área total de la cuenca.

Categoría de declive entre 24°-12°

Es una de las categorías y rango de mayor cobertura y predominio en la cuenca; con área de 104.64 km², 18.31%, proporcionalmente se distribuyen en toda la cuenca, son zonas algo escarpadas, se localizan en laderas intermedias, en el cañón, cañadas, talud inferior, montañas y laderas altas; montañas y laderas intermedias así como, elevaciones secundarias internas, alguno ejemplos como la cañada Morelos, cañada Galicia, el cerro El Sol, al Sur de la cuenca, y el cerro Cabandasonu al Noroeste.

Categoría de declive entre 12°-6°

Esta categoría se denomina muy inclinada, es la de mayor cobertura y predominio se localiza principalmente en talud inferior, montañas y laderas altas; montañas y laderas intermedias. Puntos clave para localizarlo, cerro La Muralla y Peña Grande al Norte y Noroeste de la cuenca, alcanza mayores superficies cuando se localiza los entre 2000 a 2600 m.s.n.m. Esta unidad de declive es la más representativa en la cuenca por el área que ocupa 249.85 km², que representan el 43.72 % en la cuenca.

Categoría de declive entre 6°-3°

Son unidades de declive moderadamente inclinadas, están en la transición hacia los valles amplios de la cuenca. Son importantes como uno de los parámetros útiles para estimar posibles localizaciones agropecuarias, el área de éstos declives es de 52.52 km², que representan el 9.19 % del área total de la cuenca. (Mapa 1.3 Declives)

Categoría de declive entre 3°-1°30'

Son unidades de declives suaves y se distribuyen por toda la cuenca, se observan mejor donde se encuentran asentamientos humanos importantes. Alcanza mayores superficies cuando los valles tienen una mayor amplitud aproximadamente entre uno y 5 kilómetros. Al Norte de la cuenca la zona más representativa es en el municipio de Chalcatongo de Hidalgo y en el Sur de la cabecera municipal de San Esteban Atatlahuca. Destaca la localización de esta categoría en la zona del talud superior e inferior, en las montañas y ladera intermedias de la cuenca. En estos declives se localizan las principales actividades agrícolas de la cuenca, constituyen áreas importantes por que se toman en cuenta para planear actividades como la agricultura de temporal, de riego y ganadería intensiva, ésta última en menor escala. El área total de esta unidad es de 86.52 km², equivalente al 15.14 % del área total de la cuenca.

Categoría de declive < 1°30'

Son declives llanos, su localización también coincide con zonas de acumulación de material aluvial proveniente de las montañas y laderas altas e intermedias, al Norte de la cuenca. En las partes más amplias y llanas en esta unidad se presentan las principales actividades agrícolas, esto es importante tomarlo en cuenta para otros lugares posibles para dedicarlos a las actividades agrícolas con riego cercano a los canales exclusivos para ello cercanos al cauce del río, así como la ganadería intensiva. El área total de esta unidad es de 35.31km², lo que representan en porcentaje 6.18 del total de la cuenca.

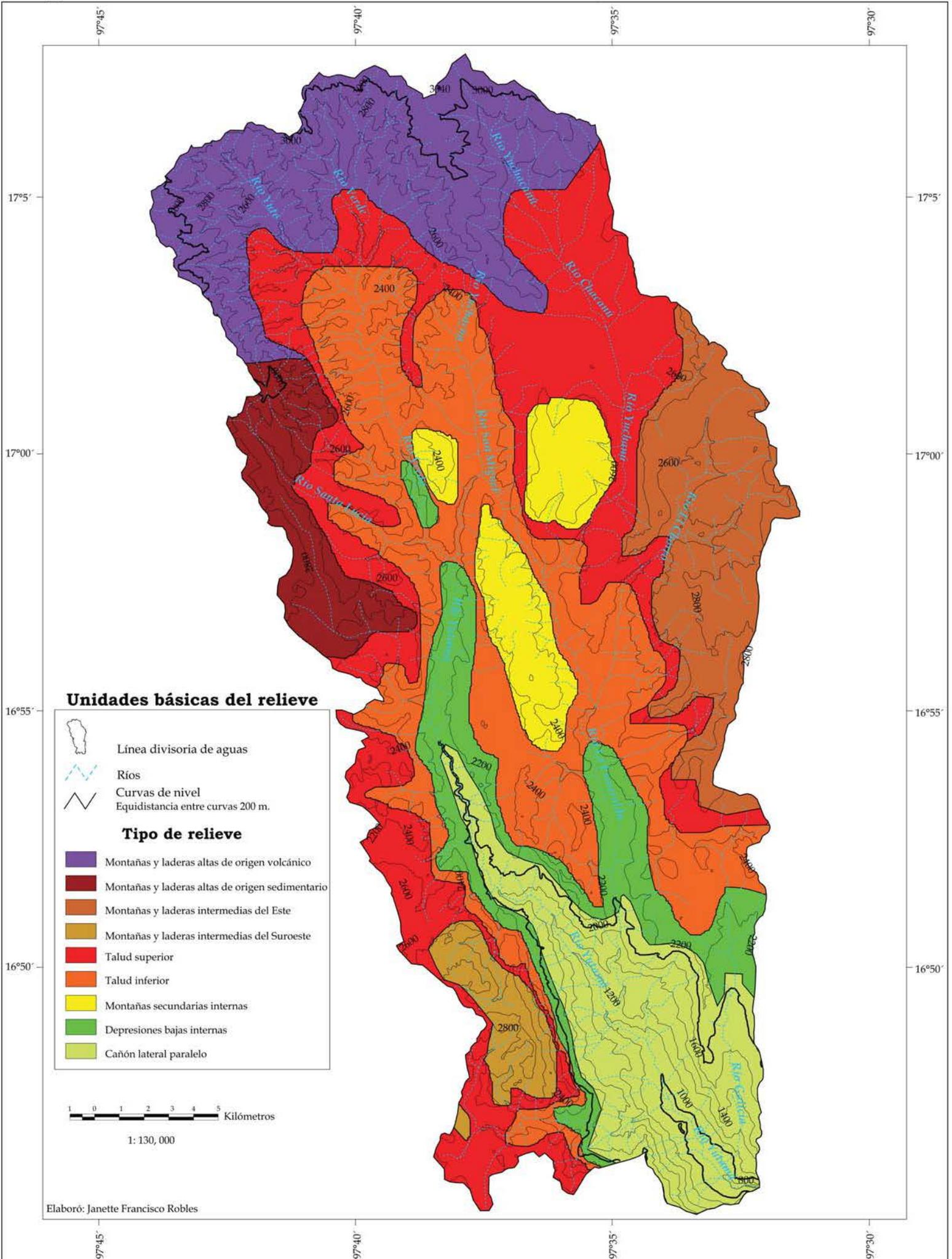
1.2.5 Unidades básicas del relieve

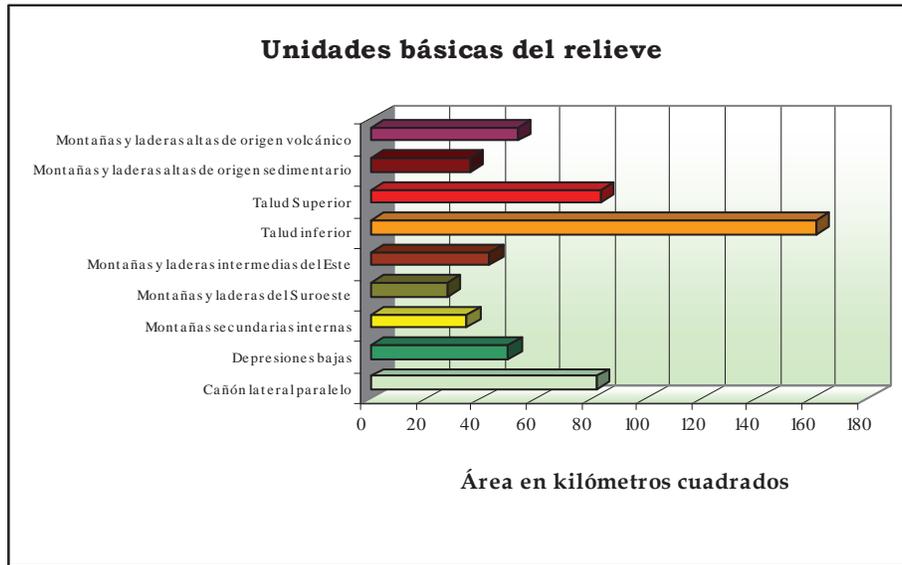
Para determinar las unidades básicas del relieve de la cuenca alta del río Yutamá se tomaron como base los mapas: altimétrico y el de declives, complementados con el mapa de geología y litología. Se consideró la forma y configuración de las curvas de nivel, la

anchura de las franjas altimétricas, esto permitió determinar nueve unidades básicas: (Mapa 1.4 Unidades básicas del relieve)

Tabla 1.4 Principales Unidades básicas del relieve

Unidades de relieve	Localización	Área en Km ²	Porcentaje areal
Montañas y laderas altas de origen volcánico	Cabeceras que constituyen el arco norte.	53.30	9.32
		36.05	2.99
Montañas y laderas altas de origen sedimentario		83.37	14.58
Talud superior	Se localizan en el arco central de la cuenca	161.40	28.24
Talud inferior		43.23	7.50
Montañas y laderas intermedias del Este	Porción oriental	27.60	4.82
Montañas y laderas del Suroeste	Parte poniente	34.79	6.08
Montañas secundarias internas	Distribución irregular	50.0	8.74
Depresiones bajas		81.76	14.30
Cañón lateral paralelo	Porción central-sur con orientación nornoroeste a sursureste		
Total		571.50	100.00



Gráfica 1.5

Montañas y laderas altas de origen volcánico

Son sierras altas y complejas que pertenecen a la Sierra Madre del Sur. Están constituidas por elevaciones montañosas mayores de 3200 m.s.n.m., de origen volcánico ya que esta constituida por rocas volcánicas como la toba ácida y la andesita.

Las montañas y laderas altas de origen volcánico en la cuenca se ubican en una porción de la cuenca: al Norte constituye la cabecera más alta, esta unidad abarca un área de 53.30 km², equivalentes a 9.32 %. La unidad se extiende formando un arco irregular con su concavidad hacia el Sureste.

Montañas y laderas altas de origen sedimentario

Son sierras altas y complejas que pertenecen a la Sierra Madre del Sur como en el caso anterior. Están constituidas por elevaciones montañosas mayores de 2800 m.s.n.m., de origen sedimentario ya que está formada por roca caliza totalmente.

Las montañas y laderas altas de origen sedimentario en la cuenca se ubican en una porción de la cuenca: al Oeste, esta unidad abarca un área de 36.05 km², 2.99 %. La unidad se extiende formando una franja irregular con dirección Norte-Sur.

Talud superior

El talud superior es un conjunto que se encuentra entre los 2600 y 2400 m.s.n.m., este se encuentra entre las montañas y laderas altas el talud inferior, ocupa un área en la cuenca de 83.37 km², lo cual representa un 14.50 %. Ocupa la mayor parte de su área en el la parte

Norte y Noreste de la cuenca en el cual también existen zonas planas o con declives menores a 3° y del lado Oeste el área es mucho menor.

Talud inferior

El talud inferior es un conjunto que se encuentra entre los 2200 y 2400 m.s.n.m., este se encuentra entre el talud superior y las depresiones bajas en su interior se encuentran las montañas secundarias internas, ocupa la mayor área de la cuenca con 161.40 km², lo cual representa un 28.24 %. Ocupa la mayor parte de su área en el lado Norte y Este de la cuenca y del lado Oeste el área es mucho menor, es contiguo al cañón principal.

Montañas y laderas intermedias del Este

En general son laderas formadas en pequeños valles de arroyos en la cuenca, se distribuyen en el extremo Este de la cuenca con una altitud de 2600 a 2800 m.s.n.m. Son unidades inclinadas con algunas zonas llanas. El área de esta unidad es de 43.23 km², que equivale al 7.50 % del área total.

Montañas y laderas intermedias del Suroeste

En general son laderas formadas en pequeños valles de arroyos en la cuenca, se distribuyen en el extremo Suroeste de la cuenca con una altitud de 2200 a 2800 m.s.n.m. Son unidades inclinadas. El área de esta unidad es de 27.60 km², que equivale al 4.82 % del área total.

Montañas secundarias internas

Son lugares internos, separados de la divisoria de aguas con poco valor áreal dentro de la cuenca, su altitud varía entre 2400 y 2600 m.s.n.m., están ubicadas en la porción central de la cuenca, esta unidad se encuentra dentro del talud inferior, su área cubre 34.79 km² lo cual en porcentaje equivale al 6.08 %.

Depresiones bajas internas

Estas depresiones bajas y cañadas se encuentran también colindante al talud inferior, son notorias a simple vista también en el mapa 1.4, se ubican al Sur de la cuenca con prolongaciones alargadas y delgadas hacia el Norte, son una prolongación de las curvas de nivel con valores de 2400 y 2200 m.s.n.m., tres puntas miran hacia el norte y una pequeña que se encuentra la porción Suroeste mira al Oeste, ocupan un área de 50.0 km², esto equivale al 8.74 % del total de la cuenca.

Cañón lateral paralelo

Esta unidad por lo general desciende de altitud muy bruscamente ya que tiene una altitud máxima de 2200 m.s.n.m., y una mínima de 740 m.s.n.m., aproximadamente. Cubre una extensión de 81.76 km² equivalente al 14.30 % del área total de la cuenca.

1.2.6 Geología y litología

La geología de la Sierra Madre del Sur tiene como basamento rocas cristalinas y metamórficas, calizas plegadas y otros sedimentos clásticos asociados con ellas. La Sierra Madre del Sur es una unidad profundamente disectada de rocas plegadas afalladas y separadas por intrusiones que datan del pre-cámbrico, paleozoico, mesozoico y aún del terciario. De todas las provincias geológicas de México es la menos estudiada. (Barrera, 1946 p.139).

Con respecto a la litología de la cuenca del río Verde o Atoyac Oaxaqueño en particular, se encontraron formaciones integradas principalmente por rocas llamadas esquistos de cuarzo feldespático y gneiss granítico, estas son resultado de un largo proceso y principalmente de elevadas presiones, El núcleo más importante que se encontró cubre la mayor parte del estado de Oaxaca, Oriente de Guerrero y Sur de Puebla, esta formación incluye todas las rocas visibles del precámbrico y del paleozoico.

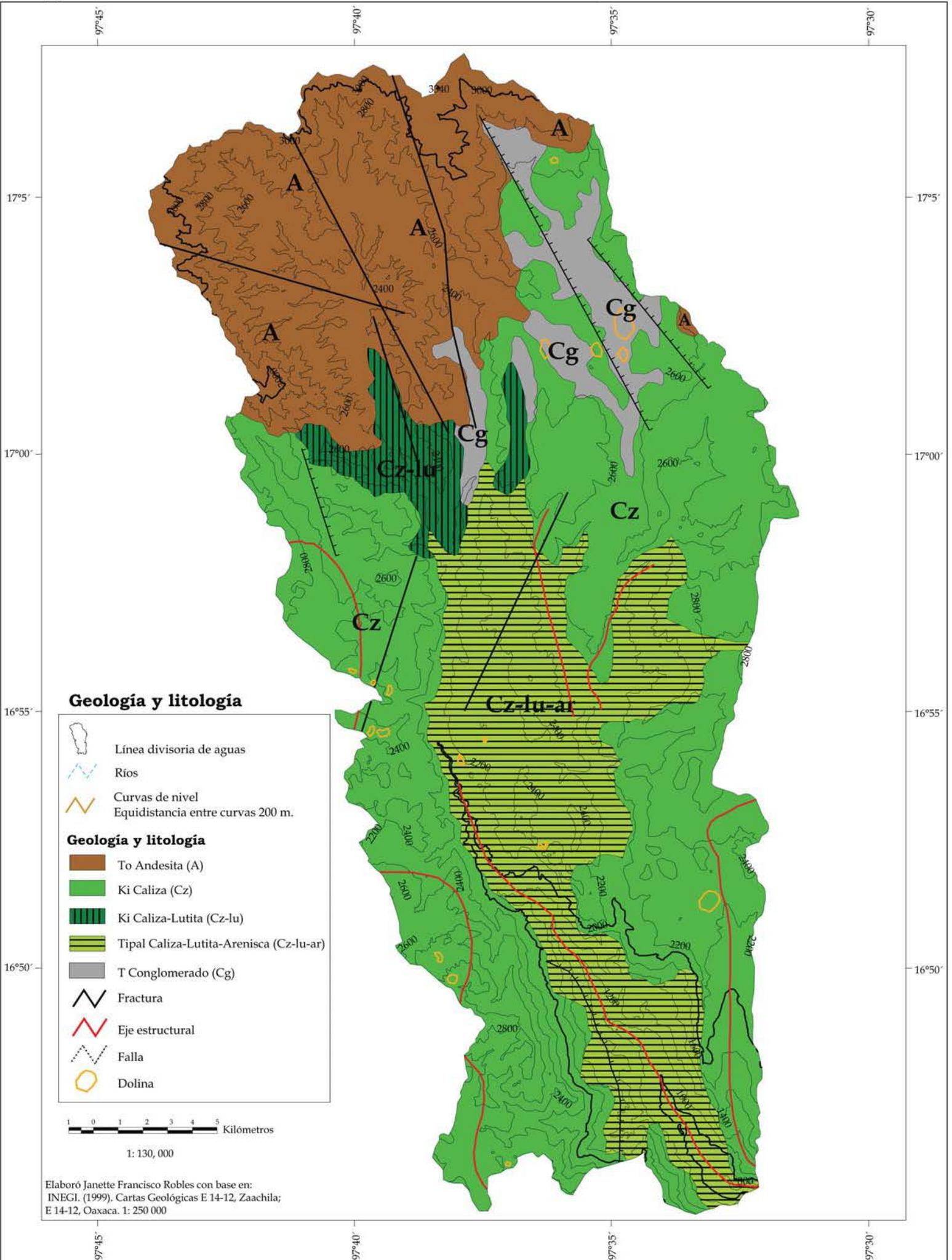
También se encontró algo muy importante y fue, el contacto de las rocas sedimentarias con las metamórficas e ígneas, pues se sospechó que parte de los granitos pudieran ser intrusivos mesozoicos y que no correspondieran a rocas del basamento que se ha visto en algunas zonas como la formación Acatlán al Sur de Oaxaca. También existen granitos posiblemente del precámbrico y que aparecen actualmente aflorando por erosión de rocas superyacentes, los granitos que se encontraron esta muy alterados y en los lugares que se observaron no se vieron rocas sedimentarias superpuestas. En cambio se encontraron calizas que afloran en la parte norte de la cuenca que yacen sobre capas rojas o derrames ígneos antiguos, que se llevaron a cabo sobre el anterior o más antiguo basamento. (Ídem, 1946 p.156).

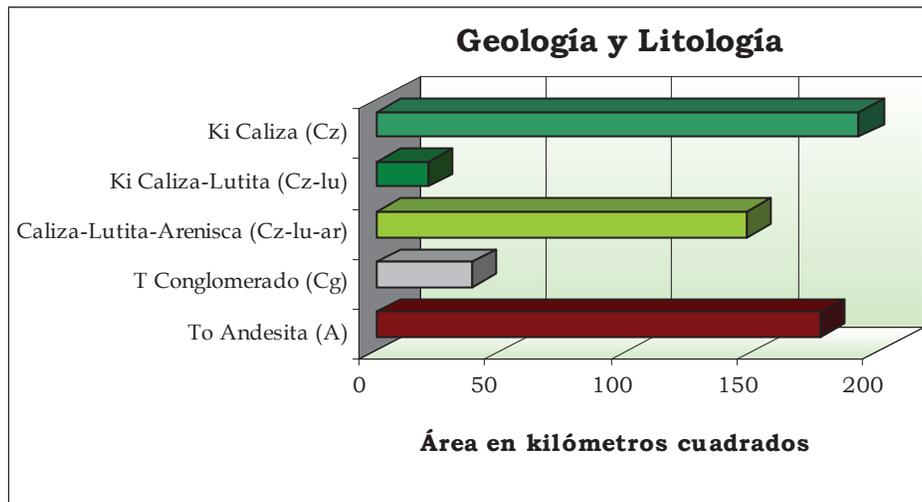
Litología

Las unidades que afloran en la cuenca, son: rocas ígneas extrusivas intermedias; al Norte. Rocas sedimentarias clásticas o detríticas y no clásticas o químicas al Noroeste, Centro, Sureste, Suroeste y Sur de la cuenca. Ubicadas en el rango geocronológico comprendido entre el paleozoico y al cenozoico. (Tabla 1.5), (Mapa1.5 Geología y litología)

Las unidades de roca caliza del cretácico inferior, se encuentran al Noroeste, Centro y Sur de la cuenca, corresponden a depósitos marinos que posteriormente ascendieron con el levantamiento tectónico.

Para el análisis de este tema, se elaboró un mapa geológico, el cual contiene información litológica, esta muestra los diferentes tipos de rocas, y presenta su posición en tiempo geológico, se localizan cinco unidades geológicas principalmente, las cuales serán definidas más adelante. De igual manera se elaboró una tabla con la geocronología de las rocas, tipo de rocas, área que ocupan y la ubicación dentro de la cuenca (Tabla 1.5)



Gráfica 1.6

Fuente: INEGI. (1999). *Cartas Geológicas E14-12, Zaachila; E14-12, Oaxaca. 1: 250,000*

Tipo de Roca ígneas en la cuenca del río Yutamá

Toba intermedia o Andesita (A):

Roca ígnea extrusiva producto de las erupciones volcánicas explosivas y comprenden fragmentos de origen diferente, de muchas formas y de todos los tamaños. Su composición mineralógica corresponde a la roca andesita con predominio de plagioclasas sódicas. Éste tipo de roca se ubica en la cuenca del río Yutamá, al Norte, al Noroeste de la cuenca, en las montañas y laderas altas, talud superior y talud inferior; se encuentran en los cerros San Miguel, Cabandsonu, La Muralla, Chalcatongo, Peña Grande, y la cabecera municipal de San Esteban Atlatlahuca. Esta unidad tiene una extensión de 175.64 km² equivalentes a 30.73 % del área total. Se encuentra en altitudes entre los 2400 m.s.n.m. aproximadamente a los 3340 m.s.n.m.

Tipos de rocas sedimentarias

Los sedimentos (Sedimentum-asentamiento); son materiales formados como consecuencia de la actividad química o mecánica ejercida, depositándose en forma estratificada, la petrificación de los sedimentos a temperaturas y presiones relativamente bajas, conduce a la formación de las rocas sedimentarias. Por su forma de acarreo y depósito pueden ser; clásticas o detríticas: Rocas formadas a través de sedimentos depositados mecánicamente como lodo, arena y grava por la acción del intemperismo y la erosión (detritos de roca preexistente).

Foto 1.2

Lugar: Cascada, Santiago Yosondúa. Long. 97°34'05" Lat. 16°52'04" Alt. 1198 m.s.n.m. Se observa, un cuerpo rocoso formado por sedimentos rocosos, arenas y arcillas acarreadas por el arrastre de hace muchísimos años.

Caliza-Lutitas-Areniscas (Cz-lu-ar):

La caliza es una roca sedimentaria química constituida por la precipitación del carbono de calcio; se denominan calizas aquellas rocas sedimentarias en las cuales la porción carbonosa esta compuesta principalmente de mineral de calcita. Resistente de acuerdo con la porosidad y sistemas de diaclasas agrandadas por disolución. Origina mesetas secas y escarpes, pero resulta mucho más vulnerable en climas húmedos y en altitudes donde alcanza el nivel freático a causa de su solubilidad, (Miller, 1970).

Existen tres tipos de lutita como la de grano fino, medio y grueso. La roca sedimentaria clástica de grano fino es del tamaño de la arcilla (menos de .005 mm). Compuesta principalmente por minerales de arcilla.

La arenisca, roca sedimentaria clástica de grano medio, con abundantes granos de arena y limo grueso (.05 mm. a 2 mm), constituida principalmente por minerales de cuarzo y feldespatos.

Este conjunto se ubica principalmente al Centro, Centro-Norte y Centro-Sur de la cuenca donde se encuentra La Cañada Morelos y el municipio de Santiago Yosondúa. Y ocupan un área de 146.70 km² equivalentes a el 25.56 % del total de la cuenca. La altitud a la que se encuentra es de 740 m.s.n.m. a 2300 m.s.n.m.

Caliza-Lutita (Cz-lu)

Éste grupo de rocas ocupa una extensión de 20.30 km² equivalentes a 3.56 % del área de la cuenca, y se ubica al Centro-Noroeste en una pequeña área en la cual, se encuentran el

municipio de Santa Catarina Yosonotú. Las altitudes aproximadas a las que se encuentra la unidad geológica van de los 2000 a los 2400 m.s.n.m.

Caliza (Cz):

Se ubican a lo largo del Este y Oeste de la cuenca, los puntos más notables en los que se encuentra esta unidad están al Oeste y son: el cerro Yocundá, El Sol, y del lado Este: cordón Yauvequi, El Pajarito, y la Cañada Galicia; ocupa un área de 191.19 km² que equivalen a 33.45 % del total, y está dividida en dos por una franja de caliza-lutita-arenisca. La altitud a la que se encuentra es 800 a 2900 m.s.n.m.

Conglomerado (cg):

Roca sedimentaria clástica de grano grueso, constituida por partículas de diversos tamaños, cantos rodados y guijarros (2mm a más de 256 mm). Se ubica al Noreste de la cuenca, en alargados manchones; algunas localidades se encuentran ahí como Miguel Hidalgo, Guadalupe Victoria y José María Morelos. Ocupa un área de 37.60 km² que equivalen a 6.57 % del total de la cuenca. La altitud a la que se encuentra es 2400 a 2800 m.s.n.m.

1.2.7 Clima

Para mejor comprensión de los aspectos climáticos en general, respecto a las peculiaridades en la cuenca del río Yutamá se exponen brevemente algunos elementos y factores que los condicionan.

Radiación solar

El sol, con una temperatura superficial de unos 6000°C, constituye la fuente de energía del ciclo hidrológico. El gas incandescente que constituye la superficie solar emite una forma de energía conocida como radiación electromagnética. Esta forma de energía puede considerarse como una colección o espectro de ondas de una amplia gama de longitudes.

Aunque la radiación solar viaja por el espacio sin pérdida de energía, la intensidad en una sección determinada, por ejemplo, un centímetro cuadrado decrece inversamente al cuadrado de la distancia del Sol a la Tierra. Nuestro planeta intercepta, así solo, dos mil millonésimas partes de la energía total emitida por el Sol.

El espectro de la radiación solar esta constituido por:

- a) Rayos X, rayos gamma y rayos ultravioletas que transporta el 9% de la energía total.
- b) Rayos visibles de la luz, en 41%.
- c) Rayos infrarrojos invisibles y rayos caloríficos, el 50%. Los rayos visibles de la luz y ultravioletas tiene longitudes de ondas inferiores a las 0,7 μ , denominadas de onda corta, mientras que los infrarrojos son superiores a las 0,7 μ , o sea, de onda larga.

A medida que penetra la radiación solar en la atmósfera de la Tierra, tiene una serie de pérdidas selectivas y desviaciones en la energía.

A una altura de 150 km el espectro de la radiación solar posee casi el 100% de su energía original, pero a medida que penetra en la atmósfera a una altura de 88 km, la absorción de los rayos X, es casi completa y parte de la radiación ultravioleta también. cuando la radiación solar penetra las capas más profundas y densas de la atmósfera, las moléculas de gas hacen que los rayos de luz visibles se desvíen en todas las direcciones posibles, este proceso se denomina dispersión de Rayleigh. En las partículas de polvo de la troposfera tiene lugar más dispersiones, este proceso en general puede describirse como reflexión difusa. Gracias a estos fenómenos vemos el cielo de color azul y la puesta del sol de color rojo.

Como consecuencia de todas las formas de dispersión de onda corta, parte de la energía solar es devuelta al espacio perdiéndose para siempre; mientras que al mismo tiempo parte de la energía de onda corta dispersada vuelve a dirigirse hacia la Tierra. Esta última recibe el nombre de radiación difusa o dispersión descendente.

El porcentaje de energía reflejada por una superficie se denomina albedo. Es una propiedad importante de la superficie terrestre, pues determina la velocidad relativa del calentamiento de la superficie cuando está expuesta a la insolación. El albedo del agua superficial es muy bajo (2%) para rayos casi verticales, pero elevado cuando el ángulo de incidencia es pequeño. Para campos cultivados, bosques y suelos desnudos es de valor intermedio entre 3 y 25%. Para el caso de la cuenca en estudio no se tiene esta última característica; pero para nieve o hielo de 45 y 85% de albedo es extremadamente alto.

Las superficies de la tierra y el agua tienen propiedades muy diferentes en lo que respecta a la absorción y radiación del calor. La ley general puede establecerse así, las superficies continentales se calientan rápida e intensamente bajo la acción de los rayos solares, mientras que las superficies oceánicas lo hacen solo lenta y moderadamente.

Además, que cuando mayor es la masa terrestre más grandes son los contrastes estacionales de temperatura. Del mismo modo, la temperatura del aire actúa sobre la temperatura superficial.

Una explicación en los contrastes existentes entre el comportamiento de la tierra y el agua puede encontrarse en la aplicación de ciertos principios elementales de física. El agua es transparente y permite que los rayos caloríficos penetren en ella algunos metros, distribuyéndose de este modo el calor a profundidad. La superficie del suelo, al ser opaca, absorbe el calor sólo en la parte superior, de este modo alcanza una mayor temperatura que la superficie del agua.

La superficie del agua facilita la evaporación continua, que es un proceso de enfriamiento que sirve para disminuir el calor superficial. La superficie del suelo, que está comúnmente húmeda y cubierta de vegetación, también permite el enfriamiento por evaporación; pero en menor grado que en las superficies acuosas.

La energía difundida por el Sol representa de 0,73 a 1,4 millones de calorías por metro cuadrado por año, o sea, la cantidad de calor necesaria para evaporar una lámina anual de agua de una altura de 1300 y 2600 mm. Por ello la extrema importancia de la radiación solar en el ciclo del agua en la naturaleza.

Temperatura

La temperatura es un elemento del clima cuya participación en la fase hidrológica de un escurrimiento no es directa; su efecto se deja sentir a través de otros procesos que actúan de manera importante en el ciclo del agua como posteriormente se verá; de ahí la

importancia para incluirla en este trabajo. La temperatura promedio anual es alrededor de 12 °C a 22 °C distribuida en toda la cuenca.

La temperatura se manifiesta como un índice de la energía calorífica y de la radiación recibida por un cuerpo (suelo, vegetación o nieve). La importancia de la temperatura es que afecta el poder evaporante de la atmósfera, influye en procesos de estabilidad en la misma que originan las precipitaciones y la forma de éstas, por último interviene en el derretimiento de hielos y glaciares.

La repartición de la temperatura en la troposfera condiciona la estabilidad atmosférica ya que se encarga de transferir la energía, entre la atmósfera y la superficie terrestre, actúa en el proceso de difusión y absorción de energía, transferencia de calor (el calor es una forma de energía térmica), por conducción, convección e intercambio turbulento. El conjunto de transferencias de calor entre la atmósfera y la superficie terrestre provoca el gradiente de temperatura típico en la troposfera.

El gradiente de temperatura, tiene tres divisiones: El gradiente de adiabático seco, el gradiente adiabático húmedo y el gradiente real de temperatura.

El gradiente adiabático seco es la temperatura del aire no saturado, se calienta o se enfría a una tasa aproximada de un grado centígrado por cada 100 metros de altitud. El gradiente adiabático húmedo es para condiciones promedio de 1000 milibares de presión y 10 grados centígrados de temperatura. Se puede demostrar que el gradiente adiabático húmedo es aproximadamente 0.53 °C por cada 100 metros de altura. El gradiente real de temperatura en la práctica se muestra constantemente en una masa de aire húmedo que al elevarse y condensarse perderá por precipitación parte de su vapor de agua y por esto no será totalmente adiabático, se le denomina gradiente pseudo-adiabático y su tasa de variación de temperatura es el gradiente real de temperatura. La diferencia entre el gradiente real y el adiabático seco ó húmedo, tiene importancia en la estabilidad de masas de aire. Se dice que una capa atmosférica es aquella en donde la distribución de la temperatura es tal que si un volumen elemental de aire se le imprime una aceleración elemental en cierto sentido, este vuelve por sí sólo al lugar que ocupaba.

Los problemas de estabilidad e inestabilidad de una capa atmosférica, tienen gran importancia, dado que caracterizan los posibles movimientos verticales de la atmósfera que influyen en los mecanismos de precipitación y en los procesos climáticos.

En la troposfera es donde se encuentran la mayor parte de los gases y el vapor de agua de la atmósfera y su turbulencia afecta directamente a la corteza terrestre modelando su relieve.

La temperatura en la troposfera, de manera general, tiene un gradiente adiabático térmico vertical negativo, de 1 °C para las masas de aire no saturadas y de 0,5 °C para las masas de aire saturadas, por cada 100 metros de altitud. Los cambios de temperaturas adiabáticos son aquellos que suceden en un gas, o en el aire, sin la intervención de ninguna fuente externa de frío o calor. Se calienta cuando se comprime y se enfría cuando se expande. En esta parte de la atmósfera la temperatura disminuye con la altura hasta alcanzar aproximadamente -60°C. (Internet, 1)

La temperatura en la superficie dependerá únicamente de la radiación solar, ya que la conductividad de las rocas es bastante escasa. En general, la temperatura es uno de los elementos más sensibles del clima, los factores que lo determinan en son: latitud, altitud, características de la superficie terrestre y circulación general de la atmósfera.

Latitud: La forma de la Tierra es como una esfera achatada en los polos, lo cual determina fuertes diferencias en la radiación que reciben las distintas zonas del planeta ya que la radiación es tanto mayor, cuanto más perpendicular incidan los rayos solares sobre la superficie terrestre, como el eje terrestre forma, con el plano de la órbita un ángulo de $23^{\circ} 27'$, esto origina en los polos que la radiación recibida varíe de cero a un máximo superior a la radiación que llega al ecuador. La radiación recibida es baja ya que una determinada cantidad de radiación incide de manera oblicua y se reparte en mayor extensión y proporción de atmósfera, en tanto que esa misma cantidad por incidir de forma perpendicular se distribuye en menor extensión latitudinal, por lo que la radiación es alta. La cuenca tiene una latitud de $16^{\circ}45' N$ y $17^{\circ}05' N$.

Altitud: Debido a que existe un gradiente medio de $0.6^{\circ} C$ por cada 100 metros, la temperatura varía de acuerdo con las franjas altitudinales, y se puede apreciar en los mapas de líneas isotermas, que son: curvas que unen puntos de igual temperatura, este presenta gran similitud con el mapa de relieve, por lo tanto, la altitud máxima de 3340 m.s.n.m., la altitud media 1800 m.s.n.m. y altitud mínima 740 m.s.n.m., de la cuenca influyen drásticamente en el cambio de temperatura.

Características de la superficie terrestre: (Suelo, roca, vegetación, agua). Tanto la superficie del terreno como la superficie libre del agua emiten radiación; por que es una propiedad de la radiación solar, al encontrarse con un cuerpo cualquiera, es absorbida por éste, aumenta su temperatura, y emite a su vez radiación con otra longitud de onda determinada. En general la superficie terrestre emite radiación de onda larga a la atmósfera, cuya intensidad depende principalmente de la temperatura de dicha superficie. La vegetación varía de bosque de pino-encino, pastizal, selva baja caducifolia y el uso que se da al suelo es para agricultura de temporal, sobre tipos de suelo desde el: regosol, regosol calcáreo, y vertisol. Los tipos de rocas; lutitas-areniscas, caliza, y andesitas.

Circulación general de la atmósfera: Debido a la distribución de temperaturas progresivamente decrecientes del ecuador a los polos, el aire del ecuador es más caliente, se dilata y se eleva siendo remplazado por el aire más frío y denso proveniente de las cercanías de los polos, con lo que se originan vientos, por lo cual cada hemisferio funciona como una inmensa célula convectiva.

Precipitación

El balance de energía radiante para una región o cuenca y para distintos periodos de tiempo es la causa del dinamismo continuo del ciclo hidrológico.

La energía resultante en forma de calor hace posible el fenómeno de la evaporación, al tal fenómeno se le conoce como: el paso del agua del estado líquido al gaseoso o vapor. Este se condensa ante condiciones determinadas y se producen las precipitaciones.

Las precipitaciones, en general, constituyen la fuente de alimentación de los almacenamientos y flujos de agua que evaluados y explotados por el hombre conforman los recursos hídricos.

Las lluvias constituyen el parámetro hidrometeorológico de mayor variación temporal y espacial, y como consecuencia de estos cambios, a la vez combinados armónicamente con otros componentes del medio natural, conforman diferentes paisajes dentro de una misma cuenca o región. Las lluvias orográficas son representativas de la cuenca, ya que la mayor descarga del agua de lluvia se da en la parte baja y no en la alta como debiera ocurrir, esto se debe a que los vientos cargados de humedad entran a la cuenca desde una altitud de 740 m.s.n.m., y llegan hasta los 2400 m.s.n.m., lo cual provoca un ascenso de las masas de aire, causando su , enfriamiento y por lo tanto la precipitación más abundante en la parte alta de la cuenca. En la cuenca de estudio el periodo lluvioso es de mayo a octubre y el periodo seco es de noviembre hasta abril.

Vientos

El viento es el aire en movimiento y se debe al desigual calentamiento y enfriamiento de la superficie terrestre. Los vientos transportan energía y vapor de agua a través de la atmósfera. En el proceso de evaporación el viento lleva calor y vapor de agua hacia la superficie evaporante. El viento es un componente esencial de las tormentas de las cuales esta relacionado con el abastecimiento de humedad y el propio proceso de precipitación.

En el caso de la cuenca del río Yutamá los vientos que la envuelven son del tipo de vientos persistentes regionales que son originados por el intercambio de grandes masas de aire que afectan grandes extensiones de terreno, unos son de variación estacional y otros más periódicos. El flujo dominante de este viento cargado de aire marítimo tropical es del Océano Pacífico en una dirección de Sur a Norte, en todo el año, principalmente en la parte Sur, Centro y Noreste de la cuenca. En la parte Norte y Noroeste, que se conoce como cabecera de la cuenca, el viento va con dirección Este-Oeste.

La rosa de vientos dominantes superficiales, indica que el viento sopla con una dirección Sur a Norte, como se mencionó anteriormente, se presenta en la parte Sur, Centro y Noreste de la cuenca. Con una frecuencia de 100 %, con cero calmas. Esto se presenta en la carta de efectos climáticos regionales de mayo-octubre por lo que se aprecia que es en la temporada de lluvias. Y en la carta noviembre-abril la dirección de la rosa de vientos indica que el aire sopla de Sur a Norte y con una frecuencia de 75-100 %. La presencia del cañón y la diferencia de 1260 metros de altura, que inicia desde los 740 a 2000 m.s.n.m., en un rango pequeño de área al Sur de la cuenca, provoca que los vientos cargados de humedad generen en esta zona, la descarga de precipitaciones orogénicas, dada esta circunstancia la mayor precipitación anual se presenta en dicho lugar. Y en la parte Norte y Noroeste de la cuenca la rosa de vientos indica que el viento sopla de Este a Oeste con 50 % de frecuencia y cero calmas en la temporada mayo-octubre, y en la de noviembre-abril el viento sopla en la misma dirección; pero con frecuencias de 25 % con cero calmas, este comportamiento se presenta en el período seco del año en la cuenca del río Yutamá, Oaxaca.

Ciclones

En verano la cuenca se ve afectada por la acción de vientos de alta velocidad, que provocan tormentas tropicales de grandes proporciones denominados ciclones, que proceden de la región del Caribe y de zonas del Pacífico, próximas a las costas de Colombia y Centroamérica, y cuyas direcciones suelen ser para los primeros, Este-Noroeste o Sureste-Noroeste y para los segundos, Sur-Noroeste, Sureste-Noroeste, Sureste-Norte y Sur Norte. Las lluvias de esta índole, han ocasionado daños casi siempre limitados. Desbordamientos de ríos, destrucción de cultivos, ruptura de puentes y parcelas, así como bloqueo de carreteras a causa de deslaves.

“En 1993 un ciclón marchó paralelo a la costa a corta distancia, con lo que, aunque el ojo no tocó tierra, varios de sus brazos nubosos y sus vientos huracanados, afectaron una franja de 100 km. De ancho, donde los destrozos fueron considerables. En 1998 el ciclón Paulina repitió esa trayectoria ocasionando daños muy severos en una gran cantidad de las situadas en Sierra Sur, donde dejó una enorme cantidad de damnificados y la destrucción de zonas boscosas muy extensas arrancando árboles con ráfagas de viento que en varios sectores alcanzaron los 180 km/hora. La deforestación rapaz y la consiguiente elevación de temperaturas medias en un territorio, hacen más vulnerables esta región a las acciones ciclónicas, por que los vientos de ese tipo pegan en seco, independientemente del agua que se precipite”.

(Álvarez, 2003, p. 117,118)

Si comparamos entre los tres mapas de climas encontrados para la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca, encontramos lo siguiente:

El primer mapa elaborado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, del año 2003 a escala 1: 700 000, fue obtenido a partir de la información de la carta de climas escala 1: 1000 000, hecha por la Dirección General de Geografía. Con periodos de registro de datos de 11 a más años, en este caso las estaciones o los valores que fueron utilizados para la elaboración del mapa, no empatan en todos los años de registro.

Este mapa es el que se utilizó para una mejor referencia, ya que, por su escala y su fácil interpretación, favorece al análisis de los climas que conforman la cuenca. Los climas que se presentan en la cuenca del río Yutamá, de acuerdo a la clasificación general de Köppen, corresponden al subgrupo de climas templados, simbolizado por la letra C; al subgrupo de climas cálidos, simbolizado por la letra A; al subgrupo de climas semicálidos, simbolizados por las letras A(C); al grupo de climas semifríos, simbolizados por las letras C(E).

Lo anterior se puede complementar con algunas características particulares con el criterio de García (1964), que implica algunas modificaciones para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana.²

En la cuenca hay cuatro tipos de clima de acuerdo a su temperatura se dividen en el grupo de los templados subhúmedos C (w₂)(w); semicálidos subhúmedos A (C)w₂(w);

² Todas las letras e índices que estén entre paréntesis, son las modificaciones hechas al sistema original de Köppen.

cálidos subhúmedos A $w_2(w)$; y en el de los Semifríos subhúmedos C(E)(w_2)(w). (Mapa 1.6 Climas)

Climas de la cuenca:

A $w_2(w)$

En la cuenca, este clima se ubica al Sur, sobre al punto terminal del la cuenca, presenta una prolongación con dirección Noroeste, el clima se presenta a una altitud aproximada de 740 a 1200 m.s.n.m.

Este Subgrupo de clima cálido subhúmedo del grupo A, con lluvias en verano. Tiene temperatura media anual mayor de 22 °C. Su temperatura media del mes más frío > 18°C. Por su régimen de lluvias es el subtipo con mayor humedad dentro de los cálidos subhúmedos y por su grado de humedad se divide en w_2 , con lluvias de verano. Precipitación del mes más seco entre 0-60 mm; Presenta una precipitación media anual de 1000 mm. Un cociente P/T —precipitación total anual en mm, sobre temperatura media anual °C— mayor de 55.3 y un porcentaje de lluvia invernal menor a 5 % de la precipitación total anual.

C (w_2)(w)

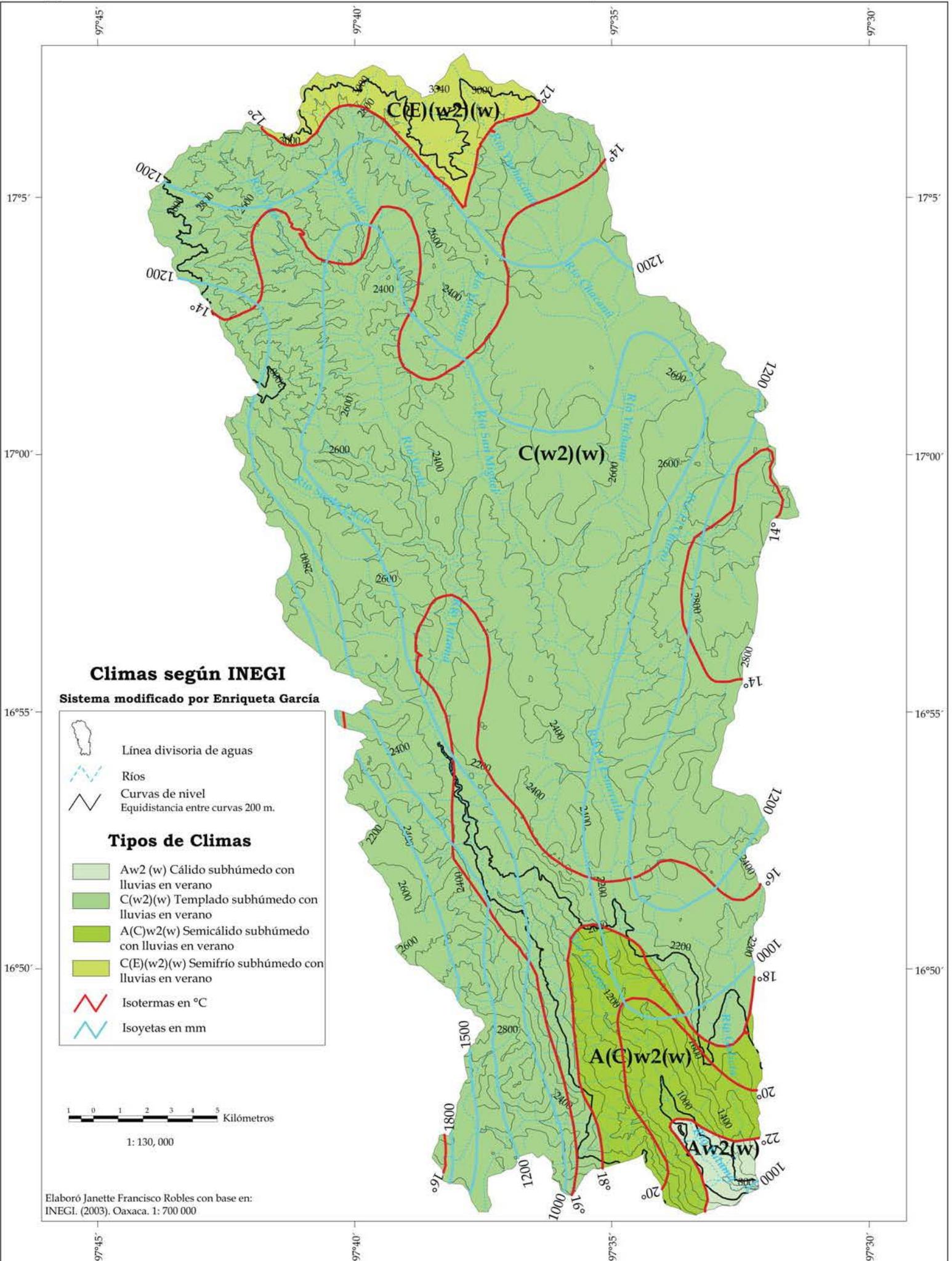
Este tipo de clima se localiza en casi toda la cuenca. Va desde los 2000 a 2800 m.s.n.m.

Pertenece al subgrupo de climas, templados subhúmedos del grupo C; tiene una temperatura media anual mayor de 18 °C; este grupo tiene su temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C y la del mes más caliente bajo 22 °C. Por su régimen de lluvias y su grado de humedad se divide en C (w_2), el más húmedo de los templados subhúmedos con lluvias en verano, Precipitación del mes más seco menor a 40 mm. Presenta precipitación media anual de 1000 a 1800 mm. Un cociente P/T >55.0 y un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 % de la precipitación total anual.

A (C) $w_2(w)$

En la cuenca, este clima se ubica en la parte baja de la cuenca, presenta una prolongación con dirección Noroeste, el clima se presenta a una altitud aproximada de 1200 a 2000 m.s.n.m.

Este grupo de clima semicálido subhúmedo del grupo A(C); con lluvias en verano. Tiene su temperatura media anual entre 18 y 22 °C. Su temperatura media del mes más frío 18 °C. Temperatura del mes más caliente mayor a 22 °C. Por su régimen de lluvias y su grado de humedad se divide en C(w_2), los de mayor humedad dentro de los semicálidos subhúmedos. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm. Presenta una precipitación media anual de 800 a 1000 mm. Con un cociente P/T entre 43.2 y 55.3, porcentaje de lluvia invernal menor de 5 % del total anual.



C(E)(w₂)(w)

En la cuenca, se ubica al Norte, por el cerro Chalcatongo, presenta dos prolongaciones una hacia el Sur y otra hacia el Suroeste, se despliega a una altitud de aproximadamente 2800 a 3340 m.s.n.m.

Este subgrupo de clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano y un verano fresco y largo. Tiene temperatura media anual entre 5 y 12 °C. Su temperatura media anual del mes más frío entre -3 °C y 18 °C, temperatura del mes más cálido bajo 22 °C. Por su régimen de lluvias y su grado de humedad se divide en (w₂), los más húmedos de los semifríos subhúmedos con una precipitación del mes más seco menor a los 40 mm. Presenta una precipitación media anual de 1400 mm. Con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 % del total de precipitación anual.

El segundo mapa elaborado por la Secretaría de la Presidencia, CETENAL, Instituto de Geografía, en el año 1970, fue generada a partir de la recopilación y obtención de datos por el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México y vaciados sobre las hojas 1: 500 000 de la Secretaría de la Defensa Nacional. Los valores de estaciones con más de diez años de operación, en este caso las estaciones o los valores que fueron utilizados para la elaboración del mapa, equiparan en todos los años de registro. Los climas que se presentan en la cuenca del río Yutamá, están de acuerdo a la clasificación general de Köppen. A diferencia del mapa anterior, éste no presenta el tipo de clima que pertenece al subgrupo de los climas semifríos subhúmedos.

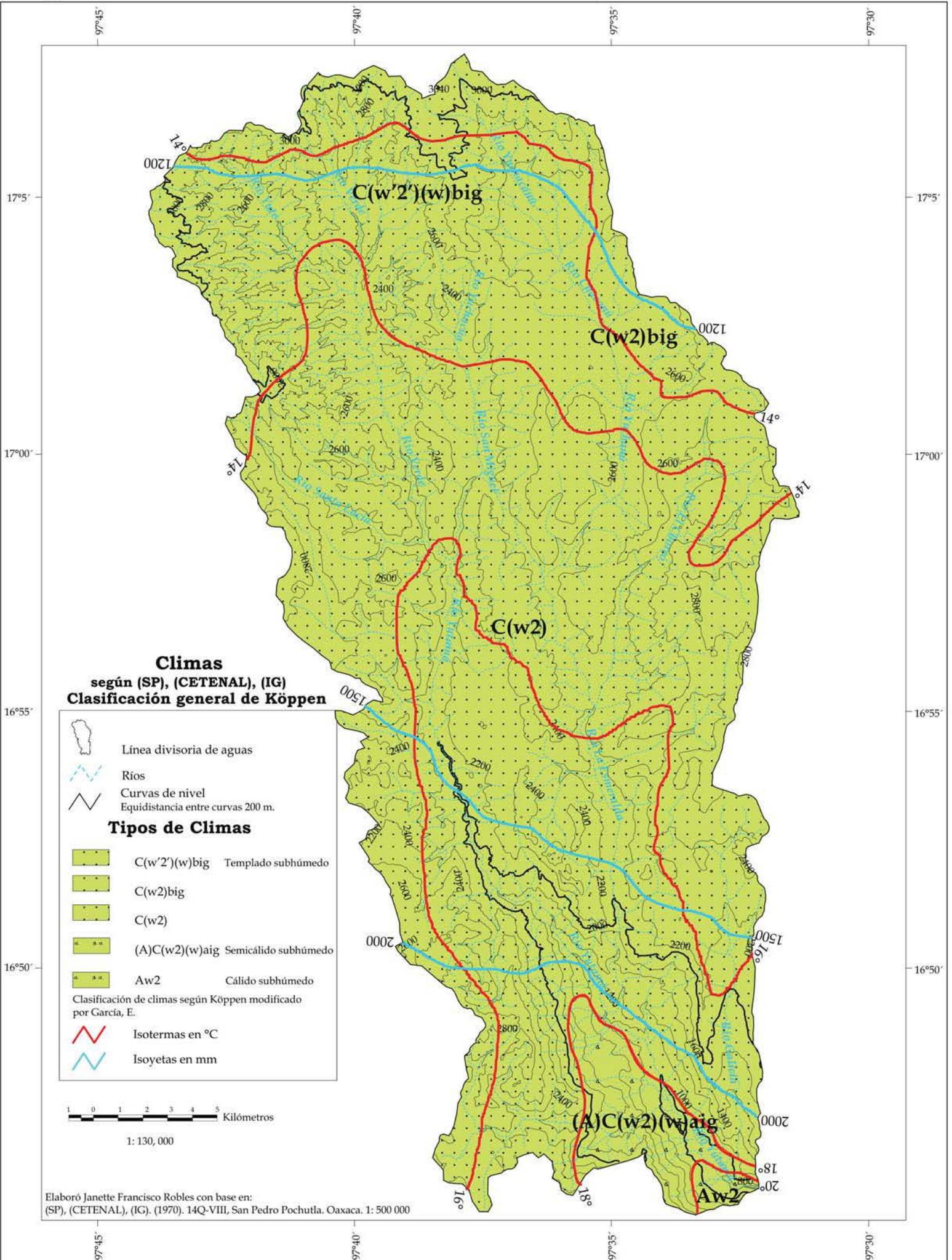
En esta mapa se presentan tres tipos de clima en la cuenca de acuerdo a su temperatura se dividen en el grupo de los templados subhúmedos, C(w₂); semicálidos subhúmedos, (A)C(w₂); cálidos subhúmedos, A w₂. (Mapa 1.7 Climas)

Segundo mapa de climas de la cuenca:

C (w₂)(w) big

En la cuenca, este tipo de clima se localiza del Centro de la cuenca hacia el Norte. Va aproximadamente desde los 2000 a 3340 m.s.n.m.

Tiene las mismas características del subgrupo de climas, templados subhúmedos del grupo C; que se presentó en el mapa anterior. Con una pequeña variabilidad en el rango de temperatura media anual que va de 12 a 18 °C; y en los símbolos b, i, g, que presenta al final del subgrupo. Símbolo b, significa que cuenta con verano fresco largo, temperatura media del mes más caliente entre 6.5 y 22 °C. El símbolo i, representa la isothermal, con una oscilación menor a 5 °C. El símbolo g, se utiliza para indicar marcha de Ganges, se añade después de los símbolos anteriores si el mes más caliente del año es antes de junio.



C (w_2)big

Este también pertenece al grupo de climas, templados subhúmedos.

C (w_2)

Este al igual que los dos tipos anteriores pertenece al grupo de climas, templados subhúmedos.

(A)C(w_2)

En la cuenca, este clima se ubica al Sur de la cuenca, presenta una prolongación con dirección Noroeste, el clima se presenta a una altitud aproximada de 1000 a 2000 m.s.n.m.

Este grupo de clima semicálido subhúmedo del grupo A(C); tiene las mismas características del subgrupo que se presentó en el mapa anterior de INEGI.

A w_2

En la cuenca, este clima se ubica al Sureste, sobre al punto terminal del la cuenca, presenta una prolongación con dirección Noroeste, el clima se presenta a una altitud aproximada de 740 a 1000 m.s.n.m.

Este Subgrupo de clima cálido subhúmedo del grupo A, presenta las mismas características del subgrupo cálido subhúmedo del mapa anterior.

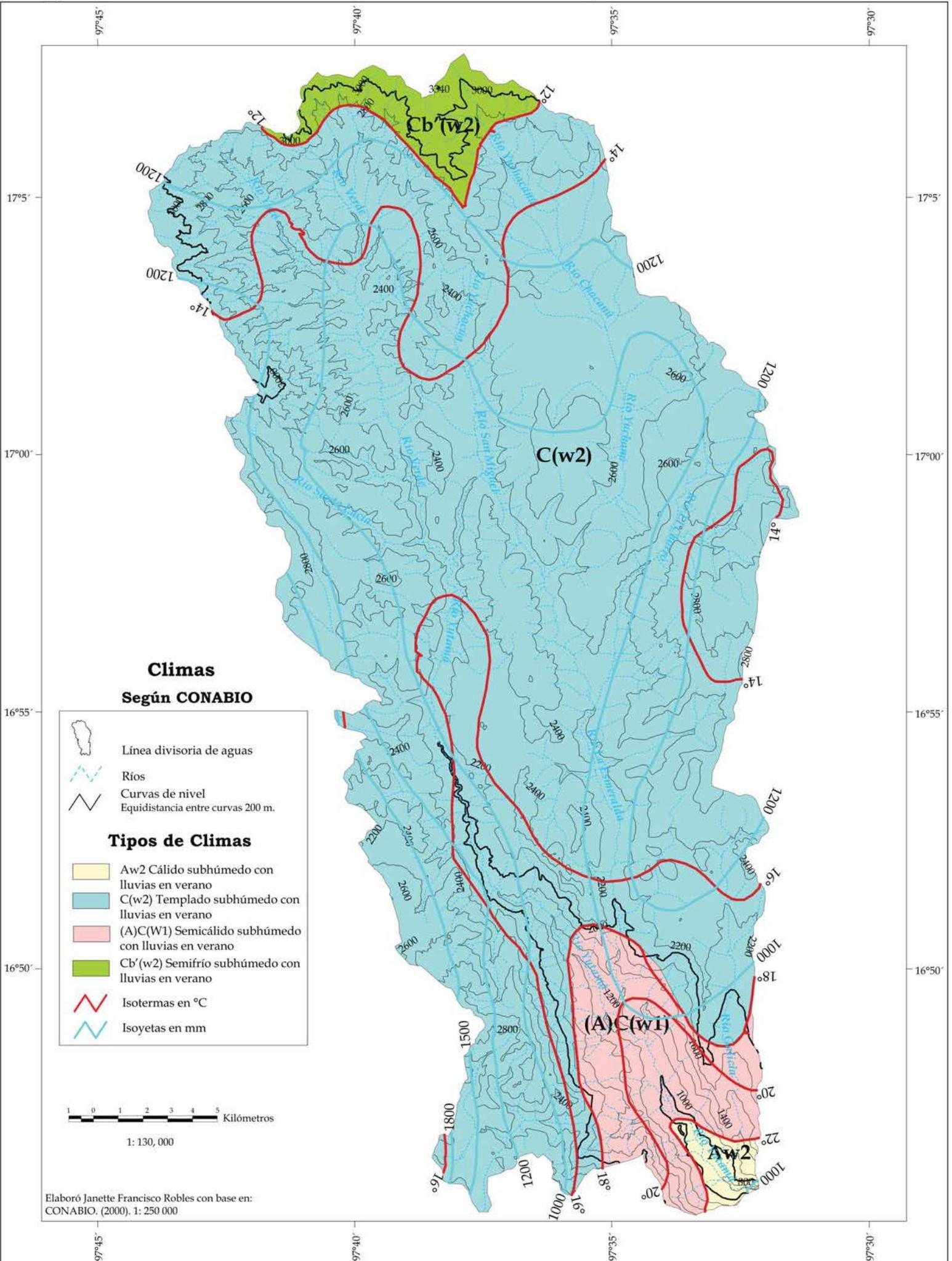
En el tercer mapa elaborado por CONABIO en el año 2000, (Mapa 1.8 Climas), presenta características similares a los dos mapas anteriores, éste no especifica los años de registro tomados para la realización del mapa, presenta y utiliza casi la misma referencia y nomenclatura del mapa de INEGI, 2003.

En los tres mapas se presenta la misma tendencia, este último se sintetiza más la información.

Presenta cuatro tipos de climas; El primero es el: A w_2 , cálido subhúmedo con lluvias de verano, se localiza en la parte Sureste de la cuenca aproximadamente de 740 a 1000 m.s.n.m.

El segundo tipo de clima (A)C(w_1), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, que se localiza en la parte Sur de la cuenca, entre 1000 y 2000 m.s.n.m., aproximadamente. Es el intermedio con respecto al grado de humedad, con coeficiente P/T entre 43.2 y 55.0

El tercer tipo es el C(w_2), templado subhúmedo con lluvias en verano, se localiza a una altitud de aproximadamente 2000 a 2800 m.s.n.m.



Y el cuarto y último tipo de clima es el Cb'(w₂), semifrío subhúmedo con lluvias en verano, en la cuenca, se ubica al Norte, por el cerro Chalcatongo, se presenta a una altitud de 2800 a 3340 m.s.n.m., aproximadamente. Este Grupo de clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano. Tiene temperatura media anual entre 5 y 12 °C. Presenta una precipitación media anual de 1400 mm.

1.2.8 Ambientes geográficos con base en el relieve

Geología estructural

Las estructuras principales de modo general, en los complejos de la cubierta de roca sedimentaria son; meso y cenozoica en el complejo Oaxaqueño.

Las rocas sedimentarias mesozoicas presentan pliegues simétricos y asimétricos que se orientan hacia el Norte y Noroeste.

Las fases de formación reconocidas en la región corresponden en un primer evento tectónico contemporáneo a la orogenia Grevillana que en el precámbrico da origen a las rocas del ahora llamado complejo Oaxaqueño.

Durante el jurásico-cretácico sucede una deformación compresional que produce el metamorfismo y el emplazamiento plutónico, ello evidenciado en las unidades del complejo Xolapa, esta deformación se cree que sea contemporánea en el evento cordillerano, (F. Ortega, 1981). Las rocas plegadas del mesozoico permiten inferir una etapa compresiva tal vez sucedida en el inicio del cenozoico y que puede asociarse con el volcanismo oligo-mioceno. Una última fase, de carácter distensivo plio-cuaternaria es la responsable del fracturamiento y fallamiento normal que involucra a todas las unidades de roca.

Geomorfología general

En el área de estudio se distinguen dos elementos geomorfológicos, el más distintivo es la zona de montañas que conforman el relieve endógeno de plegamiento con acumulaciones de rocas volcánicas en el cual los procesos de modelado endógeno han deshecho sus formas originales. A este grupo corresponden las formas plio-cuaternarias, cuya edad, relativamente corta, ha impedido que la erosión altere su aspecto original.

Y la segunda zona constituida por rocas sedimentarias marinas y continentales; que en conjunto se hallan afectados por cuerpos intrusivos, batolíticos, el desarrollo geomorfológico evidencia una etapa de juventud.

Estratigrafía

Las unidades tienen registros en tiempo geológico de un rango comprendido del cenozoico y mesozoico.

Para el cretácico inferior; se depositaron sedimentos marinos sobre unidades metamórficas, esto se representa por calizas, lutitas, areniscas y conglomerados, correlacionables con las formaciones superiores del grupo Tecocoyunca. En el cretácico inferior ocurre depositación marina con transición de detritos a carbonatos con pedernal y a calizas de plataforma de edad Albiano-Cenomaniano de la formación Teposcolula.

Durante el cenozoico; la sedimentación es de tipo continental con desarrollo de lechos rojos correspondientes a las formaciones Huajuapán y Yanhuitlán. En el oligoceno-mioceno; las rocas andesíticas, simbolizan la actividad volcánica con que finaliza la evolución geológica.

Clasificación de los tipos de relieve

Para la clasificación de tipos del relieve en la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca, se contemplaron las formas de relieve, en función de su origen geológico, su composición litológica y estructural; además, toma en cuenta la configuración de la superficie, o sea la topografía de la cuenca. (Mapa 1.9 Tipos de relieve)

El mapa resume los ambientes geográficos y tipos de relieve determinados para la cuenca del río Yutamá.

Según (Benítez, 1990) el primer aspecto que se toma en cuenta para su elaboración es la escala. La información contenida en el mapa depende del grado de detalle permitido por aquella.

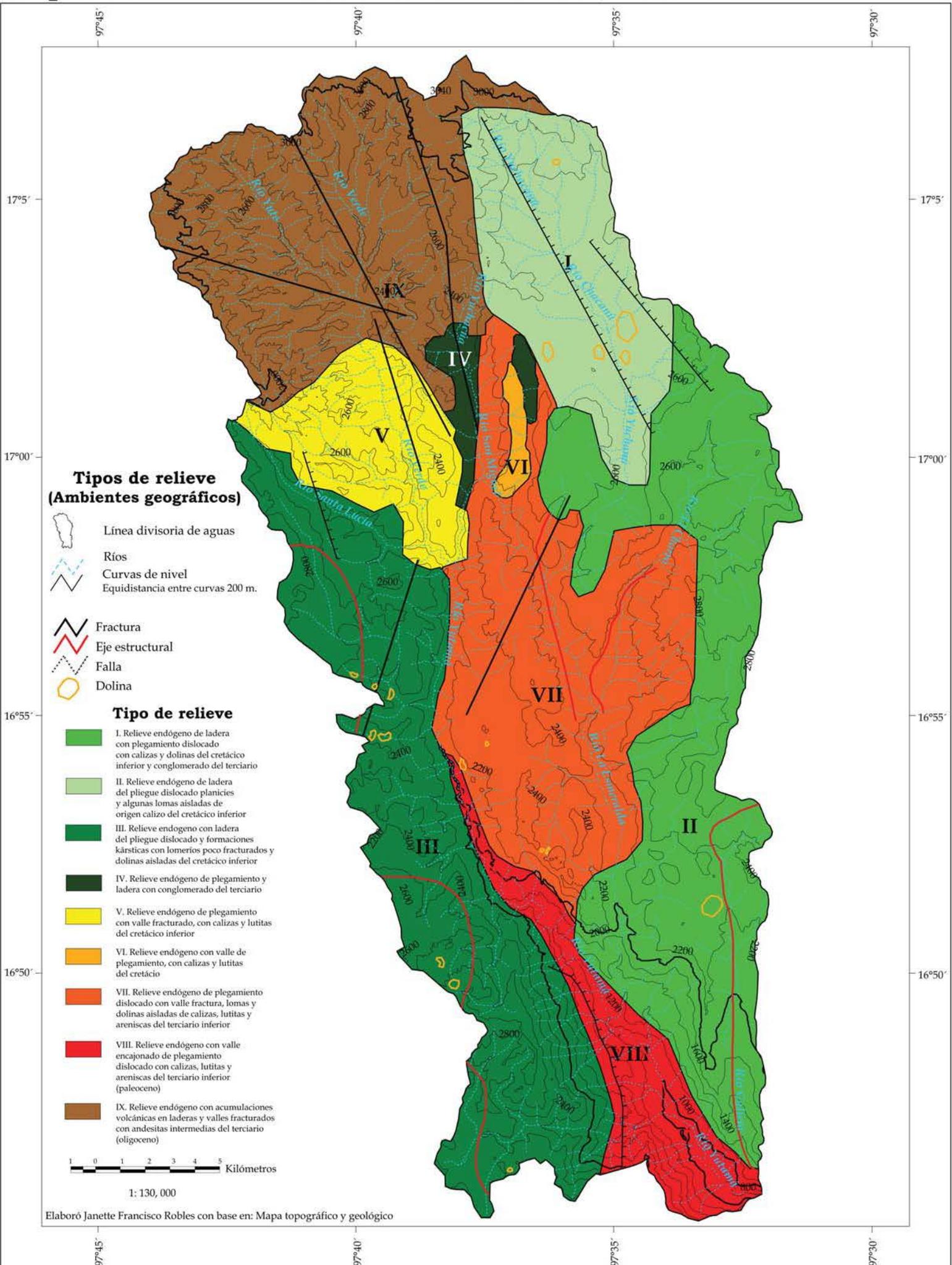
Un punto esencial para elaborar el mapa de tipos de relieve es la obtención de datos geológicos y topográficos precisos. Para el caso que nos ocupa, éstos se encontraron principalmente en los mapas temáticos correspondientes, escala 1: 250 000 y topográficos escala 1: 50 000, editados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática (INEGI).

Para clasificar las formas definidas del relieve se deben seguir dos pasos primordiales: En el primero paso se zonifica geográficamente en el mapa topográfico, y posteriormente en el segundo paso, con el mapa geológico se realiza la zonificación definitiva. (Correa, S/F).

El análisis de la carta de formas de relieve, permite advertir algunos procesos que en otras cartas no son indicados.

La clasificación que se presenta en la carta antes mencionada es de tipo morfogénico, ya que se deriva de la relación entre los procesos morfológicos y la base geológica.

Con base en la metodología las formas de relieve que se encuentran en el área de estudio pertenecen a dos grupos: Relieve endógeno y relieve endógeno modelado, mismos que se subdividen en relieve endógeno volcánico acumulativo y relieve endógeno modelado de montañas de plegamiento.



I.- Relieve endógeno de ladera con plegamiento afallado de calizas y dolinas³ del cretácico inferior y conglomerados del terciario inferior:

Se localiza en la parte Noreste de la cuenca con una altitud de 2400 a 3000 m.s.n.m., y tiene integrados los ríos: Chacaná, Yuchaná, El Chorro y La Esmeralda con una dirección Norte-Sur; pero en general en esta clasificación son escasos los rasgos fluviales. Este tipo de relieve tiene un área de 60 km², 10.4 % del área total de la cuenca. Se encuentra una municipalidad importante por su extensión, llamado Villa Chalcatongo de Hidalgo, alrededor de dicho municipio se presenta un área extensa de agricultura de temporal.

Este tipo de relieve se caracteriza principalmente por sus plegamientos con fallas dispuestas paralelamente que acusan una dirección Noroeste-Sureste y sus laderas son de pendiente suave. Las calizas que lo constituyen son de ambientes neríticos, de texturas grainstone y packstone parcialmente recristalizada, de color gris claro en estratos de delgados a gruesos del cretácico inferior. Por su excelente porosidad y sus extensas zonas de disolución forman cavernas, grutas y dolinas aisladas. Presenta grandes estructuras de plegamiento normal.

El conglomerado, compuesto por caliza, cuarzo blanco y rocas intrusivas de clastos subredondeados a redondeados, se presenta con fracturamiento moderado, el espesor expuesto de 200 mts. De color rojo. Morfológicamente se presenta como serranías bajas y lomeríos bajos de pendiente suave y se localiza principalmente en el Noreste de la presente forma de relieve en islas incrustadas en las calizas. Se considera una zona de acumulación de sedimentos causados por la gran erosión en las partes altas de la cuenca.

II.- Relieve endógeno de ladera con plegamiento dislocado, con planicies y lomas aisladas de origen calizo del cretácico inferior:

Se localiza al Este de la cuenca a una altitud de 800 a 2800 m.s.n.m., y tiene integrado dos ríos principales con una dirección Norte-Sur, estos son el río La Esmeralda aproximadamente a los 2000 m.s.n.m. Y el río Galicia, cuenta con dos formaciones llamadas cordones, constituidos por el plegamiento que establecen las anticlinales; el cordón El pajarito al Este, sobre el límite de la cuenca y el cordón Yauvequí en el parteaguas, entre el río Galicia y Yutamá. Tiene un área de 98.1 km², que equivalen a 17.6 % del área total. Se presenta un municipio llamado Santiago Yosondúa al Sur de dicha forma de relieve.

Se caracteriza por sus laderas de pendiente moderada provocadas por el plegamiento que forman sierras estrechas y alargadas con dirección Norte-Sur, y que estructuralmente tiene anticlinales separados por valles sinclinales que destacan en la parte inferior. Esta constituido por calizas masivas parcialmente recristalizadas en ocasiones con nódulos de

³ Son depresiones kársticas generadas por disolución; en su forma primaria, en la intersección de dos o más diaclasas. El resultado de la infiltración del agua por la intersección y por las fisuras menores es la creación de una zona de máxima disolución. La emigración de caliza, separación de "terra rossa" decalcificación y consiguiente pérdida de volumen, determinará el hundimiento lento de toda la zona afectada a partir de su centro, originándose entonces una depresión circular o anular, en principio embudiforme, llamada dolina y que es un tipo de depresión kárstica. En toda dolina debemos diferenciar dos regiones: la externa o embudo, porque se recogen las aguas de precipitaciones y de escurrimiento, principal elemento colector que en ocasiones sirve también de depósito, y la chimenea o tubo de absorción, asiento de los fenómenos de disolución y región por la cual el agua se infiltra fácilmente. En el momento que la dolina se engendra, la cantidad de agua absorbida aumenta considerablemente, puesto que actúa de verdadero embudo de absorción.

La dolina representa una zona óptima de absorción, puesto que no sólo absorbe las aguas pluviales que vierten directamente sobre ella, sino también las resultantes del escurrimiento de las vertientes sobre las que pueden desarrollarse talwegs transitorios que favorecen la conducción de las aguas de escurrimiento hacia la dolina, que funciona como nivel de base de dichas aguas de escurrimiento. (Llopis, 1977, págs. 79-80)

pedernal del cretácico inferior, con capas mayores de un metro de espesor. Es un terreno en el cual las corrientes han labrado lomas aisladas y abanicos aluviales testigo de la erosión.

III.- Relieve endógeno con ladera de pliegue dislocado y formaciones cársticas con lomeríos poco fracturados y dolinas aisladas del cretácico inferior:

Se localiza al Oeste de la cuenca de 2400 a 2800 m.s.n.m., tiene rasgos fluviales de afluentes intermitentes al río Yutamá y éste pasa por la parte Centro-Sur de este tipo de relieve con una dirección Noroeste-Sureste. Cuenta con dos cerros, al Sur el cerro Yucundá y El Sol. Su principal asentamiento humano es el municipio de Santa Lucía Monte Verde. Ocupa un área de 103.1 km², que equivalen a 18 % del área total de la cuenca.

Se caracteriza por sus laderas pronunciadas a moderadas, provocados por el plegamiento que constituye un sinclinal; existe una profundización de las corrientes fluviales que dan un sistema de drenaje subparalelo y subdendrítico. Esto corresponde a las rocas sedimentarias químicas clásticas de ambiente marino y continental del cretácico inferior. Existe la presencia de procesos cársticos, los cuales, han labrado dolinas en la porción Centro-Oeste, muy cercana al límite de la cuenca.

IV.- Relieve endógeno de ladera con plegamiento, y con conglomerado del terciario inferior:

Se localiza dentro de la cuenca al Centro-Norte en dos protuberancias pequeñas y alargadas. Se encuentra entre los 2400 a 2600 m.s.n.m. Sobre el pasan afluentes intermitentes del río Yuchacúa y el río San Miguel. Sus laderas de pendiente moderada.

Tiene un área de 12 km², equivalentes a 2 % del área total.

Se forma sobre conglomerado polimictico masivo, de color rojo del terciario inferior en estratos gruesos. Los guijarros se presentan redondeados de diez centímetros de diámetro principalmente derivados de calizas y con cementantes carbonatados y calcáreos, presenta esporádicos lentes arenosos de grano fino, se encuentra afectada por diques andesíticos.

V.- Relieve endógeno con valle de plegamiento fracturado de calizas y lutitas del cretácico inferior:

Se encuentra ubicado al Oeste-Noroeste de la cuenca entre 2400 a 2800 m.s.n.m. Ahí nacen algunos afluentes intermitentes del río Verde y Santa Lucía. La localidad más importante es la de Santa Catarina Yosonotú. Tiene un área de 33 km², 57 % del área total.

Se caracteriza por presentar plegamiento con ladera de pendiente pronunciada y valle formado por el cauce principal de la cuenca. Constituido por calizas y lutitas del cretácico inferior que no son muy resistentes a la erosión por lo que, la erosión fluvial es muy marcada.

VI.- Relieve endógeno con valle de plegamiento de calizas y lutitas del cretácico inferior:

Se localiza al Centro-Norte de la cuenca con 2400 m.s.n.m. Presenta características similares al anterior tipo de relieve. El Valle lo forma el río San Miguel que presenta una etapa de madurez y rasgos fluviales marcados, cuenta con un área de 3.33 km², que equivalen a 0.5 % del área total.

Se compone de una secuencia sedimentaria marina de facies litoral, compuesta por una alternancia de calizas y lutitas areno-arcillosas, con texturas de packstone compacta que produce astillas. Las lutitas son laminares con fracturamiento. La secuencia presenta ínterestratificadas areniscas, ortocuarsitas de grano grueso de color gris claro. Se presenta como cerros bajos.

VII.- Relieve endógeno de plegamiento dislocado con valle fracturado, lomas y dolinas aisladas de calizas, lutitas y areniscas del terciario inferior (paleoceno):

Se localiza al Centro de la cuenca en los 2200 a 2800 m.s.n.m. Ocupa un áreas de 111.2 km², que son equivalentes en porcentaje a 19.4 del área total de la cuenca. La localidad principal es Cañada Morelos.

Los plegamientos constituyen los anticlinales que forman serranías aisladas y bajas que acusan Norte-Sur, que dividen el río San Miguel del río Yuchanú correspondientes a los valles de tipo sinclinal que lleva una dirección Norte-Sur. Los rasgos fluviales están presentes y acumulan un espesor potente de sedimentos aluviales, causados por la fuerte erosión, estos sedimentos propician zonas aptas para el cultivo.

Constituido por calizas, lutitas y areniscas del cretácico en una secuencia estratificada con capas de espesor de 10-40 cm, con base continental y hacia la cima un ambiente marino. Litológicamente contiene areniscas, limolitas, lutitas, margas y calizas con concreciones calcáreas y hematíticas. La posición estratigráfica esta bajo las unidades cretácicas; así como el hallazgo de capas carbonosas. Se expresa con relieves de lomerías bajos y por la disolución de las calizas existen dolinas labradas al Sur de este tipo de relieve.

VIII.- Relieve endógeno de plegamiento con valle encajonado dislocado de calizas, lutitas y areniscas del terciario inferior (paleoceno):

Ubicado al Sur de la cuenca en forma de protuberancia con una dirección Norte-Sur. Va de los 740 a los 2000 m.s.n.m. Con un área de 50 km², equivalentes a 8.7 %. En este tipo de relieve se presenta el colector principal de la cuenca, río Yutamá con dirección Noroeste-Sureste,

Los pliegues formados por anticlinales y sinclinales, forman sierras alargadas y valles con laderas muy escarpadas. Las fallas y fracturas tienen una dirección Norte-Sur y Noroeste-Sureste; y se encuentra disectado por un cañón.

La corriente principal se encajona en la línea de fractura. Los afluentes han labrado montañas y cerros testigos de la fuerte erosión; así como, originado valles y cañones. Al pie de las sierras algunos abanicos aluviales debido a la erosión diferencial. Constituido por calizas, lutitas y areniscas del cretácico inferior correspondientes al paleoceno que favorecen este tipo de relieve en la cuenca.

IX.- Relieve endógeno con acumulaciones volcánicas, con laderas y valles fracturados de andesitas intermedias del terciario (oligoceno-mioceno):

Se localiza el Norte de la cuenca, se desarrollo entre los 2200 a 3340 m.s.n.m. Con un área de 101.2 km², 17.7 % del área total de la cuenca. En este tipo de relieve se presentan establecidos dos municipios importantes; San Esteban Atlatlahuca y San Miguel El Grande. En este tipo de relieve nacen los arroyos que dan origen al colector principal de la cuenca, el cual, tiene en un principio el nombre de río Yute.

Se caracteriza principalmente por presentar laderas relativamente jóvenes, formadas por acumulaciones de tipo andesítico que forman valles fluviales. Esta vasta geoforma presenta pendientes algo escarpadas, descienden de un área montañosa que presenta flancos extensos. Tiene una disección notable y una erosión poco pronunciada, debido a la vegetación que la cubre.

Presenta un fracturamiento contundente que acusa una dirección Noroeste-Sureste y Oeste-Este. Las mayores elevaciones se encuentran en la parte Norte y Oeste con una altura de 3200 y 3300 m.s.n.m.

Por su génesis el área se encuentra constituida por relieves de montañas volcánicas plegadas y afalladas, la disección del relieve podría ser que se formó porque algunas corrientes que fueran antecedentes o probablemente debido a la erosión diferencial.

Las andesitas que lo constituyen son porfídicas de color gris oscuro que se intemperiza en color verde oscuro y café, ocasionalmente con estructura fluídala se da una estratificación e intemperismo esferoidal. Se encuentra afectado en gran parte de la secuencia del área en forma de mantos de grandes caladas.

Está relacionada al oligoceno superior-mioceno inferior. Se expone en forma de cerros escarpados con intensos fracturamientos. Su expresión morfológica es de montañas altas con laderas de pendientes escarpada. Cubre discordantemente las rocas del mesozoico y paleozoico.

1.2.9 Edafología

De acuerdo con los objetivos hidrogeográficos de este trabajo el estudio de la litología (rocas) y suelos de la cuenca debe estar encaminado a clasificar en términos generales su permeabilidad mayor o menor, y en ciertos casos debe ser mucho más detallado; indicando la localización de las aguas subterráneas, sus áreas de recarga, resurgencia o descarga.

El suelo influye especialmente sobre el régimen hidrológico de la corriente y en transporte de material sólido, ya que sus características físicas determinan la naturaleza y el desarrollo de la vegetación. La evapotranspiración, la erosión y el arrastre de sólidos son función del tipo de suelo de la cuenca, concretamente en la relación a los suelos, será conveniente estimar su capacidad de infiltración, y con base a la textura determinar su capacidad de retención de agua como humedad en el suelo. (Mapa 1.10 Edafología)

Unidades de suelo de la cuenca del río Yutamá

Se presenta una tabla con la información global de las unidades de suelo en la cuenca, para después detallar las particularidades de cada unidad.

Mapa 1.10

Cuenca del río Yutamá, Oaxaca

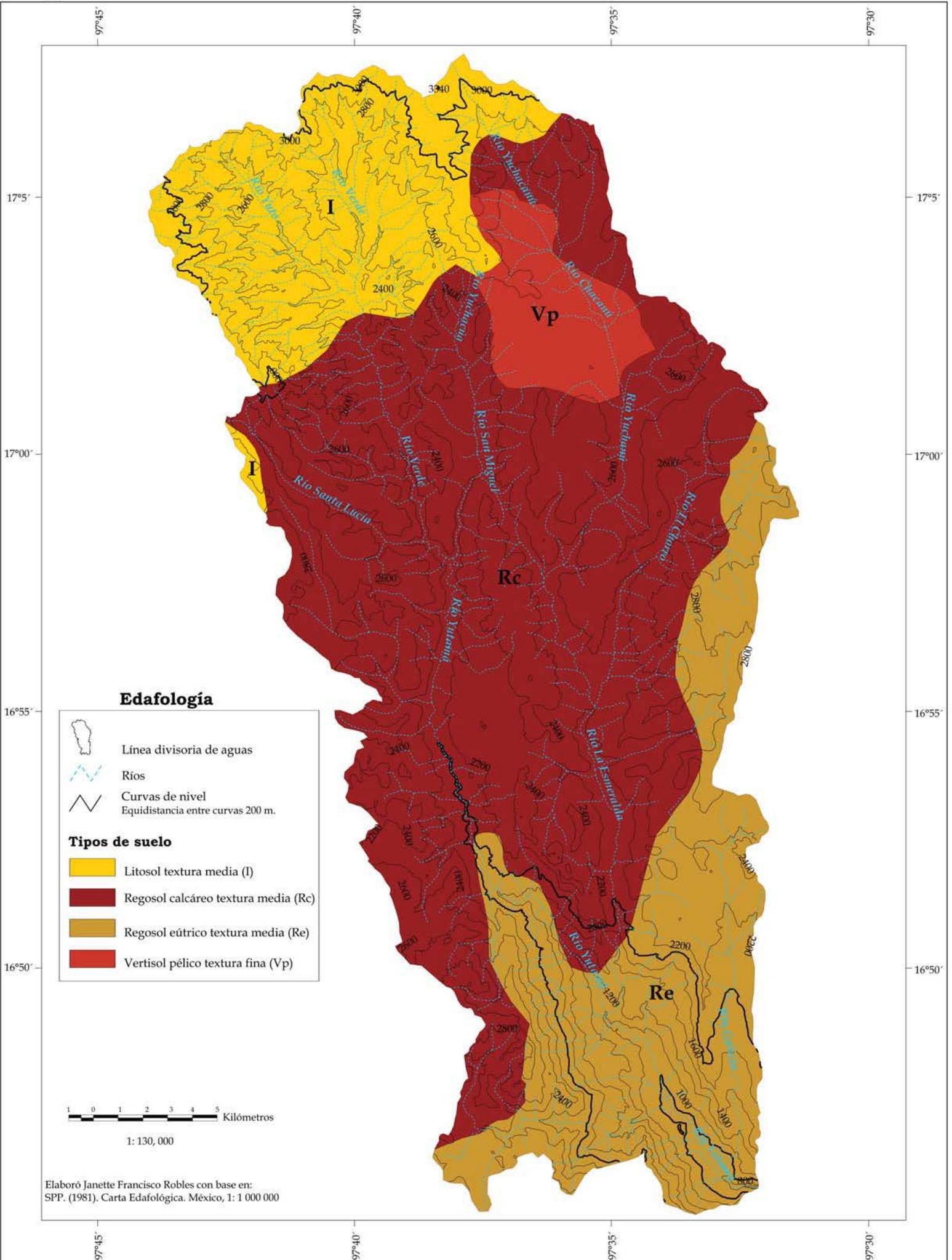
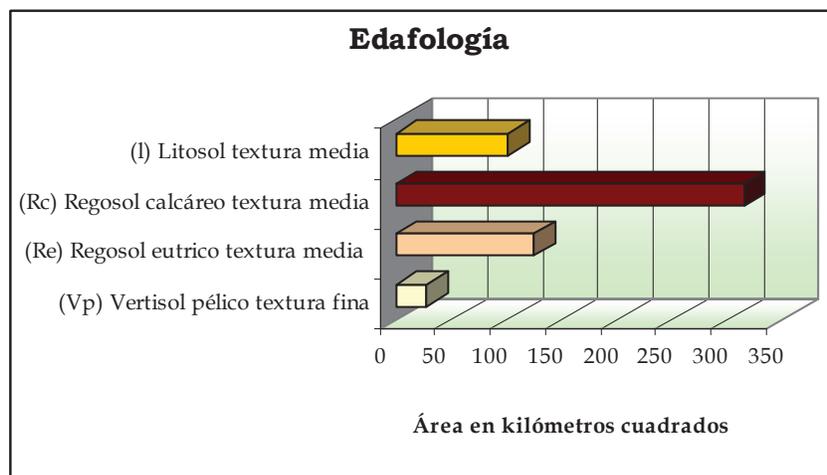


Tabla 1.6 Principales unidades de suelo

Unidad de suelo	Localización	Área en km ²	Porcentaje areal
(I) Litosol textura media	Norte	102.20	17.88
(Rc) Regosol calcáreo textura media	Suroeste, Centro y Noreste.	315.61	55.22
(Re) Regosol eutrico textura media	Este y Sureste	124.94	21.86
(Vp) Vertisol pélico textura fina	Noreste	28.73	5.02
Total		571.50	100.00

Fuente: Unidades de suelo del Sistema FAO/UNESCO, 1970. Modificado por CETENAL.

En la cuenca Yutamá se encontraron cuatro principales tipos de suelo.

Gráfica 1.7

Fuente: SPP. (1981). Carta Edafológica. México. 1: 1 000 000

Litosol (I):

Unidad de suelo que muestra la característica primaria en función de los horizontes de diagnóstico específicos. (Piedra; literalmente suelo de piedra).

Son suelos que se muestran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm. Hasta la roca, tepetate o caliche duro en mayor o menor proporción, en laderas, barrancas en la cuenca del río Yutamá se presentan en zonas en montañas y laderas altas de origen volcánico y parte del talud superior. Tiene características muy variables en función del material que lo forma.

Pueden ser fértiles e infértiles, arenosos o arcillosos. En el caso de la cuenca en estudio, los suelos de esta unidad son de textura limosa o media /2⁴. Este tipo de suelo se encuentra principalmente en la parte Norte y Noroeste, en las laderas, barrancas de la cuenca del río Yutamá, se presentan en zonas de montañas y laderas altas de origen volcánico y parte del talud superior cuenta con un área de 102.20 km², y un porcentaje de 17.88 % del área total. Casi coincide con el área y la ubicación que ocupa la toba intermedia andesítica en el mapa litológico y geológico. Se encuentra una altitud de 2400 a 3340 m.s.n.m. aproximadamente, En pendientes mayores a los 6° lo que provoca que también sean suelos susceptibles a la erosión; aunado a esto corresponde a zonas donde la precipitación y el viento son mucho mayores. En el municipio de San Esteban atlatluca el suelo es principalmente de color negro o de tierra colorada, se utiliza para el cultivo de maíz, habas, ejotes y chilacayote.

Regosol (R): Unidad edáfica dominante que muestra las características inherente a un tipo de suelo que se forma en las laderas con materiales disímiles, variedad de climas, entre otras. Su denominación viene del griego: rhexos que significa “cobijador” definición connotativa de la capa de material de suelo que cubre a la roca. Son suelos que se pueden encontrar en climas muy distintos y con tipos de vegetación diversos. Se caracteriza por no presentar capas distintas en general son claros y se parecen bastante a la roca que los subyace cuando no son profundos. Se encuentran en las laderas de todas las sierras mexicanas muchas veces acompañados de litosoles y de afloramientos de roca o tepetate.

Frecuentemente son someros; su fertilidad es variable y su uso agrícola está principalmente condicionado a su profundidad y al hecho que no presente pedregosidad en las sierras se encuentra un uso pecuario y forestal, con resultados en función de la vegetación que exista, son de susceptibilidad variable a la erosión.

Foto 1.3



Lugar: Santiago Yosondúa, Long. 97°34'51.5" Lat. 16°50'44.61" Alt. 1970 m.s.n.m. En primer plano se observan, un perfil del suelo que mide 2 metros. Se tomó muestra. Como se puede observar es de color café oscuro y se aprecia en la parte superior escasa vegetación. Al fondo vegetación arbórea.

⁴ La clase textural media (/2) se refiere a suelos de textura franca o limosa con retención de agua y nutrientes modera, drenaje interno eficiente y de fácil manejo tiene una alta susceptibilidad a erosionarse depende de la zona donde se encuentren, la topografía y el mismo suelo, el uso de suelo depende de la vegetación que lo cubre.

Regosol Calcáreo (Rc):

Subunidad de suelo dominante, formados de materiales calcáreos que pueden ser de diferentes orígenes, su utilización es muy variable. Son Suelos ricos en cal. Son los más fértiles de los regosoles. Este tipo de suelo se encuentra en casi toda la cuenca al Noreste, Centro y Suroeste, coincide con la localización de la roca caliza sedimentaria, caliza-lutita-arenisca, se presentan en zonas de montañas y laderas altas de origen sedimentario, parte del talud superior e inferior y parte de las depresiones bajas, cuenta con un área de 315.61 km², y un porcentaje de 55.22 % del área total. Se encuentra una altitud de 2400 a 2800 m.s.n.m. aproximadamente. En el municipio de Santa Catarina Yosonotú el suelo es arcilloso y muy montañosos, se aplican distintas técnicas para cultivar. En los suelos de Santa Lucía Monteverde se cultiva café en laderas, maguey, nopal, durazno y pera.

Regosol eútrico (Re):

Subunidad del suelo dominante, que abarca características menos relevantes como el color del suelo, presencia de algún elemento químico su saturación con agua etc. El regosol eútrico (e), no tiene ninguna propiedad especial salvo las ya señaladas para el grupo regosol. Su capa superficial es de color claro que puede ser o no, pobre en materia orgánica. Este tipo de suelo se encuentra en la porción Este y Sureste de la cuenca, se presentan en zonas de montañas y laderas intermedias, parte del talud superior e inferior y parte de las depresiones bajas y el área del cañón casi en su totalidad, cuenta con un área de 124.20 km², y un porcentaje de 21.86 % del área total. Se encuentra a una altitud de 740 a 2800 m.s.n.m. aproximadamente.

Vertisol:

Unidad de suelo dominante, (Del latín, verto: voltear. Literalmente, suelo que se revuelve). Son suelos que se presentan en climas templados y cálidos, en zonas donde hay una estación seca marcada y otra lluviosa. La vegetación natural de estos suelos va desde las selvas bajas hasta los pastizales y matorrales de los climas semisecos.

Se caracteriza por las grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de sequía, son suelos muy arcillosos. Son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos. A veces son salinos, tienen por lo general una baja susceptibilidad a la erosión.

Vertisol pélico (Vp):

(Del griego pellos: grisáceo, sin color). Estos son vertisoles negros o grises oscuros. Se encuentran en la parte Sur del país. Este tipo de suelo se encuentra en la porción Noreste de la cuenca, se presentan en zonas de montañas y laderas altas de origen volcánico, parte del talud superior, cuenta con un área de 28.73 km², y un porcentaje de 5.02 % del área total. Se encuentra una altitud de 740 a 2800 m.s.n.m. aproximadamente.

1.2.10 Vegetación y uso del suelo

La vegetación o cobertura vegetal en particular los bosques y los cultivos añaden su influencia a la naturaleza geológica de la cuenca, para condicionar la retención; la evaporación y el escurrimiento, ya que la vegetación controla la acción y el movimiento del agua; la intercepción, almacenamiento y evapotranspiración además evita la erosión.

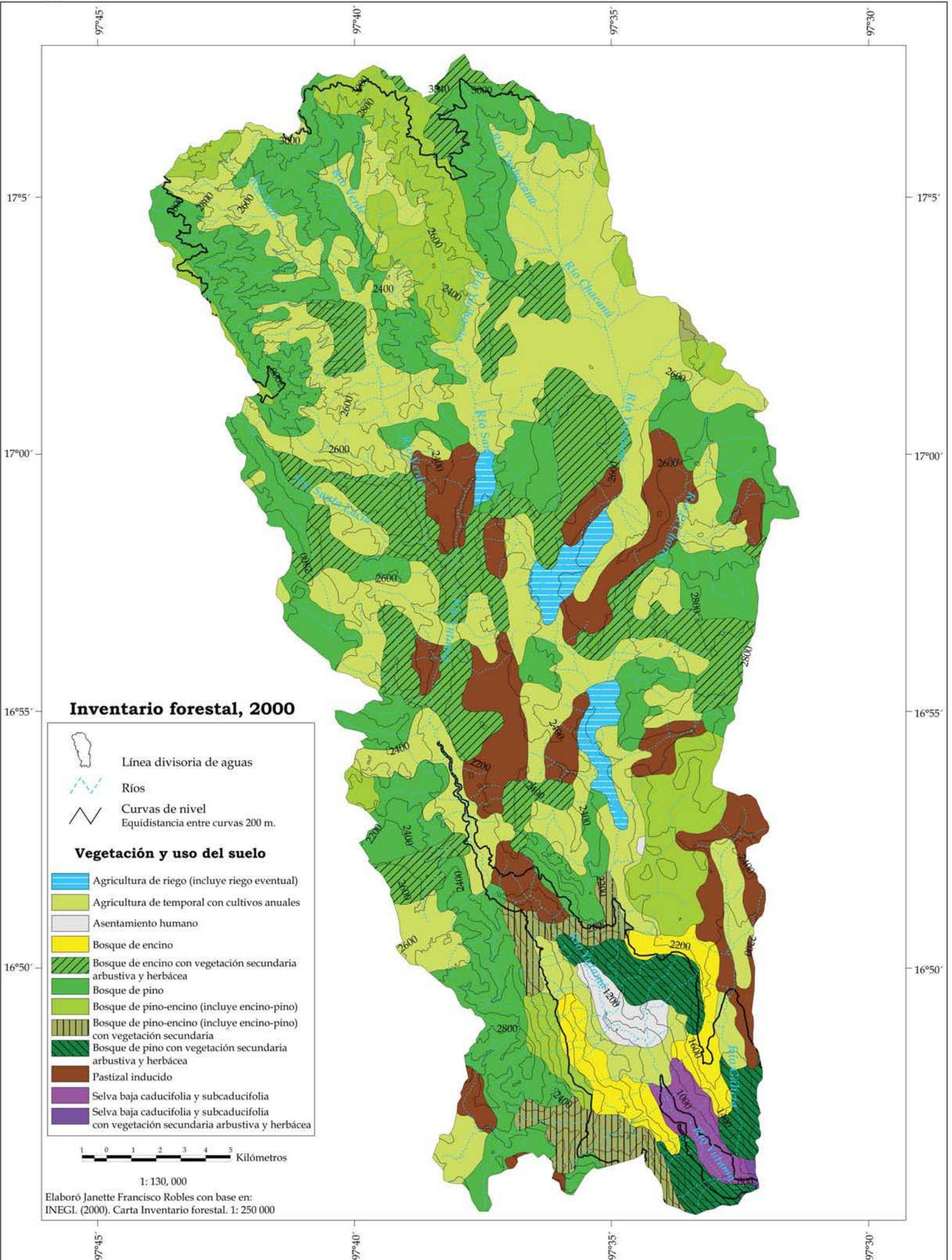
A continuación se presenta la tabla de datos que muestran la vegetación y el uso de suelo obtenidos del Inventario Forestal de INEGI, 2000, con el área que ocupa en km², y el porcentaje en orden descendente con respecto al área, agrupados por tipo.

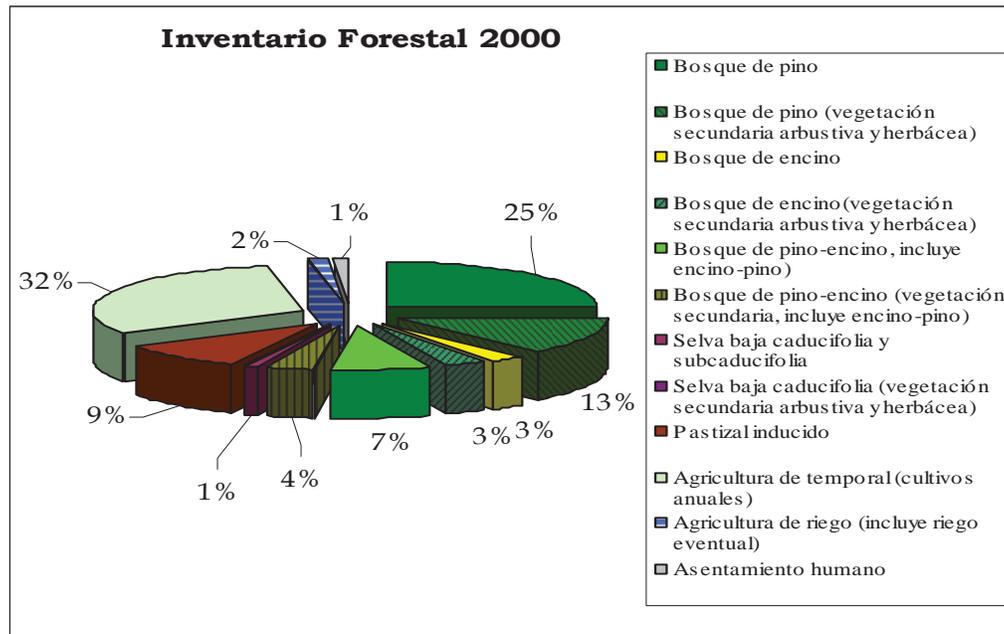
Tabla 1.7 Inventario Forestal, INEGI, 2000

Vegetación y uso de Suelo	Área en Km ²	Porcentaje areal
Bosque de pino	144.49	25.2
Bosque de pino (vegetación secundaria arbustiva y herbácea)	75.30	13.17
Bosque de encino	14.96	2.61
Bosque de encino(vegetación secundaria arbustiva y herbácea)	19.32	3.38
Bosque de pino-encino incluye encino-pino)	42.28	7.39
Bosque de pino-encino (vegetación secundaria, incluye encino-pino)	21.74	3.80
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	6.25	1.09
Selva baja caducifolia (vegetación secundaria arbustiva y herbácea)	0.17	0.02
Pastizal inducido	54.22	9.48
Agricultura de temporal (cultivos anuales)	176.45	30.87
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	9.98	1.74
Asentamiento humano	6.34	1.10
Total	571.50	100.00

Fuente: INEGI. (2000). *Cartas Inventario forestal. E14-12, Zaachila; E14-12, Oaxaca. 1: 250 000*

En la cuenca del río Yutamá se identificaron doce asociaciones vegetales para el año 2000, cabe agregar que esta carta es similar a la carta de uso de suelo y vegetación editada por el INEGI en 1986, escala 1:250 000, elaborada con fotografía aérea del año 1984. La vegetación no presenta ninguna modificación con respecto a la alteración dada por el hombre a esta cuenca natural, lo cual, es muy contradictorio, al compararlas con las cartas anteriormente dichas. (Mapa 1.11 Inventario forestal, 2000).



Gráfica 1.8

Fuente: INEGI. (2000). *Cartas Inventario forestal. E14-12, Zaachila; E14-12, Oaxaca. 1: 250 000*

Vegetación

Vegetación arbórea de bosque, se presenta en las regiones de clima templado y semifrío, con diferentes grados de humedad, por lo común con poca variación de especies. La vegetación arbórea densa, se localiza en laderas de montañas, barrancas y otros sitios protegidos en condiciones de humedad más favorables, generalmente se encuentran a altitudes entre 800 y 2400 m.s.n.m., limitada por el bosque de pino-encino.

Los principales grupos de vegetación que se encuentran formando bosques y que se señalan en la carta de uso de suelo y vegetación escala 1: 250 000 son: Oyamel, Cedro blanco, Carpinus, Eucalipto, Aile, Hilite, Enebro, Pino, Encino, Pirul, Ahuehuéte, o Sabino *casuarina*, Sauce y Ayarín.

Bosque de pino de la cuenca:

Ocupa un área de 144.49 km² y un 25.2 % del área total de la cuenca. Ubicada en algunas islas al Oeste, Suroeste y Centro de la cuenca, a una altitud de 2600 a los 3340 m.s.n.m., en las montañas y laderas altas e intermedias donde se encuentra por ejemplo el cerro Cabandasonu al Noreste de la cuenca, y cañada Morelos al Centro de la cuenca. (Anexo 1.1)

Por lo general se usa localmente para extraer madera para leña y obtención de carbón, algunas resinas, las laderas están sujetas a incendios continuos que aparentemente

favorecen al mantenimiento de la estructura y composición de esta comunidad vegetal favoreciendo la abundancia de gramíneas.

Bosque de pino (con vegetación arbustiva⁵ y herbácea⁶):

Se encuentra distribuida a lo largo y ancho de la cuenca en manchones medianos, sobre todo a una altitud de 2000 a 3340 m.s.n.m., las especies que predominan en este tipo de vegetación es similar a la anterior. Tiene una extensión de 75.30 km² equivale a 13.17 % del área total de la cuenca.

Bosque de pino–encino (con vegetación secundaria, incluye encino-pino):

Cuenta con un área de 21.74 km² y 3.80 % del total de la cuenca; existen pequeñas islas al Sur de ella, este tipo de vegetación se encuentra a una altitud de 1600 a 2200 m.s.n.m.

Bosque de pino–encino (incluye encino-pino):

Este bosque tiene predominio de encino y ocupa un área de 42.28 km² y 7.39 % del área total de la cuenca, se localiza al Sur, Este y Norte de la cuenca a una altitud de 2400 a 3200 m.s.n.m. El uso local: La mayor parte de esta área está sujeta a talas e incendios, la madera que se extrae es para usos domésticos —leña y construcción— e industrial —fabricación de papel—.

Bosque de encino:

Ocupa una extensión de 14.96 km² y 2.61 % del área total de la cuenca, se localizan dos lenguas al Sur de la cuenca una de cada lado del colector principal Yutamá, antes de la desembocadura, a una altitud de 1000 a 1800 m.s.n.m., en la zona del cañón y cordón Yauvequi.

Bosque de encino (con vegetación secundaria arbustiva herbácea):

Dentro de la cuenca ocupa una extensión de 19.32 km² y 3.38 % del área total, y se localiza en pequeñas porciones al Sur de la cuenca a una altitud de 1000^a 1400 m.s.n.m. El uso local que se le da a esta especie vegetal es para obtención de sus maderas y otros, con un índice alto de explotación.

Selva: Las selvas son comunidades formadas por vegetación arbórea, generalmente se encuentran localizadas en climas cálidos–húmedos y subhúmedos. A diferencia de los bosques, las selvas son comunidades muy complejas en cuanto a la composición de su flora.

⁵ Vegetación secundaria arbustiva, fase sucesional secundaria de la vegetación, con predominancia de arbustos. Puede ser o no sustituida posteriormente por una fase arbórea. Con el tiempo puede dar lugar a una formación similar a la vegetación original, en caso de no perturbarse o destruirse nuevamente.

⁶ Vegetación herbácea, primera fase sucesional secundaria de la vegetación, con predominancia de formas herbáceas. Puede ser sustituida posteriormente por una fase arbustiva. Con el tiempo puede dar lugar a una formación similar a la vegetación original, en caso de no perturbarse o destruirse nuevamente.

Clasificación de acuerdo a su altura y a la persistencia o caducidad de la hoja durante la época más seca del año.

Selva baja: Entre 4 y 15 metros de altura.

Caducifolia: Más del 75 % de los árboles tiran las hojas en la época más seca del año; se distribuye frecuentemente, sobre laderas de cerros. Subcaducifolia: Entre el 50 % y el 70 % de las especies tiran la hoja en la época más seca del año.

Selva baja caducifolia y subcaducifolia:

Ocupa un área de 6.25 km² y un porcentaje de 1.09 del área total de la cuenca, se ubica al Sureste a una altitud de 800 a 1200 m.s.n.m., una porción muy pequeña sobre el colector principal antes de su punto terminal. Este tipo de vegetación se encuentra casi en su totalidad en las depresiones con un clima más cálido.

El uso local es para recolección de frutos, forrajes. La posible existencia de selva baja caducifolia y subcaducifolia debe ser bastante antigua en esta región; ya que el actual matorral surgió debido a la extinción de selva. Se encuentran diversos pastos que no son identificables ya que no cuentan con espigas, y muchas plantas carentes de hojas. Persiste la actividad pecuaria de ganado caprino.

Foto 1.4



Lugar: La Cascada, Santiago Yosondúa. Long. 97°34'05" Lat. 16°52'04" Alt. 1198 m.s.n.m. En primer plano se observan cuerpos rocosos formados por sedimentos de arrastre. En segundo plano una vegetación escasa, del tipo selva baja caducifolia. Del lado derecho un caballo pastando.

Selva baja caducifolia y subcaducifolia (con vegetación secundaria arbustiva y herbácea):

Ocupa un área de 0.17 km² y un porcentaje de 0.02 del área total de la cuenca, se ubica al Sureste a una altitud de 740 a 800 m.s.n.m., es una porción muy pequeña casi en la desembocadura del río Yutamá hacia el río Sordo.

El **pastizal inducido** surge cuando se elimina la vegetación original que lo dominaba. Este pastizal puede aparecer como consecuencia de desmontes de cualquier tipo de vegetación, también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia. Algunas de las especies de gramíneas que se encuentran en estas condiciones como El Zacate tres barbas, Zacate burro, El Zacate cadillo o roceta, etc. En México se han desarrollado zonas ganaderas considerables en este tipo de pastizal, para el caso de la cuenca del río Yutamá se ha cambiado el uso del suelo de forestal a pastizal inducido para introducir la agricultura y ganadería.

Pastizal inducido:

Ocupa una extensión de 54.22 km² y 9.48 % del área total, se encuentra desde el Centro hacia el Sur de la cuenca en diversas islas, se localiza principalmente una altitud de 2000 y 2400 m.s.n.m. Su uso local es para forrajes y otros. En estrato herbáceo abundan gramíneas, las plantas que prosperan son palatables para el ganado ovino. El zacatón se emplea en la elaboración de escobetas. En esta zona hubo bosque de pino anteriormente; pero la necesidad de sembrar y de construir viviendas fue mayor y talaron los bosques totalmente, ahora es una zona muy erosionada.

Uso del Suelo

Bajo el rubro de la agricultura incluye a todos aquellos conceptos referentes al uso que el hombre da a los suelos al dedicarlos a actividades agrícolas. La clasificación se hace teniendo en cuenta primero, la disponibilidad de agua para cultivos y considerando también; en el caso de la agricultura de temporal, si es permanente o nómada.⁷

La **agricultura de temporal** incluye a todos aquellos terrenos en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran dependen del agua de lluvias. Estas áreas pueden dejarse de sembrar algún tiempo; pero deberán estar dedicadas a esa actividad por lo menos en 80 % de los años de un período dado.

Agricultura de temporal (cultivos anuales):

Ocupa una extensión de 176.45 km² y 30.87 % del área total, y se ubica el talud de transición superior e inferior así como, las montañas y laderas altas e intermedias con declives llanos que favorecen la agricultura, estas unidades de relieve van de los 2200 a los

⁷ Nómada: Los cultivos reciben únicamente agua de lluvia, pero la duración en el sitio es de uno a cinco años y posteriormente el terreno es abandonado al perder el suelo su fertilidad.

2600 m.s.n.m., se encuentra principalmente, y en otros lugares que no son de montaña, como las cañadas y el cañón al Sur de la cuenca.

La **agricultura de riego** se practica en aquellos terrenos donde el ciclo vegetativo de los cultivos está asegurado totalmente mediante el agua de riego, por lo menos en el 80 % de los años de un período dado, bien sea por gravedad, bombeo, aspersión o por cualquier otra técnica —ya sea a brazo, con cántaros o mediante canales— por lo general en la cuenca se usa el método de riego por bombeo y por gravedad. Sólo en contadas localidades hay obras hidráulicas de importancia o riego rogado aplicado mediante motobombas y riego rodado.

Agricultura de riego (incluye riego eventual):

El riego eventual significa que los cultivos reciben agua ocasionalmente durante el ciclo agrícola. Ocupa una extensión de 9.98 km² equivalentes a 9.98 % del área total de la cuenca, se ubica a las orillas de los ríos, en ambas márgenes, al Centro de la cuenca, donde hay un relieve de altitud entre 2200 a 2400 m.s.n.m.

En resumen los suelos y la cobertura vegetal influyen especialmente sobre el régimen hidrológico, ya que las características físicas del suelo determinan la naturaleza y desarrollo de la cobertura vegetal, por lo tanto la evapotranspiración y la erosión está en función del tipo de suelo de la cuenca. En cuanto a la vegetación en particular los bosques y los cultivos añaden su influencia a la naturaleza geológica de la cuenca, para condicionar la retención, la evaporación y el escurrimiento, ya que la vegetación controla la acción y el movimiento del agua: intercepción, infiltración, almacenamiento, evapotranspiración y erosión.

Asentamientos humanos:

Ocupa un área muy pequeña, 6.34 km² y en porcentaje 1.10 % del área total de la cuenca. Se encuentran tres porciones, dos al Sur de la cuenca a una altitud de 2220 m.s.n.m., y la porción más grande de 1000 a 1800 m.s.n.m., y una de tamaño regular al Noreste a una altitud aproximada de 2400 m.s.n.m.

Si se toma en cuenta la carta de uso de suelo y vegetación de CONABIO, tenemos que el uso del suelo se presenta como sigue:

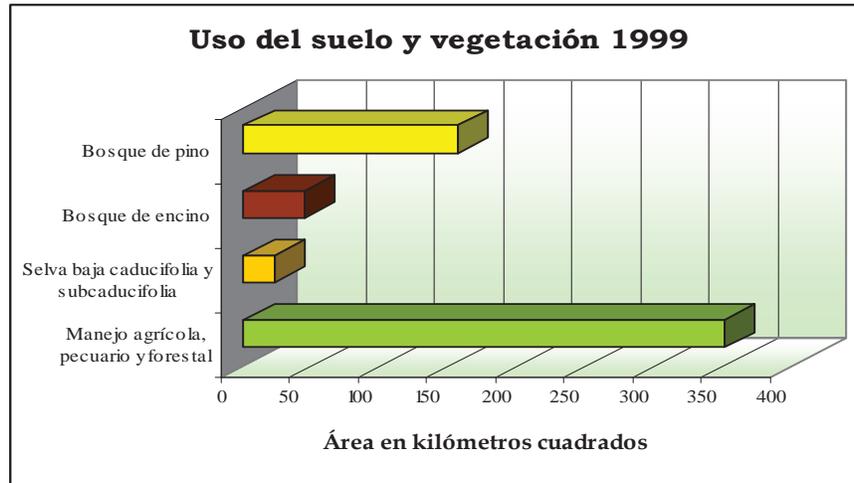
Tabla 1.8 Uso del suelo y vegetación. CONABIO. 1999

Uso del suelo y vegetación	Área en Km ²	Porcentaje areal
Bosque de pino	155.35	27.18
Bosque de encino	43.97	7.69
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	21.98	3.84
Manejo agrícola, pecuario y forestal	350.20	61.27
Total	571.50	100

Fuente: INEGI. (1996). *Carta Uso del suelo y vegetación. Agrupado INE, CONABIO. (1999). 1: 1 000 000*

En la cuenca del río Yutamá se identificaron cuatro asociaciones vegetales para el año 1999, aunque no se define bien cual fue la fuente de elaboración, no tiene nada que ver con la carta anterior. (Mapa 1.12 Uso del suelo y vegetación).

Gráfica 1.9



Fuente: INEGI. (1996). Carta Uso del suelo y vegetación. Agrupado INE, CONABIO. (1999). 1: 1 000 000

Sólo coinciden tres asociaciones con respecto al Inventario forestal y la cuarta se utiliza como manejo agrícola, pecuario y forestal.

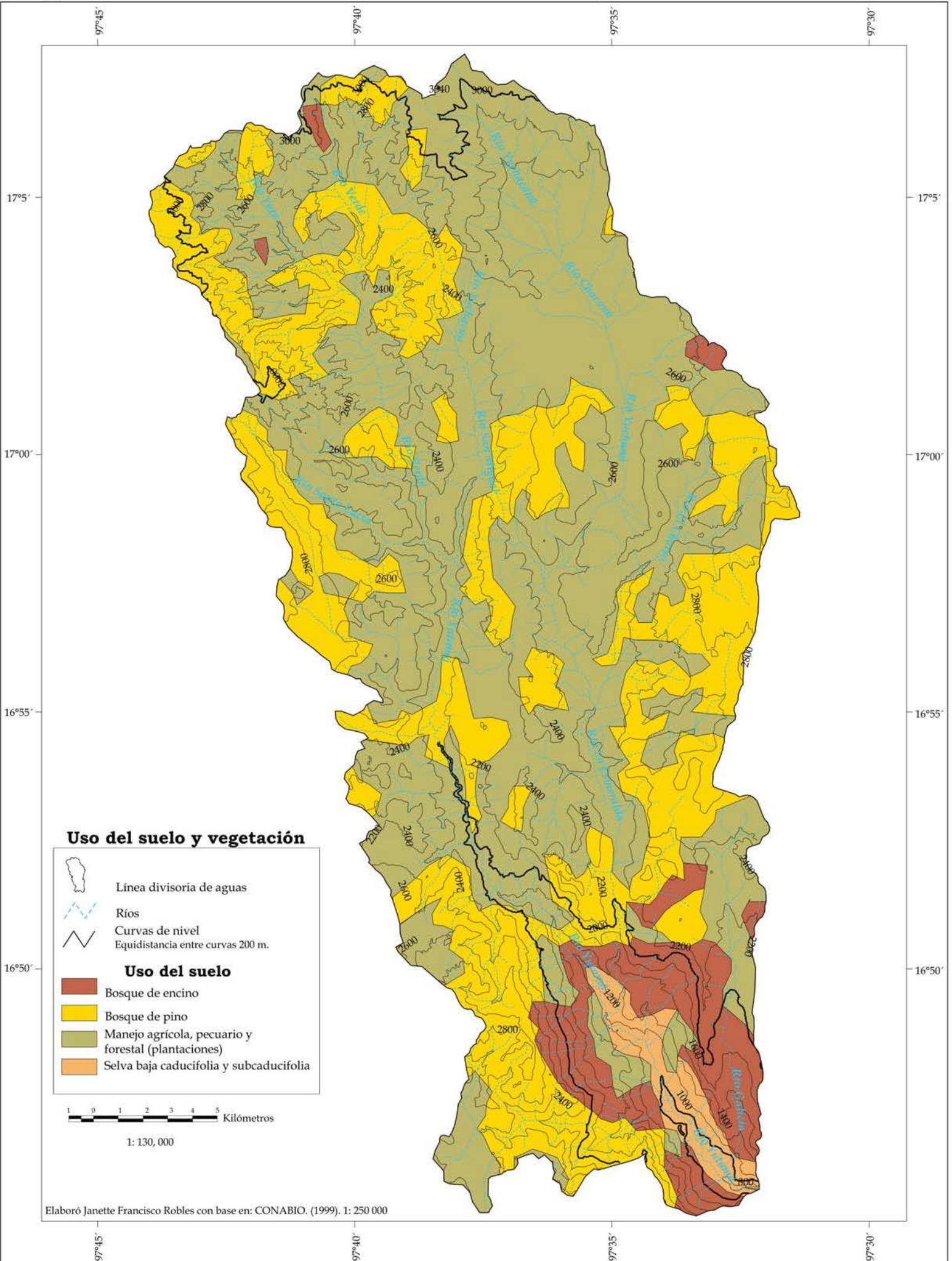
De las siguientes cartas describiré cada asociación vegetal y uso del suelo con respecto a lo que se encuentra en la cuenca, pero no definiré cada tipo de vegetación ya que se repite con la descripción anterior, sólo haré hincapié en las que cambien los nombres los tipo de vegetación.

Bosque de pino:

Ocupa un área de 155.35 km² y un 27.18 % del área total de la cuenca. Ubicada en algunas islas en casi toda la cuenca pero predominantemente al Oeste, Suroeste y Centro-Este de la cuenca, a una altitud de 2400 a los 3200 m.s.n.m., en las montañas y laderas altas e intermedias donde se encuentra por ejemplo el cerro Cabandsonu al Noreste de la cuenca, y cañada Morelos al Centro de la cuenca.

Bosque de encino:

Ocupa una extensión de 43.97 km² y 7.69 % del área total de la cuenca, se localizan las mismas dos lenguas al Sur de la cuenca una de cada lado del colector principal Yutamá a una altitud de 1000 a 2200 m.s.n.m., en la zona del cañón y cordón Yauvequi, se presenta con mayor área que en la anterior también se encuentran, otros manchones pequeños al Noroeste y al Noreste a una altitud de 2600 a 2800 m.s.n.m.



Selva baja caducifolia y subcaducifolia:

Ocupa un área de 21.98 km² y un porcentaje de 3.84 del área total de la cuenca, se ubica al Sureste a una altitud de 800 a 1200 m.s.n.m., una porción muy pequeña sobre el colector principal antes de su punto terminal.

Manejo agrícola, pecuario y forestal (plantaciones):

En la información relativa a la agricultura, no se especifica el tipo, es decir, si es temporal permanente, nómada, de humedad, de riego eventual.

En el caso de las actividades pecuarias, no se indica si el recurso está dedicado a la ganadería, y tampoco el tipo de ganado que se esta explotando, se cuentan con muy bajo número de animales, sin embargo la mayoría es de autoconsumo, para labranza o para cuando se presenta una necesidad económica poder venderla. (Anexo 1.2)

En el caso de la actividad forestal no se menciona para que se esta utilizando el recurso, es decir si se están extrayendo de el, maderas, resinas, látex, ceras, o fibras vegetales; si se recolectan frutos, rizomas, taninos u hojas, o si se elaboran artesanías.

Ocupa un área de 350.20 km², equivalente al 61.27 % del área total de la cuenca y se presenta distribuida en casi toda la cuenca y a diferentes altitudes.

Ahora apreciaremos el uso de suelo y vegetación de INEGI agrupado con CONABIO y encontraremos otra representación de los mismos factores que componen los mapas anteriores.

Tabla 1.9 Uso del suelo y vegetación. INEGI, 1996 agrupado por CONABIO en 1999

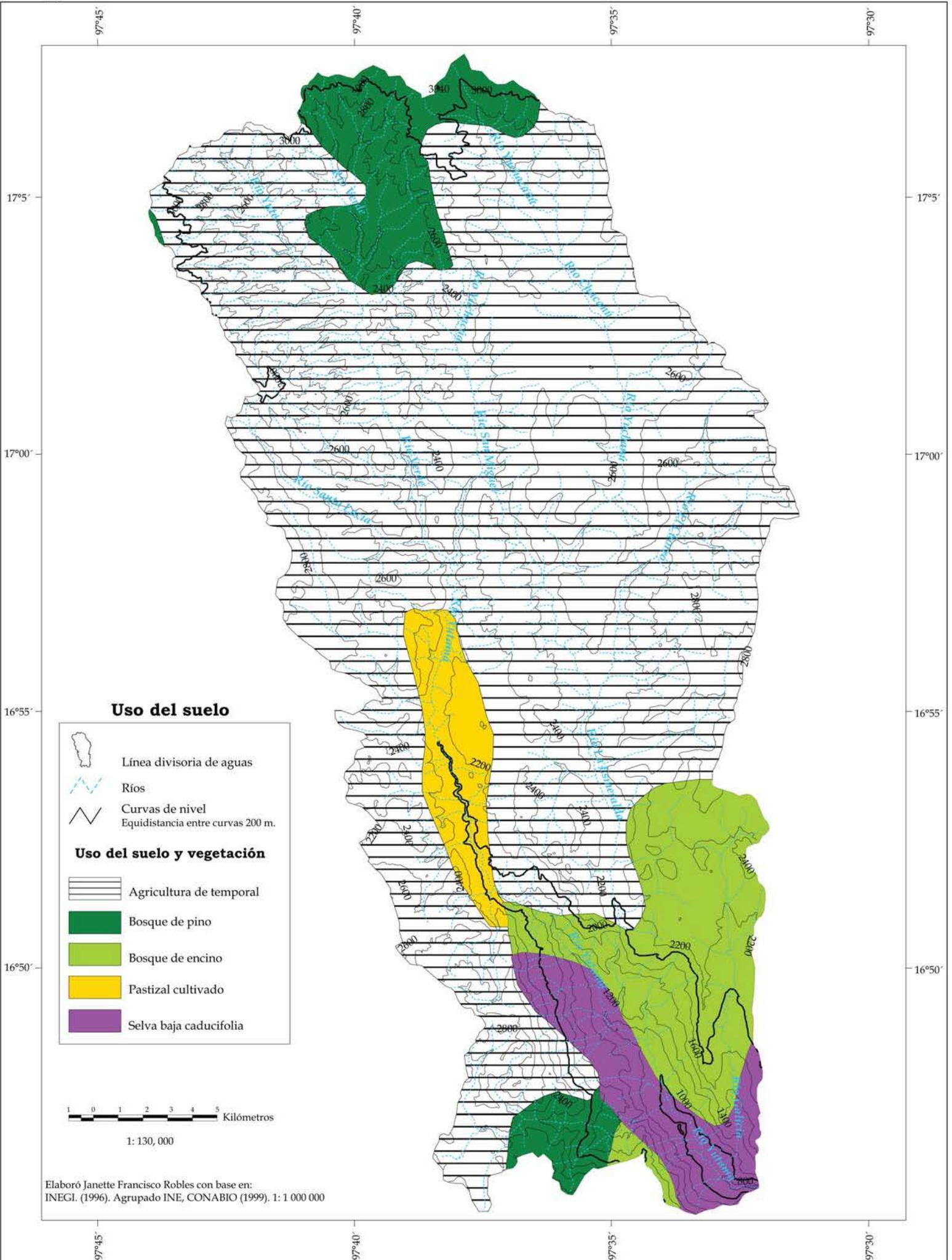
Uso del suelo y vegetación	Área en Km ²	Porcentaje areal
Agricultura de temporal	410	71.78
Bosque de encino	56.63	9.90
Bosque de pino	53.72	9.39
Selva baja caducifolia	28.98	5.07
Pastizal cultivado	21.98	3.84
Total	571.50	100

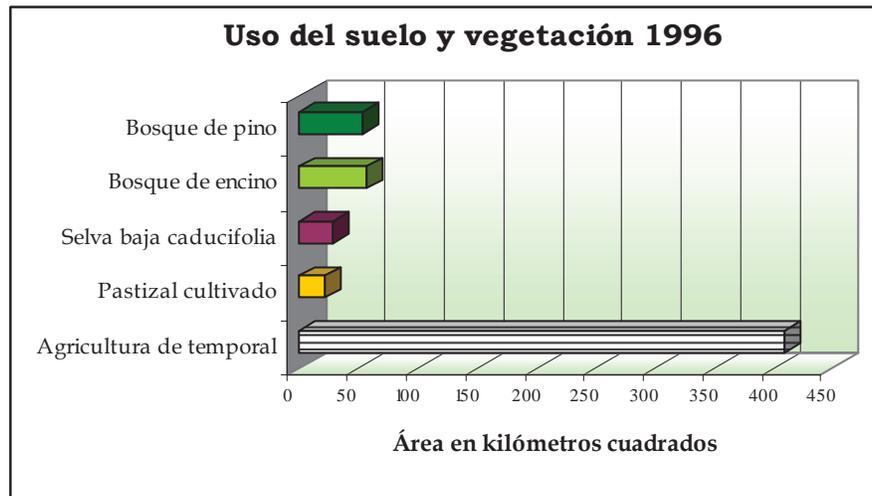
Fuente: CONABIO. (1999). Carta Uso del suelo y vegetación. 1: 250 000

En la cuenca del río Yutamá se identificaron cinco asociaciones vegetales para el año 1996, esta carta fue elaborada por INEGI y la agrupación de la información fue hecha por CONABIO en 1999. (Mapa 1.13 Uso de suelo)

Mapa 1.13

Cuenca del río Yutamá, Oaxaca



Gráfica 1.10

Fuente: CONABIO. (1999). Carta Uso del suelo y vegetación. 1: 250 000

Con respecto a las cartas anteriores de INEGI sólo coinciden cuatro tipos de vegetación y uso de suelo, referente al pastizal en esta ocasión se maneja como pastizal cultivado y no inducido como en el inventario forestal y en la de CONABIO de 1999, no aparece de ninguna forma.

Agricultura de temporal:

Ocupa la mayor área de la cuenca, 410.24 km², 71.78 %, ubicado en parte del Noreste y Noroeste, al Centro de la cuenca y al Suroeste, predominante en las altitudes de 1200 a los 2800 m.s.n.m.

Bosque de encino:

Ocupa una extensión de 56.63 km² y 9.90 % del área total de la cuenca, se localiza en esta ocasión en la parte Sureste, sobre y a un costado del colector principal Yutamá a una altitud de 1600 a 2600 m.s.n.m., en la zona del cañón y cordón Yauvequi, se presenta con mayor área que en la anterior, y en lugar diferente.

Bosque de pino:

Ocupa un área de 53.72 km² y un 9.39 % del área total de la cuenca. Ubicadas al Norte y al Sur de la cuenca principalmente a una altitud de 2200 a los 3200 m.s.n.m., en las montañas y laderas altas e intermedias.

Selva baja caducifolia y subcaducifolia:

Ocupa un área de 28.98 km² y un porcentaje de 5.07 del área total de la cuenca, se ubica al Sureste a una altitud de 740 a 1800 m.s.n.m., una porción mayor en comparación con las cartas anteriores y se encuentra sobre el colector principal antes de su punto terminal.

Pastizal cultivado:

Se ha introducido intencionalmente en una región y para su establecimiento y conservación se realizan algunas labores de cultivo y manejo. Son pastos nativos de diferentes partes del mundo, como zacates pangola (*Digitaria decumbens*), zacate buffel (*Pennisetum ciliaris*), zacate guinea o privilegio (*Panicum maximun*), zacate pará (*Panicum rascens*). Estos pastos generalmente forman los llamados potreros en zonas tropicales, por lo general con buenos agostaderos.

Ocupa una extensión de 21.98 km² y 3.84 % del área total, se encuentra al Oeste de la cuenca en una pequeña franja con orientación Norte-Sur, se localiza principalmente a una altitud que varía entre 1400 y 2400 m.s.n.m.

Análisis Crítico

El inventario forestal 2000 de INEGI, para su elaboración se utilizó imagen de satélite además de fotografía aérea, los límites están más definidos y con una especificación mayor, es el más completo, particulariza y distingue doce tipos de clasificación. La escala 1: 250,000 no es de todo muy favorable, sin embargo hay mayor precisión. Presenta el riesgo eventual y el pastizal inducido para el desarrollo principal de ganadería.

Vegetación y uso del suelo 1999, CONABIO, La carta es una especie de simplificación, en la cual se distinguen cuatro tipos de clasificación, se elaboró a escala 1: 250,000. Posiblemente exista rotación de uso de suelo en el sentido que haya un uso alternado de pastizal dos años y al tercer año lo cambian a cultivo de maíz, luego lo dejan en recuperación y luego lo usan para ganadería, suena lógico ya que en el mapa aparece la clasificación como manejo agrícola, pecuario y forestal (plantaciones).

Vegetación y uso de suelo 1996 de INEGI agrupado por CONABIO en 1999, hay una especie de perfeccionamiento e inclusive los límites se ven de tipo más general, el pastizal lo ponen cultivado y todo lo englobaron como agricultura de temporal e hicieron la diferenciación de los tipos de bosques.

Resultados

El relieve y los declives favorecen en gran medida, la distribución natural de la vegetación y las implantaciones de uso de suelo en la región. Por ejemplo: la agricultura se asienta en las regiones llanas de la cuenca, pero ojo, no es la parte más baja de la cuenca esta se ubica a una altitud de 2200 a 2600 m.s.n.m., se encuentra provista de agua para su mejor mantenimiento y abastecimiento en el caso de ser agricultura de riego.

La zona de bosques busca una altitud y declive adecuado para su crecimiento y desarrollo a demás de otras condiciones naturales, al igual que la selva baja caducifolia que requiere de ciertas condiciones físicas como el clima tropical y la altitud, así como un relieve con depresiones y zonas bajas, desde los 700 a 1200 m.s.n.m.

Por este motivo se incluyó el mapa topográfico, el altimétrico y el de declives para un mejor análisis y referencia en la zona al hablar de ubicación y distribución de vegetación y uso del suelo.

Cabe mencionar que se recurrió al uso de fotografía aérea editada por INEGI en diciembre de 1999, para hacer otra comparación con el Inventario Forestal 2000, con esta información y el trabajo de campo, se constató que realmente la cuenca es utilizada en gran parte para el uso agrícola, incluso se cultiva en laderas. También se corroboró el estado de deterioro y el alto grado de erosión que se presenta en la cuenca, el cual es significativo.

Influencia de la cubierta vegetal en las fases del ciclo hidrológico

Con relación a la temperatura tenemos que: en general la superficie terrestre emite radiación de onda larga a la atmósfera, cuya intensidad depende principalmente de la temperatura de dicha superficie, mientras más cubierta vegetal tenga la superficie irradia menor calor pero genera mayor transpiración de las plantas y menor evaporación desde el suelo.

Vinculado con la precipitación, la vegetación es uno de los factores más importantes que mantienen la humedad del suelo como consecuencia determina la precipitación de la zona.

La transpiración es el proceso por el cual el agua de la vegetación pasa a la atmósfera en forma de vapor. Este concepto no incluye la evaporación desde el suelo. Cuando se requiere determinar la pérdida de agua de una superficie cubierta de vegetación; resulta prácticamente imposible separar la transpiración de la evaporación. Ambos procesos físicos y biológicos; se encuentran íntimamente relacionados, por los que se les agrupa en el concepto de evapotranspiración. Este término refleja la pérdida de agua en forma de vapor a través de la vegetación y desde la superficie del suelo hacia la atmósfera. (Campos, 1992).

En cuanto a la evapotranspiración potencial: en el año de 1940 Thornthwaite propuso el concepto de evapotranspiración potencial. Esta se refiere como el agua que retorna a la atmósfera en forma de vapor a partir de un suelo completamente cubierto de vegetación y suponiendo que no existe limitación de humedad en el suelo, es decir en el que exista plena disponibilidad hídrica y es por lo tanto un límite superior de la evapotranspiración real.

La estimación de este proceso llamado evapotranspiración potencial resulta fundamentalmente para el conocimiento de las necesidades hídricas, por lo que es de gran utilidad en la planificación de recursos hídricos y en los regadíos. En la agricultura la medida o cálculos de las necesidades de agua, determinan en gran parte la elección de los cultivos, que pueden crecer en áreas de escasa precipitación. Esta idea igualmente

aplicable al campo forestal; especialmente para la elección de especies en las repoblaciones y restauraciones hidrológicas. (Martínez y Navarro, 1996).

Los Factores Biológicos: comprenden las etapas de desarrollo de la planta y su tipo de especie, así como características de la edad, tipo de follaje y profundidad radicular. Una de las características de la especie vegetal, que está influida por las condiciones ambientales, es el número de estomas por unidad de área foliar, repartido en una proporción de 3 a 1 entre la superficie inferior y superior de la hoja, otra particularidad estrechamente relacionada con el tipo y desarrollo del sistema radicular, es la manera de abastecerse de agua distinguiéndose de tres grupos, además de las plantas acuáticas o Hidrófitas, éstos son: Mesófitas; especies de las zonas templadas y Xerófitas; especies de los desiertos, las cuales toman el agua de la zona no saturada del suelo, es decir aprovechan el agua capilar y las Freatófitas que pueden abastecerse alternadamente, de la zona saturada y de la no saturada.

En el escurrimiento, la vegetación puede ser un factor que actúa positivamente reduciendo la escorrentía superficial, al frenar la velocidad de la lámina de agua, aumentando el tiempo de oportunidad de infiltración sobre todo en las montañas y laderas altas de la cuenca donde la vegetación es de bosque de pino y bosque pino-encino muy abundante. En un bosque maduro con una fauna y flora estables la escorrentía superficial puede representar alrededor del 5% de la precipitación.

La vegetación influye directamente en la infiltración, ya que las raíces de las plantas al penetrar en el suelo abren grietas que mejoran la incorporación del agua. Con respecto a lo anterior, la especie cultivada tendrá efectos en la infiltración, debido a su densidad de cobertura vegetal y de raíces. La implantación de vegetación en un terreno desnudo aumenta la infiltración, los efectos principales de la cobertura vegetal son:

- 1 Disminuye la velocidad de escorrentía superficial
- 2 Reduce y elimina el impacto de las gotas de lluvia
- 3 Aumenta la porosidad del suelo por los canales que crean las raíces
- 4 Mejora la estructura del suelo gracias al incremento de materia orgánica

1.3 Caracterización socioeconómica-geográfica de la cuenca

Con relación al estudio social y económico de la cuenca del río Yutamá, se conocen diversos parámetros de la población que la habita, así como de las condiciones económicas que prevalecen, lo que posteriormente nos permitirá hacer correlaciones con el recurso del agua y las condiciones de deterioro geocológico de la misma.

Concretamente se pretende dar a conocer a que región económica pertenece la cuenca y la situación en la que se encuentra actualmente. Mostrar la población de la integración territorial 2000 de INEGI de los municipios y localidades de la cuenca.

Exhibir la dinámica que presenta la población de la cuenca durante los decenios 1960, 1970, 1980, 1990, 2000 la tasa de crecimiento y su perspectiva para el 2010, y el efecto que causa sobre el consumo del agua.

Desde tiempos remotos el agua superficial y del subsuelo ha sido vital para el desarrollo de las civilizaciones ya que éstas buscaban un río, lago o laguna para establecer su población, otro ejemplo, los mayas veneraban los cenotes. Actualmente la existencia de agua en abundancia tanto superficial como subterránea es factor de desarrollo para distintos sectores económicos y sociales.

Es pues, el ambiente geográfico el que influye principalmente en los asentamientos humanos, y tal es el caso de la cuenca del río Yutamá ya que sus localidades principales se encuentran ubicadas en zonas de lomeríos, valles fluviales, otras en grandes planicies, como los habitantes del municipio Chalcatongo de Hidalgo, esto hace posible la accesibilidad para abastecerse de agua y alimentos, también se ubican zonas de montaña donde hay lugares que son inaccesibles; pero la población aún se asienta ahí.

El agua como recurso natural se utiliza por la población de múltiples maneras como las de: abastecimiento, para irrigación de cultivos y para uso doméstico. El suelo que propicia las actividades agrícolas, forestales y otras vocaciones así como la vegetación, son factores fundamentales para la población, ya que el agua junto con otros recursos naturales, que son condicionante para su permanencia en la cuenca.

La población causa también un impacto sobre los recursos naturales, en este caso sobre el agua, ya que la extracción desmedida y su contaminación trae como consecuencia que el agua de los cauces u otras fuentes de abastecimiento se agoten rápidamente lo que impide su uso potable y adecuado; este impacto hace que sea más difícil satisfacer las necesidades que la población requiere en la actualidad y logrará que se haga un problema más complicado en el futuro.

1.3.1 Región socioeconómica de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

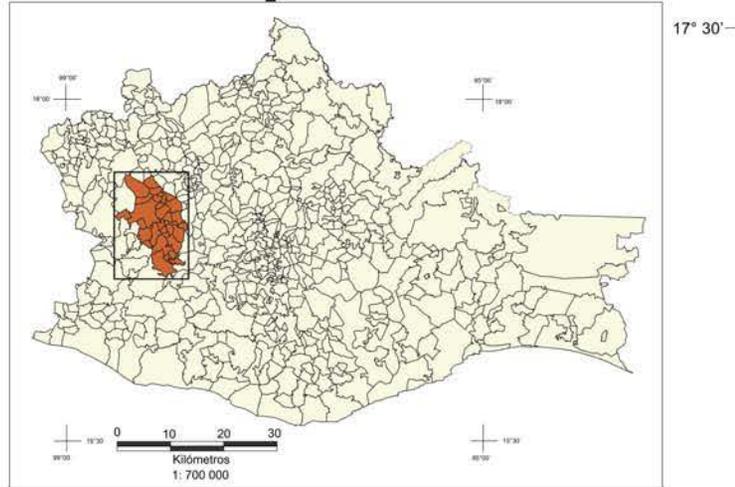
De acuerdo con la división política del estado de Oaxaca, la cuenca del río Yutamá se ubica en la porción Sur del distrito 25, Tlaxiaco, perteneciente a la región mixteca, comprende parte de los municipios: Chalcatongo de Hidalgo, San Esteban Atlatlahuca, San Miguel El Grande, Santa Catarina Yosonotú, Santiago Yosondúa, San Pablo Tijaltepec, Santa Cruz Nundaco, Heroica Ciudad de Tlaxiaco, Santiago Nuyoo, Santo Domingo Ixcatlan, Santo Tomás Ocotepec. Y ocupa una pequeña parte en la porción Este del distrito 18, Putla de Guerrero, perteneciente a la región Sierra Sur, de la cual, la cuenca abarca pequeños segmentos de los municipios: Santa Cruz Itundujia, Santa Lucía Monte Verde, San Andrés Cabecera Nueva. (Figura 1.4, Distrito de Tlaxiaco, Oaxaca)

La región socio-económica donde se ubica la cuenca en estudio es la llamada región Sur a la cual también se le denomina región *Mixteca* —forma parte de la zona étnica del mismo nombre que abarca los estados de Puebla y Guerrero—, en donde se encuentra el distrito de Tlaxiaco y la región Sierra Sur donde se localiza el distrito de Putla. Ambas se ubican dentro de la mesoregión económica número VI, que ocupa Guerrero y Oaxaca; ésta comprende una vasta zona cuyo desarrollo económico desde hace mucho tiempo se encuentra estancado en el lento progreso, sin embargo en contrapartida aparecen puntos

Figura 1.4 Distrito de Tlaxiaco, Oaxaca



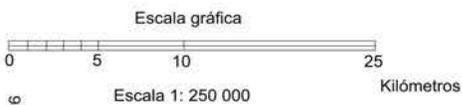
División Municipal del Estado de Oaxaca



Simbología

- Cabecera Distrital
- Cabecera municipal
- Río
- - - Limite de distrito
- - - Limite de municipio
- Limite de la cuenca del río Yutamá
- Carretera pavimentada

TOTAL DEL DISTRITO.
 35 municipios
 2 689.44 Km Superficie
 103,072 Habitantes (2000)



Elaboró: Janette Francisco Robles

como los extensos bosque de coníferas, que se presenta con árboles maderables en el territorio y sus ríos caudalosos abundantes entre otras cosas.

Al expresar que la porción territorial Pacífico Sur es la menos desarrollada del resto del país no se pretende inculcar la idea de que las otras zonas de la República son más ricas en recursos, o menos aún, que las zonas del Centro o del Norte que no cuentan con regiones de gran pobreza. Esta zona suriana en general, se encuentra poco comunicada y posee regiones internas casi totalmente aisladas, no cuentan con grandes ciudades y tampoco con centros industriales; la agricultura es más primitiva, muchas veces de subsistencia y bajo rendimiento por hectárea. La población rural se agrupa en densidades aisladas principalmente en los valles. (Bassols, 1991).

1.3.2 Población

La población es el punto de referencia desde el cual, otros elementos se analizan y/o se correlacionan ya sea de manera individual o colectiva, para obtener significación y sentido.

En este apartado se incluye la geografía de la población por medio de la cual se demuestra de que manera las variaciones espaciales en la distribución, la composición, las migraciones y el cambio en el crecimiento demográfico se relacionan con las variaciones espaciales de la naturaleza de cada uno de los lugares.

En diversas partes del territorio nacional donde existen zonas agrícolas se forman pequeñas localidades debido generalmente al crecimiento del grupo familiar que vivió en una casa originariamente aislada, esto es conocido como el hábitat disperso, el cual se ha considerado generalmente como la forma óptima de relación entre la domiciliación de la familia campesina y sus tierras de explotación. La argumentación desarrollada se apoya en la posibilidad de supervivencia continua y de trabajo minucioso alrededor de la casa. Esta forma de asociación supone un régimen de herencia que evita la dislocación, lo que explica la frecuencia de los casos de asociación del hábitat disperso, tal como se presenta en las 128 localidades que constituyen la cuenca del río Yutamá. (George, 1979).

La población en la cuenca

Las poblaciones que conforman las localidades de la cuenca, según los resultados definitivos del censo general de población y vivienda de INEGI, en total son 23,304 habitantes para el año 2000 distribuidos en ella, El número de habitantes más alto están en la población del municipio Villa Chalcatongo de Hidalgo al cual le corresponden 6,599 habitantes, y se localiza al Noreste de la cuenca, y en segundo lugar con 5,509 corresponde a Santiago Yosondúa localizado al Sur de la cuenca.

Por la cantidad de habitantes que se encuentran en la zona, y por la carencia de servicios urbanos y el tipo de actividades económicas a las que se dedican se puede afirmar plenamente que el territorio de la cuenca del Yutamá es una región eminentemente rural. Estas localidades no están influenciadas económicamente por ningún subsistema urbano, a excepción de la cabecera de distrito, Tlaxiaco, la cual, no esta ligada directamente a la ciudad de Oaxaca, aunque su comunicación sea por medio de la carretera pavimentada hacia la ciudad de Oaxaca. (Mapa 1.14 Distribución de la población). Las localidades de la cuenca se relacionan directamente con los municipios de Chalcatongo de Hidalgo, San Esteban Atatlahuca, San Miguel El Grande, San Pablo Tijaltepec, Santa Catarina Yosonotú,

Santiago Nuyoo, Santiago Yosondúa, Santo Domingo Ixcatlan, Santo Tomas Ocotepec, Santa Cruz Nundaco, Heroica Ciudad de Tlaxiaco, Santa Cruz Itundujia, Santa Lucía Monteverde y San Andrés cabecera nueva, por su relativa cercanía y por su comunicación por carreteras de terracería por medio del autobús rural o taxis que transporta a los habitantes de dichas localidades a otras. Pero existen localidades que carecen de caminos de terracería y los habitantes tienen que caminar por brechas para atravesar la sierra y/o transportarse, ya sea en burro o a caballo.

Las localidades de la cuenca se comunican con las cabeceras municipales, y éstas con las cabeceras distritales en que a su vez se conectan con la ciudad de Oaxaca. Esto permite hasta cierto punto, cubrir los déficits de equipamiento de salud, educativo, servicios, etc. La población de los distritos se puede transportar por carretera hasta Oaxaca, en auto con un tiempo de una dos horas cuarenta y cinco minutos y en autobús durante un lapso de tres horas y media por lo accidentado que se encuentra el camino hacia Nochistlán, a partir de este punto el tránsito es más rápido por la autopista México-Oaxaca. (Foto 1.5)

Foto 1.5



Lugar: Municipio, San Esteban Atlatluca. Long.97°40'38" Lat.17°03'55" Alt.2450 m.s.n.m. Nótese la extensión de la zona rural-urbana, y el tipo de construcción y la cantidad de viviendas.

1.3.3 Dinámica de la población en la cuenca

En el estado de Oaxaca en general, durante el siglo XIX, la población era muy escasa, y no llegaba ni al millón de habitantes, crecía poco, por temporadas; cuando las cosechas eran escasas había poca comida y por falta de nutrición y carencia de higiene adecuada, se presentaban periodos conocidos como de "pestes", que se extendían con rapidez, y la gente moría en grandes cantidades al no tener defensas contra enfermedades como el cólera, la viruela o el sarampión. El avance de la medicina, los nuevos medicamentos y métodos de prevención, curación y vacunas que se empezaron aplicar a mediados del siglo pasado, incidieron para detener algunos padecimientos, por lo tanto empezó a crecer la población con mayor fuerza. En siglo pasado, Oaxaca llega a tener un poco más de un millón de habitantes. Como dato general en tan sólo 40 años, de 1950 a 1990 su población se duplicó, y se prevé que en 20 años se volverá a duplicar. Pero el crecimiento de la población es dispar, casi siempre en las regiones con mayor desarrollo económico aumenta más la

población debido a que se presentan mayores posibilidades de encontrar empleo y servicios. (Arellanes, 1996, p. 37)

No es así, en la cuenca del río Yutamá, ya que es una zona que puede clasificarse como pobre desde varios puntos de vista, ya que en algunas partes es muy difícil la accesibilidad a las comunidades o localidades más alejadas puesto que, carecen de carreteras o brechas, lo cual complica la comunicación y las posibilidades de transportar alimentos y productos que les sirven para mejorar el estado en el que se encuentran.

En consecuencia, la búsqueda de otras oportunidades y un mejor nivel de vida para las personas jóvenes y adultas no se deja esperar, sobre todo para el sexo masculino, lo cual, provoca la disminución de la población en las diversas localidades. Sólo la población de la tercera edad y algunas mujeres y niños permanecen en los pueblos.

1.3.4 Población de los municipios y localidades, para los decenios 1960, 1970, 1980, 1990, 2000 y 2010

A continuación se muestra una gráfica elaborada con los datos de población durante cinco decenios de 1960 al 2000, su tasa de crecimiento y su proyección para el 2010 en el cual se observa perfectamente la disminución de población en las localidades pequeñas y el aumento en los municipios principales. (Mapa 1.14 Distribución de la población)

Para comprenderlo mejor se realizó el cálculo de la tasa de crecimiento o decrecimiento y los resultados se exponen en las tablas correspondientes. (Anexos 1.3)

A nivel nacional, de manera general muy pocas ciudades presentan una disminución en la cantidad de sus habitantes. Sin embargo, en la cuenca del Yutamá la mayoría de las localidades experimentan una disminución de su población. Para analizar el aumento o decremento en la población de la cuenca se calculó la tasa de crecimiento con la siguiente fórmula:

Tasa de crecimiento

$$Tc = \left(\sqrt[n]{\frac{Pf}{Pi}} - 1 \right) \times 100$$

La cual se utiliza en los anuales de demografía de las Naciones Unidas.

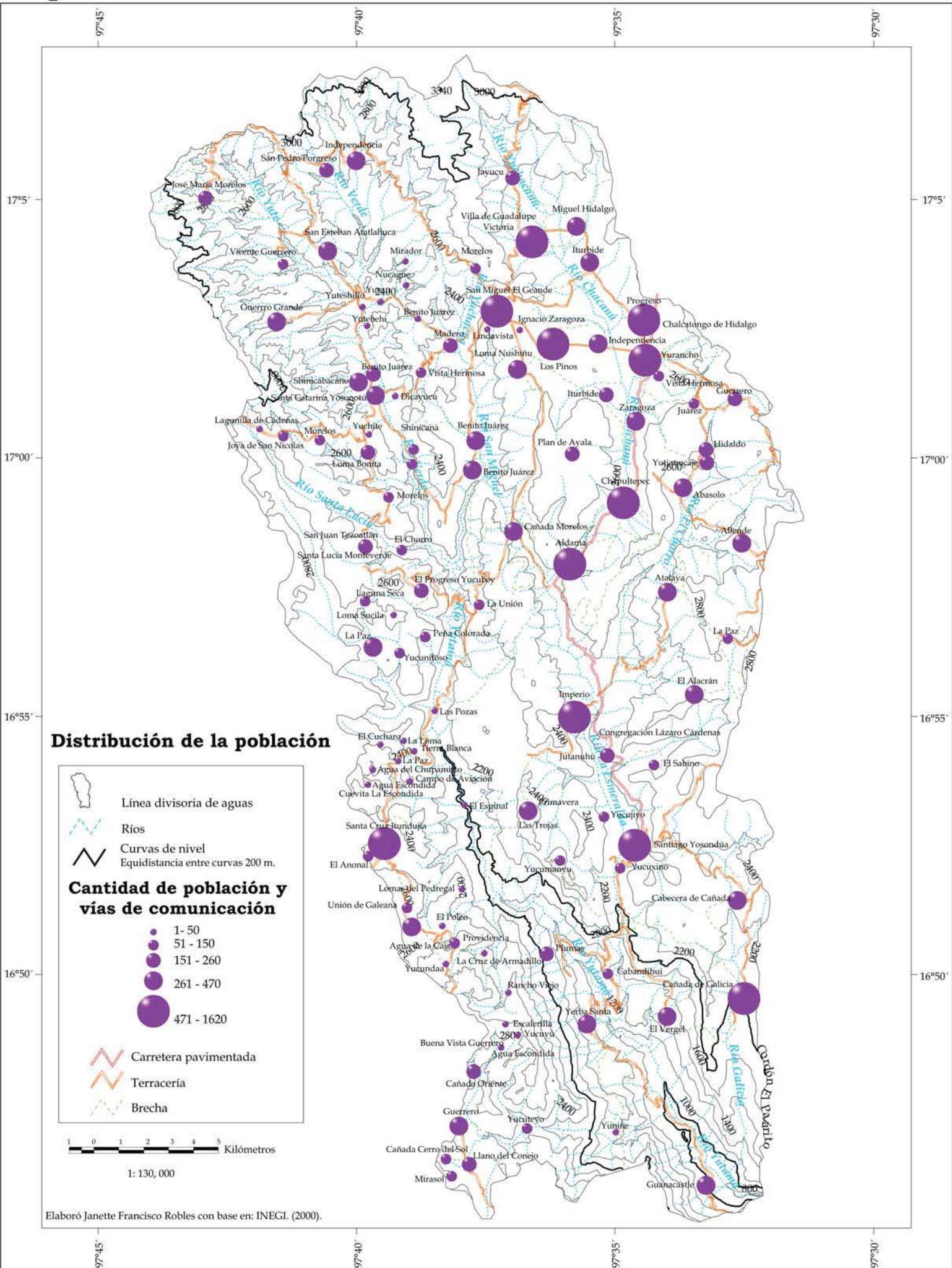
En donde: Pi = Es la población del principio del periodo o del periodo anterior

Pf = Es la población más reciente

n = La raíz, es el número de años

Los dos principales componentes o estimaciones de población, son proporcionados por el censo, así la tasa está sujeta a la calidad de tales datos. El cálculo de la tasa de crecimiento es útil y puede servir de ayuda para evaluar la exactitud de las características vitales de migraciones en la región de cada localidad o municipio.

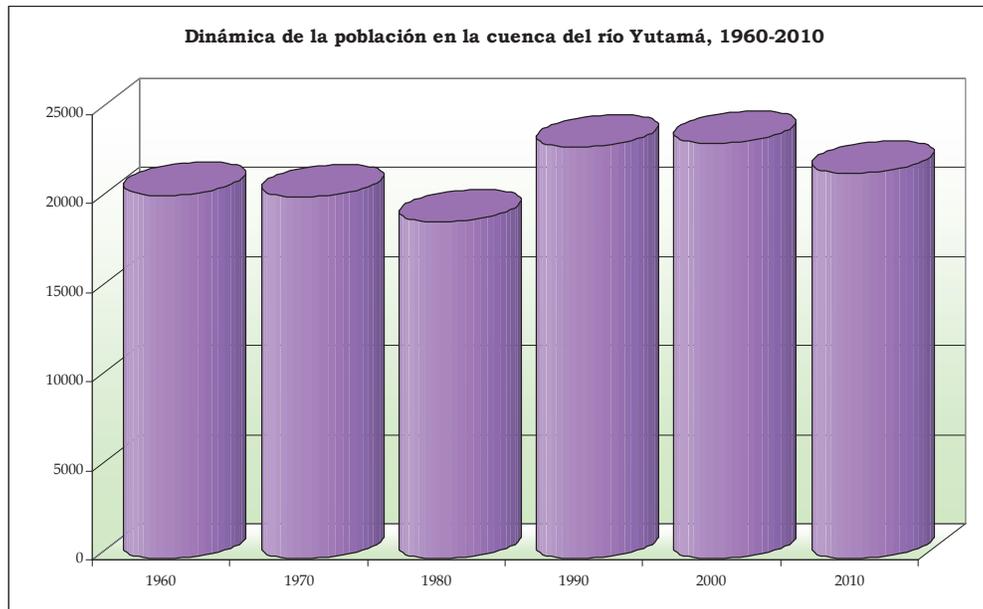
Dentro de los aspectos considerados en las tablas (Anexos 1.3), se manejan datos de población por localidad con fuentes de INEGI, desde 1960 al 2000, de este último decenio se maneja población masculina y femenina, así como, su tasa de crecimiento y su proyección al 2010.



Además de algunos otros indicadores como: Empleo, el cual, presenta la población ocupada en los tres sectores diferentes; primario, secundario y terciario.

Tabla 1.10 Descripción de los Mnemónicos contenidos en las tablas de los anexos 1.3

Categoría o indicador	Descripción	Mnemónico
Clave de Entidad Federativa	Unidad geográfica mayor de la división político administrativa del país.	ENT
Nombre de la Entidad	Nombre de la entidad.	NOMENT
Clave del Municipio	División territorial político administrativo de una entidad federativa.	MUN
Nombre del Municipio	Nombre del Municipio.	NOMMUN
Clave de Localidad	Todo lugar ocupado por una o más viviendas habitadas.	LOC
Nombre de Localidad	Es dado por la Ley o la costumbre.	NOMLOC
Relación de indicadores		
Población		
Población total	Personas nacionales y extranjeras que residen habitualmente en el país y población estimada de viviendas particulares sin información de ocupantes	POBTOT
Población masculina	Población masculina	PMASCUL
Población femenina	Población femenina	PFEMENI
Empleo		
Población ocupada	Población de 12 años y más que trabaja en la semana de referencia.	POCUPADA
Población ocupada en el sector primario	Población ocupada que trabaja en la agricultura, ganadería, silvicultura, caza o pesca.	POCUSECP
Población ocupada en el sector secundario	Población ocupada que trabaja en la minería, generación y suministro de electricidad y agua, construcción o industria manufacturera.	POCUSECS
Población ocupada en el sector terciario	Población ocupada que trabaja en el comercio, en el transporte, los servicios financieros, ofreciendo servicios profesionales, en el gobierno u otros servicios.	POCUSECT

Gráfica 1.11

Fuente: ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, SECRETARÍA DE LA INDUSTRIA Y COMERCIO; DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICA. (1960). VIII Censo General de Población y Vivienda: Localidades de la República por Entidades Federativas y Municipios. Tomo II México, D. F. 1963. Estado de Oaxaca. México. ____.(1970). IX Censo General de Población y Vivienda: Localidades de la República por Entidades Federativas, Municipios. Tomo II México, D.F. 1970. Estados de Hidalgo a Oaxaca. México. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. (1980). X Censo de Población y Vivienda. Volumen I. Estado de Oaxaca. México. (1990). XI. ____.(2000). Integración territorial. Estado de Oaxaca. México.

La población de la cuenca del río Yutamá era de 20 376 habitantes en el decenio de 1960, en el setenta de 20,274, en mil novecientos ochenta, y en los noventa 23,090, en el dos mil 23,304 y para el dos mil diez, disminuirá la cantidad de población pues será de 21,596.

De acuerdo con los datos de INEGI (2000), la población de la cuenca es de 23,304 y cuenta con una densidad de población teórica actual de 40 habitantes sobre km^2 . De seguir esta tendencia se estima que para el año 2010, la población total llegará de 21,596 habitantes, 20 % lo cual implica una disminución de casi la cuarta parte de la población.

La población en general de la cuenca, ha presentado una constante en los decenios de 1960 y 70; pero para el de 1980 disminuye drásticamente a partir de que se iniciara una marcada migración hacia los Estados Unidos y a la ciudad de México. Algunas personas con las que se platicó, dicen que el predominio de población hasta el año de 1970 era de gente joven, debido a que las familias eran numerosas, en promedio de 8 miembros. En la actualidad, la población que predomina según el género es de mujeres, en todas las localidades de la cuenca.

En las tablas que se encuentran en los anexos 1.3 y en el mapa de distribución de la población puede observarse que, la población que integra cada una de las localidades oscila entre 2 a más de 1000 habitantes como es el caso de Villa Chalcatongo de Hidalgo con 1,876. Es evidente que localmente destaca su número de habitantes ya que está comunicada por medio de una carretera pavimentada; incluso este poblado es el paso obligatorio desde Tlaxiaco hasta Santiago Yosondúa, los cuales son lugares con un alto

nivel económico. Localmente Chalcatongo de Hidalgo destaca por su número de habitantes, ya que es un municipio netamente agrícola, y constituye así un pequeño polo de desarrollo agrícola y al mismo tiempo de avance económico, el cual atrae a las personas que viven en lugares alejados y poco accesibles, incrementando paulatinamente su población. Las localidades más importantes dentro de la cuenca según su número de habitantes son: Villa Chalcatongo de Hidalgo, la más importante de todas, se encuentra a una altitud de 2300 m.s.n.m., cerca del río con el mismo nombre. Dentro de dicho municipio, le sigue la ranchería Progreso con una altitud de 2460 m.s.n.m., al Norte de Chalcatongo y con 829 habitantes, el rancho Chapultepec, se ubica a una altitud de 2520 m.s.n.m. al Sur del municipio, con 758 habitantes.

Otro poblado importante de la cuenca es el pueblo de San Miguel El Grande, que tiene 685 habitantes, se encuentra a una altitud de 2480 m.s.n.m. al Este de la cabecera del río San Miguel.

Pueblo y cabecera municipal, Santiago Yosondúa con 891 habitantes, está ubicado a 2200 m.s.n.m., al Sur de la cuenca y al Norte de la confluencia del río Yosondúa y Yutamá. Del municipio Santa Lucía Monteverde, La Ranchería Agua del Toro, 700 habitantes en el año 2000, pero cabe destacar que en 1990 contaba con 685. Se encuentra a 2720 m.s.n.m. al Suroeste de la cuenca y al Oeste del colector principal.

En el caso del municipio de San Esteban Atlatluca para el año 2000 se registra un número de habitantes de 275; pero en el decenio anterior 1990 fue de 500 habitantes, esto indica que disminuyó la población drásticamente en esa zona al igual que en la ranchería La Paz, dentro del municipio de Santa Lucía Monteverde, ya que contaba en 1990 con 504 habitantes y para el 2000 tenía 235. De seguir esta tendencia en el decenio 2010 tendrá 34 habitantes y puede llegar a desaparecer.

En este caso no se pudo realizar una pirámide de edades con una composición por sexo y edad, ya que los datos que se obtuvieron no son los suficientes, ni los adecuados para realizar un análisis de este tipo, por lo que se limitó, únicamente a realizar el cuadro y la gráfica de población total de los años correspondientes.

Con la observación de los datos correspondientes al decenio 2000, se aprecia notablemente la proporción de la cantidad de habitantes masculinos y femeninos con respecto a la población total. Se puede decir que mantiene un equilibrio a nivel general, pero en lo particular y observando los totales el sexo femenino es más alto que el total masculino.

En la cuenca del río Yutamá se observan cambios considerables en la población ya que para el año de 1990 la población en algunas localidades era mayor que la del año 2000. Esto se debe a que la población que habita las localidades pequeñas va decreciendo debido a que las personas jóvenes, como se mencionó anteriormente, migran a los municipios y ciudades como Oaxaca para seguir estudiando, incluso llegan a la ciudad de México en busca de un mejor nivel de vida. La falta de servicios educativos y del sector salud condicionan estos desplazamientos de población. Con respecto a la población de edad avanzada, como los ancianos, se quedan arraigados por que no quieren abandonar sus

tierras, pero éstos después mueren y contribuyen a la disminución de la población en las regiones rurales aisladas.

En resumen las localidades de la cuenca van de muy pequeñas a medianas y totalmente rurales, en total hay 23,304 habitantes (censo del año 2000) y se estima que para el año 2010 se reduzcan a un total de 21,596. En general la densidad de población en la cuenca es de 41 habitantes por km². Con el cálculo de la prospección que se realizó para el año 2010 se establece que existe un descenso en la tasa de crecimiento de 0.4. Por otra parte se puede inferir que, aumentará la población en las cabeceras municipales, ubicadas dentro y fuera de la cuenca, así, como en las cabeceras distritales.

Para considerar una población como rural, varios elementos deberán ser tomados en cuenta.

El primero es la densidad de población; el segundo elemento es la función u ocupación; el tercero es el uso de suelo y por último el cuarto elemento es la situación particularmente con centros urbanos, la cual tiene una considerable influencia sobre las poblaciones rurales.

Los distritos rurales comprenden tres tipos de población: agrícola-rural, rural y rural-semiurbana. Las poblaciones agrícolas rurales están usualmente localizadas en áreas menos accesibles donde los agricultores representan más de la mitad de la estructura ocupacional y donde la población es pequeña. Tal es el caso de la cuenca.

Además de que la ocupación de la población en la cuenca es un indicador muy apreciable de en que actividades se lleva a cabo un consumo mayor de agua.

En las localidades mencionadas con anterioridad correspondientes a la cuenca, la mayoría de sus pobladores se dedica al sector agropecuario y forestal. De hecho la mayoría de las viviendas en las partes altas están construidas de madera, y es allí donde se tiene la explotación forestal con un porcentaje del 30%, entre todas las actividades. La industria maderera es la más importante, y sus productos se comercializa y distribuyen en toda la entidad. entre las más comunes se encuentran: la caoba, el cedro y el madroño. También se dan los casos de que personas, procedentes de los lugares circunvecinos, se dediquen a la explotación forestal en las montañas y laderas intermedias, secundarias y altas de la cuenca, en donde todavía hay porciones de bosque de pino y encino, los cuales permanecen sin un grado de alteración, motivo por el cual constituye una zona de recarga de acuíferos, lo cual es señal de que la infiltración aun no ha sido impactada por la acción negativa del hombre sobre los bosques.

En cuanto a la agricultura los habitantes de la cuenca venden sus productos en los mercados locales de los municipios con mayor afluencia o en los distritos cercanos; pero son la mayor parte de los habitantes los que practican el autoconsumo de tal producción. Las familias poseen terrenos para cultivar incluso en laderas. Tienen como prioridades los cultivos de maíz, frijol, tomate y chile básicamente; adicionalmente, disponen de pocos ejemplares de ganado bovino para arar las tierras sobre todo, caprino, ovino, asnal, porcino y equino, todos en escala menor y estos sirven para el trabajo doméstico y el

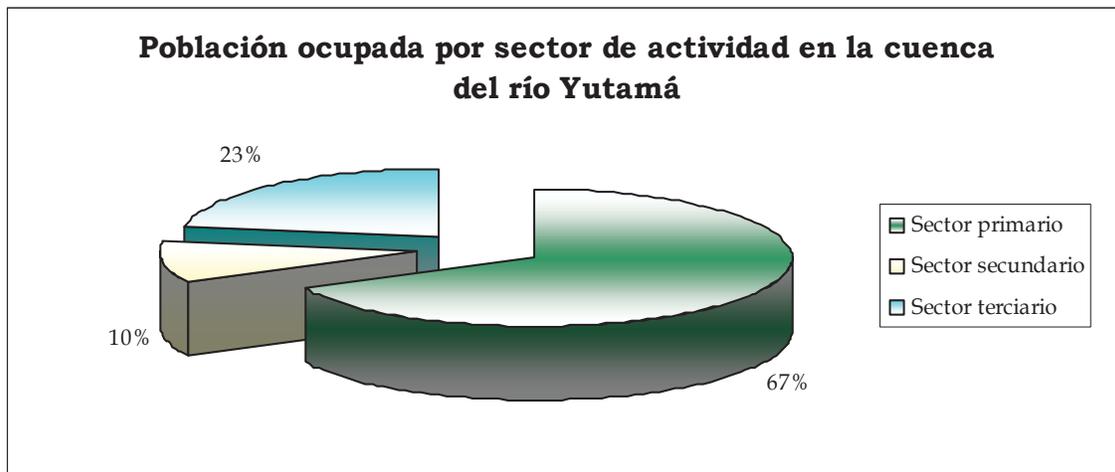
autoconsumo; pero si se presenta alguna necesidad económica los venden. En cuanto a las aves de corral, cuentan con ejemplares como: gallinas, gallos, guajolotes, patos y palomas, tanto para su autoconsumo como para su venta. Esta información se basa de acuerdo con lo que se observó en el trabajo de campo y en la encuesta aplicada.

Las localidades restantes, con población más pequeña, están comunicadas a las cabeceras municipales más cercanas por medio de brechas, y otros por caminos de terracería poco accesibles. Su actividad principal es también la agricultura.

1.3.5 Población ocupada por sector económico

En la cuenca la ocupación principal como se ha observado a lo largo del capítulo es la agricultura y esto lo denota, tanto el uso del suelo, como el número de habitantes que se dedican a estas actividades. Coexisten dos modalidades agrícolas, la tradicional y la moderna, la primera se refiere al tipo de agricultura que se utiliza fundamentalmente para el autoconsumo, con pocos recursos técnicos y financieros, es en la que se obtienen menores rendimientos por hectárea; la moderna es la agricultura comercial con mayores rendimientos, apoyos crediticios y técnicos.

Gráfica 1.12



Fuente: INEGI. (2000).

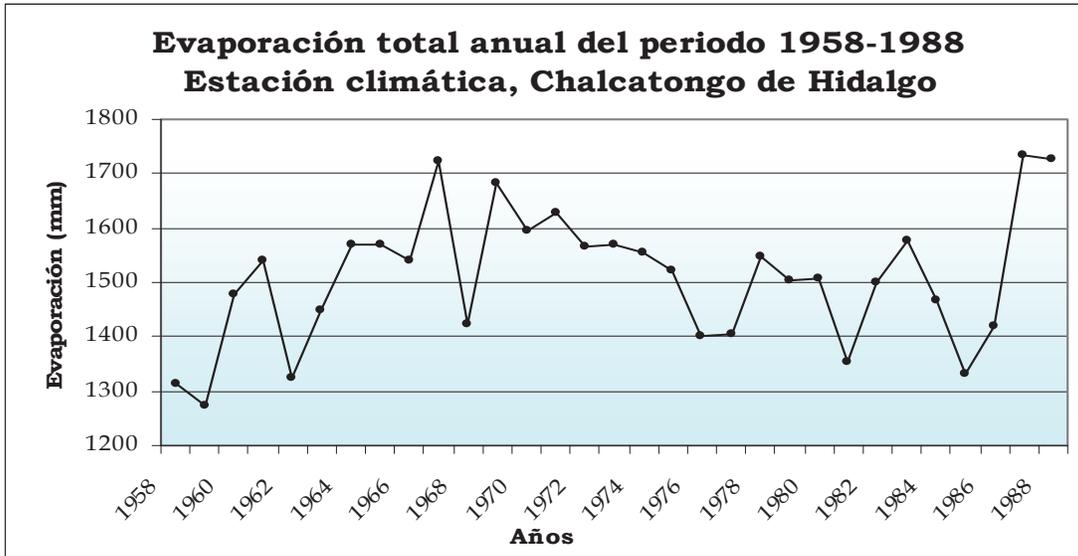
En la gráfica 1.12, ratifica lo antes expuesto, es decir, la población se dedica a las actividades primarias. Se observa claramente que la población dominante se ocupa en actividades como la agricultura principalmente; ya que en la cuenca, casi todos los cultivos son de autoconsumo, por ejemplo: ejotes, calabazas, quelites, chilacayote, tomate, maíz, café, habas, caña, naranja, plátano, chile, hortalizas, etc. En la cuenca la población que se ocupa en la agricultura representa el 67 %, ya que la mayor parte del área de la misma utilizada para cultivos de temporal y otro poco en cultivos de riego, esto significa igualmente que, el mayor volumen de agua que se utiliza es para realizar este tipo de actividades de la cual vive la población. En otra pequeña proporción los habitantes se dedican a la silvicultura 0.7%, comercio y servicios 23%, ganadería 17 %, caza y pesca 9%.

El otro porcentaje que se muestra en la gráfica se dividen entre el sector secundario y terciario, en el cual este ultimo cuenta con 23% de personas que se ocupan al comercio u otros servicios como el transporte. La comercialización de productos regionales e industrializados como: cobijas, café, miel se comercializa internacionalmente a Japón y a Europa, las herramientas, equipo de trabajo, tenates, sopladores, sombreros, petates de palma, cubiertas de piel para machetes, arperos de labranza, huaraches, y monturas de caballo, canastos de bejuco y carrizo, zarapes, gabanes y ceñidores, se comercializan en los días de plaza o en las ciudades de Oaxaca, Puebla y México, en cuanto a los servicios de transporte se trabajan en taxis locales, microbuses de Chalcatongo a Tlaxiaco, En camionetas tipo suburban, autobuses y vehículos de carga de Oaxaca a ciudad de México. Una parte del capital económico que circula en la población, viene de migrantes que radican en Oaxaca, ciudad de México Baja California y Estados Unidos. Y con 10 % el sector secundario de personas que se ocupan en la minería, suministro de agua y energía eléctrica, construcción o industria manufacturera.

general, se presenta mayor evaporación en la temporada de estiaje y se puede apreciar a simple vista, mientras que para la temporada de fin de lluvias baja considerablemente. El comportamiento general se puede decir que es normal de acuerdo a las temperaturas y la disponibilidad de agua para evaporarse.

En el mes de marzo, la máxima dentro de los valores más elevados de la temporada de secas alcanzó 142.6 mm, y la mínima para temporada húmeda bajó hasta 90.4 mm, en septiembre.

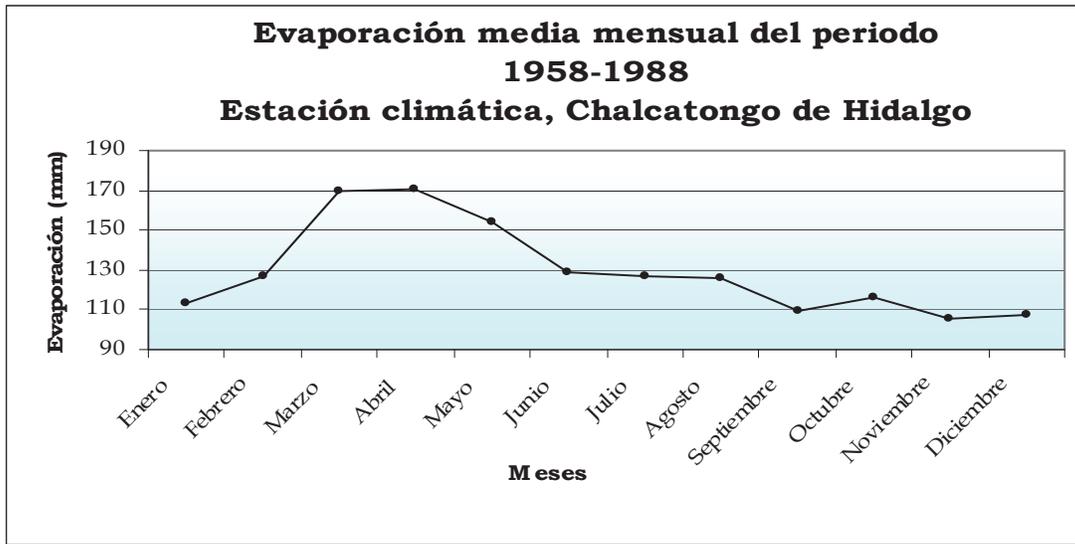
Gráfica 2.13



En la gráfica podemos observar que el periodo de datos registrados es de 1958 a 1988, y se caracteriza por tener una regularidad en la distribución temporal de esta variable, sin cambios tan bruscos en los valores. Se presenta una mínima para 1962 de 1323 mm y una máxima para el año de 1987 con 1734.4 milímetros.

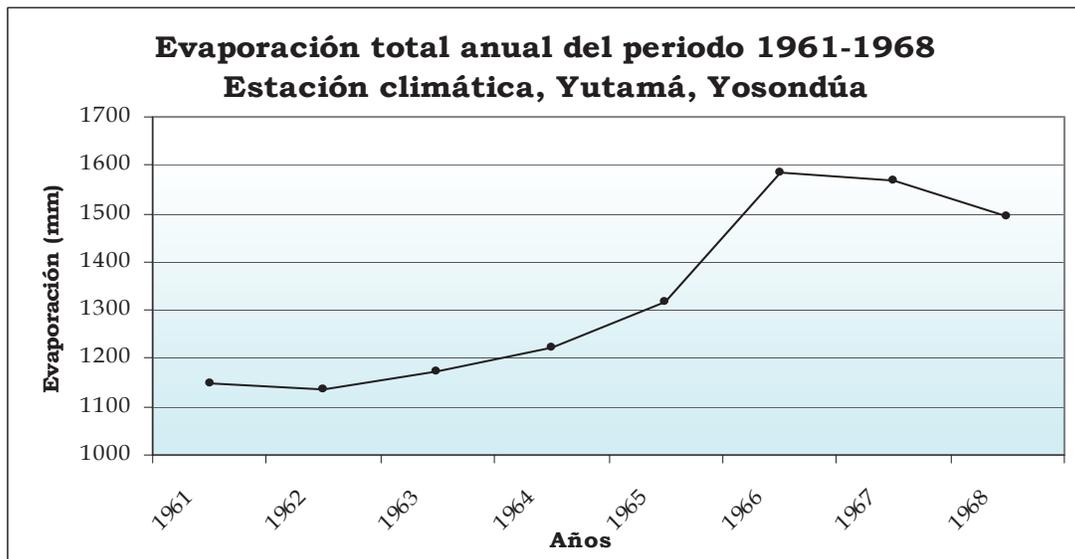
La evaporación para este periodo y en especial para esta estación oscila entre los 1320 a 1740 mm. Tiene mucho que ver también, la ubicación de la estación y las características geográficas que la rodean.

Gráfica 2.14



El periodo 1958-1988. De manera general, se presenta mayor evaporación en el mes de abril con 170.5 mm, el valor más alto del periodo. El valor más bajo se presenta en el mes de noviembre con 105.4 mm. El comportamiento general se puede decir que es normal de acuerdo a las temperaturas y la disponibilidad de agua para evaporarse. Aunque las diferencias de máximas y mínimas se recorrieron un mes comparado con la estación anterior, hay que recordar que no son datos que correspondan al mismo periodo de tiempo.

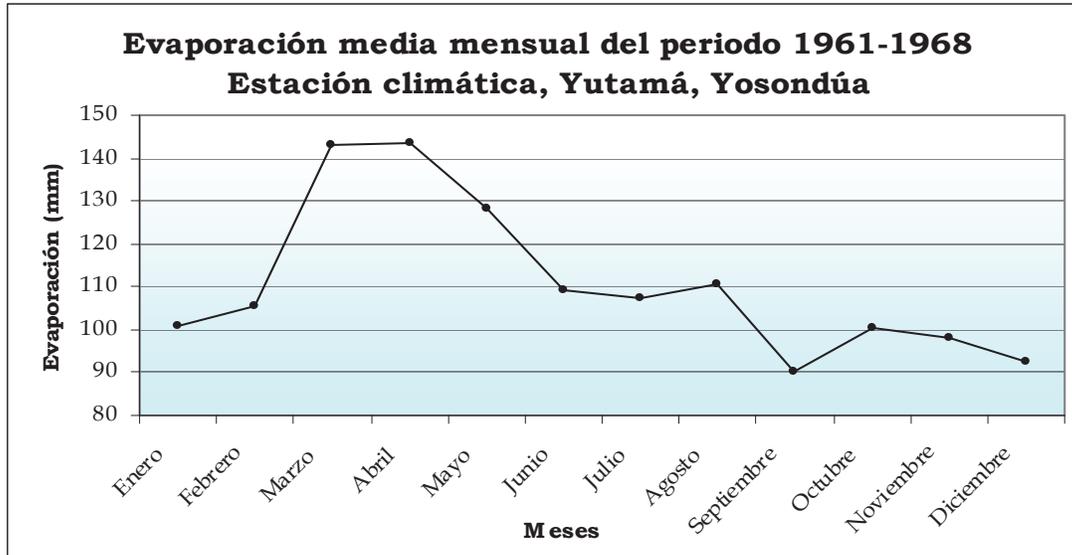
Gráfica 2.15



En la gráfica podemos observar de manera mucho más general porque el periodo de datos registrados es menor este va de 1961 a 1968, y se caracteriza por tener una regularidad en la distribución temporal de esta variable, sin cambios tan bruscos de valores a excepción de año 1966 en el cual, se eleva considerablemente la evaporación. Se

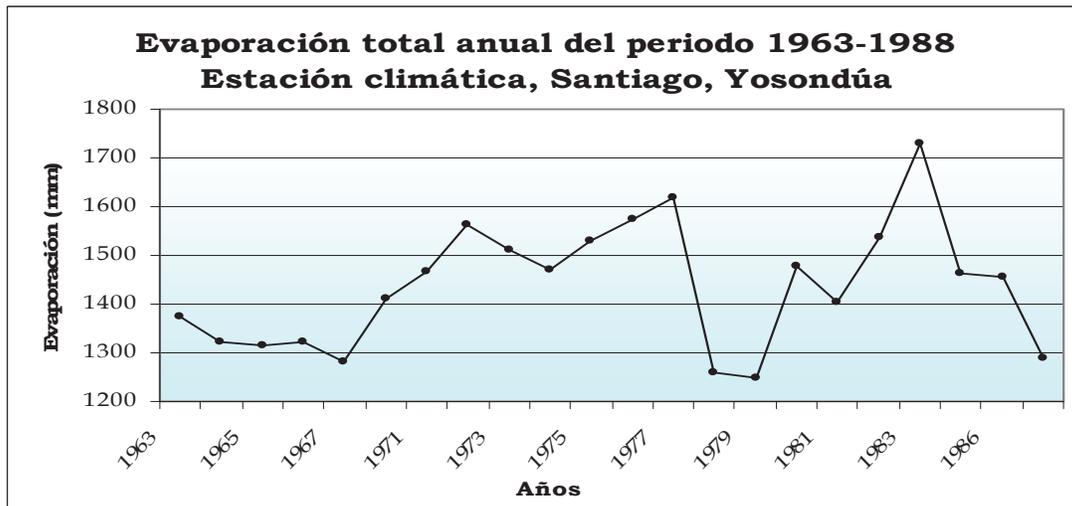
presenta una mínima para 1962 de 1137.8 mm y una máxima para el año de 1966 con 1584.4 mm. La evaporación para este periodo y en especial para esta estación oscila entre los 1130 a 1590 mm.

Gráfica 2.16



El periodo 1961-1968. De manera general se presenta mayor evaporación en el mes de abril con 143.5 mm, el valor más alto del periodo. El valor más bajo se presenta en el mes de noviembre con 90.2 mm. El comportamiento general se puede decir que es normal de acuerdo a las temperaturas y la disponibilidad de agua para evaporarse.

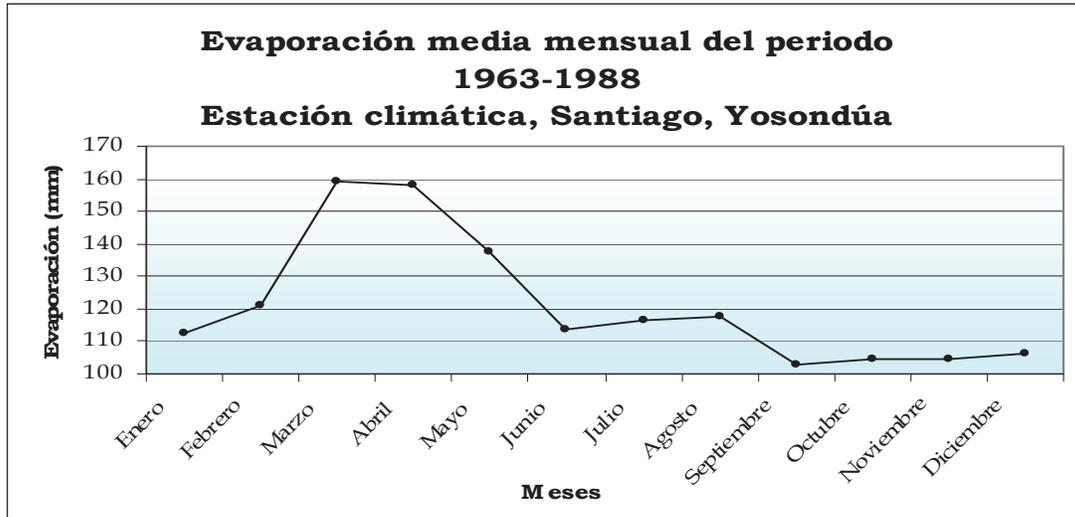
Gráfica 2.17



En la gráfica podemos observar de manera mucho más general del periodo de datos registrados es de 1963 a 1988, y se caracteriza por tener tres variantes en la distribución temporal de esta variable, sin cambios tan bruscos de valores; pero sí, muy notorio. De 1963 a 1967 se mantiene muy estable la evaporación; pero en último año baja muy poco a 1282.2 mm, de 1969 a 1977 se eleva la evaporación, aunque no es muy drástica; pero de

1978 a 1988, en una década que visualmente hay contrastes muy marcados. En este último subperiodo se presenta la mínima de todo el periodo de 25 años, para 1979 con 1249.3 mm y una máxima para el año de 1983 con 1724.6 mm. La evaporación para este oscila entre los 1245 a 1730 milímetros.

Gráfica 2.18



El periodo 1963-1988. De manera general se presenta mayor evaporación en el mes de marzo con 159 mm, el valor más alto del periodo. El valor más bajo se presenta en el mes de septiembre con 103 mm. El comportamiento general es normal y no presenta irregularidades en las que se tenga que hacer hincapié.

2.2.3 Evapotranspiración

Conviene primeramente definir los siguientes conceptos, para comprender el tema más ampliamente.

La transpiración es el proceso por el cual el agua de la vegetación pasa a la atmósfera en forma de vapor. Este concepto no incluye la evaporación desde el suelo.

Cuando se requiere determinar la pérdida de agua de una superficie cubierta de vegetación; resulta prácticamente imposible separar la transpiración de la evaporación. Ambos procesos físicos y biológicos; se encuentran íntimamente relacionados, por los que se les agrupa en el concepto de evapotranspiración. Este término refleja la pérdida de agua en forma de vapor a través de la vegetación y desde la superficie del suelo hacia la atmósfera. (Campos, 1992).

Otra definición importante con relación a la evapotranspiración es el uso consuntivo; éste no fue cuantificado ni calculado para la cuenca tanto por la escasez de información y objetivo de la tesis. El uso consuntivo es la cantidad de agua gastada o consumida en un área dada, en unidad de tiempo, esto es para la evaporación del suelo y la transpiración vegetal, como para la formación de tejidos vegetales, dentro de las condiciones que fija el medio estudiado. (Hebert, 2000). Puesto que la cantidad empleada de agua para la

formación de los tejidos vegetales es en realidad muy pequeña, si se le compara con los volúmenes gastados en la evapotranspiración, muchos autores relacionan directamente el concepto de uso consuntivo con el de evapotranspiración. (Luque, 1981).

2.2.4 Evapotranspiración real

La evapotranspiración real es un límite superior de la cantidad de agua que realmente retorna a la atmósfera por evaporación y transpiración, de manera que para estimar la evapotranspiración real debe tomarse en cuenta la cantidad de agua que efectivamente existe en la zona para evapotranspirarse. El término también se conoce como *déficit de escurrimiento*.

Para su cálculo se utilizó la fórmula empírica de Turc.

Turc después de analizar sus experiencias realizadas en más de 254 cuencas repartidas por todo el mundo, llega a la siguiente expresión. (Remenieras, 1971). Fórmulas que también fueron requeridas en los cálculos del balance hídrico estimado.

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

Donde: ETR = es la evapotranspiración mm

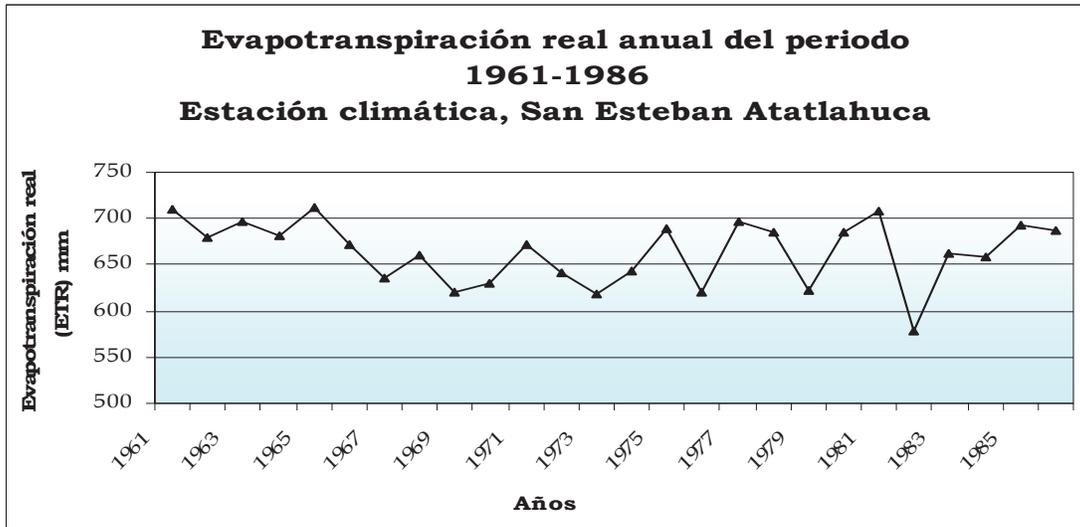
P = Precipitación anual mm

L = Parámetro térmico $L = 300 + 25(t) + 0.05(t)^3$

t = Temperatura media anual °C

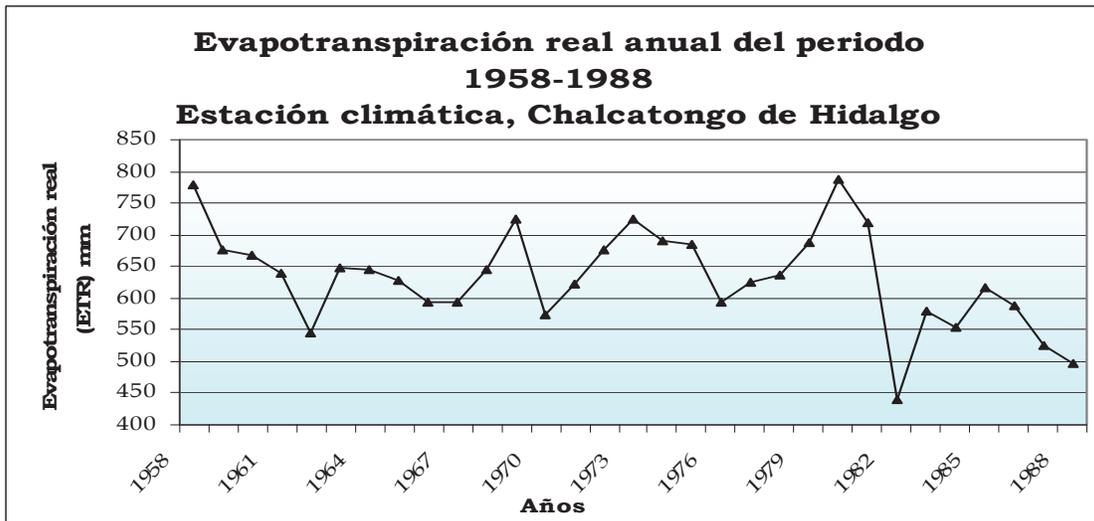
Los datos resultantes de Evapotranspiración real anual calculados, de acuerdo con la fórmula de Turc, sólo se pueden referir a un cálculo global de los años, con base en la temperatura media anual y la precipitación anual de periodo. (Anexo 2.5). Este no incluye una corrección por latitud, y presenta el inconveniente de que se desconocen las variaciones mensuales del proceso, sin embargo, el dato de evapotranspiración real anual permite su comparación con la lluvia anual y con los valores obtenidos por otros métodos de evapotranspiración potencial. (Martínez, 1980, p.26).

Gráfica 2.19



En el periodo de 26 años se notan tres subperiodos: uno de 1961 a 1966 en el cual, la mayor evapotranspiración se efectuó en 1965 con 711.6 mm, y la mínima en 1966 con 671.0 mm al final de éste, el segundo de 1967 a 1980, presentan una oscilación de 618 a 690 mm, sin más variación, su comportamiento fue estable en este subperiodo. Y por último un subperiodo que muestra mayores variaciones con respecto a los otros dos una máxima de 707.2 mm en el año de 1981 la cual, coincide con el año de mayor precipitación y la mínima se presenta un año después de 579.1 mm, de evapotranspiración en el año de 1984 esto también coincide con el año de menor precipitación en el mismo subperiodo.

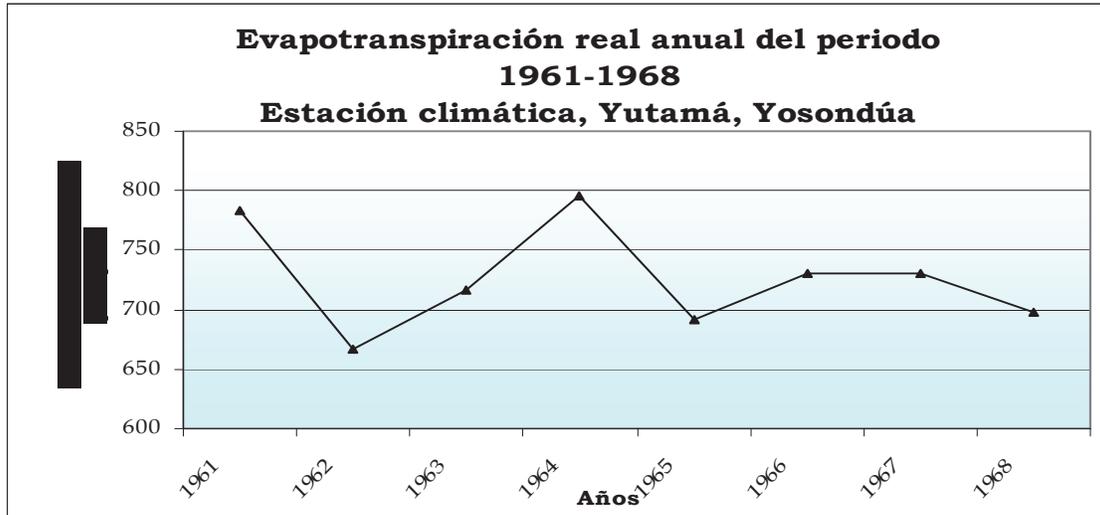
Gráfica 2.20



En general se visualiza, en el periodo de 31 años para esta estación hay muchas variantes, un máximo y un mínimo consecutivos en cuanto a los años en que se presentan estos eventos. La máxima para el año 1980 es de 787.3 mm y el mínimo para 1982 de 440.3 mm, con dos años de diferencia entre uno y el otro. Se observan tres subperiodos: uno de

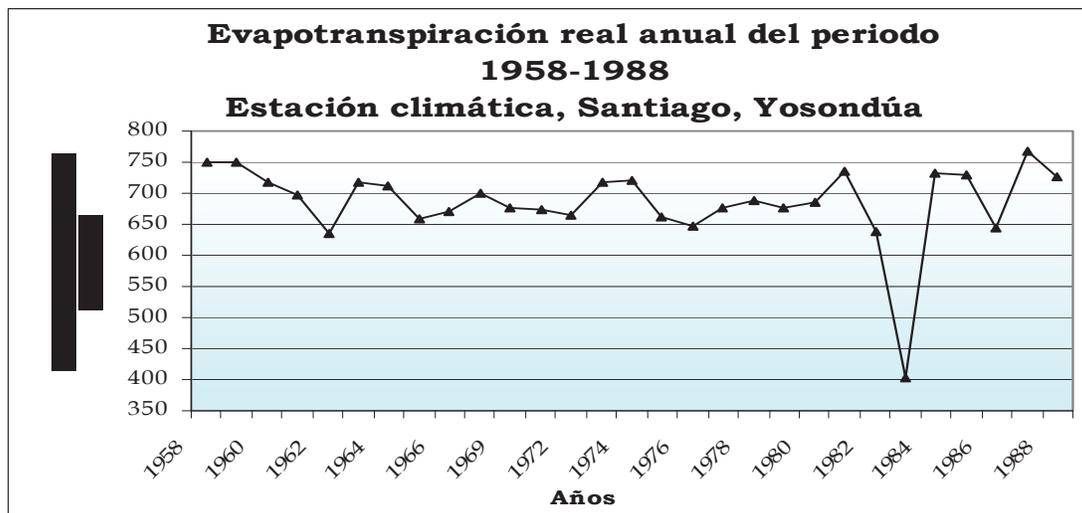
1958 a 1971 en el cual, el comportamiento es regular, el segundo de 1972 a 1980, subperiodo donde se presenta el valor más alto de evaporación. Y por último un tercer subperiodo que muestra mayores variaciones y con el valor más bajo en todo el periodo. Este subperiodo abarca de 1981 a 1988.

Gráfica 2.21



De manera general, se logran estimar que los valores son muy variados en correspondencia a la estación Yutamá, puesto, que es un periodo muy corto de 8 años a partir de 1961 a 1968. La mínima se presenta en 1962 con 666.5 mm y una muy próxima máxima de 795.1 mm en el año de 1964, con dos años de diferencia entre ambos valores. De 1965 en adelante los valores son más estables.

Gráfica 2.22



En general se observa una gráfica con datos muy estables al inicio del periodo, pero conforme avanzan los años se empiezan a notar cambios bruscos. Cuenta con registros de 29 años. Se observan dos subperiodos: uno de 1958 a 1982 en el cual, el comportamiento es regular; pero el segundo que abarca de 1983 a 1988, se presenta el valor más alto de

evaporación correspondiente al año 1987 de 768.9, y el valor mínimo de todo el periodo presentado en el año 1983 de 403.5 milímetros.

2.2.5 Evapotranspiración potencial

En el año de 1940 Thornthwaite propuso el concepto de evapotranspiración potencial. Esta se refiere como el agua que retorna a la atmósfera en forma de vapor a partir de un suelo completamente cubierto de vegetación y suponiendo que no existe limitación de humedad en el suelo, es decir en el que exista plena disponibilidad hídrica y es por lo tanto un límite superior de la evapotranspiración real

La estimación de este proceso llamado evapotranspiración potencial resulta fundamentalmente para el conocimiento de las necesidades hídricas, por lo que es de gran utilidad en la planificación de recursos hídricos y en los regadíos.

En la agricultura la medida o cálculos de las necesidades de agua, determinan en gran parte la elección de los cultivos, que pueden crecer en áreas de escasa precipitación. Esta idea igualmente aplicable al campo forestal; especialmente para la elección de especies en las repoblaciones y restauraciones hidrológicas. (Martínez y Navarro, 1996).

Los factores que influyen en la evapotranspiración

Factores climáticos: Que abarcan principalmente la radiación solar y el poder evaporante de la atmósfera, además de la temperatura, viento, luminosidad etc.

Factores edáficos: Influyen principalmente al contenido de humedad del suelo y a la facilidad por parte de este para cederla, es decir la penetrabilidad del agua a la superficie evaporante (suelo y vegetación).

Factores Biológicos: Comprenden las etapas de desarrollo de la planta y su tipo de especie, así como características de la edad, tipo de follaje y profundidad radicular. Una de las características de la especie vegetal, que está influida por las condiciones ambientales, es el número de estomas por unidad de área foliar, repartido en una proporción de 3 a 1 entre la superficie inferior y superior de la hoja. Otra particularidad estrechamente relacionada con el tipo y desarrollo del sistema radicular, es la manera de abastecerse de agua distinguiéndose de tres grupos. Además de las plantas acuáticas o *hidrófitas*, éstos son: *mesófitas*; especies de las zonas templadas y *xerófitas*; especies de los desiertos, las cuales toman el agua de la zona no saturada del suelo, es decir aprovechan el agua capilar y las *freatófitas* que pueden abastecerse alternadamente, de la zona saturada y de la no saturada.

La cantidad de evapotranspiración depende de factores biológicos como las etapas de desarrollo de las plantas y su tipo de especie; aspectos 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.

El concepto de uso consuntivo se usa como sinónimo de la evapotranspiración al igual que el déficit de escurrimiento, la diferencia entre los dos primeros es que la

evapotranspiración no se incluye para el consumo de agua para la formación de tejidos, por que es un consumo tan pequeño que no se considera. (Hebert, 2000, p.11)

Thornthwaite en el concepto de evapotranspiración potencial (ETP) implica una doble hipótesis de un mantenimiento de humedad en el suelo próxima a su capacidad de campo y un desarrollo vegetal óptimo.

Una parte del agua que cae sobre la superficie del suelo es eliminada gradualmente por un doble proceso de secado; en primer lugar, una evaporación efectuada por el viento y en segundo lugar, la transpiración efectuada por las plantas.

La evapotranspiración potencial con el método de Thornthwaite se emplea para satisfacer necesidades de agua de un cultivo en clima templado; ya que ha dado valores bajos de evapotranspiración potencial en zonas de clima árido y semi-árido.

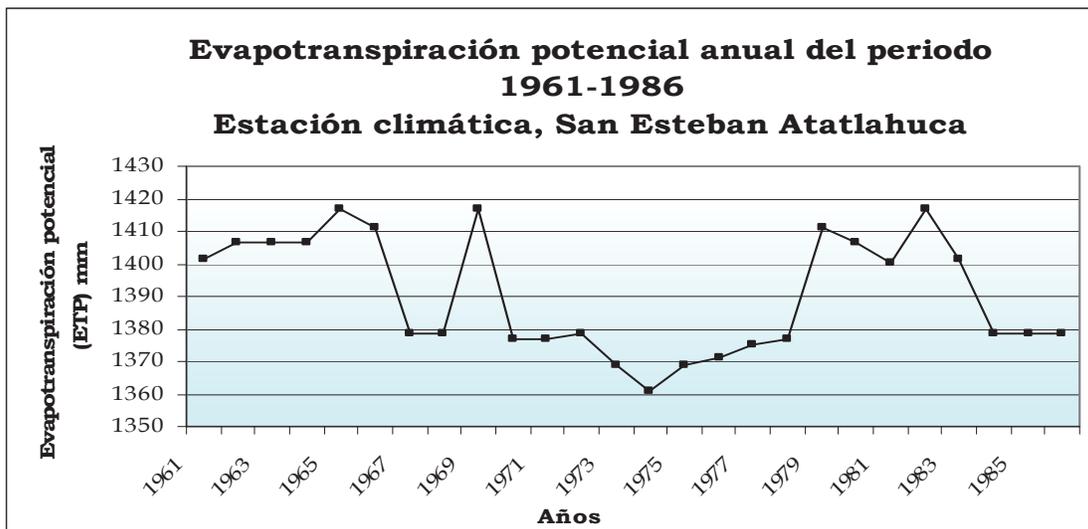
La fórmula de Thornthwaite es la siguiente:

$$ETP = 16 \left(\frac{10t}{i} \right)^a (f) \quad i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$
$$a = 0.000000675(i)^3 - 0.0000771(i)^2 + 0.01792(i) + 0.49239$$

Donde: t = Temperatura °C
i = Índice de calor anual
a = Valor exponencial
f = Factor de corrección de acuerdo a la latitud
f = (12.3)

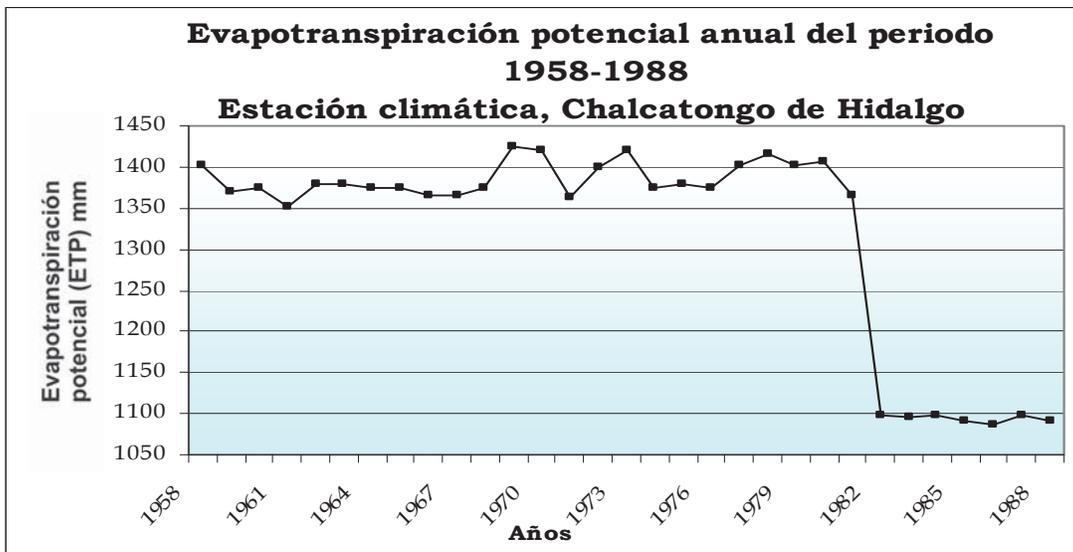
Para observar los resultados, consultar (Anexo 2.5), (Ver tabla de duración promedio posible del fotoperiodo en los hemisferios norte y sur expresados en unidades de 30 días de 12 horas cada uno, anexo 2.6 y tabla de índice de calor anual anexo 2.7)

Gráfica 2.23



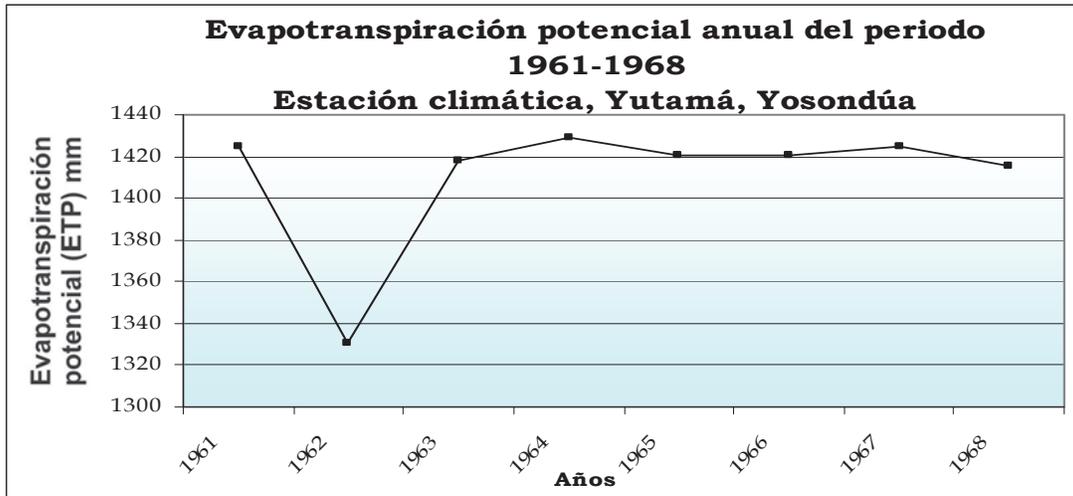
La gráfica elaborada muestra los años del periodo, y los valores de evapotranspiración potencial (ETP). De manera general, se aprecian tres subperiodos en los cuales, el primero abarca los años de 1961 a 1964. En 1961 el valor de la evaporación es el único diferente del resto de los valores 1401.3 mm la mínima representada para ese periodo, y en los años restantes se presenta un valor de 1406.6 mm la máxima con una ocurrencia de cinco años. El segundo subperiodo abarca de 1965 a 1979, presenta una mayor inestabilidad en cuanto al comportamiento de sus valores; en 1965 se presenta la máxima con 1417.1 mm de evapotranspiración potencial, mismo que se repite para los años 1969 y 1982. El valor mínimo se presenta en 1974 con 1361 mm. Y por último el tercer subperiodo el cual se compone de siete años de 1980 a 1986, se presenta el valor mínimo en 1984, 1985, 1986, el valor es de 1378.5 mm de evapotranspiración y el valor máximo de este subperiodo es en 1982 con 1417.1 milímetros.

Gráfica 2.24



La gráfica elaborada muestra el periodo de años representado de 1958 a 1988, y los valores de ETP, evapotranspiración potencial expresada en mm. De manera general, se nota una máxima en 1969 de 1424.8 mm, y una mínima de 1086.4 mm para 1986. En particular hay dos subperiodos muy marcados, los valores se mantiene elevados desde el inicio del periodo hasta 1981, con valores que oscilan entre 1360 a 1425 mm. El cambio drástico se presenta con la mínima en 1982 con 1099 mm, el cual marca una diferencia o un escalón, con el subperiodo anterior, ya que en este ultimo, se mantienen valores bajos, de 1080 a 1100 milímetros.

Gráfica 2.25



La gráfica muestra los 8 años de registro del periodo para la estación correspondiente. De manera general, se percibe una mínima en 1962 con 1330.6 mm y una máxima con 1429.3 mm para el año 1964. Ambos valores hacen resaltar al inicio de la gráfica una mínima y una máxima muy marcadas.

Gráfica 2.26

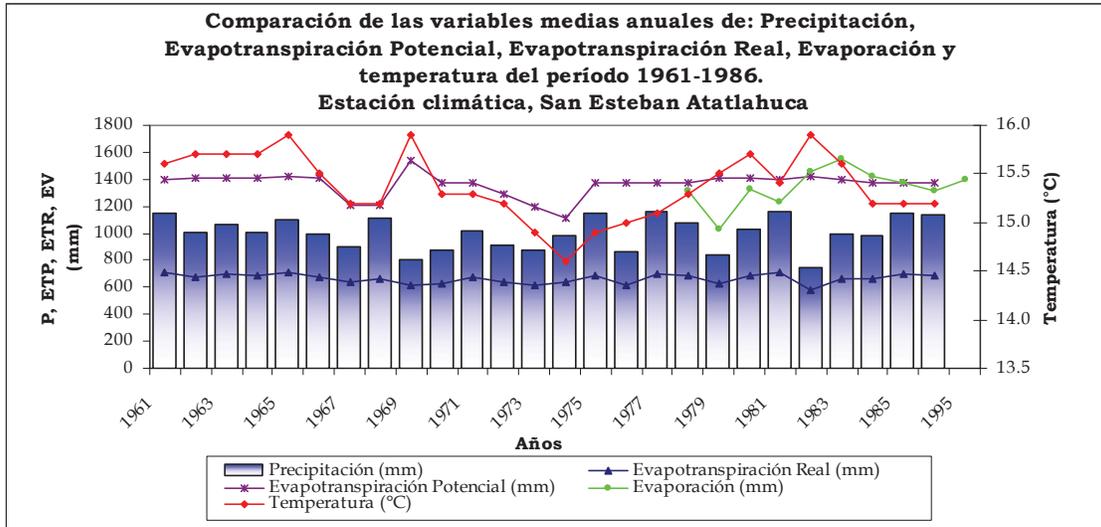


La gráfica muestra los años del periodo 1958 a 1988, y los valores de ETP. De manera general, se aprecian dos subperiodos en los cuales, el primero abarca los años de 1958 a 1982. En 1966 es el año en el cual se presenta la mínima registrada para todo el periodo de 1360.1. De 1983 a 1988 parte el segundo subperiodo; pero 1983 se presenta la máxima con un valor de 1533.9 mm, dato que marcó una diferencia entre un subperiodo y otro. El segundo subperiodo se mantiene el valor de la evapotranspiración más elevados, con datos que oscilan de 1370 a 1540 mm de evapotranspiración potencial.

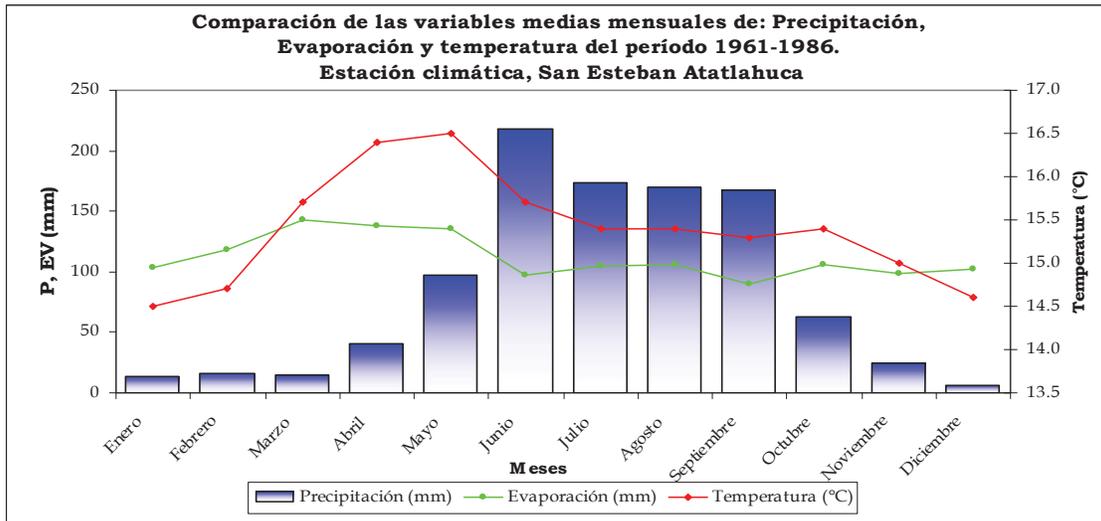
Para apreciar a simple vista las variaciones de los factores del clima en cada una de las estaciones y poder compararlas, se graficaron las cinco variables más representativas:

temperatura, precipitación, evaporación, evapotranspiración real y evapotranspiración potencial media anual para los periodos correspondientes a las estaciones observadas. Y las medias mensuales solo para temperatura, precipitación y evaporación.

Gráfica 2.27



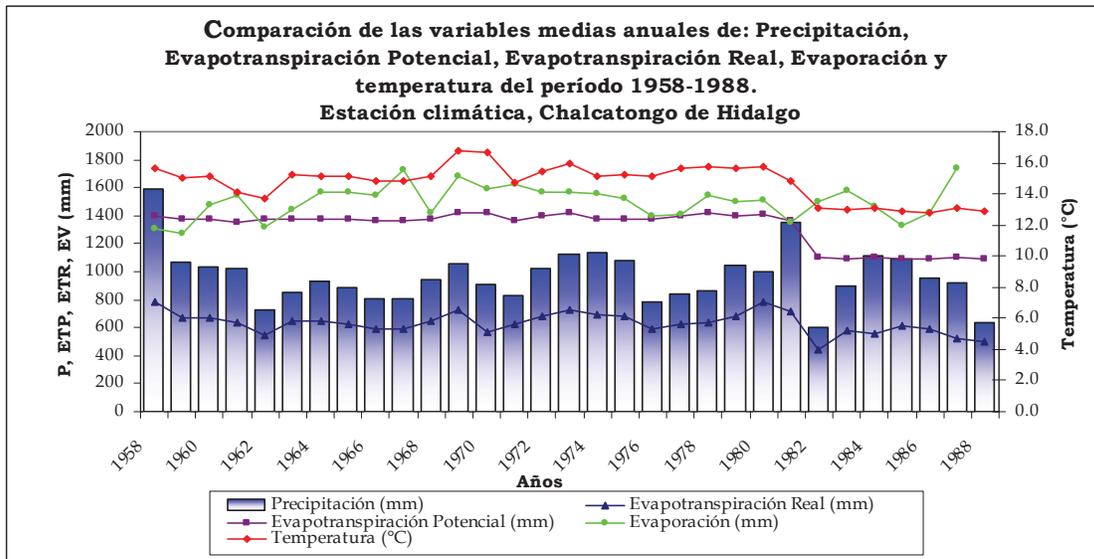
Gráfica 2.28



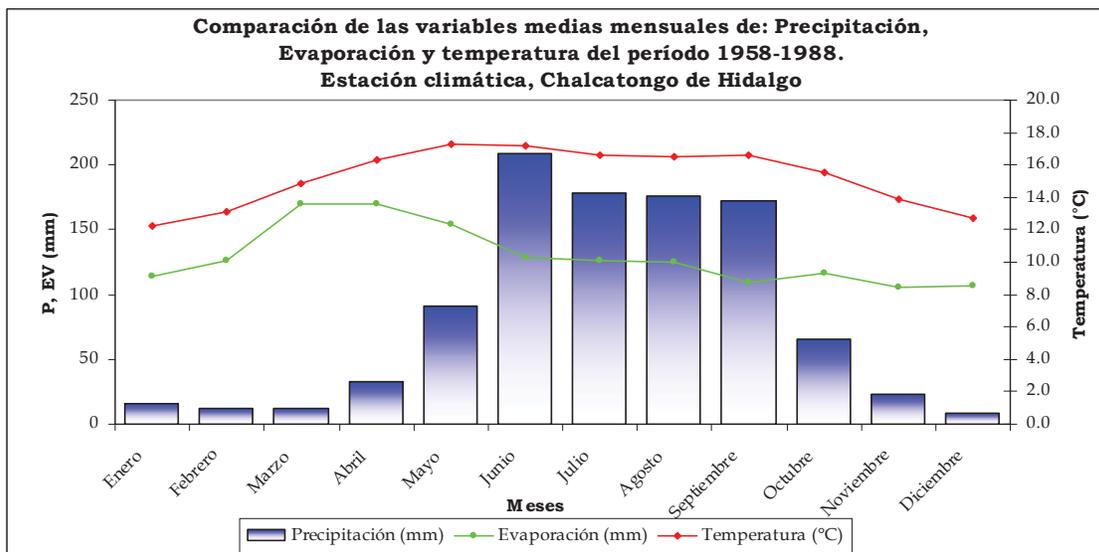
En las gráficas pertenecientes a la estación climática San Esteban Atlatlahuca, resalta a la vista la estacionalidad muy marcada, y los meses de estiaje donde la evaporación supera la precipitación. Este comportamiento de las variables, hace que se presente en esta zona un clima templado subhúmedo. La evapotranspiración real, no es tan contrastante a lo largo del año, y la evapotranspiración potencial se comporta de acuerdo a la cantidad de agua disponible es decir a la precipitación que va de los 1000 a 1200 mm, y a la temperatura, esta oscila entre 14 y 16 °C. Los datos que aquí se presentan constituyen elementos importantes que contribuyen a explicar el comportamiento del

ciclo hidrológico en periodos largos, el comportamiento fluvial y la presencia de algunas comunidades vegetales como el bosque de pino y encino.

Gráfica 2.29

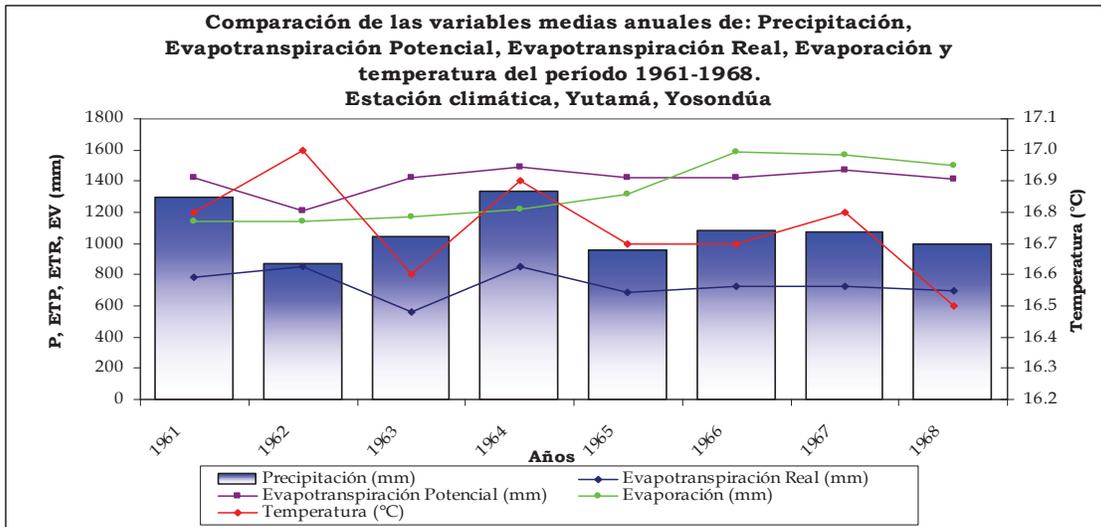


Gráfica 2.30

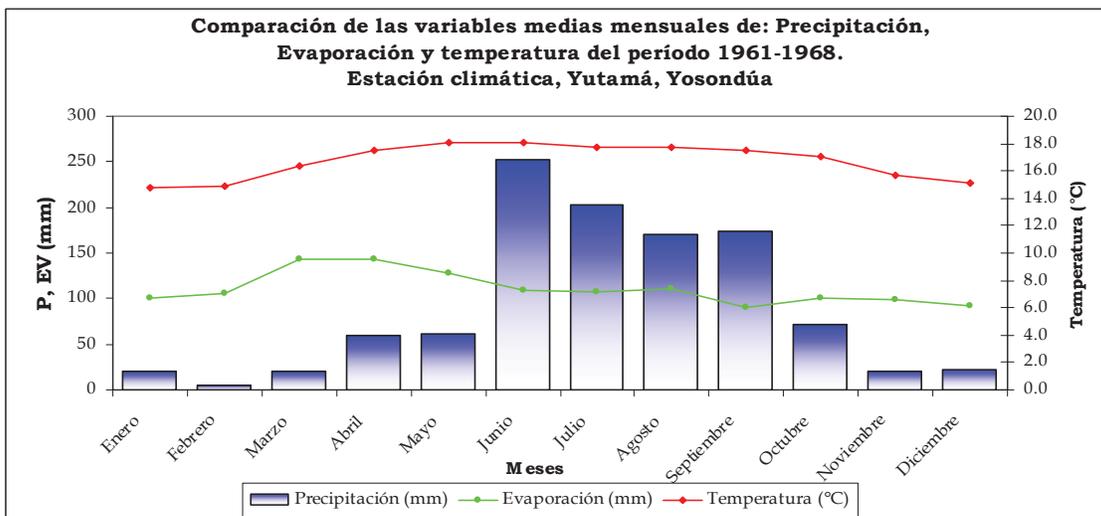


En las gráficas siguientes de la estación climática Chalcatongo de Hidalgo, se observa como resalta el cambio de estaciones húmeda y seca, se observa también que la evaporación supera la precipitación todo el año. La temperatura, oscila de 12 a 16 °C. La precipitación varía entre 700 a 1600 mm. La evapotranspiración real, actúa de acuerdo a la cantidad de precipitación, y la evapotranspiración potencial se comporta estable los primeros años, pero al final descendió bruscamente en 1983. El tipo de clima que predomina favorece la agricultura de temporal y de riego.

Gráfica 2.31

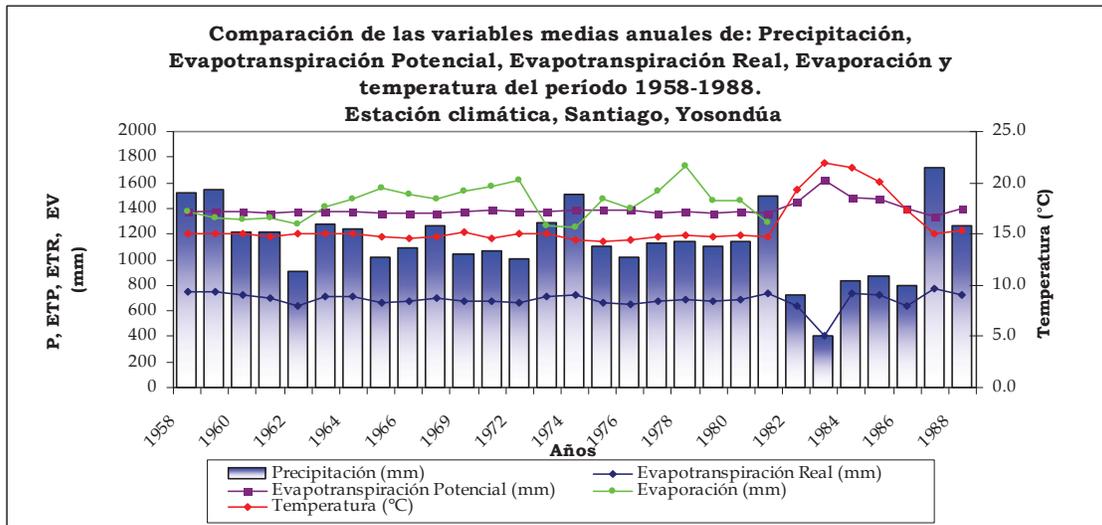


Gráfica 2.32



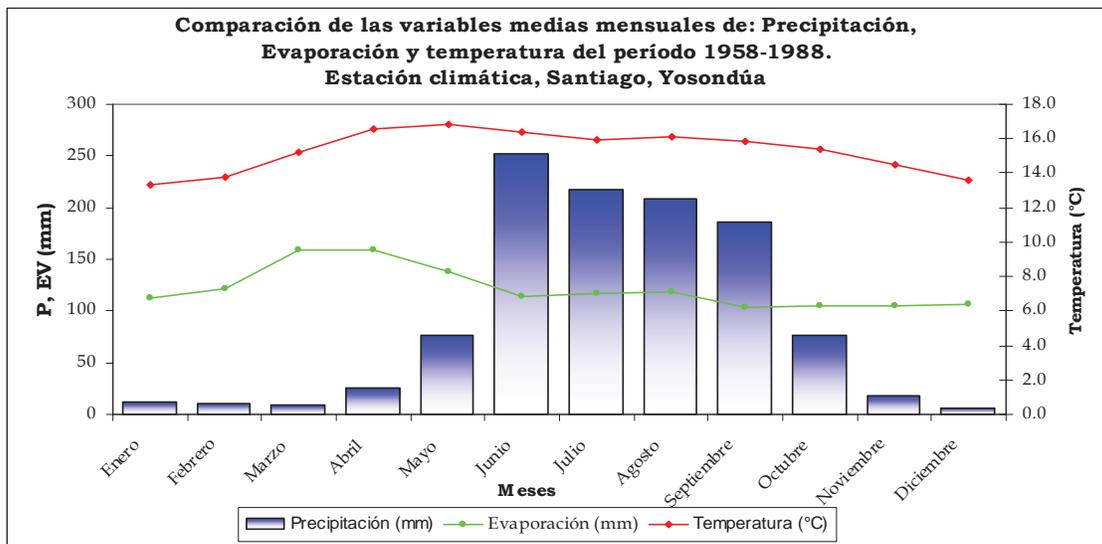
Para la estación climática Yutamá, Yosondúa, los datos y gráficas exponen que, se cuenta con pocos años de registro y se considera que no son muy representativos, pero muestra el comportamiento general de las variables. La evaporación no supera la precipitación en todo el año, como en la estación anterior. La temperatura, oscila de 16.5 a 17 °C. La precipitación varía entre 900 a 1300 mm. La evapotranspiración real, actúa de acuerdo a la cantidad de precipitación, y la evapotranspiración potencial supera a la cantidad de precipitación en todo el periodo.

Gráfica 2.33



En la gráfica 2.33 perteneciente a la estación climática Santiago, Yosondúa. La temperatura oscila de 15 a 22 °C. La precipitación va de los 400 a 1800 mm. En cuanto a la evapotranspiración real, no es tan contrastante a lo largo del año y actúa con respecto a la disponibilidad de agua durante todo el periodo y la evapotranspiración potencial rebasa esa disponibilidad sobre todo del año 1960 a 1974, después de 1976 a 1981, posteriormente aumenta conforme aumenta la temperatura.

Gráfica 2.34



En esta última gráfica, resalta a la vista la estacionalidad muy marcada como se mencionaba en las gráficas anteriores. Se puede observar la temporada de lluvia y la de secas. En los meses donde casi finaliza la temporada de estiaje la evaporación tiende a aumentar, y supera a la precipitación en cuanto a milímetros refiere, durante la temporada de lluvia se mantiene estable. La temperatura también mantiene una línea constante.

En cada una de estaciones con sus gráficas respectivas, se observa claramente, que las variables obedecen al patrón de comportamiento de la temperatura y de la precipitación, y que gracias a la poca inestabilidad de estos dos elementos, se puede decir que hay un equilibrio entre todos los componentes del ciclo hidrológico, y a la vez, éste, se presenta como se observa en los diferentes periodos de registros, además de que el aporte de la cantidad de agua a la cuenca es bueno.

2.2.6 Escorrentía

El movimiento del agua en la superficie terrestre, se desarrolla conjuntamente como si fuera un manto que discurre por las laderas después de precipitaciones fluviales fuertes. En el caso opuesto el desarrollo se presenta en una serie de escorrentías de menor cuantía que originan cárcavas. (Lugo, 1989, p. 81)

2.2.7 Escurrimiento

El escurrimiento es la parte de la precipitación que fluye por gravedad por los cauces de los ríos. Otra definición más completa, indica que el escurrimiento es la parte de la precipitación que aparece en las corrientes superficiales sean estas, perennes, intermitentes o efímeras y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores. (Campos, 1992).

Los componentes del escurrimiento total son cuatro: precipitación en los cauces, escurrimiento superficial, escurrimiento subsuperficial y escurrimiento subterráneo. Sin embargo, con fines prácticos el escurrimiento total se clasifica generalmente en escurrimiento directo y escurrimiento subyacente; el primero integrado por la precipitación en los cauces, el escurrimiento superficial y subsuperficial rápido, y el segundo constituido por el escurrimiento subterráneo y el subsuperficial de lento drenaje (Op. cit.)

Es un componente importantísimo del ciclo del agua y del balance hídrico, ya que desde el punto de vista del aprovechamiento de los recursos hidráulicos de una región o del país, el escurrimiento de una corriente, constituye la disponibilidad del agua para ser derivada y utilizada inmediatamente ya sea en el riego y para abastecer de agua a la población, o bien para ser almacenada y empleada posteriormente en diversos fines como generación de energía eléctrica, e inclusive retenida para su control con el objetivo de reducir los daños que causan su abundancia, ya los aguaceros torrenciales provocan las avenidas e inundaciones que generan los procesos erosivos tanto superficiales como subterráneos y condicionan la composición química de las aguas. (Ídem).

Factores que rigen el escurrimiento

La escorrentía superficial íntimamente ligada con el suelo, la vegetación y con otros factores como la precipitación y la intensidad del aguacero influye en la generación de escorrentía superficial; siempre que dicha intensidad sea mayor que la velocidad de infiltración se estará produciendo lluvia neta, es decir, escurrimiento superficial.

La precipitación en la cuenca del Yutamá es irregular ya que su orientación de Noroeste - Sureste y su ubicación en la vertiente del Pacífico, hace que el aire marítimo tropical la

provee con sus precipitaciones; pero dada la forma alargada de la cuenca, la distribución y la intensidad de las lluvias sobre ella son diferentes en cada parte de la cuenca.

El suelo: El escurrimiento es menor en los suelos arenosos y mayor en los compactos; en realidad es inversamente proporcional a la capacidad de infiltración del terreno. La mayor parte de la cuenca del río Yutamá, está constituida por la unidad de suelo primario regosol y regosol calcáreo del cual ya se explicaron sus características en capítulos anteriores, y se mencionó que es un suelo formado por material suelto, pero no aluvial, sino que puede ser el primero de material volcánico andesítico y el segundo de calizas.

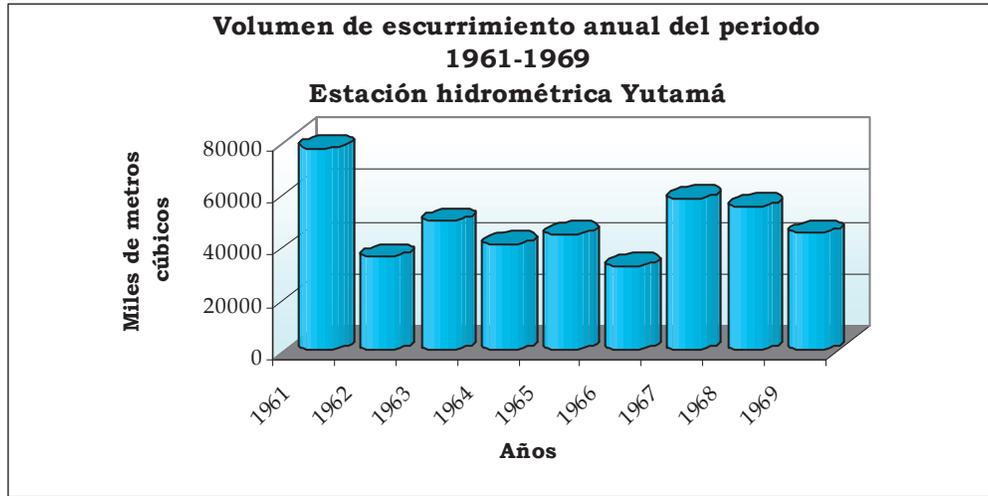
La vegetación puede ser un factor que actúa positivamente reduciendo la escorrentía superficial, al frenar la velocidad de la lámina de agua, aumentando el tiempo de oportunidad de infiltración sobre todo en las montañas y laderas altas de origen volcánico y de origen sedimentario de la cuenca donde la vegetación es de bosque de pino y bosque pino-encino muy abundante. En un bosque maduro en donde la escorrentía superficial puede representar alrededor del 5% de la precipitación.

Existen dos estaciones hidrométricas en la cuenca. La estación hidrométrica denominada Yutamá tiene registros hidrométricos de 1961 a 1969, y la Nduavé tiene de 1954 a 1969, ambas estaciones se encuentran en el interior de la cuenca y se realizó un análisis de datos y gráficas que incluyen volúmenes de escurrimientos medios anuales y mensuales de los caudales.

En cuanto a los datos de volumen de escurrimiento anual de cada una de las estaciones hidrométricas se elaboraron tablas, (Anexos 2.8 y 2.9) cada uno con su respectiva gráfica.

Subdirección General Técnica Gerencia de aguas Superficiales Gerencia de Ríos Estación hidrométrica: Yutamá
Coordenadas: Latitud: 16° 53' 30" N, Longitud: 097° 38' 00" W
Afluente: Río Sordo
Subafluente: Río Yutamá
Clave: 20040
Estación: Yutamá
Corriente: Río Yutamá
Escurrecimiento medio anual: 48.261 x10 ³ m ³

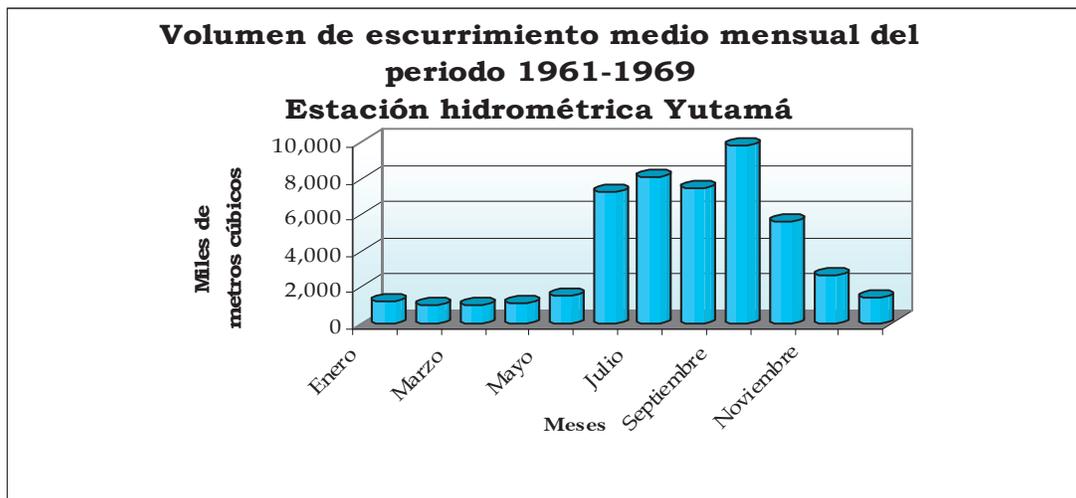
Gráfica 2.35



La gráfica muestra los valores de volumen de escurrimiento de la estación hidrométrica Yutamá durante, los años del periodo, los cuales son 9 años, e indican los volúmenes expresados en miles de metros cúbicos ($10^3 m^3$). La gráfica muestra de manera general variaciones en el transcurso de los años. Presenta una máxima al inicio del periodo en 1961 de 76 894 metros cúbicos, que a simple vista se logra apreciar muy claramente y una mínima para 1966 de 31 836 metros cúbicos.

Esta estación registra los datos del alto río Yutamá, homónimo del cauce principal que vierte sus aguas en dicho cauce, entonces el punto es que, si en la estación Nduavé se registra el caudal del río La Esmeralda, para el año 1966 se observa un volumen de 115 351 metros cúbicos, por que en la estación Yutamá que se encuentra aguas a bajo sólo se registra un valor mínimo de 31 836 metros cúbicos, siendo que este registra el caudal de la subcuenca del río Yutamá y esta es mayor a la anterior.

Gráfica 2.36

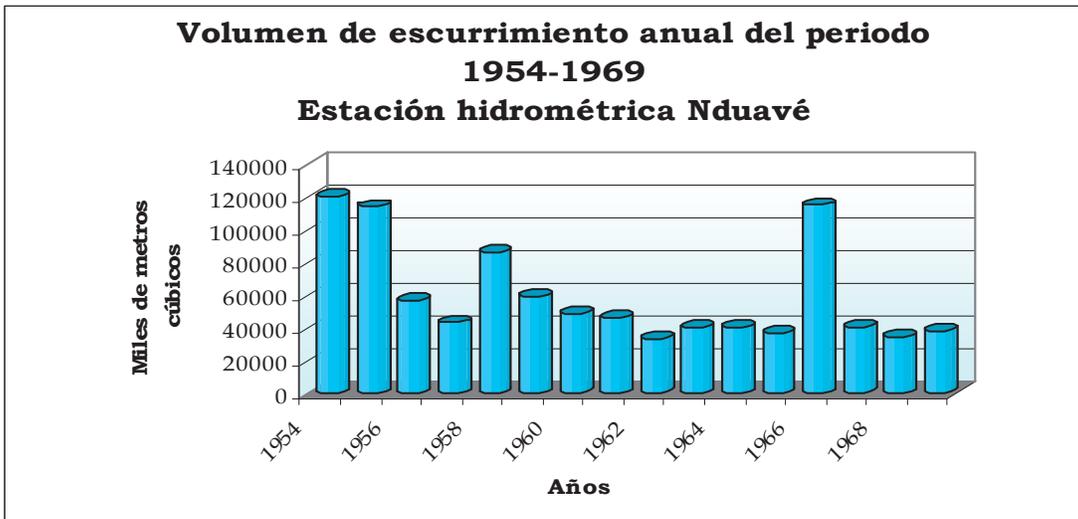


En la gráfica, al analizar la información de escurrimiento medio mensual del periodo 1961-1969, de la estación Yutamá se nota que los caudales mínimos se registran durante los meses de enero hasta mayo, estos registros coinciden con la época seca del año, en marzo se presenta un volumen de 971 metros cúbicos.

El caudal empieza a aumentar a partir del mes de junio, alcanzando valores altos de escurrimientos durante los meses de junio, julio, agosto, y con el máximo volumen de escurrimiento medio mensual el mes de septiembre con 9 788 metros cúbicos y para en el mes de octubre comienza a descender. También se pudo observar que los registros indican un aumento notable del caudal en el mes de julio y que hay una disminución en agosto y vuelve a aumentar en el mes de septiembre.

Subdirección General Técnica Gerencia de aguas Superficiales Gerencia de Ríos Estación hidrométrica: Nduavé
Coordenadas: Latitud: 16° 51' 00" N, Longitud: 097° 36' 00"W Afluente: Río Sordo Subafluente: Río La Esmeralda Clave: 20034 Estación: Nduavé Corriente: Río La Esmeralda Escurrimiento medio anual: 59.735 x10 ³ m ³

Gráfica 2.37



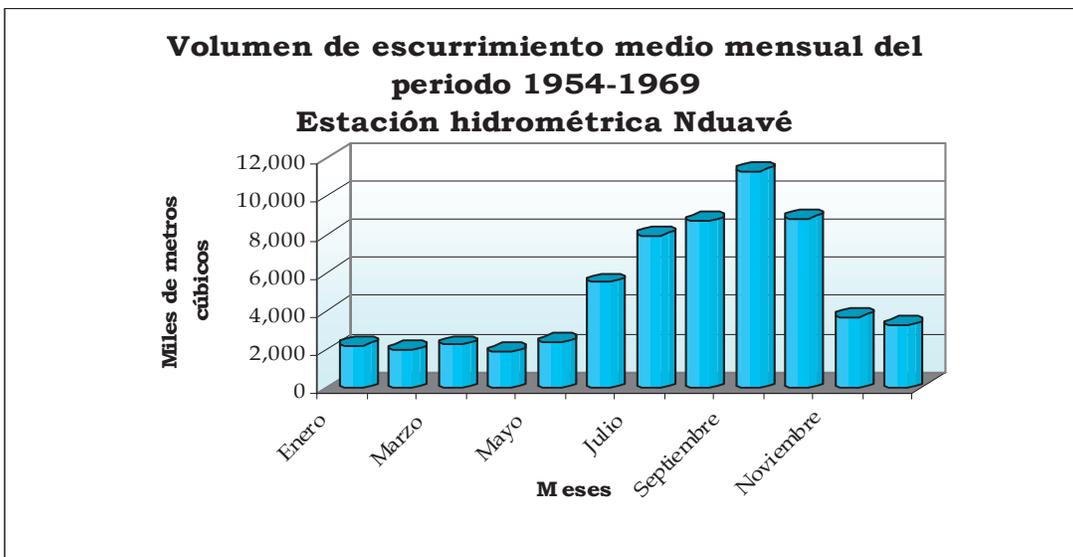
La gráfica que contiene los datos de volumen de escurrimiento de la estación hidrométrica Nduavé, muestra a simple vista tres subperiodos. El primer subperiodo con cuatro años que van de 1954 a 1957, contiene el valor más alto de volumen de escurrimiento anual, y el mayor volumen se presenta en 1954 con 120 646 metros cúbicos. El segundo subperiodo se agrupa con ocho años que van de 1958 a 1965, tiende a mantenerse estable, a excepción de 1958, que presenta el volumen de escurrimiento mayor

con 86 113 metros cúbicos; pero en el 1962 se presenta el mínimo caudal para el segundo subperiodo y para el periodo completo con 33 097 metros cúbicos. En el tercer subperiodo de 1966 a 1969 se observa un incremento drástico en 1966 con 115 351 metros cúbicos; pero después de este elevado registro, volvió a descender para los tres años restantes.

Este periodo tiene un valor máximo en 1954 con 120,646 metros cúbicos, y un mínimo en 1962 con 33 097 metros cúbicos de volumen de escurrimiento.

Con la información hidrométrica y gráficas anteriores, sobre todo las que registran el volumen de escurrimiento anual, se pueden comparar los datos de las dos estaciones, y se observa con claridad el aumento y disminución de una a otra en los diferentes años.

Gráfica 2.38



En la gráfica al analizar la información de escurrimiento medio mensual del periodo 1954-1969, perteneciente a la estación Nduavé y se distinguen dos subperiodos, el seco y el húmedo, lo mismo se detectó para la estación Yutamá con este mismo elemento. Los valores de escurrimiento más bajos que se presentan pertenecen a la época seca del año y el escurrimiento mínimo, que se registro en abril, es de 1 863 metros cúbicos. Los valores de escurrimientos máximos se presentan en la época lluviosa.

El caudal aumenta en los meses de junio a noviembre, y se alcanza una máxima en septiembre con 11 295, para en el mes de octubre se mantiene un poco más alto que en los meses siguientes en los que comienza a descender. También se pudo observar que los registros indican una baja del caudal en el mes de febrero, que hay un aumento en el mes marzo, y vuelve a descender para abril en el mes que se presenta la mínima registrada para este periodo.

Con base en las observaciones anteriores puede afirmarse que los caudales del río Yutamá tiene un comportamiento similar en lo concerniente a la distribución temporal. Además es necesario indicar que el escurrimiento de la subcuenca del río La Esmeralda, como subafluente del río Yutamá, vierte sus aguas ahí. Por lo tanto los datos

hidrométricos de la estación Yutamá, deberían ser aún mayores que los de la estación Nduavé, aunque tenga un menor número de años o un periodo corto de registro.

2.2.8 Infiltración

Se llama infiltración al movimiento del agua de la superficie del suelo hacia su interior producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares. De la precipitación que llega al suelo una parte se filtra y otra escurre por el sistema fluvigráfico superficial de la cuenca. Una primera fracción escapa de los procesos de evaporación y transpiración al introducirse hacia el subsuelo, hacia las zonas más profundas hasta que termina de incorporarse a los mantos freáticos. Esta fracción se destina entonces a la recarga de acuíferos y a proporcionar regularmente el caudal de los ríos a través de los flujos subterráneos es de gran importancia en la conformidad de los recursos hidráulicos de una zona, y por consiguiente resulta de gran interés conocer las leyes o principios que regulan la entrada de las aguas en el interior del suelo.

De la parte infiltrada una fracción queda retenida en el suelo y pasará a ser evapotranspirada. El estudio de la infiltración es de vital importancia para la comprensión y cuantificación de la relación precipitación–escurrimiento, ya que las cuencas de baja infiltración presentan un régimen de escurrimiento caracterizado por fuertes avenidas y gastos bajos o nulos en estiaje. En cuencas muy permeables y donde no hay estratos impermeables arriba del nivel freático el escurrimiento será muy uniforme durante el año, esto sucede en la cuenca del río Yutamá, ya que tiende a mantener estable su cauce, aunque en época seca disminuye considerablemente su caudal; pero no se seca y lleva agua todo el año.

La importancia de la infiltración no se limita a su influencia en la relación precipitación–escurrimiento, sino que además, el agua infiltrada representa la mayor fuente de abastecimiento a los suelos, en particular donde hay plantas de cultivo.

Factores que rigen la infiltración

La precipitación influye en cuanto a su duración e intensidad, cuando la intensidad de ésta es menor a la capacidad de infiltración, todo el agua que cae se introduce en el suelo, mientras que si es mayor el terreno no es capaz de absorber todo el agua, provocando escorrentía y encharcamiento.

Características de la superficie del suelo, la pendiente del terreno influye en el tiempo de permanencia del escurrimiento sobre la superficie y en el espesor de la lámina del flujo sobre el terreno mientras la pendiente sea abrupta menor es la capacidad de infiltración y si hay una pendiente suave la infiltración puede ser mayor. En labores de cultivo cuando un suelo está cubierto de cultivos esta protege al suelo del impacto de la lluvia frena la corriente del agua sobre la superficie, y el agua está más tiempo expuesta a infiltrarse además de que las prácticas agrícolas requeridas propician la infiltración.

Con los suelos arcillosos la disgregación y arrastre de materiales finos por el agua y la compactación de la superficie desnuda del suelo, evitan o retardan la entrada del agua al terreno disminuyendo la infiltración. Así, un suelo con excelente drenaje puede presentar

una capacidad de infiltración baja debido al sellado de los estratos superiores. Otros factores de gran importancia que deben ser tomados en cuenta para estudios más específicos son aparte del tipo de suelo, el grado de humedad, temperatura y la presencia de sustancias coloidales.

La vegetación rige la infiltración de la siguiente manera: las raíces de las plantas al penetrar en el suelo abren grietas que mejoran la incorporación del agua. Con respecto a lo anterior, la especie cultivada tendrá efectos en la infiltración, debido a su densidad de cobertura vegetal y de raíces. La implantación de vegetación en un terreno desnudo aumenta la infiltración, los efectos principales de la cobertura vegetal son:

- 1 Disminuye la velocidad de escorrentía superficial
- 2 Reduce y elimina el impacto de las gotas de lluvia
- 3 Aumenta la porosidad del suelo por los canales que crean las raíces
- 4 Mejora la estructura del suelo gracias al incremento de materia orgánica

Contenido de humedad y permeabilidad, la infiltración está condicionada por la mayor o menor facilidad con que el agua descienda a través del perfil edáfico. Como la capacidad de transmisión es distinta para cada horizonte, el descenso del agua se verá influenciado por el horizonte de más baja transmisibilidad, propiedad que depende de la permeabilidad y del contenido de humedad del suelo.

2.2.9 Aguas subterráneas

El mayor porcentaje de agua —dulce— se encuentra en el subsuelo. Si se extrajera esta agua posiblemente excediera en volumen a la que se encuentra en lagos y ríos. Esto se debe en gran parte a que el agua del subsuelo se encuentre almacenada y su flujo es muy lento; en cambio el agua de los ríos está en permanente circulación y es reemplazada varias veces al año. El agua del subsuelo tiene como ventaja principal la de no estar sujeta a las fuertes variaciones estacionales que sufre el agua superficial, y su extracción normalmente ocurre en periodos más largos que en la superficie.

En el caso de la cuenca, está se identificó dentro de una sola unidad geohidrológica. “Las unidades geohidrológicas están constituidas por la agrupación de uno o varios tipos de roca o materiales granulares, cuya característica común es que puedan o no funcionar como acuíferos”,⁸ por lo que se realizó un mapa que presenta sus características. (Mapa 2.9 Aguas subterráneas).

Unidad de material consolidado⁸ con posibilidades bajas

La unidad geohidrológica que se presenta fue estimada por INEGI. —Carta hidrología de aguas subterráneas—.

Esta unidad comprende toda la cuenca, ocupa un área de 571.50 km², constituida por los tipos de roca señalados en el capítulo anterior. Está considerada como una unidad de bajas posibilidades al contener acuíferos de agua dulce subterránea en función de las

⁸ Tiene a sus constituyentes firmemente unidos ya sea por procesos de enfriamiento, los correspondientes a la litificación, o por procesos de metamorfismo. INEGI. (1989). *Guía para interpretación de la cartografía; Hidrología*. Página 13.

características físicas y químicas de la roca. A esta misma unidad se le conoce también como unidad de material granular sin agua, esto es, que se constituye principalmente por suelos impermeables o por arenas, gravas y conglomerados que aún siendo permeables presentan espesores y áreas reducidas, por los que no son susceptibles de contener agua económicamente explotable. Ya que es muy alto el costo de su extracción en función de su posible volumen a obtener. A pesar de lo que se expresa en la carta, en la visita de campo se pudo observar que existe una gran cantidad de agua dulce que brota de los manantiales.

Aunque en la cuenca no se han realizado análisis químicos, en las cuencas próximas circunvecinas sí. Las muestras están tanto en manantiales como en ríos de las cuencas del Norte, Este, Oeste y Sur. Los resultados de estos análisis demuestran que las aguas tienen una dureza que va de suaves a poco duras, con una característica del agua entre agresiva e incrustante, es decir que, disuelve o deposita CaCO_3 , con un (Ph) potencial de hidrógeno entre 7.4 a 7.9. Con un rango de calidad del agua en función del total de sólidos disueltos menor a los 525 mg/l, lo cual significa que es agua dulce. Con una temperatura entre 18 y 23 °C, el agua que se obtiene es principalmente para uso doméstico, riego, pecuario y están en obras de captación, pero no están totalmente equipadas. Con estos datos podemos darnos cuenta de la calidad del agua en la cuenca, tanto de la que brota de los manantiales como de la que viaja, por el cauce principal aguas abajo.

2.3 Balance hídrico estimado de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

El término balance hídrico fue utilizado en 1944 por el meteorólogo Thornthwaite, para referirse al balance o contabilidad entre las entradas de agua por precipitación y las pérdidas, éstas debidas, a la evapotranspiración, infiltración y salidas por escurrimiento. Y permite calcular un registro continuo de evapotranspiración, recarga del agua subterránea y escurrimiento a partir de un registro y una serie de observaciones sobre los suelos y la vegetación existente. (Campos, 1992).

El balance hídrico basado en el principio de que durante un cierto intervalo de tiempo el aporte de agua total a una cuenca, masa de agua o región geográfica debe ser igual a la salida total de agua más la variación neta en el almacenamiento. (De la Lanza, 1999).

Todo balance hídrico se basa en la aplicación del principio de conservación de la masa, también conocido como ecuación de continuidad, la diferencia entre las entradas y salidas y pérdidas, está condicionada por la variación del volumen de agua almacenado. (Martínez y Navarro, 1996, p.245).

La fórmula para el balance hídrico es:

$$P = ET + R + I$$

Precipitación = Evapotranspiración + Escurrimiento + Infiltración

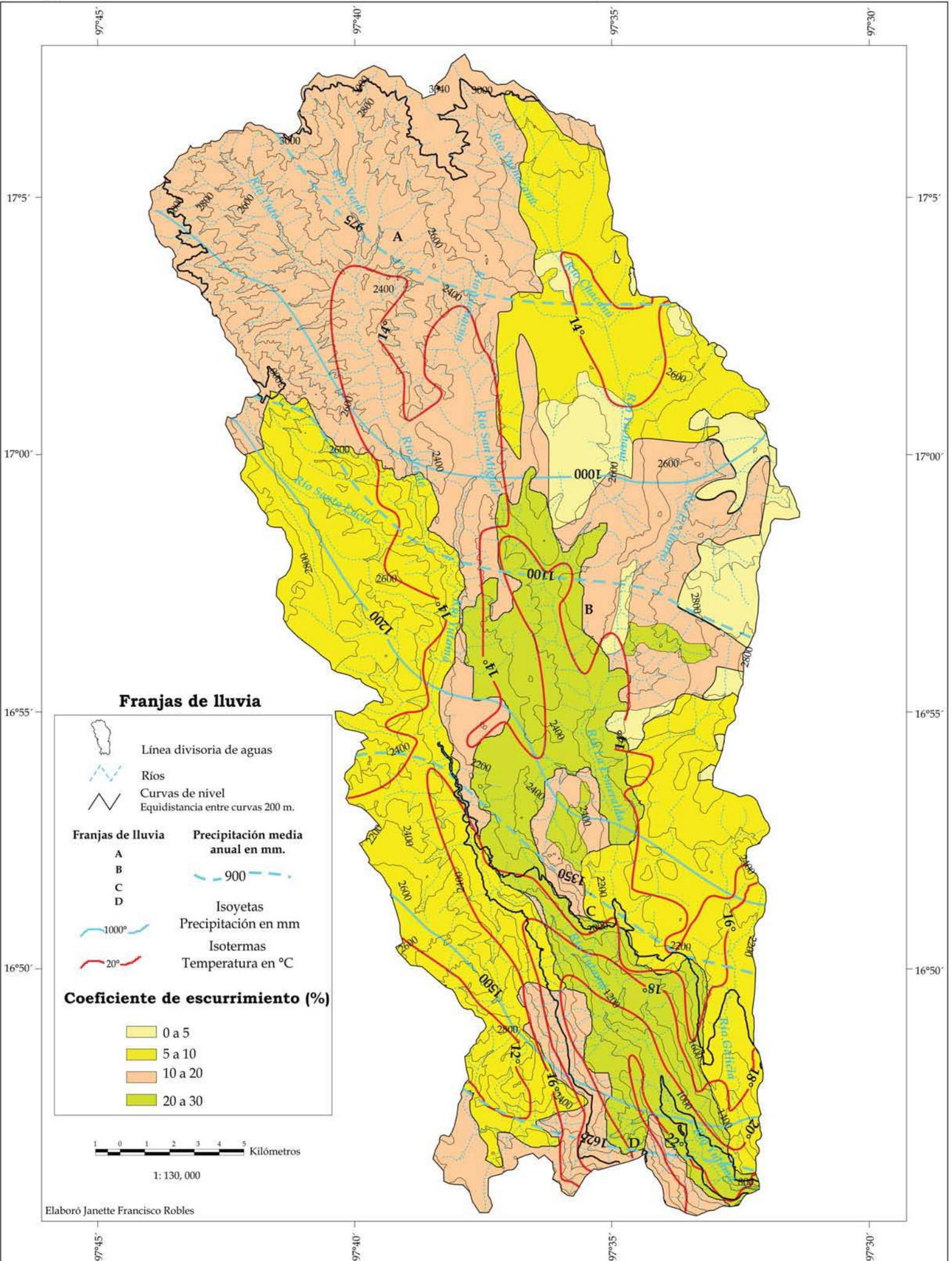
2.3.1 Precipitación

Al comparar el resultado de las líneas isoyetas en los siguientes mapas, se visualizan diversas variaciones en cada una de ellas puede decirse que en la figura de Isoyetas normales anuales de la *República Mexicana* 1931-1990, fuente de la Comisión Nacional del Agua (CNA). Comprende la región hidrológica número 20, Costa Chica-Río Verde (Figura 2.2), presenta generalidades. Su información es válida y permite tener una visión general de la cuenca y de sus áreas que la circundan. Las líneas isoyetas trazadas para el mapa de climas INEGI, 1: 700 000, (Mapa 1.6), permite asociar las condiciones de temperatura y precipitación al igual que el de CETENAL 1: 500 000. (Mapa 1.7). La carta Unidades de escurrimiento superficial de la precipitación anual muestra, supuestamente, los mejores trazos de isotermas e isoyetas, en función de la escala cartográfica (Mapa 2.9). Al comparar estos mapas se nota que la distribución de la precipitación en el mapa de la CNA, y el de las franjas de lluvia, (Mapa 2.10). Hidrología de aguas superficiales muestran mayor similitud en cuanto al trazado de las líneas isoyetas, en cambio, el mapa de climas muestra una mayor variación en la orientación o trazado las isoyetas lo cual se debe a las generalizaciones que implica la climatología y por la base datos la cual, abarcó menos años.

En lo concerniente a la carta de precipitación anual de la cuenca (Mapa 2.11), muestra las líneas isoyetas medias con referencia en los mapas de efectos climáticos mayo-octubre Secretaría de Programación y Presupuesto, (SPP), (INEGI), (1984). (Mapa 2.12), en el cual, esta presente la época de lluvias, tiene un cierto parecido con el mapa de climas. Se incluye para mejor referencia la carta de efectos climáticos noviembre-abril (SPP), (INEGI), (1984). (Mapa 2.13). Estos mapas se elaboraron con fines de comparación entre sí.

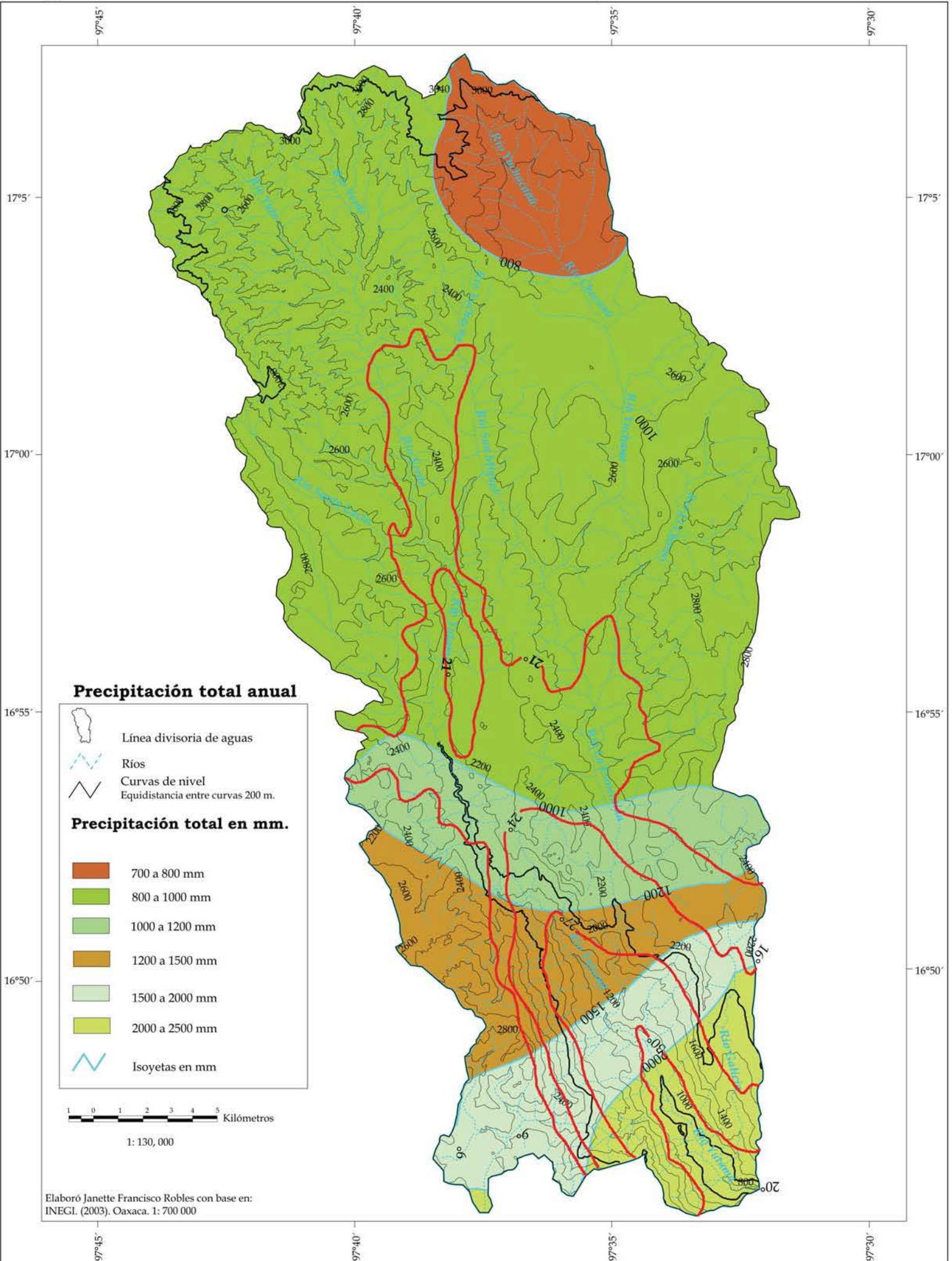
Con todos estas comparaciones se establece que la carta hidrológica de aguas superficiales, 1: 250 000, del INEGI es la más apropiada para realizar el balance hídrico estimado con base en las franjas de lluvia apoyada en sus líneas isoyetas del mapa a manera de regiones internas de la cuenca.

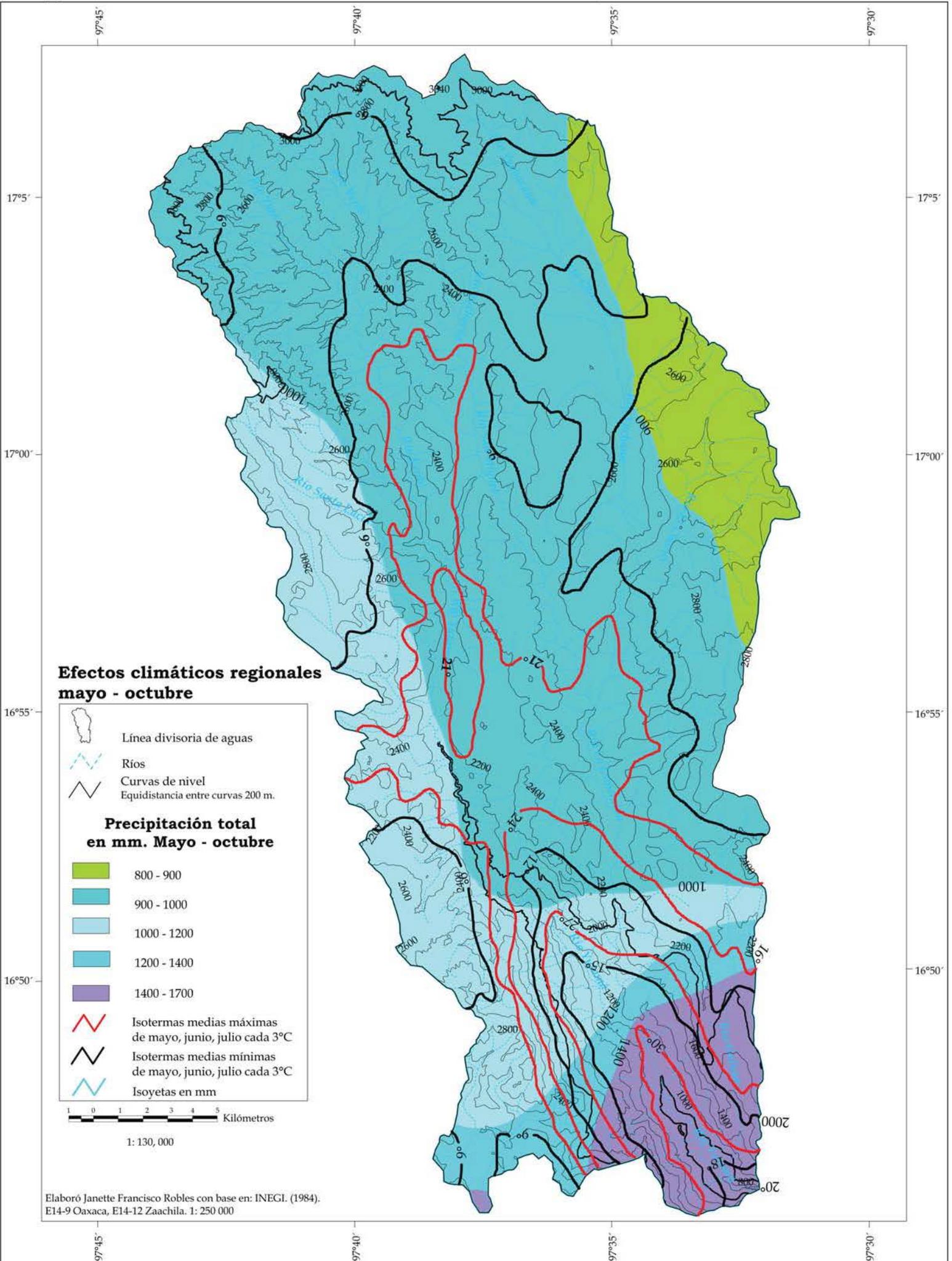
En el mapa de franjas de lluvia A, B, C, y D, se puede observar que los valores medios de precipitación aumentan progresivamente del oriente al occidente de la cuenca. (Mapa 2.10).



Mapa 2.11

Cuenca del río Yutamá, Oaxaca





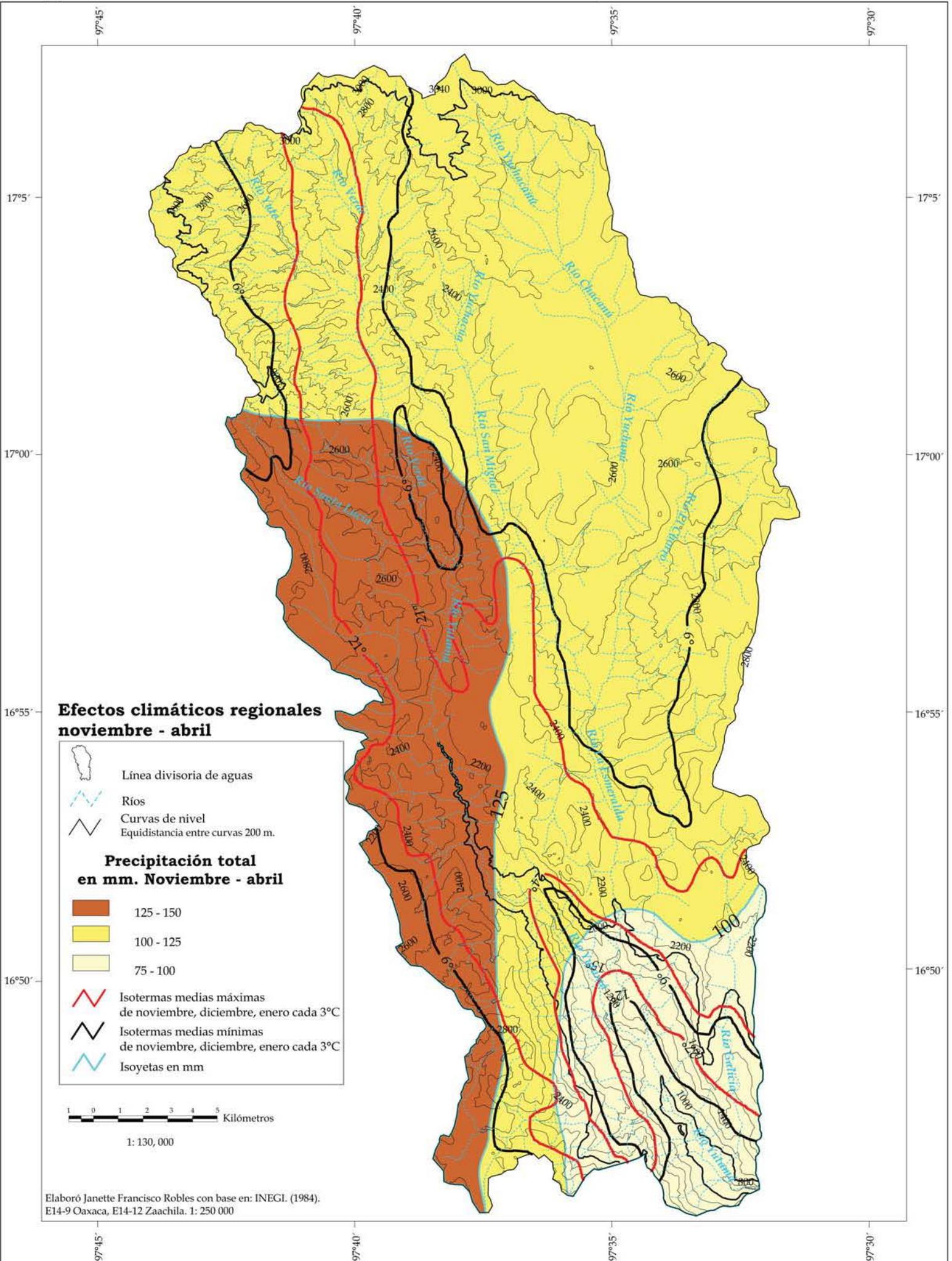


Tabla 2.5 Datos de precipitación (P) por franja de lluvia

Franja de lluvia	Subunidad	Área en km^2	Temperatura $^{\circ}C$	Lámina de precipitación media mm.	Volumen de precipitación (P) $10^6 m^3$	% del área	% del volumen de precipitación (P)
A	A ₁	30.74	13.4	975	29.874	5.4	4.35
	A ₂	53.32			51.987	9.5	7.57
	A ₃	100.84			98.319	17.6	14.33
	A ₄	2.33			2.272	0.4	0.33
Sub total A		187.13			182.452	32.9	26.5
B	B ₁	28.45	14.0	1100	31.295	5.0	4.56
	B ₂	43.80			48.180	7.7	7.02
	B ₃	47.93			52.723	8.4	7.68
	B ₄	38.59			42.449	6.7	6.18
B		158.77			174.647	27.8	25.5
C	C ₁	60.02	17.0	1350	81.027	10.2	11.81
	C ₂	49.43			66.730	8.6	9.72
	C ₃	27.60			37.260	4.8	5.43
C		137.05			185.018	23.9	27.0
D	D ₁	31.66	17.0	1625	51.448	5.5	7.49
	D ₂	25.91			42.104	4.5	6.13
	D ₃	30.98			50.343	5.4	7.33
D		88.55			143.894	15.4	21.0
TOTAL		571.50			686.011	100	100

La precipitación es el elemento más importante en el balance hídrico porque representa la entrada de agua a la cuenca, la mayor precipitación de la cuenca en estudio tiene lugar en la época del verano, Ésta varía notablemente en toda la cuenca, ya que las partes más altas no se registra la de mayor precipitación, aunque se encuentra la zona boscosa se registra una precipitación de 975 mm, anuales, mientras que en las partes bajas se registran valores mayores que en las partes más altas 1625 mm, anuales. Con los valores de lámina de precipitación y el área que ocupa se determina el volumen de agua que entra a la cuenca.

2.3.2 Evapotranspiración

Para calcular la lámina de evapotranspiración, correspondiente al balance hídrico de la cuenca, se utilizó también la fórmula empírica de Turc ya mencionada. (Remenieras, 1971).

Tabla 2.6 Datos de evapotranspiración (ET) por franja de lluvia

Franja de lluvia	Subunidad	Área en km^2	Temperatura $^{\circ}C$	Lámina de precipitación media mm.	% Parcial de la lámina de (ET)	Volumen de (ET) $10^6 m^3$	% del área	% del volumen de (ET)
A	A ₁	30.74	13.4	975	62.4	18.647	5.4	4.86
	A ₂	53.32				32.451	9.5	8.46
	A ₃	100.84				61.371	17.6	16.00
	A ₄	2.33				1.418	0.4	0.37
Sub total A		187.13				113.887	32.9	29.7
B	B ₁	28.45	14.0	1100	59.2	18.529	5.0	4.83
	B ₂	43.80				28.527	7.7	7.43
	B ₃	47.93				31.504	8.4	8.21
	B ₄	38.59				25.134	6.7	6.61
B		158.77				103.407	27.8	27.1
C	C ₁	60.02	17.0	1350	49.1	48.130	10.2	11.9
	C ₂	49.43				39.637	8.6	9.8
	C ₃	27.60				22.132	4.8	5.5
C		137.05				109.900	23.9	27.2
D	D ₁	31.66	17.0	1625	51.9	26.737	5.5	6.97
	D ₂	25.91				21.881	4.5	5.70
	D ₃	30.98				26.163	5.4	6.82
D		88.55				74.780	15.4	19.5
TOTAL		571.50				401.974	100	100

El volumen de evapotranspiración determina una salida o pérdida de agua de la cuenca causada por este fenómeno.

2.3.3 Escurrimiento

Hay que tomar en cuenta que si se quiere evaluar el volumen de agua de escurrimiento, la fuente más viable son las cartas hidrológicas de aguas superficiales del INEGI en escala 1:250 000, a cambio de no tener información en estaciones hidrométricas distribuidas en el interior de la cuenca. Una vez que se establecieron las franjas de lluvia con base en las cartas mencionadas se establecieron los coeficientes de escurrimiento dentro de la cuenca (Mapa 2.8 Coeficiente de escurrimiento superficial de la precipitación media anual). El área que abarca ese coeficiente se cuantifica para obtener el volumen correspondiente a cada una de las franjas territoriales. Por medio de la lámina de escurrimiento R, se considera que la lámina de lluvia media anual correspondiente a cada una de las franjas que equivalen localmente al 100 % de ingreso. Con base en esto se determina cual es la lámina equivalente que corresponde al coeficiente porcentual del escurrimiento.

En la cuenca del río Yutamá el escurrimiento es medio en las zonas de montañas y laderas altas debido a que la vegetación boscosa tiende a retener el agua, retardando el escurrimiento, además de que el declive es más o menos pronunciado. A pesar de que la cantidad de agua precipitada es baja en esta unidad de relieve conforme se avanza al centro de la cuenca se va concentrando el escurrimiento en los cauces principales. En la parte baja de la cuenca el escurrimiento tiene mayor capacidad de arrastre de sedimentos en general, es una zona de escurrimiento medio-alto, sin riesgos a desbordamientos ya que sus declives son pronunciados.

Tabla 2.7 Datos de escurrimiento (R) por franja de lluvia

Franja de lluvia	Subunidad	Área en km^2	Coficiente ⁹ de (R) %	Lámina de precipitación media mm.	Lámina (R) mm.	Volumen de (R) $10^6 m^3$	% del área	% del volumen de (R)
A	A ₁	30.74	2.5	975	24.4	0.748	5.4	0.7
	A ₂	53.32	7.5		73.1	3.898	9.5	4.0
	A ₃	100.84	15		146.3	14.753	17.6	15.2
	A ₄	2.33	25		243.8	0.568	0.4	0.6
Sub total A		187.13				22.811	32.9	20.5
B	B ₁	28.45	2.5	1100	27.5	0.782	5.0	0.8
	B ₂	43.80	7.5		82.5	3.614	7.7	3.7
	B ₃	47.93	15		165.0	7.908	8.4	8.2
	B ₄	38.59	25		275.0	10.612	6.7	10.9
B		158.77				21.831	27.8	26.9
C	C ₁	60.02	7.5	1350	101.3	6.080	10.2	6.2
	C ₂	49.43	15		202.5	10.010	8.6	10.4
	C ₃	27.60	25		337.5	9.315	4.8	9.5
C		137.05				29.233	23.9	26.1
D	D ₁	31.66	7.5	1625	121.8	3.859	5.5	4.0
	D ₂	25.91	15		243.8	6.317	4.5	6.5
	D ₃	30.98	25		406.3	12.587	5.4	13.0
D		88.55				22.740	15.4	23.5
TOTAL		571.50				96.615	100	100

El escurrimiento es variable en toda la cuenca ya que se presentan los mayores volúmenes y porcentajes en las partes medias, debido a las lluvias orográficas y convectivas que se producen en esa zona va aumentando hacia los extremos de la cuenca.

⁹ Los valores del coeficiente de escurrimiento (R), se obtuvieron y fueron determinados a partir de la carta *Hidrológica de Aguas Superficiales*, INEGI, 1: 250 000.

2.3.4 Infiltración

La infiltración de la cuenca del río Yutamá está condicionada como ya se indicó por una serie de factores como la pendiente del terreno la cual no es muy pronunciada en la unidad de relieve montañas y laderas altas, y aunque la vegetación boscosa retiene el escurrimiento y por lo que el tiempo de infiltración es mayor, y se considera una zona de recarga de acuíferos, además de que los suelos que se encuentran ahí son de textura media lo cual indica que la velocidad de infiltración es moderada cuando están mojados. Por otra parte los suelo de estos lugares son básicamente suelos arenosos de textura media.

En la tabla 2.8 se presentan las mayores infiltraciones en las franjas B y D. En los lugares donde se encuentra la roca caliza al Centro y Sur de la cuenca permite una mayor infiltración ya que esta roca actúa como una esponja. En las partes donde hay menor infiltración es menor franjas A y C, dado que los sedimentos acumulados por el arrastre de material por el escurrimiento forma texturas finas en el suelo, lo cual indica, bajas velocidades de infiltración y los estratos de arcilla impiden el flujo del agua a pesar de que el declive es muy suave, las labores agrícolas que sólo se llevan acabo en las partes bajas de la cuenca ayudan poco a la infiltración ya que las prácticas agrícolas fracturan la tierra lo que permite la introducción del agua al suelo. En los lugares donde las pisadas del ganado son frecuentes, la infiltración se complica ya que dichas pisadas compactan el suelo y tapan los poros por donde se puede introducir el agua.

A continuación se presentan tres tablas: 3.5, 3.6 y 3.7 con los datos de precipitación (P), evapotranspiración (ET), escurrimiento (R), e infiltración (I); una tabla con los datos de volumen expresados en millones de metros cúbicos ($10^6 m^3$), otra con los porcentajes (%), y por último la tabla que contiene los valores de las láminas totales; pero expresadas en milímetros.

Tabla 2.9 Volumen total de las variables que constituyen el balance hídrico local por franjas de lluvia

Franja de lluvia	Área en km^2	Volumen de precipitación(P) $10^6 m^3$	Volumen de evapotranspiración(ET) $10^6 m^3$	Volumen de escurrimiento(R) $10^6 m^3$	Volumen de infiltración(I) $10^6 m^3$
A	49.43	182.452	113.887	22.811	45.754
B	158.77	174.647	103.407	21.831	49.409
C	137.05	185.018	109.900	29.233	45.884
D	88.55	143.894	74.780	22.740	46.374
TOTAL	571.50	686.011	401.974	96.615	187.421

Tabla 2.10 Porcentaje de las variables que constituyen el balance hídrico por franja de lluvia

Franja de lluvia	% del área	% del volumen de precipitación(P)	% del volumen de evapotranspiración(ET)	% del volumen de escurrimiento(R)	% del volumen de infiltración(I)
A	32.9	26.5	29.7	20.5	25.8
B	27.8	25.5	27.1	26.9	25.6
C	23.9	27.0	27.2	26.1	31.4
D	15.4	21.0	19.5	23.5	24.7
TOTAL	100	100	100	100	100

Tabla 2.11 Valor de las láminas totales y variables que constituyen el balance hídrico local por franja de lluvia expresadas en milímetros.

Franja de lluvia	Área en km^2	Lámina de precipitación media (P) en mm	Lámina de evapotranspiración (ET) en mm	Lámina de escurrimiento (R) en mm	Lámina de infiltración(I) en mm
A	49.43	975.0	608.6	121.9	244.5
B	158.77	1100	651.3	131.5	311.2
C	137.05	1350	801.9	213.3	334.8
D	88.55	1625	844.5	256.8	523.7
TOTAL	571.50				

Como se percibe en las tablas anteriores los valores más altos se presentan en la evapotranspiración tanto en volumen como en porcentaje, al compararlo por franjas se detecta que en las franjas A y C se presenta con mayor valor, y al contrario las franjas B y D. En cuanto a los valores elevados que le siguen a la evapotranspiración son los de la infiltración en las franjas B y D en cuanto al volumen se refiere.

En la tabla 2.9, correspondiente a los cálculos de volúmenes se puede observar que los valores más altos siempre se presentan en correlación directa con la columna de

precipitación, le siguen la evapotranspiración en la franja A, B y C. Esto representa una pérdida de agua en la cuenca.

En la franja D, disminuye un poco la evapotranspiración pero sigue siendo volumen más alto, con respecto a los demás variables, escurrimiento e infiltración.

En la tabla 2.10, destacan los mismos elementos del balance sólo que, los datos se expresan en porcentaje. Todos los valores descienden conforme a las franjas, en el (Mapa 2.10), pero esto se debe a que las franjas cambian y descienden sus valores conforme a las áreas. En el mapa se observa como están distribuidas, la franja de lluvia A, al extremo Noreste de la cuenca y la franja D, al extremo Sur y las demás entre estas dos. El porcentaje de evapotranspiración en la franja A, con 29.7 %; este valor es mucho mayor que en cualquiera de las otras variables. La infiltración ocupa el segundo lugar con 25.8 %; cabe indicar que es una zona medianamente poblada y la extracción de agua es alta. En tercer lugar esta la precipitación de 26.5 %, lo cual es más baja que la evapotranspiración, cuando se observaban las gráficas con los valores de evaporación y evapotranspiración se nota que si, es mayor la que la precipitación en ciertas partes del año. Esta franja ocupa la mayor parte de las montañas y laderas altas de la cuenca.

La franja de lluvia B, se localiza en la parte Centro de la cuenca, el porcentaje de infiltración es de 25.6 % y 26.9 % de escurrimiento, es también una zona poblada, pero esta no llega a los 1000 habitantes y la demanda de agua en realidad es media, de unos 40 litros por persona en este lugar, y aunque los valores de escurrimiento son de 26.9 % no son tan bajos como en la franja anterior que llegan a 20.5 %. Luego le sigue la precipitación con 25.5 % y por último nuevamente la evapotranspiración con 27.1 %, el que es el valor más alto que sigue predomina.

En la franja de lluvia C, ubicada en la porción Centro-Sur de la cuenca, el porcentaje más alto, le corresponde a la infiltración con 31.4 %; esto se debe a que la roca que la conforma es de tipo caliza en gran parte, propiciando altos índices referentes a este elemento. En segundo lugar la evapotranspiración con 27.2 %, y la precipitación es el tercer elemento con 27.0 %. Y por último el escurrimiento con 26.1 %.

Para la franja de lluvia D, ubicada en la porción Sur de la cuenca, el valor más alto también le corresponde a la infiltración con 24.7 %, luego el escurrimiento con 23.5 %, la precipitación con 21.0 %. Y la evapotranspiración con 19.5 %.

La falta, tal vez de cobertura vegetal boscosa hace que disminuyan los valores de pérdidas de agua por evapotranspiración ya que en las partes altas con vegetación de mayor altura por ejemplo: un solo árbol grande absorbe con sus raíces cada día hasta 400 litros de agua del suelo y lo evapora con sus hojas lentamente, además aquí la temperatura es más elevada que en los otros lugares, a lo cual se suma la extracción de agua para uso doméstico, esto hace que disminuyan también los valores de escurrimiento.

Al analizar los datos y la ubicación de las franjas de lluvia junto con los tipos de vegetación y roca predominante en cada zona, los datos son totalmente concordantes en las partes altas los valores mayores corresponden a la evapotranspiración y a la infiltración

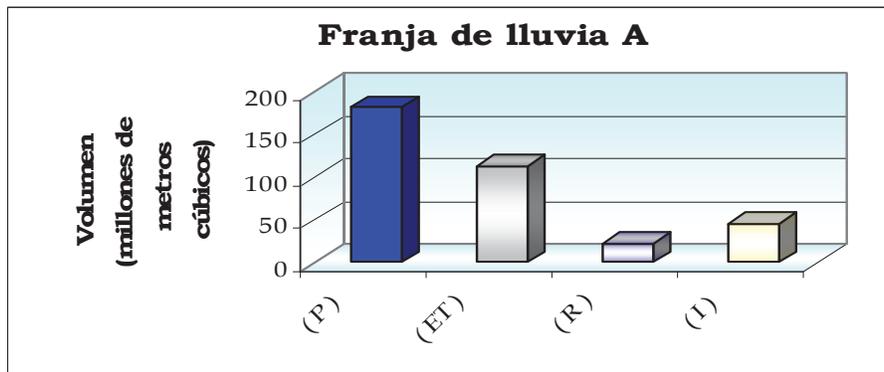
esto se debe que en las partes altas la vegetación es boscosa, lo cual facilita la infiltración al subsuelo, constituido por roca andesítica con fracturamientos.

Como se observa en la gráfica, el escurrimiento presenta el menor valor. En las partes más bajas la evapotranspiración y el escurrimiento ocupan los valores de porcentajes medios-bajos esto se debe, que en las partes bajas hay vegetación escasa y poco frondosa que no retiene el escurrimiento. Además que la temperatura es más elevada en este lugar y el suelo es poco permeable ya que ahí se deposita todo el material de arrastre que trae consigo el escurrimiento superficial y la escorrentía tapando con arcillas las fracturas, grietas o poros del suelo. Con base en este balance inicial, de tipo general de la cuenca del río Yutamá, se determinó que el punto terminal del cauce principal, ubicado en la zona del cañón lateral paralelo y depresiones bajas, se intercepta aproximadamente un 20 % del escurrimiento que proviene aguas arriba de la cuenca.

En la tabla 2.11 se observan los valores de las láminas de cada una de las variables del balance hídrico por franja de lluvia, se observan valores diferentes ya que estos están expresados en milímetros, esto permite apreciar desde otro punto de vista como se presentan distribuidos estos valores en las franjas de lluvia.

Para un mejor análisis de los volúmenes, se graficó cada una de las franjas de lluvia, con barras, con el fin de establecer objetivamente comparaciones inmediatas.

Gráfica 2.39



En la gráfica 2.39, correspondiente a la franja de lluvia A, se observa que la entrada de agua en esta parte de la cuenca es de 182 452 millones de metros cúbicos de precipitación anual, y presenta una pérdida de agua, de las que comprende:

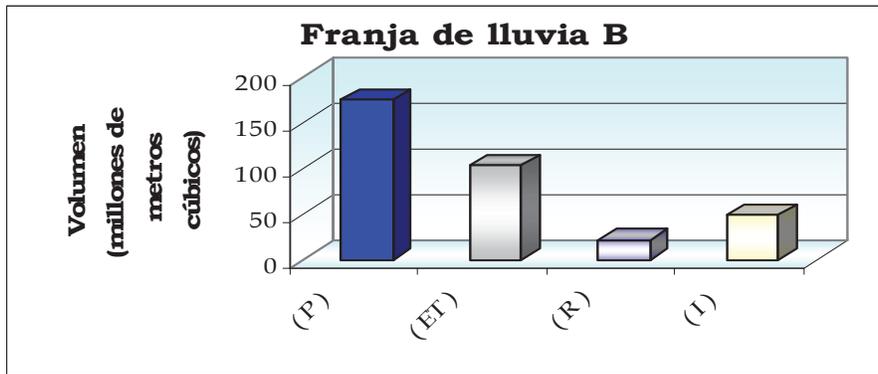
$$\text{Evapotranspiración} = 113\,887 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{Escurrimiento} = 22\,811 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{Infiltración} = 45\,754 \times 10^6 \text{ m}^3$$

De las cuales el valor en volumen más alto corresponde a la pérdida de agua por evapotranspiración y en segundo lugar la infiltración.

Gráfica 2.40



En la gráfica 2.40, correspondiente a la franja de lluvia B, se observa que la entrada de agua en esta parte de la cuenca es de un volumen de precipitación de 174 647 millones de metros cúbicos anuales, menor a la cantidad que entra en la franja A. Presenta una pérdida de agua de la siguiente manera:

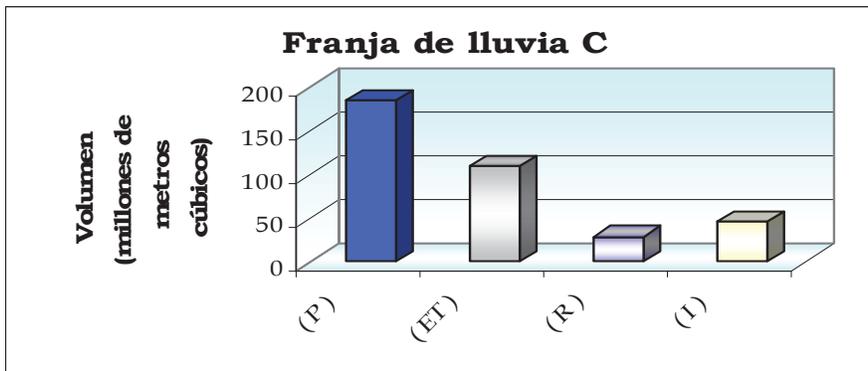
$$\text{Evapotranspiración} = 103\,407 \times 10^6 m^3$$

$$\text{Escurrimiento} = 21\,831 \times 10^6 m^3$$

$$\text{Infiltración} = 49\,409 \times 10^6 m^3$$

Al igual que en la franja anterior el valor del volumen de la evapotranspiración es el más alto.

Gráfica 2.41



En la gráfica 2.41, correspondiente a la franja de lluvia C, se observa que la entrada de agua es de un volumen de precipitación de 185 018 millones de metros cúbicos anuales, y también se nota que el volumen de la precipitación aumenta conforme disminuye la altitud de la cuenca y al ascende de la temperatura. La pérdida de agua de la franja se presenta a través de:

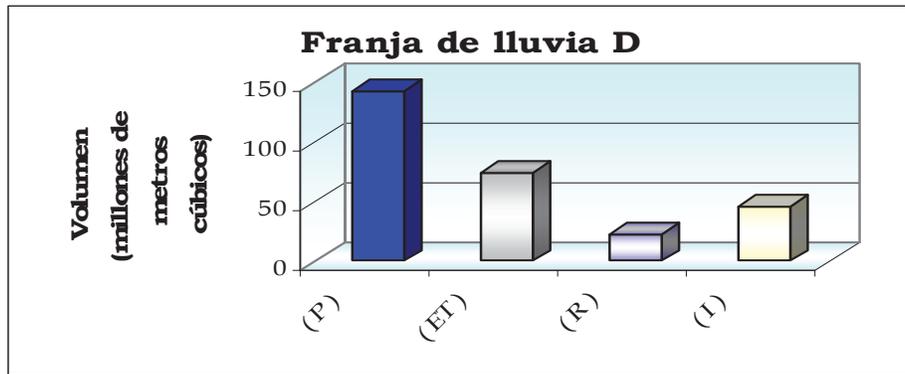
$$\text{Evapotranspiración} = 109\,900 \times 10^6 m^3$$

$$\text{Escurrimiento} = 29\,233 \times 10^6 m^3$$

$$\text{Infiltración} = 45\,884 \times 10^6 m^3$$

En la cual el valor más alto se presenta en la evapotranspiración; pero con un volumen intermedio a las dos franjas de lluvia anteriores A y B.

Gráfica 2.42



En la gráfica 2.42, muestra que el total de precipitación de la franja D, es de 143 894 millones de metros cúbicos anuales, y presenta una pérdida de agua de que comprende:

$$\text{Evapotranspiración} = 74\,780 \times 10^6 m^3$$

$$\text{Escurrimiento} = 22\,740 \times 10^6 m^3$$

$$\text{Infiltración} = 46\,374 \times 10^6 m^3$$

El valor más alto de volumen en pérdidas de agua de la franja corresponde a la evapotranspiración, esto se debe a que es una zona baja en altitud y porque presenta una temperatura más elevada que la que se presenta en las anteriores franjas.

2.3.5 Balance hídrico global estimado para la cuenca

Una vez efectuados los balances parciales por franjas de lluvia, se continuará a conjuntar los valores precedentes para llegar a la obtención del balance hídrico global o general de la cuenca del río Yutamá.

El balance hídrico estimado global implica un resumen de los volúmenes de agua ganados o perdidos que se representan a través de las distintas etapas del ciclo hidrológico en la cuenca de un río, es decir, de cada uno de los elementos o variables que se presentaron anteriormente.

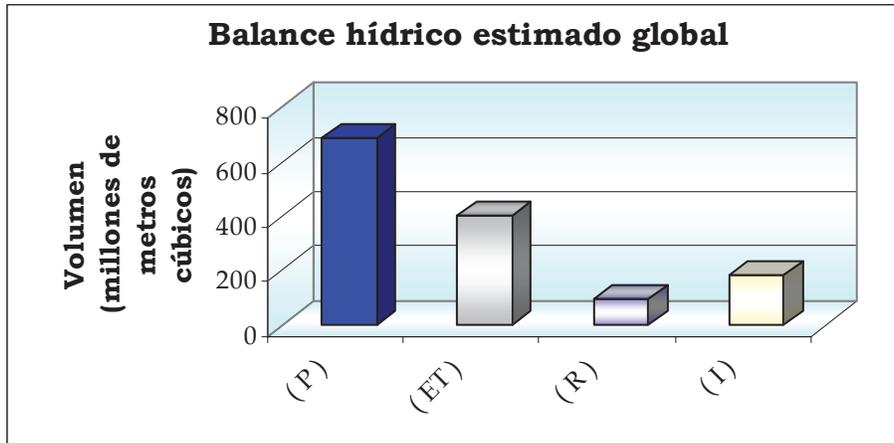
Tabla 2.12 Resultados del balance hídrico global estimado para la cuenca

Elementos Valores	Precipitación (P)	Evapotranspiración (ET)	Escurrimiento (R)	Infiltración (I)
Volumen $10^6 m^3$	686.011	401.974	96.615	187.421
Lámina mm	1262.2	726.5	180.8	353.5
Porcentaje %	100	58.2	14.1	27.6

Con los valores que se presentan en la tabla 2.12 se obtuvo el balance hídrico general de la cuenca. Y para apreciar mejor los resultados del balance se graficaron los volúmenes de entrada anual de agua a la cuenca, representados por la precipitación y volúmenes de

salidas totales anuales de agua representadas por el escurrimiento y las pérdidas por evapotranspiración e infiltración.

Gráfica 2.43



Como puede observarse en el balance hídrico global estimado para la cuenca del río Yutamá indica que el volumen de la evapotranspiración es notoriamente más elevado, con 401.974 millones de metros cúbicos, equivalente al 52.8 % del ingreso total de agua que procede de la lluvia, esto indica que casi la mitad del agua que entra a la cuenca se pierde por evapotranspiración. Gracias a las características físicas de la cuenca como la cobertura vegetal —un árbol grande absorbe con sus raíces cada día hasta 400 litros de agua del suelo y los transpira por sus hojas—, la temperatura y a las fuentes de abastecimiento como estanques para la irrigación de plantas y cultivos se favorece la evapotranspiración. El volumen de la infiltración también es notable, con 187.421 millones de metros cúbicos, equivalente al 27.6 % del ingreso total de agua de la lluvia, es decir que casi la mitad del agua que entra a la cuenca se almacena temporalmente por infiltración. Obviamente esto se justifica por las características geográficas de la superficie. La conjugación de los aspectos físicos como: litología y fracturas, suelos poco profundos y con texturas medias favorecen a la infiltración; por lo que se puede afirmar que el territorio de la cuenca es apto para la recarga de los acuíferos.

Y por último el escurrimiento que se presenta a nivel cuenca con 96.615 millones de metros cúbicos, equivale a 14.1 % del ingreso total de agua. Esto implica que la quinta parte de agua que entra a la cuenca transita por escurrimiento, lo que constituye la disponibilidad de agua que se utiliza inmediatamente por los habitantes, para el riego de sus cultivos y abastecimiento de agua para uso doméstico o bien para almacenarla en la época de lluvia y utilizarla después, en la época de secas. Esto que se menciona es muy cierto, ya que se percibió en el trabajo de campo. El agua de escurrimiento se extrae directamente por gravedad de los manantiales por medio de mangueras o de los ríos y arroyos con bombas de extracción para almacenar el agua en tanques o depósitos, ya sea cercano a los cultivos de riego o a las poblaciones. Debido al alto volumen de infiltración, puede ser que se presente un escurrimiento subterráneo de lento drenaje lo que permita también que los manantiales u ojos de agua, donde brota el agua de los ríos permanezca siempre con agua.

En la gráfica 3.40, se observa que la entrada de agua a la cuenca del río Yutamá por precipitación corresponde a 686.011 millones de metros cúbicos anuales, equivalentes al 100 % del total.

Como puede observarse el valor más alto corresponde a la evapotranspiración, que siempre dominó en todas las franjas de lluvia y en el balance global de la cuenca y el valor medio corresponde a la infiltración, seguido del factor más bajo que corresponde al escurrimiento.

Capítulo 2 Descripción y funcionamiento del sistema hidrográfico de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

2.1 Hidrografía y sistema fluvial de la cuenca

El sistema fluvioigráfico de una cuenca tiene: un sistema de cauces por el que fluyen los escurrimientos superficiales, subsuperficiales, y subterráneos; de manera temporal o permanente. Su importancia se manifiesta por sus efectos en la formación y rapidez de drenado de los escurrimientos normales o extraordinarios; además de proporcionar indicios sobre las condiciones físicas del suelo y de la superficie de la cuenca.

Las principales características del drenaje de una cuenca son: los tipos de corriente que se clasifican en perennes, intermitentes y efímeras; con base en la cuantía y constancia del escurrimiento; lo anterior está relacionado con las características físicas de la cuenca entre las que se encuentra el clima. Las corrientes perennes conducen agua todo el tiempo, excepto durante las sequías extremas; una corriente intermitente lleva agua principalmente en época de lluvias, y por último, la corriente efímera sólo conduce agua durante las lluvias o inmediatamente después de éstas. La cuenca del río Yutamá cuenta con estos tres tipos de corrientes las cuales conforman los afluentes y subafluentes que presenta.

A nivel general la hidrografía de la cuenca se presenta en el mapa a escala 1: 130 000 a mayor detalle. (Mapa 2.1 Hidrografía)

El mapa permite tener una visión regional de los fenómenos hídricos desde el punto de vista superficial. El análisis de los fenómenos hidrográficos permite distinguir a mayor detalle en el apartado de los patrones de drenaje y en el análisis de los órdenes de cauces.

Número de afluentes en la margen derecha e izquierda

La cuenca del río Yutamá, cuenta con tres principales ríos que forman tres grandes subcuencas, la del alto río Yutamá, la del río La Esmeralda hasta la confluencia de ambos y la continuación del río Yutamá, aguas debajo de dicha confluencia, como colector principal. A partir de aquí se consideran dos márgenes: derecha e izquierda. (Mapa 2.2 Subcuencas).

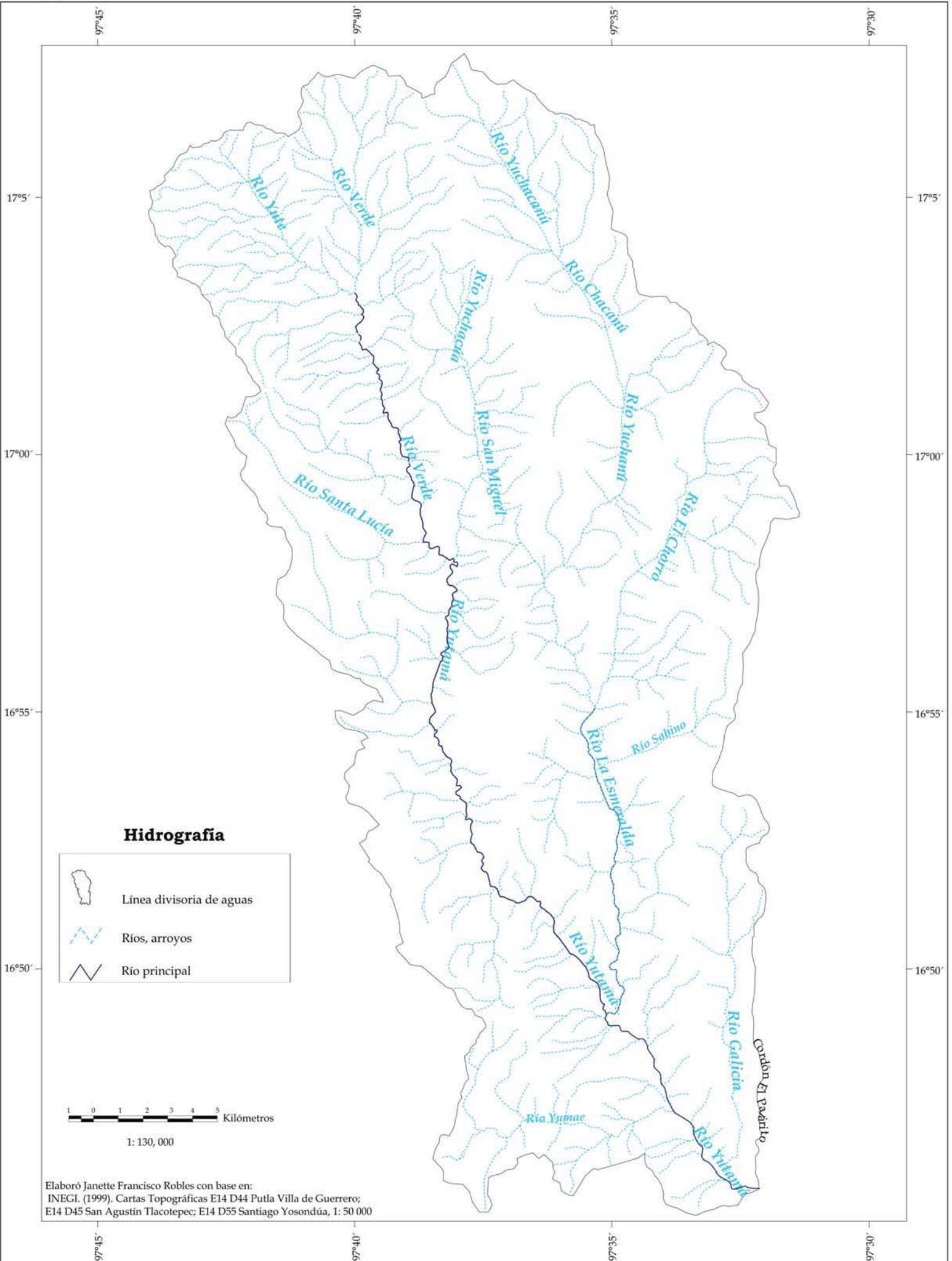
La margen derecha cuenta con 101 cauces de primer orden, 37 cauces de segundo orden y 8 cauces de tercer orden.

La margen izquierda abarca todos los afluentes y subafluentes tanto de la subcuenca del río Yutamá como la del río La Esmeralda, esta margen tiene 348 cauces de primer orden, 60 cauces de segundo orden y 14 de tercero, por lo que se considera que es la margen más desarrollada de la cuenca.

Ambas márgenes del colector principal hacen un total de 449 segmentos de cauce de primer orden, 97 segmentos de cauce de segundo orden y por ultimo 22 segmentos de cauce de tercer orden, esta contabilización se realizó sin tomar en cuenta la longitud de los mismos.

Mapa 2.1

Cuenca del río Yutamá, Oaxaca



La cuenca del río Yutamá está constituida por dos grandes porciones una es la subcuenca del río Yutamá, la segunda la subcuenca del río La Esmeralda y una tercera más pequeña pero muy importante, en el Sureste, la subcuenca del colector principal denominada también río Yutamá. (Tabla 2.1), (Mapa 2.2 Subcuencas). Debido a la inaccesibilidad existe carencia de información y se desconoce como es el uso del agua en la mayoría de las subcuencas.

Tabla 2.1 Corrientes principales que conforman el drenaje o sistema fluvioigráfico de la cuenca del río Yutamá

Cuenca	Orden	Subcuencas Afluentes	Orden	Margen de afluencia	Sub-subcuenca Subafluentes	Orden	Margen de afluencia
C. Río Yutamá	6°	A. Río Yutamá	5°		Río Verde	5°	
					Río Yute	4°	Derecha
					Río Santa Lucía	3°	Derecha
					Río Yuchacúa	3°	Izquierda
					Río San Miguel	3°	Izquierda
		B. Río La Esmeralda	5°	Izquierda	Río Yuchacanú	3°	Izquierda
					Río Chacanú	4°	Izquierda
					Río Yuchanú	4°	Izquierda
					Río El Chorro	4°	Izquierda
		Río Galicia	3°	Izquierda			

- **A. La subcuenca del río Yutamá aguas arriba de su confluencia con el río La Esmeralda:**

Se ubica en la parte occidental de la cuenca, se origina con un río que nace una altitud de 3200 m.s.n.m., aproximadamente con el nombre de río Verde, al Norte del Cerro La Muralla, escurre inicialmente de Noroeste a Sureste hasta su termino después de un recorrido de 18 km. Cambia de nombre a río Yutamá —homónimo del cauce principal— con la unión del afluente del río Santa Lucía. El río Santa Lucía que confluye por la parte derecha mide 11 km. Pasando dicha confluencia sigue llamándose Yutamá a una altitud de 2400 m.s.n.m., con una longitud hasta la confluencia con el río principal de 22 km. También en la porción final, desde la confluencia del Galicia que tiene un recorrido de 14 km. Desde ahí mide 10 km. Hasta el punto terminal el cual se sigue llamando río Yutamá. En general, desde su nacimiento hasta el Punto terminal mide 50 km, de longitud, es un cauce de sexto orden. Esta subcuenca tiene un área de 270 km².

Afluentes principales de la subcuenca del río Yutamá

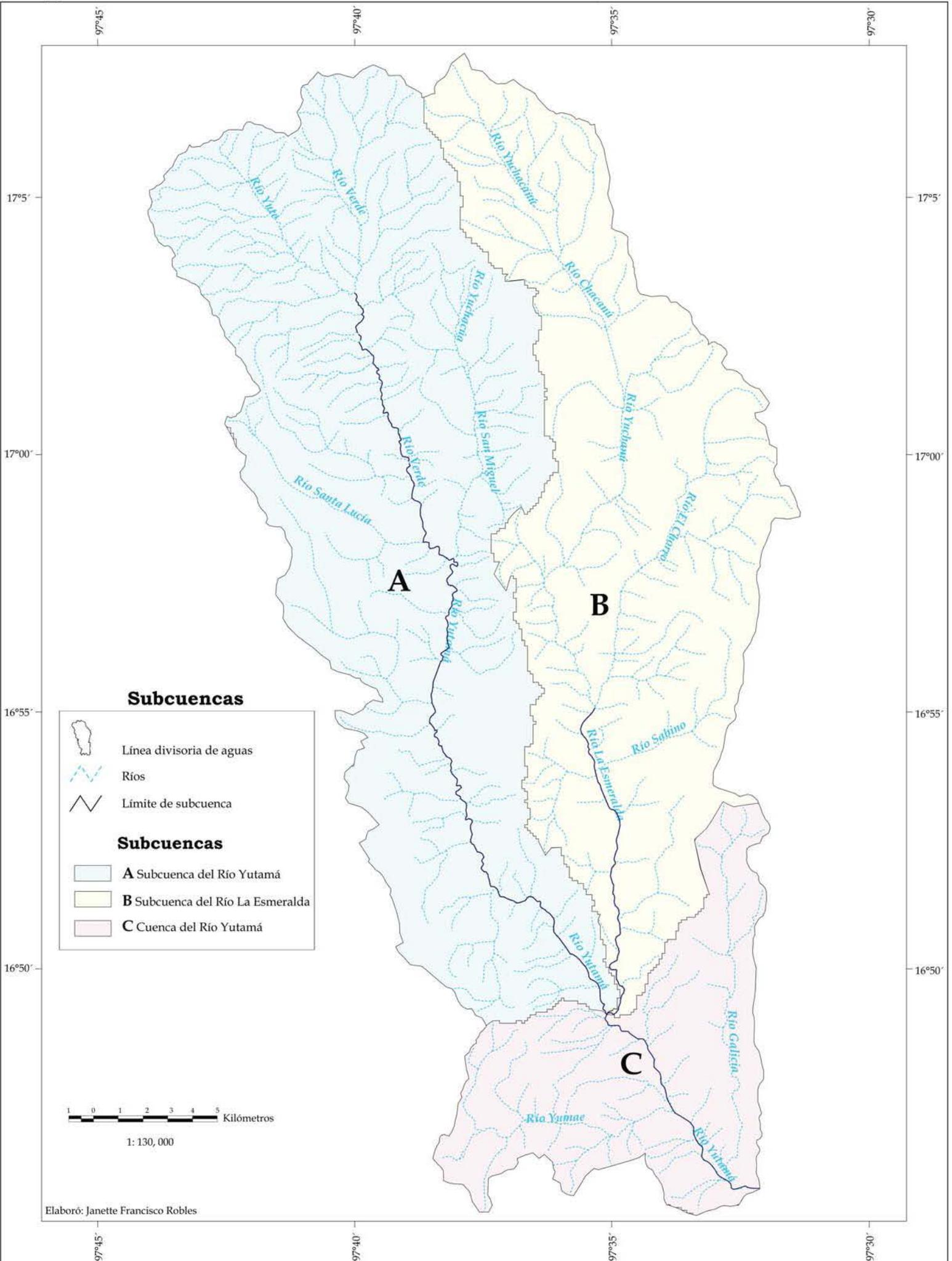
- **Río Verde:**

Se ubica en la parte Norte

de la cuenca y se encuentra al Norte del cerro La Muralla, nace a una altitud de 3200 m.s.n.m., aproximadamente. Tiene una longitud de 18 km, es un cauce de quinto orden. Y cambia de nombre por el de Yutamá, al confluir en el, el río Santa Lucía.

Mapa 2.2

Cuenca del río Yutamá, Oaxaca



- **Río Yute:**

Se ubica al Noreste del cerro Cabandasonu al Noroeste de la cuenca, es el uno de los colectores de la cuenca del río Yutamá; y es el principal de los afluentes del río Verde, tiene una longitud de 8 km, desde su nacimiento a una altitud de 3000 m.s.n.m., aproximadamente hasta su unión con el río Verde a los 2500 m.s.n.m. Éste es un cauce de cuarto orden.

- **Río Santa Lucía:**

Empieza a fluir a una altitud de 2900 m.s.n.m., aproximadamente, al Oeste de la cuenca, éste confluye al río Yutamá a unos 2180 m.s.n.m. aproximadamente, con una longitud de 11 km, es un cauce de tercer orden. Sus aguas se utilizan principalmente para la irrigación que se efectúa en las laderas de las montañas, en donde los cafetos son el cultivo predominante. Cabe indicar que en esta cuenca si fue posible saber cual es la utilización de agua.

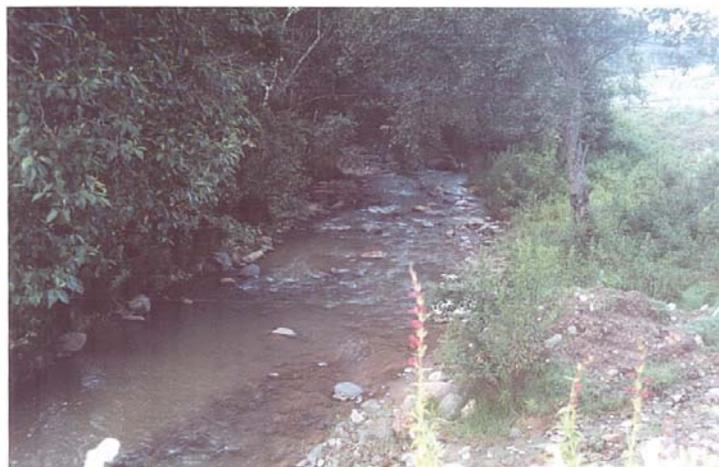
- **Río Yuchacúa:**

Inicia su cauce a una altitud aproximada de 2600 m.s.n.m., al Sureste de la cabecera municipal de San Esteban Atatlahuca cambia de nombre por el de, río San Miguel a unos 2200 m.s.n.m., aproximadamente, es un cauce de tercer orden y tiene una longitud de 6 km.

- **Río San Miguel:**

Ubicado al Centro-Norte de la cuenca, es continuación del río Yuchacúa y se incrementa gracias a la presencia de un gran número de manantiales, aproximadamente a los 2200 m.s.n.m., y confluye al río Yutamá a una altitud de 2180 m.s.n.m., cuenta con 6 km, de longitud y es un cauce de tercer orden.

Foto 2.1



Lugar: Río San Miguel, San Miguel El Grande. Long. 97°37'36" Lat. 17°02'36" Alt. 2422 m.s.n.m. Se observan el cauce del río San Miguel de tercer orden, el agua esta muy transparente a su alrededor la vegetación nativa y algunas plantas con flor.

- **B. Subcuenca del río La Esmeralda:**

Se ubica en la parte oriental de la cuenca, se origina con un cauce que nace a una altitud de 3200 m.s.n.m., aproximadamente al Sur del Cerro Chalcatongo, fluye desde su inicio con el nombre río Yuchacánú, con una dirección de Noroeste a Sureste, cambia de nombre a los 2670 m.s.n.m., después de haber recorrido 8 km. En ese punto recibe el nombre de río Chacánú, con una longitud de 5.5 km. A los 2500 m.s.n.m, vuelve a cambiar de nombre por el de río Yuchanú con una longitud de 13 km. A los 26.5 km de longitud recibe aportes del río El Chorro, que tiene una longitud de 14 km, por su margen izquierda, al unirse este afluente de cuarto orden, se convierte en río La Esmeralda continúa su recorrido de 12 km. Hasta unirse con el colector principal río Yutamá a una altitud de 1200 m.s.n.m. Esta subcuenca tiene un área de 206 km².

Afluentes principales de la subcuenca del río La Esmeralda

- **Río Yuchacánú:**

Se ubica al Noreste de la cuenca y nace a una altitud 3200 m.s.n.m., aproximadamente. Tiene una longitud de 8 km, desde su nacimiento hasta que cambia por el nombre del río Chacánú, es un cauce de tercer orden.

- **Río Chacánú:**

Es continuación del anterior y fluye por el oriente de la cuenca y cambia su nombre a los 2670 m.s.n.m., aproximadamente, es un cauce de cuarto orden mide 5.5 km.

- **Río Yuchanú:**

Es prolongación de los dos anteriores al Este de la cuenca hasta cambiar el nombre de Chacánú por el río Yuchanú, a una altitud 2500 m.s.n.m., tiene una longitud de 13 km, aproximadamente. Es un cauce de cuarto orden. Al recibir las aguas del río El Chorro, cambia de nombre al de río La Esmeralda.

Cabe mencionar que los nombres de los tres cauces antes mencionados junto con el del río La Esmeralda, se llaman así en las cartas digitales de INEGI, no es así en las impresos, en las cuales el nombre con que aparecen los tres primeros cauces se unifican llamándose río Chalcatongo y el nombre que corresponde al río La Esmeralda, aparece bajo el nombre de río Yosondúa, Lo cual es un error significativo.

Foto 2.2



Lugar: La Cascada, Río La Esmeralda, Municipio: Santiago Yosondúa. Long. 97°34'05" Lat. 16°52'04" Alt. 1280 m.s.n.m.. Se observan el cauce del río La Esmeralda, en una imponente cascada, el río es de quinto orden, el agua esta muy transparente a su alrededor la vegetación nativa perteneciente a la selva baja caducifolia.

- **Río El Chorro:**

Se encuentra ubicado al Este de la cuenca nace al Sureste del municipio Chalcatongo de Hidalgo a una altitud 2800 m.s.n.m., tiene una longitud de 14 km, aproximadamente y constituye un cauce de cuarto orden. Al unirse al río Yuchanú forman el río La Esmeralda.

C. Subcuenca del río Yutamá aguas debajo de su confluencia con el río La Esmeralda

Se ubica al Sur de la cuenca, y es originada por la continuación del escurrimiento ya relatado en el punto A, y que para mayor abundamiento nace como se menciona, a 3200 m.s.n.m. aproximadamente, al Norte de la población de San Esteban Atlatlahuca, al Noreste del Cerro el Cabandasonu. Su nombre en un principio es río Verde a sus 8 km, de longitud confluye a este, el río Yute con 8 km de longitud a los 2500 m.s.n.m. Desde su origen fluye hacia el Sureste, escurre inicialmente de Noroeste a Sureste hasta su término después de un recorrido de 18 km. Cambia de nombre a río Yutamá con la unión por su margen derecha a una altitud de 2180 m.s.n.m., con río Santa Lucía que tiene una longitud de 11 km, continua su recorrido con el nombre de río Yutamá con 31.5 km de longitud. Recibe aportes de otros arroyos y continúa su recorrido con el mismo nombre, hasta la confluencia con la porción en la que se convierte en colector principal con un cauce de sexto orden. , con 10 km de longitud y que constituye una última cuenca. Continuando aguas abajo llega un afluente más llamado río Galicia, proveniente de la cañada Galicia. La distancia recorrida por el colector principal desde su nacimiento hasta su punto terminal dentro de la cuenca es de 50 km. Finalmente el río Yutamá confluye al río Sordo que este a su vez confluye con el gran río Verde para continuar su recorrido hasta llegar al Océano

Pacífico. Esta subcuenca mide 95.5 km². Sumando las áreas de las tres subcuencas se llega al resultado de 571.50 km², el total de lo que mide la cuenca completa.

Afluente principal de la subcuenca del río Yutamá aguas debajo de su confluencia con el río La Esmeralda

- **Río Galicia:**

Se ubica al Sureste de la cuenca y nace a una altitud de 2420 m.s.n.m., tiene una longitud de 14 km, es un cauce de tercer orden y se une directamente al río Yutamá.

Cascadas y manantiales

Existen caídas de agua y manantiales en la cuenca. Algunas de ellas de gran belleza, como la cascada La Esmeralda, ubicada en el municipio de Santiago Yosondúa al Sur de la cuenca. También el municipio de Santa Catarina Yosonotú, existe una cascada de importante relevancia y con un manantial enorme llamado pozo “Del cura”. En la cuenca existen cascadas que permanecen ignoradas, ya sea por su lejanía a las vías de comunicación, o porque su ubicación, no permite un acceso fácil.

Son frecuentes los manantiales de agua dulce, dado que el relieve y las zonas boscosas han propiciado los escurrimientos subterráneos, a veces reciben el nombre de Ojo de Agua. En la cuenca hay unos muy conocidos llamados, el Pozo Redondo o “La Minija’a”, (Foto 2.3), cerca de Chalcatongo de Hidalgo; éste abastece de agua el centro de la población y la mayoría de sus campos agrícolas, cabe mencionar que de este lugar sale la mayor parte de agua que forma un río llamado El Chorro que va a en dirección a Santiago Yosondúa. Otro manantial es “El Tikunti”, que se ubica entre la comunidad de Zaragoza y el centro de Chalcatongo, “el Soko naichi”, en la comunidad de Chapultepec, “El Soko Tindutia, El Xini yuu, El Toto Tikiki” en la comunidad del Progreso, “El Ve’e Sau” en la comunidad de Abasolo.

Foto 2.3



Lugar: El Pozo Redondo o La Minija’a, comunidad la Ciénega, Municipio: Chalcatongo de Hidalgo. Long. 97°34’30” Lat. 16°59’32” Alt. 2419 m.s.n.m. Se observa el ojo de agua con abundante líquido, que se está desperdiciando al desbordarse, sobre terrenos de cultivo.

2.1.2 Patrones de drenaje en la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

El patrón de drenaje se define como un conjunto de ríos y arroyos que cubren un área que se caracteriza por su forma, orientación densidad y uniformidad.

La combinación de los efectos del clima y la geología de la cuenca, originan un modelo erosional el cual es caracterizado por la configuración del drenaje y el patrón que forma los cauces. También es originado por el acomodamiento de las superficies de debilidad, como fallas y de otros rasgos estructurales. En el caso de la cuenca del río Yutamá, ésta se localiza en una región de gran actividad tectónica, y por ello las líneas de drenaje se ajustan a las zonas de debilidad del terreno, es decir algunos cauces siguen el trazado de las fallas. (Mapa 2.3 Patrones de drenaje). Este apartado se basa en los conceptos expuestos por Guerra Peña (1980).

Tabla 2.2 Patrones de drenaje

Patrones de drenaje	Subcuencas y Sub-subcuencas	Localización	Litología
A. Dendrítico	Río, Yuchacánú, Chacánú, Yuchanú, Yuchacúa, parte del río San Miguel, Yutamá y algunos afluentes del río La Esmeralda y el río Galicia	Noreste y Sureste, ocupa parte de la Subcuenca del río Yutamá, y parte de la subcuenca del río San Miguel	Conglomerado, Caliza, Caliza-lutita, Caliza-lutita-arenisca. Zona con algunas fallas geológicas
A1. Asimétrico	Río Yute, Verde, Santa Lucía	Noroeste de la cuenca, ocupa la mayor porción de la parte alta de la subcuenca de río Yutamá	Toba intermedia Andesita, Caliza y Caliza-lutita. Zona muy fracturada
B. Rectangular	Alto río Yutamá y El Chorro	Oeste, Suroeste y en la parte central del Este de la cuenca	Caliza, Caliza-lutita-arenisca
C. Radial centrífuga	Río Yutamá, La Esmeralda, San Miguel	Centro y Centro-Sur de la cuenca	Caliza-lutita-arenisca

Los patrones de drenaje que constituyen la cuenca del río Yutamá son principalmente cuatro tipos: Dendrítico, asimétrico, rectangular y radial centrífuga. Estos patrones también son nombrados modelos de drenaje del sistema básico, ya que en los patrones del sistema básico se observan con una uniformidad marcada en cuanto a sus características. Esto es que se debe a condiciones y factores dominantes ya sea de carácter litológico; estructuras geológicas de materiales semi-consolidados o no consolidados y características topográficas.

A. Patrón dendrítico

Se distribuye al Noreste, orientada hacia el Sur, y al Sureste de la cuenca. Dentro de este tipo de drenaje se encuentran los ríos Yuchacúa, San Miguel, Yuchacánú, Chacánú, Yuchanú, parte de los afluentes del río La Esmeralda y el río Galicia. Ocupa significantes porciones del talud superior, montañas secundarias internas, talud inferior, depresiones

bajas y del cañón. Es el más común de los patrones de drenaje, se desarrolla libremente, en todas direcciones y se le denomina “arborescente” por parecerse en su desarrollo a la configuración de un árbol de donde viene su nombre “dendrón” = árbol. Sus tributarios se unen a la corriente trocal formando ángulos de diversas graduaciones. —Sin llegar nunca a los ángulos rectos—, aunque la presencia de la confluencia de dos o más corrientes en ángulo recto, dentro de una configuración “dendrítica”, constituye precisamente la evidencia de una anomalía que se atribuirse por lo general; a fenómenos tectónicos. Principalmente este tipo de drenaje se produce en rocas sedimentarias homogéneas, areniscas o en rocas ígneas macizas como las graníticas, o en rocas estratificadas horizontales, aunque tengan algunas variaciones en su composición, siempre y cuando todos los estratos ofrezcan el mismo grado de resistencia al intemperismo y a la erosión. (Peña, 1980, p. 206, 207).

A1. Patrón Asimétrico

La localización de este tipo de drenaje se encuentra en el Noroeste de la cuenca, ocupa la mayor porción de la parte alta de la subcuenca de río Yutamá, dentro de el se encuentran los cauces; Yute, Verde, Santa Lucía, abarca una parte de las montañas y laderas altas de origen volcánico, de origen sedimentario, talud de superior e inferior, y una pequeña parte de las montañas secundarias internas. La característica principal de este patrón es que tanto el curso principal como los tributarios en su recorrido no sufren control alguno sea éste estructural o litológico.

La Asimetría puede referirse a cualquier configuración de drenaje, pero con más frecuencia corresponde a la configuración “dendrítica”, por cuyo motivo este tipo constituye una modificación de la misma. La asimetría consiste en que tiene más tributarios en el lado o vertiente de mayor gradiente, que en la vertiente menos inclinada. (Íbidem, 212, 213).

B. Patrón Rectangular

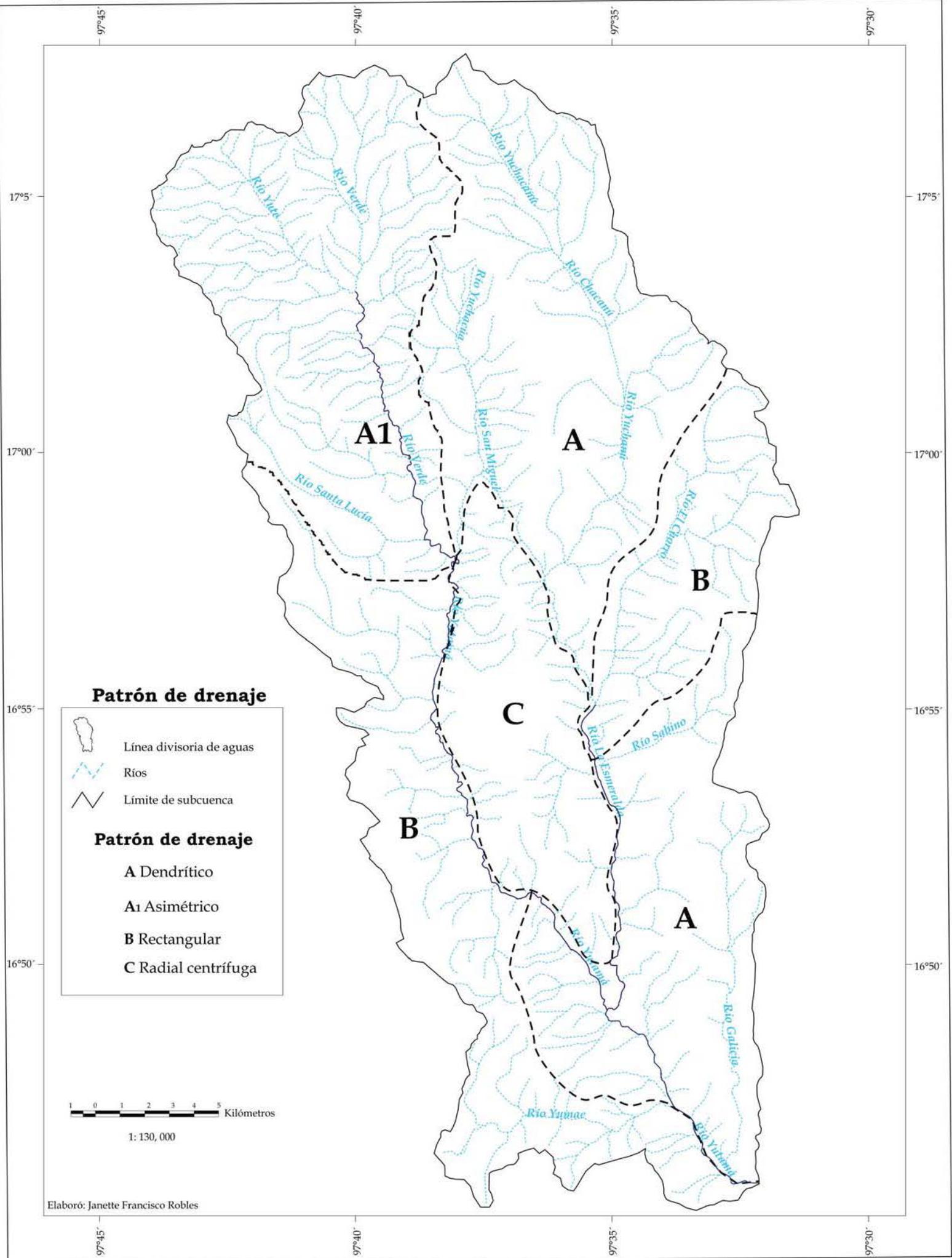
Se ubica al Oeste, Suroeste y en la parte central del Este de la cuenca, en la subcuencas de los ríos Yutamá y El Chorro, ocupa las montañas y laderas altas intermedias del Este y Suroeste, montañas y laderas altas de origen sedimentario, talud de superior y talud inferior, depresiones bajas y cañón lateral.

Esta configuración es una modificación del patrón de drenaje “enrejada” (Anexo 2.1) y se caracteriza por violentos cambios rectangulares en el curso de las corrientes. La diferencia entre la enrejada y la rectangular reside en el hecho de ser más regular el tipo enrejado, puesto que el rectangular tiene tramos rectos cortos en vez de largos como el enrejado y con cambios de rumbo numerosos y abruptos.

Este patrón tiene como principal característica un fuerte control, tanto en el curso principal como en sus tributarios; los cursos de los ríos en su recorrido sufren cambios de dirección de aproximadamente 90°, forma ángulos rectos. La densidad de cauces es variable dependiendo del material del cual drena, el grado de uniformidad es marcado, éste patrón se desenvuelve en grados de granulometría gruesa; Por ejemplo: arenas o conglomerados, en cenizas volcánicas, granitos, rocas foliadas como las mica esquistos;

Mapa 2.3

Cuenca del río Yutamá, Oaxaca



Están relacionados a sistemas de fallas diaclasas y fracturas que se cortan en ángulos rectos; estos factores se diferencian por su densidad, grado de integración y control orientado. En muchas regiones de drenaje dendrítico, puede observarse una pequeña tendencia hacia la rectangularidad. (Ídem, p.216, 218).

C. Patrón Radial Centrífuga

Se ubica al Centro y Centro-sur de la cuenca. Se desprenden los cauces afluentes al río San Miguel, Yutamá y La Esmeralda, estos bajan de un centro de confluencia denominada como montaña secundaria interna o cañada Morelos, que va de una altitud de 2400 a 2600 m.s.n.m.

Denominada así por las corrientes fluviales que se encuentran dispuestas como los rayos o radios de una rueda, con relación a un punto central. Este término puede también referirse a un tipo de configuraciones de drenaje originados en un punto común, forma que con frecuencia ofrecen los sistemas de cerros aislados.

Las corrientes fluviales divergen desde el punto o área central elevada. Si las corrientes radiales intersectan fajas concéntricas de rocas duras y débiles; ésta configuración debe estimarse como evidencia sustancial de que ocurrió un levantamiento. Es un patrón de drenaje erosional. (Ídem, p.220, 221).

2.1.3 Clasificación de los cauces según Strahler

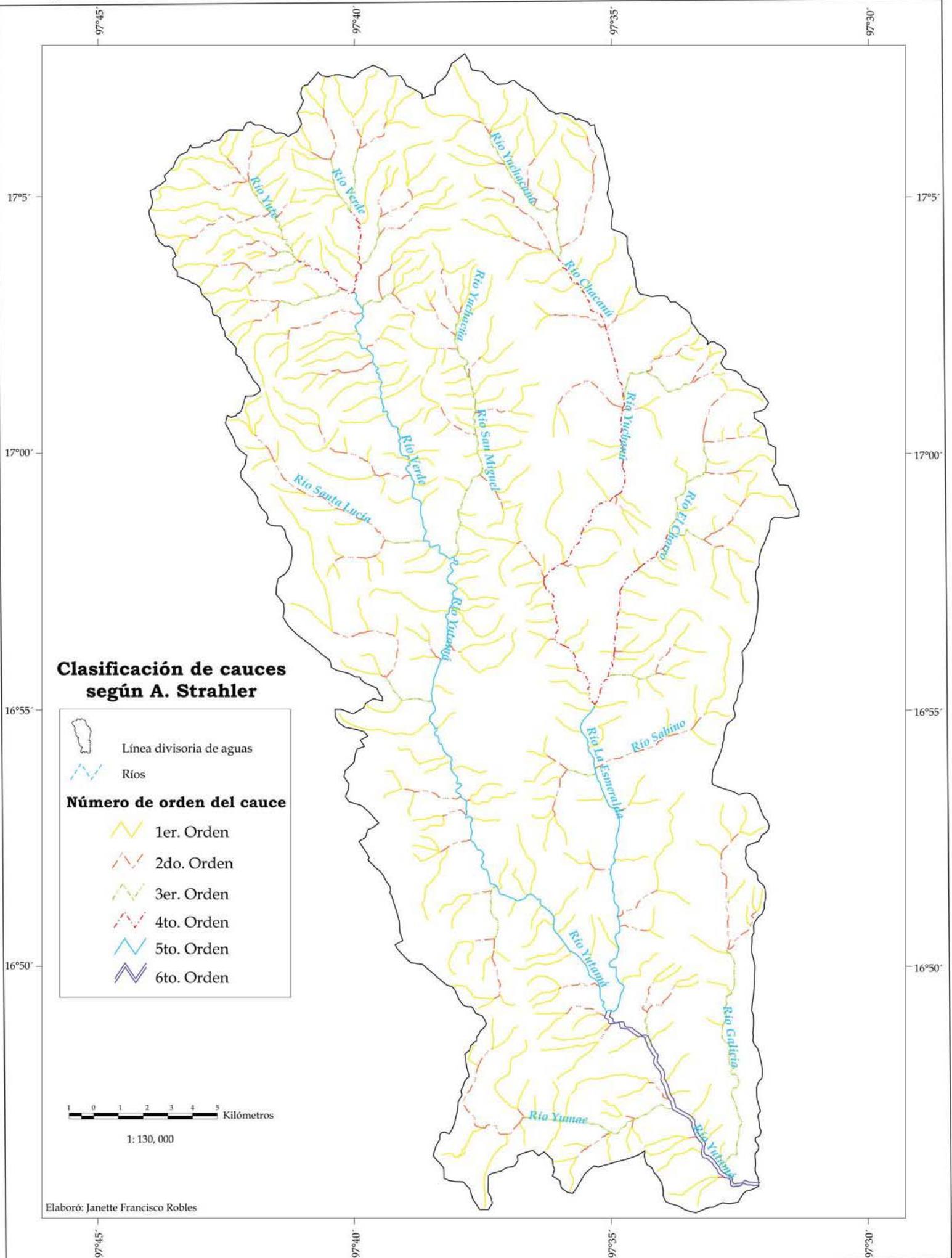
El orden de corrientes es una clasificación que refleja el grado de ramificación o bifurcación de corrientes de una cuenca. Para esta clasificación se tomó el criterio de Strahler (1952). Luego entonces el orden del colector principal será un indicador de la magnitud, ramificación y la extensión del sistema hidrográfico dentro de la cuenca.

Para evaluar el orden de corrientes se requiere lógicamente, un plano de la cuenca que incluya tanto las corrientes perennes como las intermitentes, en la que se indica el orden de corrientes de la cuenca.

El mapa de clasificación de orden de cauces se elabora teniendo como base el mapa hidrográfico, atendiendo el método mencionado, en el se muestran la jerarquía de los ordenes de cauces. (Mapa 2.4 Clasificación de cauces según Strahler)

Las corrientes iniciales no poseen afluentes, son de primer orden y es la de más pequeño rango, es decir, aquella que no está ramificada; con la unión de dos corrientes de primer orden se forma una corriente de segundo orden, o sea, las corrientes que sólo tiene ramificaciones o tributarios de primer orden; con la unión de dos corrientes de segundo orden se forma un segmento de tercer orden, aquellas, con dos o más tributarios de segundo orden o menor, de esta manera se siguen trazando las corrientes hasta que finalmente se encuentre el cauce de mayor orden⁷ de un sistema fluvial.

⁷ A manera de nota hay que aclarar que no siempre las corrientes de un orden se agregan a los de su siguiente inmediato, a veces corrientes de primer orden se agregan a corrientes de cualquier orden, por lo anterior, la confluencia es hipotética, pero válida.



Clasificación de cauces según A. Strahler

	Línea divisoria de aguas
	Ríos
Número de orden del cauce	
	1er. Orden
	2do. Orden
	3er. Orden
	4to. Orden
	5to. Orden
	6to. Orden

1 0 1 2 3 4 5 Kilómetros
1: 130,000

A este respecto, la determinación del llamado cauce o colector principal, se lleva a cabo desde el punto de salida de la cuenca hacia aguas arriba, siguiendo a la corriente de más alto orden hasta alcanzar una bifurcación de dos corrientes de igual orden, entonces, la rama o cauce que tenga una mayor área de cuenca es seleccionado; a partir de tal punto el proceso se repite hasta terminar en un tributario de orden uno.

En el mapa 2.4 se observa que el río Yutamá tiene un orden dentro del sistema fluvioigráfico alto, éste corresponde al sexto orden. La jerarquía más alta alcanzada dentro de la cuenca hasta el punto considerado como terminal.

Se considera pertinente indicar que tal vez este número de orden no se conserva ya que se une a al río Sordo que es casi de igual magnitud y sigue este hasta unirse con el río Verde. Por eso hay que tener presente que entre el punto terminal y la unión existen otros afluentes, de los que se desconoce su número de orden; pero se infiere que deben ser de jerarquías similares según se puede observar en los mapas topográficos de la región.

También debe considerarse que la longitud media del segmento del cauce de sexto orden presenta una disminución con respecto a las longitudes medias de los cauces de quinto orden, y confluye en un sitio para dar origen al colector principal de sexto orden.

Para el análisis cuantitativo de las corrientes se elaboró la tabla 2.3, en donde:

- a) En la primera columna se pone el número de orden del cauce (u)
- b) En la segunda el número de corrientes que haya de cada orden (Nu)
- c) En la tercera columna se representa la relación de confluencia (Rc); para obtenerla se dividen el número de segmentos de primer orden entre el número de las de segmentos de segundo orden y el resultado es la relación de confluencia (Rc) para las corrientes de segundo orden. Posteriormente el número de las del segundo orden se dividen entre el de las de tercero y así sucesivamente hasta que se divide el ultimo orden, como es lógico, las corrientes de primer orden no tienen relación de confluencia.
- d) En la cuarta columna se obtiene el valor logarítmico del número de corrientes de cada orden ($\log Nu$). Con los resultados se elabora la grafica de relación de confluencia del sistema de drenaje dentro de la cuenca.

Con los datos obtenidos del mapa hidrográfico, con la clasificación del orden de cauces se elaboró la siguiente tabla la cual muestra algunas características del sistema de drenaje de la cuenca del río Yutamá.

Cabe mencionar que se recurrió al uso de fotografía aérea editada por el INEGI en diciembre de 1999, para hacer una identificación plena de los cauces intermitentes y algunas arrolladas que en las cartas topográficas no aparecen, con esto se logra inferir el mayor número de cauces posibles para la cuenca y tener mayor detalle en la clasificación.

Tabla 2.3 Características del sistema de drenaje de la cuenca del río Yutamá

Numero de orden	Número de cauces por orden	Relación de confluencia	Logaritmo Nu
(u)	(Nu)	(Rc)	(log Nu)
1	449	*	2.65
2	97	4.63	1.98
3	22	4.40	1.34
4	4	5.25	0.60
5	2	2.00	0.30
6	1	2.00	0
Total	575		

Relación de confluencia

Horton introdujo el concepto de relación de bifurcación, o mejor conocido como relación de confluencia; para definir el cociente entre el número de cauces de cualquier orden y el número de corrientes del siguiente orden superior. La relación de confluencia varía entre 3.0 y 5.0 para cuencas en las cuales las estructuras geológicas no distorsionan el modelo o el patrón de drenaje.

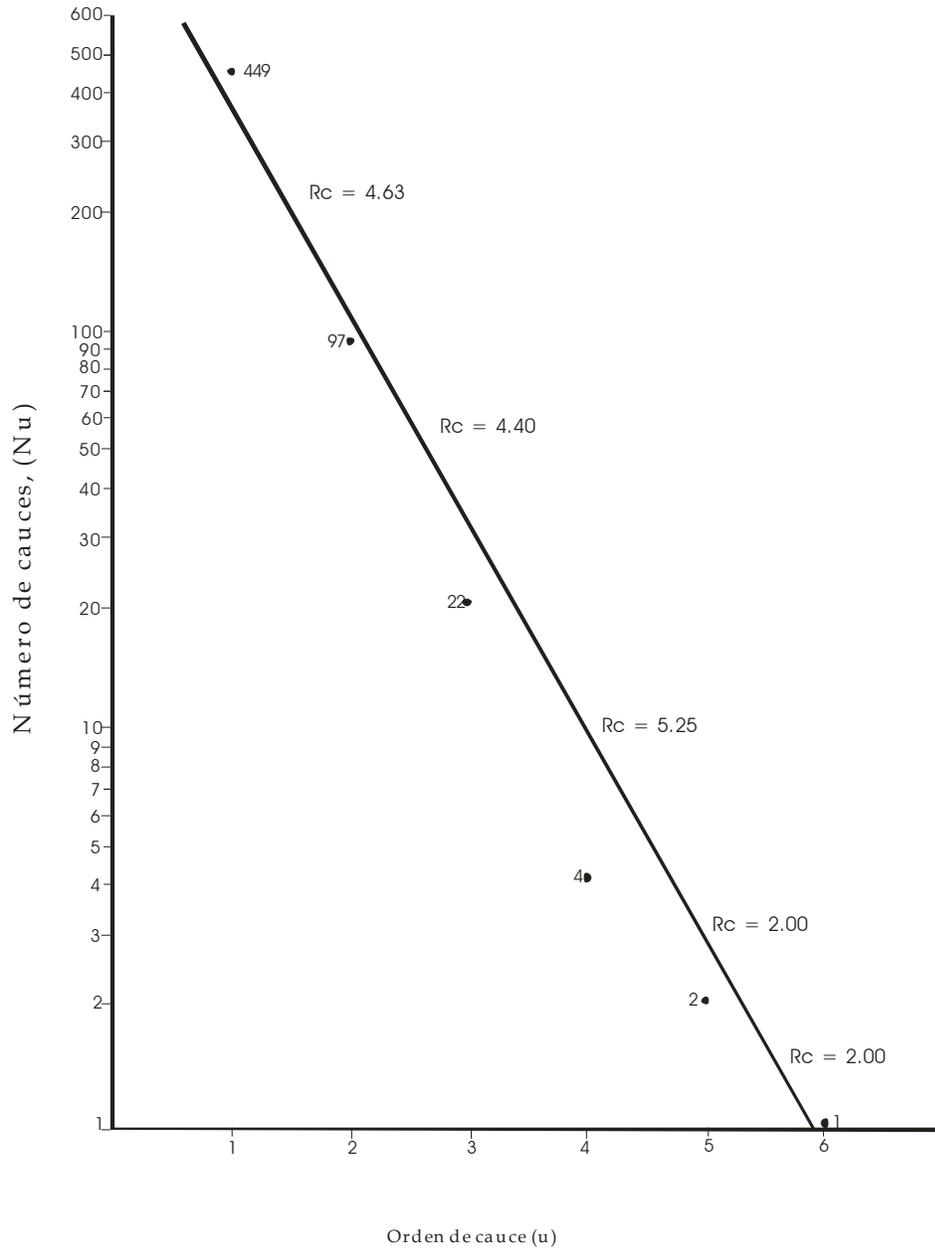
El valor mínimo, teóricamente posible, es 2.0, el cual difícilmente se alcanza en condiciones naturales. En general el valor promedio es del orden de 3.5. Coates (1978), citado en por Campos, (1992), encontró que la relación de confluencia de corrientes de segundo a tercer orden varía de 4.0 a 5.1 y las de tercero a cuarto orden fluctúan de 2.8 a 4.9. Sin embargo dado que la relación de confluencia es una propiedad adimensional y que los sistemas de drenaje se desarrollan en materiales homogéneos, la distribución espacial de cauces tiende a mostrar una similitud geométrica; por lo tanto no es sorprendente que tal parámetro muestre variaciones de una región a otra.

Al observar la tabla 2.3 que muestra los datos del sistema de drenaje correspondiente a la cuenca del río Yutamá, valor medio de el número de cauces o segmentos de segundo orden le confluyen en promedio 4.63 segmentos de cauce. A los de tercer orden le confluyen en promedio 4.40 segmentos de cauce, al de cuarto orden 5.52 segmentos de cauce, el más alto de la lista, a los de quinto orden 2.00 y por ultimo del de sexto orden le confluyen 2.00 segmentos de cauce, al igual que el anterior. Esta columna de relación de confluencia presenta un comportamiento de acuerdo con lo antes establecido por Coates, 1978.

Con la información de la tabla 2.3 se elaboró la siguiente gráfica, relación de confluencia, semilogarítmica. (Gráfica 2.1)

Grafica 2.1

Relación de confluencia de la cuenca del río Yutamá



La interpretación de la gráfica es la siguiente: En principio representa una función negativa por que conforme aumenta el número de orden disminuye el número de cauces.

En la recta de la gráfica 2.1, se observa que la alineación de lo punto correspondiente a el primer orden se encuentra en la parte superior de la línea, al igual que el de sexto orden, mientras tanto, el segundo, tercero, cuarto y quinto orden se presentan bajo la línea, se nota en particular, que estos puntos que se principalmente el de cuarto orden está desalineado con respecto a los anteriores y presenta el valor más alto en la relación de confluencia.

Esto indica que el desarrollo fluvial de la cuenca sigue una progresión que tiende a ser normal de acuerdo con el número de cauces entre el primero y el tercer orden, al igual que de el quinto al sexto. En el cuarto orden existe un ligero despunte, comparándolo con los anteriores. Aunque cabe indicar que de acuerdo con los valores de relación de confluencia de la tabla 2.3, el número de cauces de primer orden es alto con respecto a los demás y el de las únicas relaciones de confluencia que tienen un valor igual son las de quinto y sexto orden.

Al observar el mapa de clasificación cauces según Strahler, mapa 2.4, se nota que hay una concordancia con los valores de relación de confluencia y la gráfica correspondiente, precisamente es en la porción del Noreste de la cuenca, en las proximidades de la cabecera y las laderas más altas en donde se pueden apreciar una gran cantidad de cauces de primero, segundo y tercer orden, inmediatamente se cuantifican los cauces de cuarto orden los cuales, espacialmente, están relativamente más cercanos que los demás. Las desviaciones de los puntos suele deberse con base a los criterios de área, largo y ancho de la cuenca; así el área en estudio se considera como una cuenca intermedia-grande. Como ya se mencionó en el capítulo anterior. Además tiene una forma alargada y esto no permite una homogeneidad en el número y longitud de los segmentos de cauce. Además también influye la geología del lugar, y el patrón de drenaje. El número de segmentos de primero a segundo orden es muy notorio ya que el de primer orden cuenta con 449 segmentos de cauce y los de segundo orden es de 97, los de tercer orden tienen 22 segmentos de cauce, los de cuarto orden con 4 segmentos. Se logra percibir claramente cómo hay intervalos muy amplios entre el número de segmentos de un orden a otro, aunque del quinto al sexto orden no hay un intervalo tan grande por lo que este es diferente a los anteriores.

Estas son algunas interpretaciones teóricas que permiten estimar que áreas de la cuenca pueden tener muy pocos cauces.

Relación de longitud

Con la suma de las longitudes de los cauces de un orden dado entre el número de cauces de ese orden, se obtiene la longitud media.

La relación de longitud es un coeficiente numérico que resulta de dividir el promedio de longitud de los cauces de un orden dado, (u), entre el promedio de longitud del orden inmediato inferior ($u-1$).

Tabla 2.4 Datos para la elaboración de la gráfica, relación de longitud

1	2	3	4	5	6
Orden de cauces	Número de cauces	Longitud total de cauces (km)	Longitud de cauces acumulativa (km)	Longitud media de los segmentos de cauces	Relación de longitud
(u)	(LNu)			$(\bar{L}_u) = \frac{3}{2}$	(RL)
1	449	587	587	1.30	0.68
2	97	86.7	673.3	0.89	3.20
3	22	62.8	736.5	2.85	2.71
4	4	31	766.5	7.75	2.80
5	2	43.5	810	21.75	0.45
6	1	10	820	10.00	*
Total	574	821			

Puesto que los datos iniciales se obtuvieron del mapa 2.4, entonces la longitud media establece el promedio largo que tendrán los cauces por número de orden, el cual va creciendo conforme aumenta el número de orden de los cauces. (Tabla 2.4). Por lo tanto, la relación de longitud será una indicación del número de veces en que proporcionalmente aumenta el largo de los cauces de una jerarquía a otra.

La relación de longitud sirve para tener una idea del crecimiento que van teniendo los cauces y se puede expresar en una gráfica similar a la de la relación de confluencia. Con base en datos numéricos, en la gráfica se traza una línea recta cuyo trazo procura estar cerca de los puntos detectados en la tabla, y esa línea se le llama recta de ajuste o de regresión. La alineación de los puntos significa que la longitud de los cauces es homogénea, y el hecho de que no todos los puntos estén perfectamente alineados significa que existe variaciones entre las longitudes de los cauces de un orden a otro como es el caso de la cuenca de estudio, por ejemplo: La longitud media de los cauces de primer orden es de 1.30 km y la de segundo orden de 0.89 km. Son muchos cauces de este orden; pero muy cortos, en cambio los cauces de quinto y sexto orden tienen una mayor longitud pero van de dos a un segmentos de cauce esta diferencia se percibe en la gráfica 2.2, y por eso es que los puntos no están alineados perfectamente.

El hecho de que los puntos se encuentren arriba de la línea, significa que su relación de longitud es menor que la de los puntos que se encuentra en la parte inferior aunque su longitud media varíe.

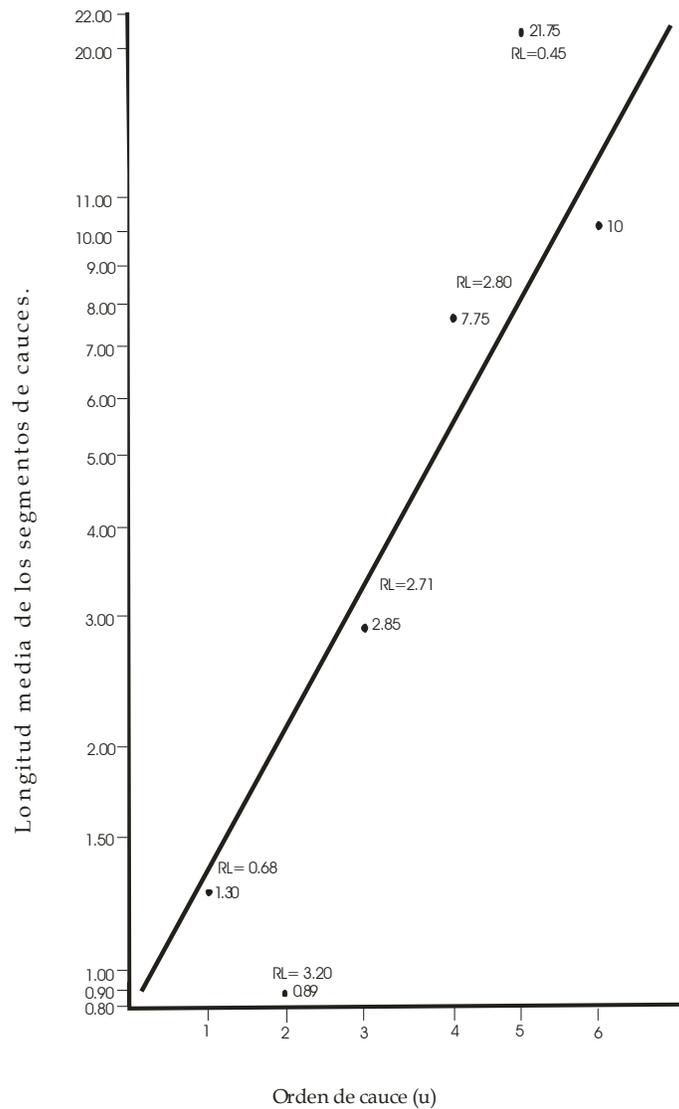
En el mapa de orden de cauces 2.4, se observa que los cauces de primer orden son los de menor longitud, incrementándose con el número de orden de los mismos. La razón del incremento de la longitud cada vez que aumenta el número de orden se denomina relación de longitud, ya que se presentan algunas irregularidades como se observa también en el cuadro, este comportamiento se debe al relieve y litología de la cuenca ya que esto hace que las longitudes de los segmentos de cauces de menor orden y a la vez más numerosos sean menores. El cauce principal de la cuenca, es de sexto orden y tiene una longitud de 10 km. Desde su nacimiento donde todavía no es un río de sexto orden, siguiendo su sinuosidad hasta el punto terminal tiene una longitud de 50 km. El desarrollo longitudinal

del cauce principal es también un parámetro característico útil determinado por la precipitación y el escurrimiento superficial en la cuenca ya que su efecto se nota más rápidamente en un río largo.

Para profundizar más en el análisis de la relación de longitud se elaboró una gráfica en la cual se relacionan la longitud media de los segmentos de cauces de un orden determinado, con el orden del cauce; se obtiene una recta de ajuste que corresponde a funciones exponenciales positivas. (Gráfica 2.2)

Gráfica 2.2

Relación de longitud de la cuenca del río Yutamá



Observando la recta de la gráfica 2.2 de relación de longitud de la cuenca del río Yutamá, presenta irregularidades en sus extremos.

La longitud media de los cauces de primer orden es de 1.30 km y la de segundo orden de 0.89 km. Lo cual, implica una disminución, a este aspecto se le podría considerar como una anomalía, ya que en la mayoría de los estudios de la morfometría fluvial la mayor tendencia es que esas longitudes aumenten. Del cuarto al quinto orden la longitud media aumenta considerablemente y del quinto al sexto orden vuelve a disminuir notablemente. (Tabla 2.4).

Cabe indicar que el último valor correspondiente a la longitud media del colector principal, en este caso de sexto orden, carece de la expresión numérica de la relación de longitud. Esto se refleja en los valores de la relación de longitud y en la gráfica respectiva, de tal modo que puede decirse que deben existir una serie de características geológicas y geomorfológicas que son las causas de estas aparentes anomalías.

2.1.4 Distribución geográfica de la frecuencia de cauces

La frecuencia de cauces en la cuenca del río Yutamá se puede analizar de dos maneras: una de manera general y otra particular por la cual se presenta el mapa de distribución geográfica de frecuencia de cauces. (Mapa 2.5). Esta característica permite establecer correlación con la naturaleza litológica del área drenada, la pendiente del terreno y la climatología de la zona (principalmente la precipitación), además permite conocer la eficiencia del desalojamiento del agua en el suelo.

R. E. Horton, introdujo el concepto de frecuencia de cauces, definida como el número de segmentos de cauces de cualquier orden y longitud sobre unidad de área. (Campos, 1992, p. 2-15)

$$\text{Frecuencia absoluta de cauces: } F_c = \frac{Nu}{A}$$

Donde: F_c = Frecuencia de cauces

Nu = Número total de cauces de la cuenca

A = Área de la cuenca en Km^2

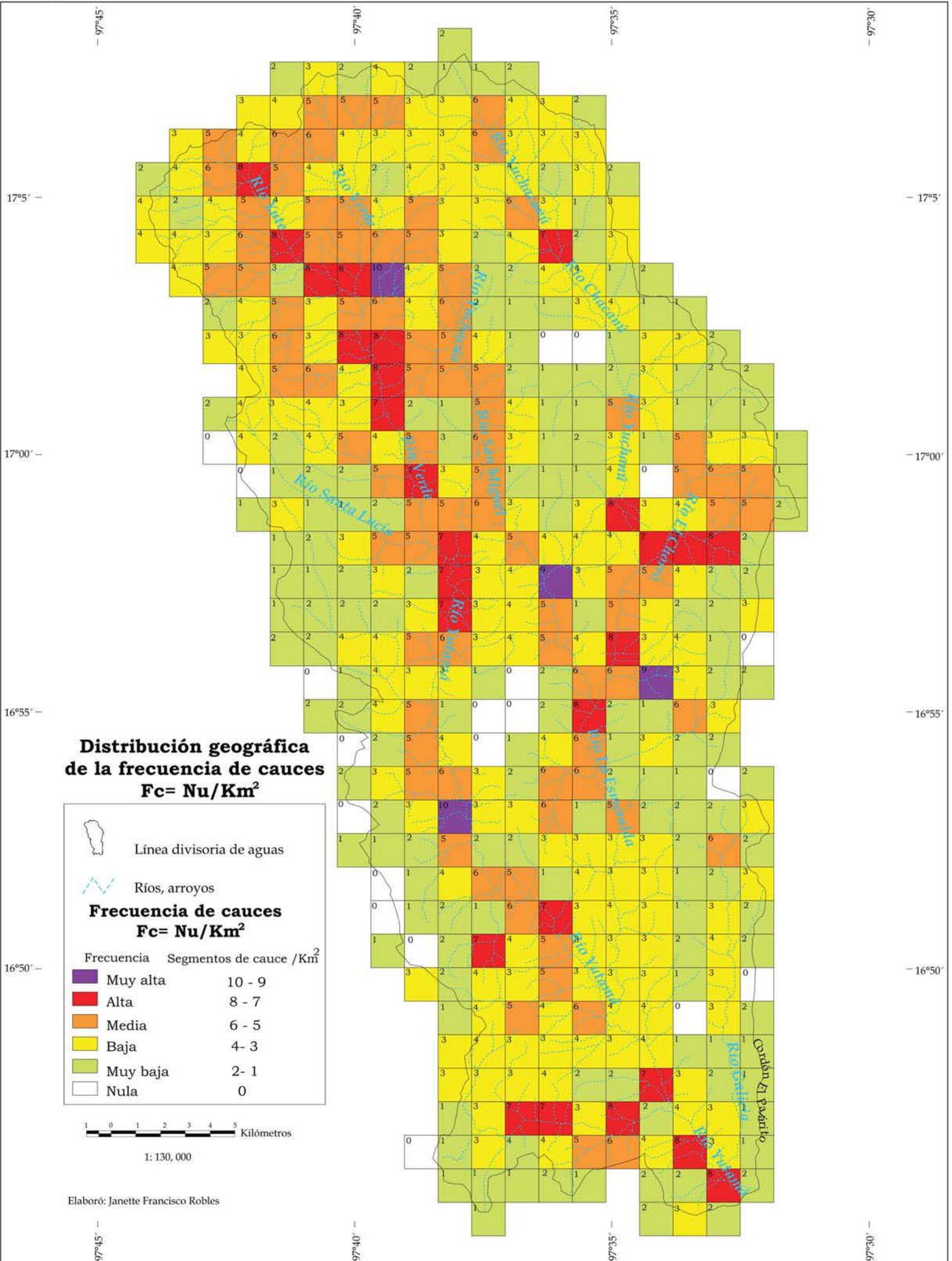
$$F_c = \frac{575}{571.50\text{km}^2}$$

$$F_c = \frac{1.00}{\text{km}^2}$$

Este resultado muestra una idea general del promedio de cauces por cada km^2 . El resultado de 1.00 cauce sobre km^2 en toda la cuenca, sin embargo, se requiere conocer la ubicación geográfica de la frecuencia de cauces de manera particular.

Frecuencia de cauces particular:

Se considera como unidad de análisis 1 kilómetro cuadrado, sin importar la longitud y jerarquía de los cauces. Se cuantifica el número de segmentos de cauces en estas áreas dentro de los límites de la cuenca y se incluyen los cuadrados por 1 kilómetro cuadrado, considerando los que se encuentran en la periferia de la cuenca, aunque estos no se integren al sistema fluvial, y se hace el conteo respectivo para considerarlo en la distribución espacial. Al respecto, cabe indicar que la frecuencia de cauces dentro y fuera



de la divisoria es muy similar a la de las subcuencas internas. Estos resultados se presentan en el mapa de distribución geográfica de frecuencia de cauces.

Al observar el mapa de distribución geográfica de frecuencia de cauces, (Mapa 2.5), se puede notar que predominan las unidades de área cuya frecuencia es de 3 y 4 cauces por km^2 , categoría baja en términos generales. Este tipo de frecuencia se encuentra distribuida en toda la cuenca y tiende a formar una continuidad.

En segundo lugar predomina la frecuencia muy baja entre 1 y 2 segmentos de cauces por km^2 ; en algunas partes tienden a formar grandes conjuntos separados entre sí dentro de la cuenca presentando discontinuidades. Esta frecuencia tiende a dominar en el parteaguas y en la planicie del Noreste de la cuenca, al igual que al Oeste-centro, disminuye hacia los extremos, hacia la cabecera y al punto terminal de la cuenca.

En tercer término la frecuencia media con 5 y 6 segmentos de cauces por km^2 , se nota una disminución general, estos valores predominan de las laderas altas del Noroeste y tienden a formar pequeños grupos al centro, este y al sur.

En cuarto lugar la frecuencia "alta" con 7 y 8 segmentos de cauces por km^2 , presenta una pequeña aglomeración, hacia la parte Norte de la cuenca y en proporciones menores se hace presente al Este y Sur aunque se logran apreciarse en sitios sin continuidad.

En quinto lugar la categoría muy alta con 9 y 10 segmentos de cauces por km^2 , este rango se encuentra determinado y distribuido en la cuenca sólo con cuatro unidades. Se localizan básicamente al centro, Norte y Centro-oeste.

La categoría nula con cero segmento cauce por km^2 , se presenta dentro de la cuenca, con más unidades que el rango anterior; se ubican básicamente al Oeste, sobre el parteaguas occidental, al Noreste, Centro y Este de la cuenca. La distribución geográfica de frecuencia de cauces muestra en lo general, que existen áreas en donde se presentan continuidades en los valores más bajos y conforme aumenta el valor de la frecuencia disminuye tal continuidad. En la parte Noroeste, se presentan valores más altos.

Es relevante la presencia de frecuencias Muy bajas hacia el Este de la cuenca y bajas hacia el Oeste o mejor dicho con mayor presencia en la margen derecha del cauce principal. En la margen izquierda es escasa la frecuencia de cauces alto con un rango de 6 y 8 segmento de cauce, y más escasa aun la frecuencia de cauces muy alta de 9 y 10 segmentos cauces por km^2 , esta situación de escasez de frecuencia muy alta en toda la cuenca es un indicador, no sólo de un bajo número de cauces en la cuenca, también lo es de una baja densidad de drenaje esto se podrá apreciar con mayor detalle en el siguiente punto.

2.1.5 La densidad de drenaje

Para la elaboración del mapa de la densidad de drenaje, se miden la longitud de los cauces que se encuentren dentro de 1 kilómetro cuadrado de área. Y se le asigna un rango y una categoría, en este caso se determinaron cuatro; primero la categoría densidad nula con un rango de < 0.25 kilómetro cuadrado, en los rangos; estos valores están representados por colores, símbolo cuantitativo del mapa temático, al igual que el mapa de distribución geográfica de frecuencias de cauces, después la categoría de densidad baja, con un rango 1.45-0.26; en tercer lugar la categoría de densidad media en la cuenca, con un rango de 2.65-1.46, y por ultimo la categoría de densidad alta, con un rango de 3.85-

2.66. Cabe aclarar que para la medición de la densidad de drenaje sobre un kilómetro cuadrado, se tomaron en cuenta los cauces de los ríos y arroyos de las cuencas circunvecinas para así completar las longitudes por kilómetro cuadrado, correspondientes a las que se encuentran en el parteaguas.

La densidad de drenaje se expresa como la longitud de las corrientes por unidad de área, o sea que:

$$Dd = \frac{\sum L}{A} ; \frac{km}{km^2}$$

Donde: $\sum L$ = El total de la suma de la longitud de todos los cauces en km

A = Área de la cuenca en km^2

Este parámetro muestra el grado de desarrollo del drenaje de la cuenca, y de la organización del sistema fluvial.

En general, se observan densidades bajas de drenaje en casi toda ella. Y se tienen densidades altas en la parte Noroeste donde a simple vista se ve un número mayor de cauces; estas se presentan en áreas de roca ígnea, muy fracturada, con vegetación principalmente arbórea y con relieve montañoso.

La densidad de drenaje tiene importancia para las relaciones que se presenta con la pendiente del terreno y cantidad de lluvias. Una densidad alta de drenaje significa un mejor desalojamiento del agua, acompañado de fuertes corrientes y si es una baja densidad ocurriría lo contrario.

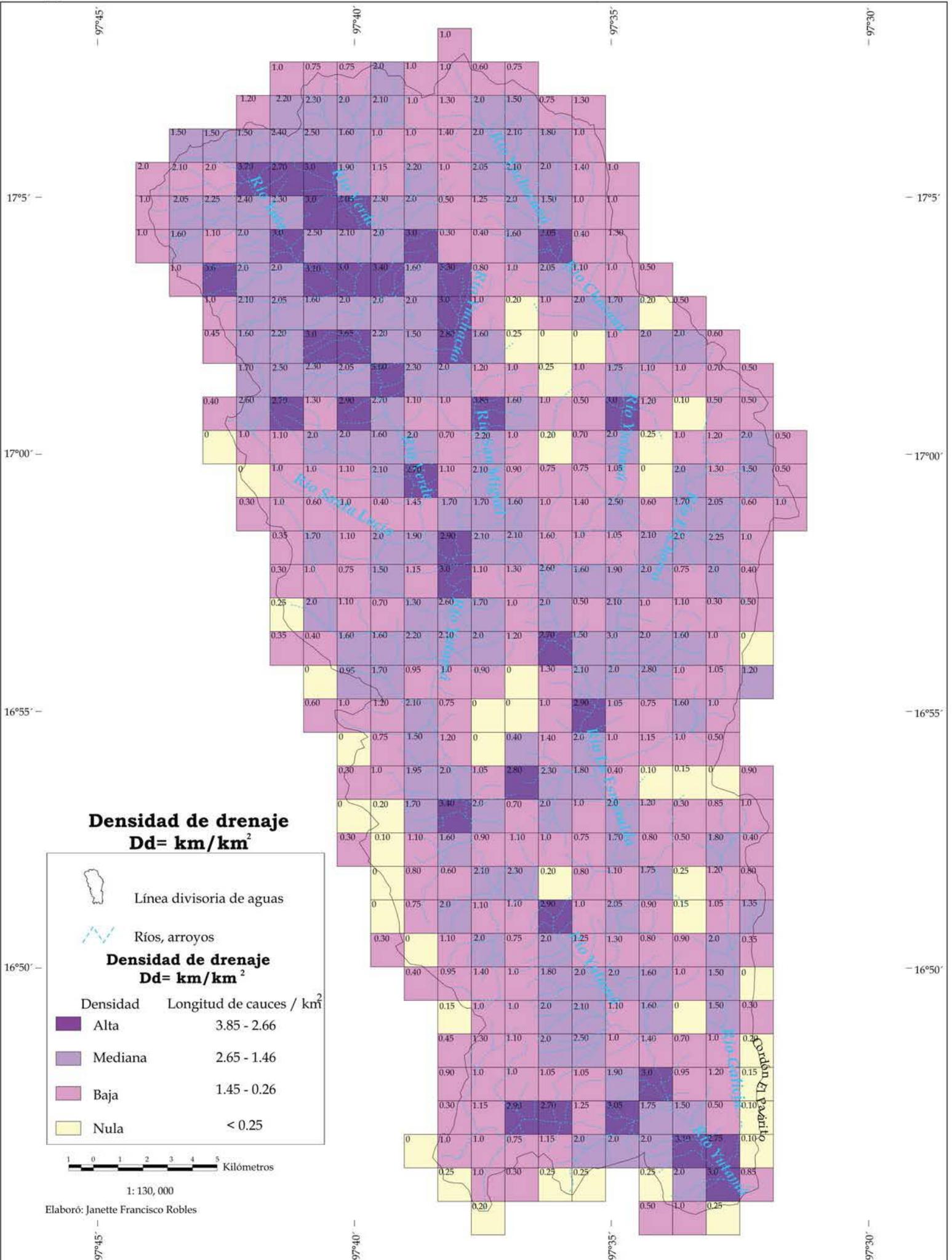
$$Dd = \sum L \div A \quad Dd = 821 \text{ km} \div 571.50 \text{ km}^2 \quad Dd = 1.43 \text{ km} \div \text{km}^2$$

Para la cuenca del río Yutamá, se obtuvo una densidad de drenaje total de $1.43 \text{ km} \div \text{km}^2$; ésta se interpreta teóricamente como si existieran 1.43 kilómetros de cauce por cada kilómetro cuadrado de terreno. Esto significa que tiene una densidad de drenaje muy baja, no existe la presencia de corrientes fuertes, la densidad baja se puede deber a que es una región de textura media más difícil de erosionar, lluvias de moderada intensidad que intervienen poco en el modelado del sistema fluvial, también es más probable que por el tipo de roca caliza se favorezca más la infiltración que el escurrimiento; así no se propicia un ambiente para desarrollar una alta densidad de drenaje.

El resultado de $1.43 \text{ km} \div \text{km}^2$, obviamente no es un valor homogéneo para toda la cuenca, ya que las corrientes de mayor longitud corresponden al río principal y a determinados tributarios con un número de orden tercero, cuarto, quinto, a diferencia de las corrientes de primero y segundo orden que se localizan principalmente en las cabeceras y en la divisoria de aguas; son sumamente cortos y con escurrimiento mínimo, por su carácter intermitente. Aunque este tipo de cauces son más numerosos y llegan a sumar una longitud considerable, también son alimentados por los aportes del subsuelo aunque son menos numerosos, en contraste con los primeros que reciben diversas descargas superficiales. La baja densidad de drenaje de la cuenca, es más notoria en la margen de afluencia izquierda del colector principal y en la margen derecha se percibe

Mapa 2.6

Cuenca del río Yutamá, Oaxaca



una densidad mayor sobre todo al Noroeste, y a pesar que el resultado es bajo se aplica a toda la cuenca.

Para obtener una mayor claridad en los resultados se elaboró un mapa que muestra la distribución geográfica de la densidad de drenaje en la cuenca (Mapa 2.6). Se expresa como se dijo anteriormente en la metodología como la longitud de las corrientes en km, por unidad de área un km^2 .

Al observar el mapa de densidad de drenaje se puede apreciar a simple vista que la categoría nula se presenta en la orilla occidental de la cuenca sobre la divisoria de aguas con valores de $< 0.25 \text{ km}$, de longitud sobre km^2 , al igual que la que se encuentra al Noreste, Oeste, Centro y Sur de la cuenca. (Mapa 2.6). Se puede decir que está se presenta en las nacientes de los ríos, arroyos y en regiones donde los materiales son de textura gruesa más difíciles de erosionar. Con regularidad se presenta en las zonas con mayor altitud de la cuenca como es en las montañas y laderas altas, secundarias internas y en taludes, pues son regiones donde llueve con más frecuencia, además de que son zonas de recarga de acuíferos tanto por la vegetación, como por la roca que la conforma y casi toda el agua que llega a la zona se infiltra, por lo tanto existe un menor escurrimiento. La categoría más dominante es la densidad baja que se encuentra distribuida en toda la cuenca. La tercera categoría; densidad media, ésta acompaña las líneas trazadas por los cauces de ríos con mayor orden y algunos arroyos relevantes. Se presenta mayormente en la margen derecha, esta zona es más propia a generar densidad alta porque presentan estratos débiles, propiciando un ambiente para este desarrollo, por la razón de que el escurrimiento superficial es mayor dadas las características del declive en la cuenca y por que el agua no se infiltra tan fácilmente por la acumulación de sedimentos arcillosos que impiden ese proceso.

2.2 Ciclo hidrológico de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Resulta bastante evidente que se diga que el ciclo hidrológico es dominado en esencia por los procesos atmosféricos, y quizá sea menos obvio observar que la meteorología auxiliará a la solución del problema de aguas superficiales y subterráneas para lograr un manejo y control eficiente de los recursos hidráulicos, sin embargo, lo anterior es una realidad. Por tanto todos los elementos del clima y la meteorología, aunados a las características físico-geográficas que se presentan en la cuenca determinan el comportamiento del ciclo hidrológico y el balance hídrico de la misma, si alguno de ellos es alterado por el hombre, todo el sistema que lo integra también será afectado en su totalidad.

El complejo físico-geográfico de una cuenca hidrológica, está constituido por la conjugación armónica en tiempo y espacio de determinadas características físicas y morfométricas que tienen lugar en el territorio, delimitado por la divisoria principal del sistema fluvial.

Las características físicas y morfométricas de una cuenca hidrológica superficial definen el régimen hídrico, y en especial influyen notablemente en los valores extremos del escurrimiento.

Las características físicas pueden ser de dos tipos. Una denominada de superficie, que se refiere fundamentalmente al conocimiento de la estructura geológica del suelo mismo, el relieve y la vegetación, y en la segunda están las características hidrometeorológicas, tales como, la radiación solar, las precipitaciones, la temperatura del aire y suelo, y la evaporación.

Debido a la importancia de este segundo tipo, y dada su influencia en el régimen hidrológico de la cuenca, se estudia de forma algo independiente del resto de las características que constituyen el complejo físico-geográfico.

El ciclo hidrológico local

En los estudios hidrogeográficos es importante conocer básicamente el ciclo del agua a nivel local, en un subsistema denominado cuenca, (en este caso la cuenca del río Yutamá; es intermedia-grande) que tiende a ser homogénea. Las correlaciones de las características geográficas y la integración de los fenómenos que suceden en estas subunidades permitirán determinar el balance hídrico de la cuenca.

Temperatura

En la cuenca del río Yutamá, se obtuvieron datos de temperatura y precipitación; proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional Pacífico Sur para cuatro estaciones climáticas, (Figura 2.1 y Mapa 2.7, Estaciones climáticas), la primera; San Esteban Atlatlahuca con un periodo de 26 años de 1961 a 1986, la segunda; Chalcatongo de Hidalgo con un periodo de 30 años de 1958 a 1988, la tercera Yutamá, Yosondúa con un periodo de 8 años de 1961 a 1968 y la cuarta; Santiago Yosondúa con un periodo de 29 años de 1958 a 1988.

Con estos datos se calculó la temperatura media anual, mensual y se realizaron sus gráficas respectivas.

Temperatura media anual es el promedio de las temperaturas anuales en un periodo largo de tiempo; para la mayoría de los cálculos climáticos se toman temperaturas medias anuales de un período mayor a 20 años. (García, 1989), (Anexo 2.2)

Temperatura media mensual es el promedio de temperaturas mensuales en un periodo más o menos largo de años. Para los cálculos climáticos se emplean las temperaturas medias mensuales que comprenden un promedio mayor de 20 años, a veces no es posible tener datos de tanto tiempo por lo que pueden emplearse promedios de 5 o 10 años pero con reservas. (Ídem).

2.2.1 Precipitación

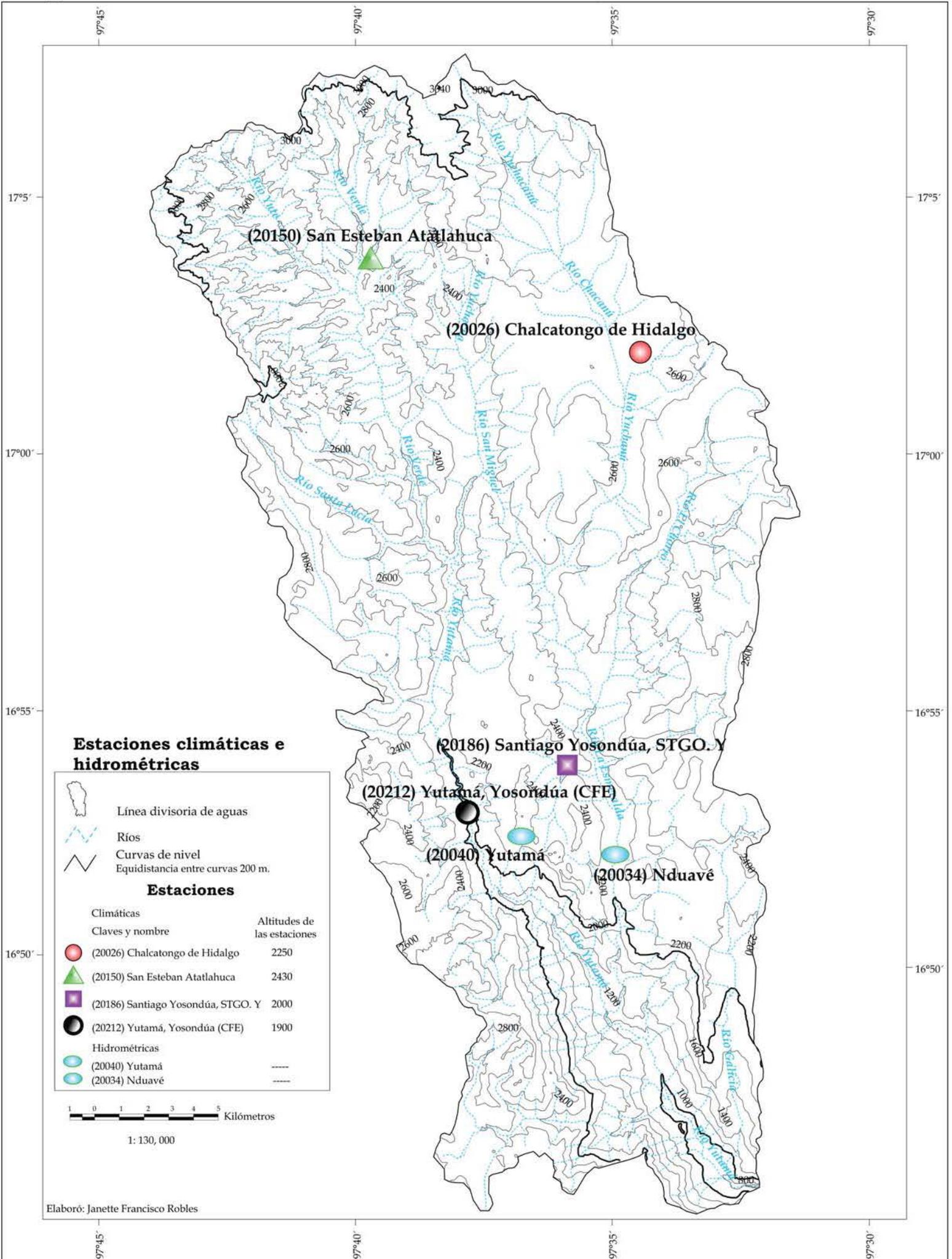
Precipitación es el elemento del clima de mayor significación para el balance hídrico de cualquier cuenca hidrológica; de manera general representa la principal fuente de alimentación de ésta. Se le denominan precipitaciones a cualquiera de las formas en que el agua cae sobre la superficie terrestre (nieve, granizo, escarcha, lluvia, rocío, etc).

Figura 2.1 Ubicación de estaciones climáticas e hidrométricas

Cuenca del río Verde



Elaboró Janette Francisco Robles con base en: SARH. (1987). Regiones (19 a 22) hoja 1/1, Carta Hidrográfica de la República Mexicana.



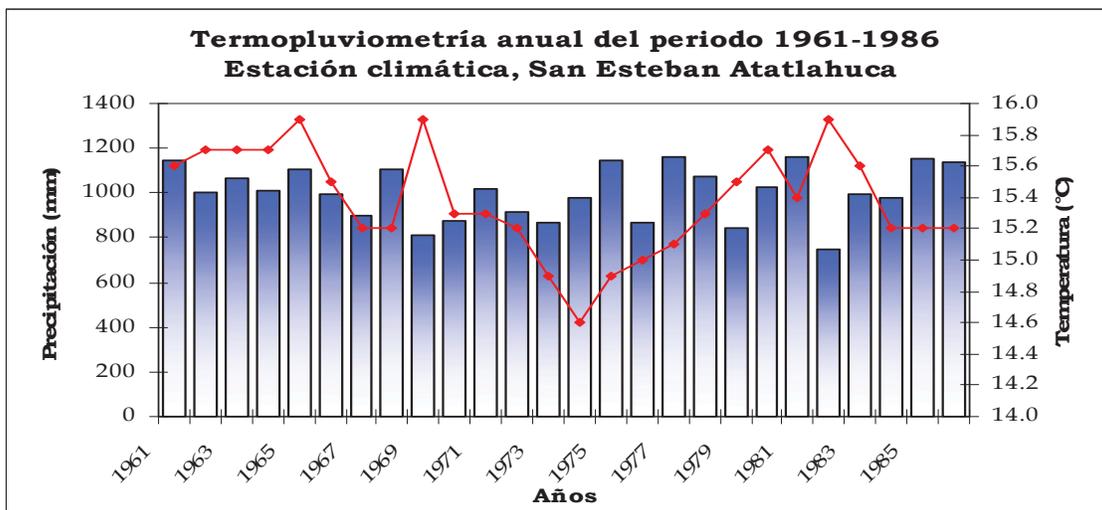
La precipitación anual es la suma de las precipitaciones mensuales durante todo el año, como la precipitación suele ser muy variable, es necesario tomar datos que abarquen más de 20 años. (García, 1989, p.100) En este caso se tomo un periodo de 26 a 31 años.

La precipitación media mensual es el promedio de las precipitaciones de un periodo más o menos largo, para el caso de la cuenca se tomaron también de manera general de 26 a 31 años de registro. (Anexo 2.3)

Para poder entender más las variaciones temperatura y precipitación en la cuenca se elaboraron las tablas, (Anexo 2.2, 2.3) y las gráficas termopluviométricas que muestran la distribución temporal de temperatura y precipitación, más claramente, para cada una de las cuatro estaciones.

Estación climática: San Esteban Atlatlahuca
Ubicación: Noroeste. Altitud: 2430 m.s.n.m.
Temperatura media anual: 15.3 °C. Precipitación total anual: 997.8 mm.

Gráfica 2.3



Destaca principalmente de manera general que cuando la temperatura presenta valores altos, la precipitación valores bajos, y así sucesivamente, tiene un comportamiento estable sin que se noten eventos extraordinarios dentro del periodo.

Las generalidades de la gráfica hacen notar que en el periodo 1961-1986, la temperatura media anual presenta tres máximos que son de 15.9 °C, estos se presentan en los años 1965, 1969, y 1982, y un mínimo de 14.6 °C, para el año 1974, con respecto a los demás valores. Se observan claramente tres subperiodos, el primero, de 1961 a 1974 con un mínimo de 14.6 °C en el año de 1974 y dos máximos de 15.9 °C en 1965 y 1969 su comportamiento general es mantener temperaturas de 15.7 °C en casi todo el subperiodo, después disminuye paulatinamente hasta llegar a 14.6 °C en 1974. El segundo subperiodo, que abarca de 1975 a 1982, el cual tiene su mínimo en el año de 1975 con 14.9 °C y su máxima con 15.9 °C en 1982, el máximo y el mínimo se encuentran en los extremos del

subperiodo, el comportamiento es aumento de temperatura desde el inicio del subperiodo hasta un aumento de 15.9 °C en el año 1982. El tercer subperiodo es a partir de 1983 al 1986, en 1983 hay un máximo de 15.6 °C y disminuye en los tres años consecutivos, manteniéndose en 15.2 °C.

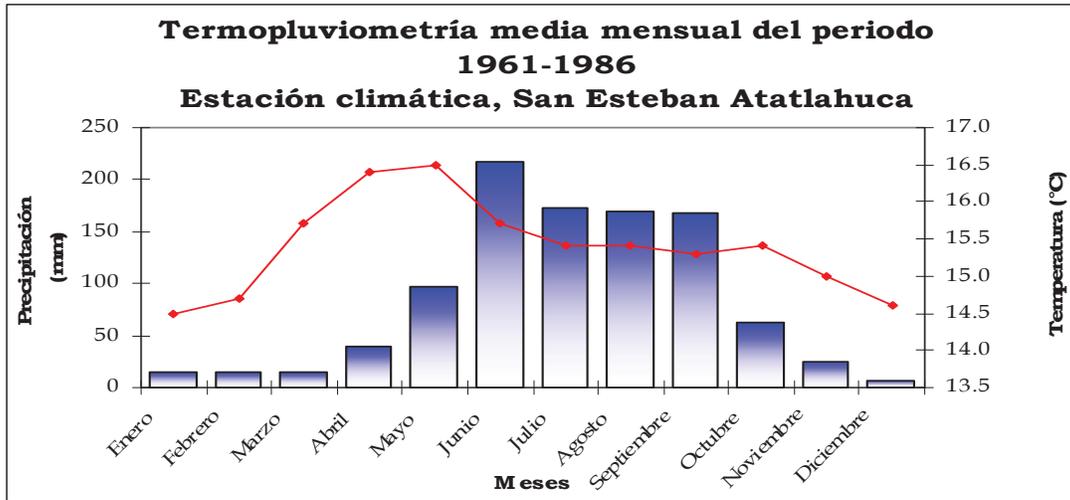
La gráfica muestra la cantidad y distribución de lluvia dentro del periodo de 26 años, resaltan a primera vista la cantidad de lluvia registrada para el año 1981, con 1158.3 mm, y cuatro años antes en 1977 de 1158.1 mm de lluvia. Estos datos indican dos máximas de lluvia; pero también se presenta una mínima al año siguiente del dato máximo registrado, 1982 con 746.4 mm, es muy raro este valor ya que como se vió en 1981 se registro uno de los valores más altos dentro del periodo.

La gráfica muestra que en un periodo de 26 años, se presentan tres subperiodos en los cuales el comportamiento de la precipitación sigue una misma tendencia. El primer subperiodo los cuales abarca de 1961 a 1974, muestra una mínima en el año de 1969 con 811 mm y una máxima en 1961 al inicio del periodo con 1143 mm, ocho años antes de que se presentara el valor mínimo de precipitación, este subperiodo se mantuvo estable con valores que oscilan entre 800 a 1150 mm. El segundo de 1975 a 1982, presenta menor estabilidad ya que el valor mínimo 746.4 mm en 1982 y el valor máximo se presentó en 1981 con 1158.3 mm, sus valores oscilan entre 750 y 1150 mm. El tercer subperiodo de datos registrados de 1983 a 1986, presenta un poco más de estabilidad por el número de años con respecto al anterior aunque el valor mínimo es de 981.6 mm, en el año de 1983, y el máximo en 1986 de 1137.9 milímetros.

La mayor parte de las precipitaciones que se reciben en el territorio durante fines de verano y el otoño, se debe a los ciclones tropicales; pues aunque de hecho sólo afectan las costas del país, su influencia llega hasta el interior. Los vientos alisios afectan con su precipitación principalmente en el verano, en la zona de la *Sierra Madre Oriental* y en la región del sureste, exactamente donde se encuentra la cuenca en estudio; Pero los efectos de estos vientos no son tan marcados como los de los de un huracán. El frente ecuatorial actúa al Sur de México durante el verano con el aporte de humedad de los vientos alisios tanto del Hemisferio Norte del *Golfo de México*, como las del Hemisferio Sur del *Océano Pacífico*. Las perturbaciones de las latitudes medias que invaden el país en invierno, influyen principalmente en el régimen pluviométrico del noroeste del territorio y aumenta la precipitación invernal de la porción norte del país, con ellas viajan masas de aire frío que descargan su humedad en las regiones de la *Altiplanicie Mexicana* y el sureste. (Aranda, 1992, p.3-43). Se cree que estas variaciones se deben a que la intensidad de los ciclones tropicales, vientos alisios, varían de un año a otro y que no puede ser posible que siempre se mantengan con la misma fuerza o energía.

Para poder establecer una correlación entre temperatura media mensual y la precipitación mensual, se elaboró la siguiente gráfica.

Gráfica 2.4



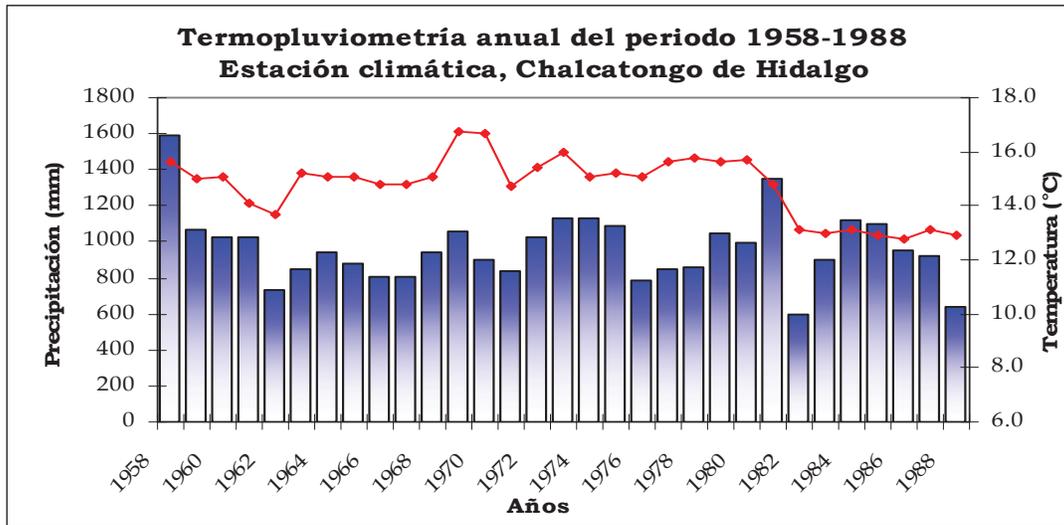
En la gráfica se observa que la temperatura media mensual del periodo antes mencionado presenta un comportamiento estable y con pocas variaciones en el aumento de temperatura. En marzo y abril comienza a elevarse la temperatura con respecto al mes de febrero hasta llegar a una máxima de 16.5 °C para el mes de mayo y vuelve a descender la temperatura en junio y en los siguientes meses consecutivos hasta septiembre se mantiene estable y disminuye para octubre. La temperatura media mensual mínima se presenta en el mes de enero con 14.5 °C.

Con respecto a la distribución de la precipitación media mensual del periodo 1961-1986, en ella se observan la variación que existe entre unos meses y otros. Por ejemplo; en enero, febrero, marzo y abril el volumen de precipitación principalmente es bajo con tendencia a aumentar conforme llega el verano, que es el régimen de lluvia que se presenta en la cuenca. En mayo, junio, julio, agosto y septiembre se presentan los mayores volúmenes de lluvia, principalmente en el mes de junio con un 217.4 mm. Y para octubre, noviembre y diciembre vuelve a bajar la precipitación media mensual en el cual presenta la mínima cantidad de lluvia en diciembre con 6.5 milímetros.

La cubierta vegetal juega un papel muy importante con respecto a las precipitaciones, ya que influye en la cantidad de agua que hay en el suelo. Además que regula su circulación superficial, limita su escorrentía superficial y favorece su retención e infiltración; por la sombra que proporciona, por su papel en la atenuación de las corrientes atmosféricas e incluso por su protección directa, mantiene elevada la humedad edáfica. Evita la escorrentía torrencial, la erosión hídrica del suelo, las inundaciones, los asolvamientos de presas y tolvaneras.

Estación climática: Chalcatongo de Hidalgo
Ubicación: Noreste. Altitud: 2250 m.s.n.m.
Temperatura media anual: 14.2 °C. Precipitación total anual: 997.9 mm.

Gráfica 2.5



Las generalidades de la gráfica hacen notar que en un periodo 30 años y abarca de 1958-1988. La temperatura media anual presenta un máximo que es de 16.8 °C, esto se presenta en 1969 y un mínimo de 12.8 °C, para el año 1986, con respecto a los demás valores. Se observan claramente cuatro subperiodos, el primero, de 1958 a 1970 con un mínimo de 13.7 °C en el año de 1962 y un máximo de 16.8 °C. En 1969, su comportamiento general es mantener temperaturas de 15.1 °C en casi todo el subperiodo, después disminuye paulatinamente hasta llegar a 13.7 °C. En 1962, el segundo subperiodo; que parte de 1971 hasta 1974, el cual tiene su mínimo en el año de 1971 con 14.7 °C y su máxima con 16.0 °C en 1973, el comportamiento de la temperatura desde el inicio del subperiodo es un aumento notable a 16.0 °C en el año 1973. El tercer subperiodo es a partir de 1975 al 1982, en 1978 hay un máximo de 15.8 °C y un mínimo de 13.1 °C. Y para el cuarto subperiodo disminuye en los seis años consecutivos, manteniéndose en temperaturas, las más bajas de todo el periodo de 12.8 a 13.1 °C.

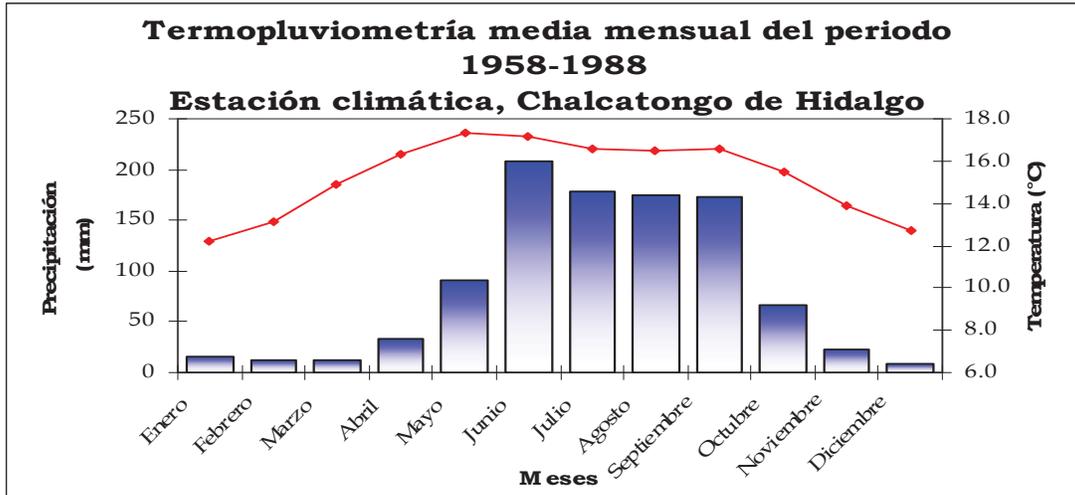
Con respecto a la distribución de lluvia dentro del periodo de 30 años, resaltan a primera vista la cantidad de lluvia registrada para el año 1958, con 1590 mm, los datos de la gráfica indican un máximo muy elevado que resalta de todos las demás; pero también se presenta una mínima en 1982 con 600 mm, es muy raro este valor también siendo que un año antes se presenta un valor alto de 1349.1 milímetros.

La gráfica muestra que en un periodo de 30 años, se presentan cuatro subperiodos en los cuales el comportamiento de la precipitación tiene tres años con mínimas muy raras que sobresalen de los datos contiguos; el primer subperiodo los cuales abarca de 1958 a 1962, muestra una mínima en el año de 1962 con 730.2 mm y una máxima en 1958, al inicio del periodo, con 1590.6 mm. El segundo de 1963 a 1973, presenta mayor estabilidad ya que el valor mínimo es 852.4 mm en 1962 y el valor máximo se presentó en 1973 con 1129 mm. El tercer subperiodo de datos registrados de 1974 a 1982, presenta menos estabilidad ya que el valor mínimo es de 600 mm en el año de 1974, y el máximo en 1982 de 1349.1 mm. Y para el cuarto periodo hay más inestabilidad ya que se nota claramente a simple vista máximos y mínimos muy marcados de 1983 a 1988, se presnetan dos valores mínimos en

los extremos, el de 899.1 mm en 1983 y en 1988 de 641.2 y en 1984 drásticamente se eleva a 1117.8 milímetros.

En la siguiente gráfica se observan valores mensuales de la misma estación y podremos ver la variación de estos elementos con mayor claridad.

Gráfica 2.6

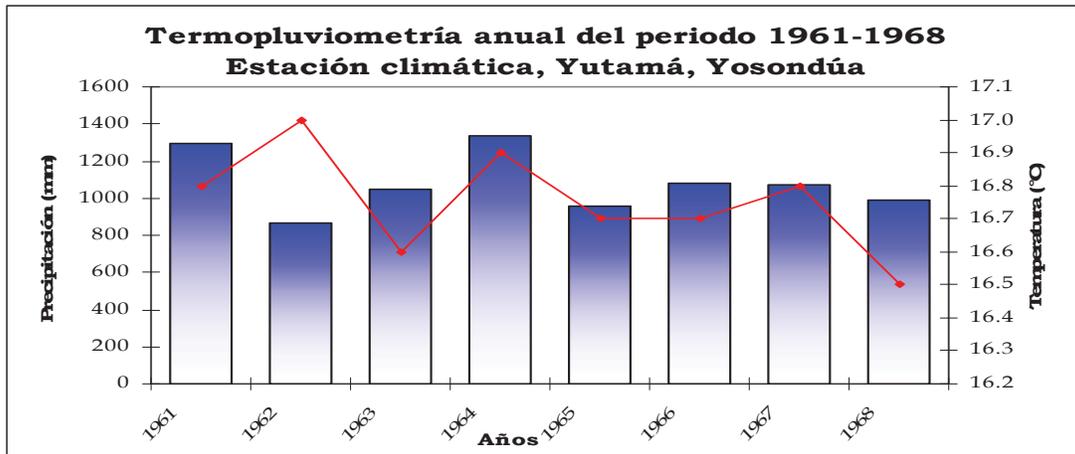


Se observa que la temperatura media mensual del periodo, antes mencionado presenta un comportamiento estable y con pocas variaciones en el aumento de temperatura. En marzo y abril comienza a elevarse la temperatura con respecto al mes de febrero hasta llegar a una máxima de 17.3 °C para el mes de mayo vuelve a descender la temperatura en junio y en los siguientes meses consecutivos hasta septiembre se mantiene estable y disminuye para octubre. La temperatura media mensual mínima se presenta en el mes de enero con 12.2 °C.

Con respecto a la distribución de la precipitación media mensual del periodo 1958-1988, se observan la variación que existe entre unos meses y otros por ejemplo; en enero, febrero, marzo y abril el volumen de precipitación principalmente es bajo con tendencia a aumentar conforme llega el verano, que es el régimen de lluvia que se presenta en la cuenca. En mayo, junio, julio, agosto y septiembre se presentan los mayores volúmenes de lluvia, principalmente en el mes de junio con un 208.5 mm. Y para octubre, noviembre y diciembre vuelve a bajar la precipitación media mensual en el cual presenta la mínima cantidad de lluvia en diciembre con 8.4 milímetros.

Estación climática: Yutamá, Yosondúa
Ubicación: Centro-Suroeste, altitud: 1900 m.s.n.m.
Temperatura media anual: 16.7 °C. Precipitación total anual: 1080.6 mm.

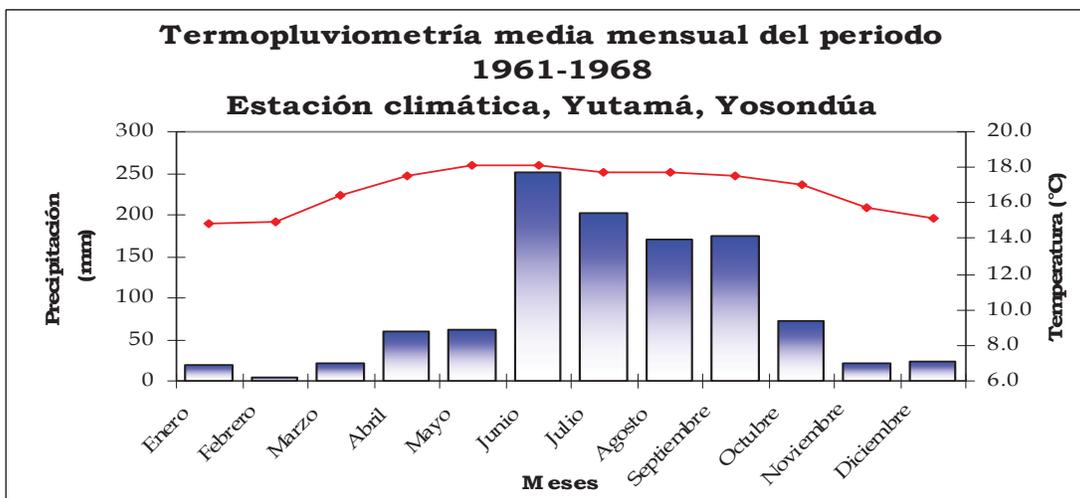
Gráfica 2.7



Las generalidades de la gráfica hacen notar que en el periodo corto de tan sólo 8 años que va de 1961-1968, la temperatura media anual presenta un máximo que es de 17.0 °C, esto se presenta en 1962 y un mínimo de 16.5 °C, para el año 1968. Se observan claramente dos subperiodos, el primero, de 1961 a 1964 con un mínimo de 16.6 °C en el año de 1963 y un máximo de 17.0 °C en 1962. El segundo subperiodo; que va de 1965 a 1968, el cual tiene su mínimo en el año de 1968 con 16.5 °C y su máxima con 16.8 °C en 1967, el comportamiento es aumento de temperatura constante en 1966 y 1967 de 16.7 °C.

La lluvia se comporta inestable dentro de este corto periodo resaltan a primera vista la cantidad de lluvia registrada para el año 1964, con 1334.9 mm, este máximo muy elevado que resalta de todos las demás; pero también se presenta una mínima en 1962 con 869.9 milímetros.

Gráfica 2.8



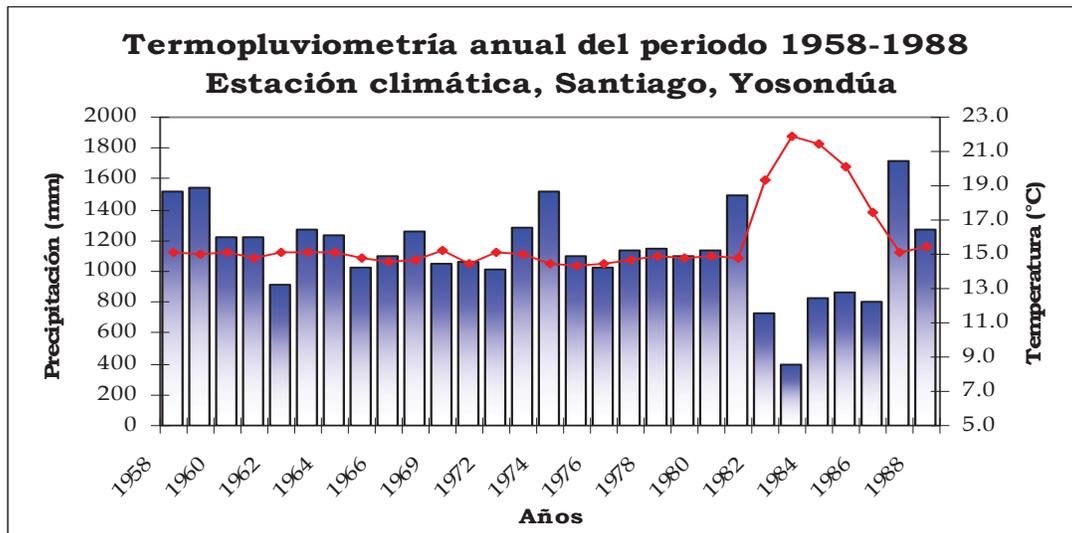
En la gráfica mensual se ve nuevamente que la temperatura media mensual del periodo antes mencionado presenta un comportamiento estable y con pocas variaciones en el aumento de temperatura. En marzo y abril comienza a elevarse la temperatura con

respecto al mes de febrero hasta llegar a dos máximas de 18.1 °C para los meses de mayo y junio, y vuelve a descender la temperatura en julio, y en los siguientes meses consecutivos hasta septiembre se mantiene estable y disminuye para octubre. La temperatura media mensual mínima se presenta en el mes de enero con 14.8 °C.

Con respecto a la distribución de la precipitación media mensual del periodo 1961-1968 se tiene que la variación que existe entre unos meses y otros por ejemplo; en enero como es de esperarse se mantienen bajas las precipitaciones; pero para febrero se registra el valor más bajo de todo el periodo de 4.5 mm. Sube un poco en marzo con respecto a febrero, y en abril el volumen de precipitación aumenta; pero para el régimen de lluvias normalmente se mantiene bajo para esas fechas con tendencia a aumentar conforme llega el verano, que es el régimen de lluvia que se presenta en la cuenca. En mayo, junio, julio, agosto y septiembre se presentan los mayores volúmenes de lluvia, principalmente en el mes de junio con un 251.8 mm. Y para octubre, noviembre y diciembre vuelve a bajar la precipitación media mensual.

Estación climática: Santiago, Yosondúa
Ubicación: Centro-Sureste. Altitud: 2000 m.s.n.m.
Temperatura media anual: 16.3 °C. Precipitación total anual: 1098.9 mm.

Gráfica 2.9



En la presente gráfica se nota un periodo de 29 años. De 1958-1988, la temperatura media anual presenta un máximo que es de 21.9 °C, esto se presenta en 1983 el valor más elevado del periodo e incluso de las tres estaciones anteriores. Presenta un mínimo de 14.3 °C, para el año 1975, con respecto a los demás valores. Se observan claramente dos subperiodos, el primero, de 1958 a 1981 sosteniendo valores constantes de 14.8 a 15.2 °C, con un mínimo de 14.3 °C en el año de 1975 y un máximo de 15.2 °C en 1969.

El segundo subperiodo que va de 1982 a 1988, el cual tiene su mínimo en el año de 1987 con 15.1 °C y su máxima con 21.9 °C en 1983, el comportamiento es aumento de

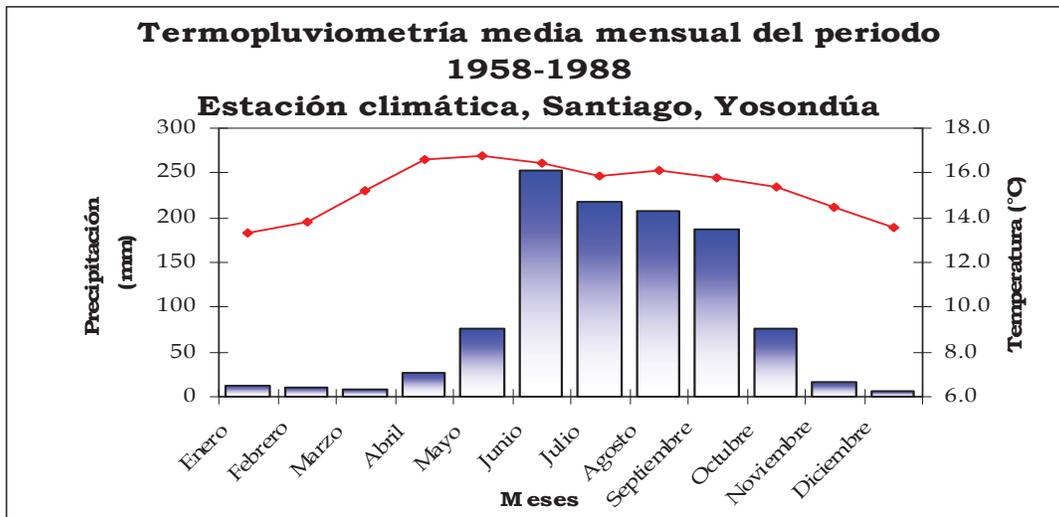
temperatura desde el inicio del subperiodo hasta un máximo muy marcado y el más caluroso para el año antes mencionado.

Con respecto a la distribución de lluvia, resaltan a primera vista la cantidad de lluvia registrada para el año 1987, con 1715.4 mm; los datos de la gráfica indican un máximo muy elevado que resalta de todos los demás; pero también se presenta una mínima en 1983 con 400 milímetros.

Se presentan dos subperiodos en los cuales el comportamiento de la precipitación en el primer subperiodo que va de 1958 a 1981, muestra una mínima en el año de 1962 con 912 mm, y una máxima en 1959, al inicio del periodo, con 1544.8 mm. El segundo con mayor contraste y diferencia entre el valor mínimo y máximo de precipitación en muy pocos años de 1982 a 1988, presenta mayor inestabilidad ya que el valor mínimo 400 mm, en 1983 y el valor máximo se presentó en 1987 con 1715.4. Este valor ni siquiera coincide con el valor más bajo de temperatura, como en el caso que se presenta un valor bajo de precipitación en el cual la temperatura es elevadísima; pero corresponden al mismo año. Aunque, mi duda queda resuelta, ya que en el mapa se me hacía muy raro encontrar valores de 1500 mm, a una altura de 1500 a 2000 m.s.n.m. y en las partes altas valores menores.

En la siguiente gráfica distinguen valores mensuales de la misma estación y podremos ver la variación de estos elementos con mayor claridad.

Gráfica 2.10



Se observa que la temperatura media mensual del periodo antes mencionado presenta un comportamiento estable y con pocas variaciones en el aumento de temperatura. En marzo y abril comienza a elevarse la temperatura con respecto al mes de febrero hasta llegar a una máxima de 16.8 °C para el mes de mayo y vuelve a descender la temperatura en junio y los siguientes meses hasta septiembre se mantiene estable, y disminuye para noviembre. La temperatura media mensual mínima se presenta en el mes de enero con 13.3 °C.

Con respecto a la distribución de la precipitación media mensual del periodo 1958-1988, en ella se observan la variación que existe entre unos meses y otros por ejemplo; en enero, febrero, marzo y abril el volumen de precipitación principalmente es bajo con tendencia a aumentar conforme llega el verano, que es el régimen de lluvia que se presenta en la cuenca. En mayo, junio, julio, agosto y septiembre se presentan los mayores volúmenes de lluvia, principalmente en el mes de junio con un 252.3 mm. Para octubre, noviembre y diciembre vuelve a bajar la precipitación media mensual en el cual presenta la mínima cantidad de lluvia en diciembre con 5.9 milímetros.

La distribución espacial de lluvia en la cuenca tienen los valores de lluvia promedio de: 1000 mm a 1500 mm. (Mapa 2.8 Coeficiente de escurrimiento superficial de la precipitación anual).

2.2.2 Evaporación

El proceso por el cual el agua se convierte en vapor, se llama evaporación. Las moléculas de agua con suficiente energía cinética para vencer las fuerzas de atracción que tienden a retenerlas dentro de la masa acuosa son proyectadas a través de la superficie del agua. Como la energía cinética aumenta y la tensión superficial disminuye, al elevarse la temperatura, la velocidad de evaporación aumenta. La mayor parte del vapor atmosférico procede de la evaporación de superficies acuosas.

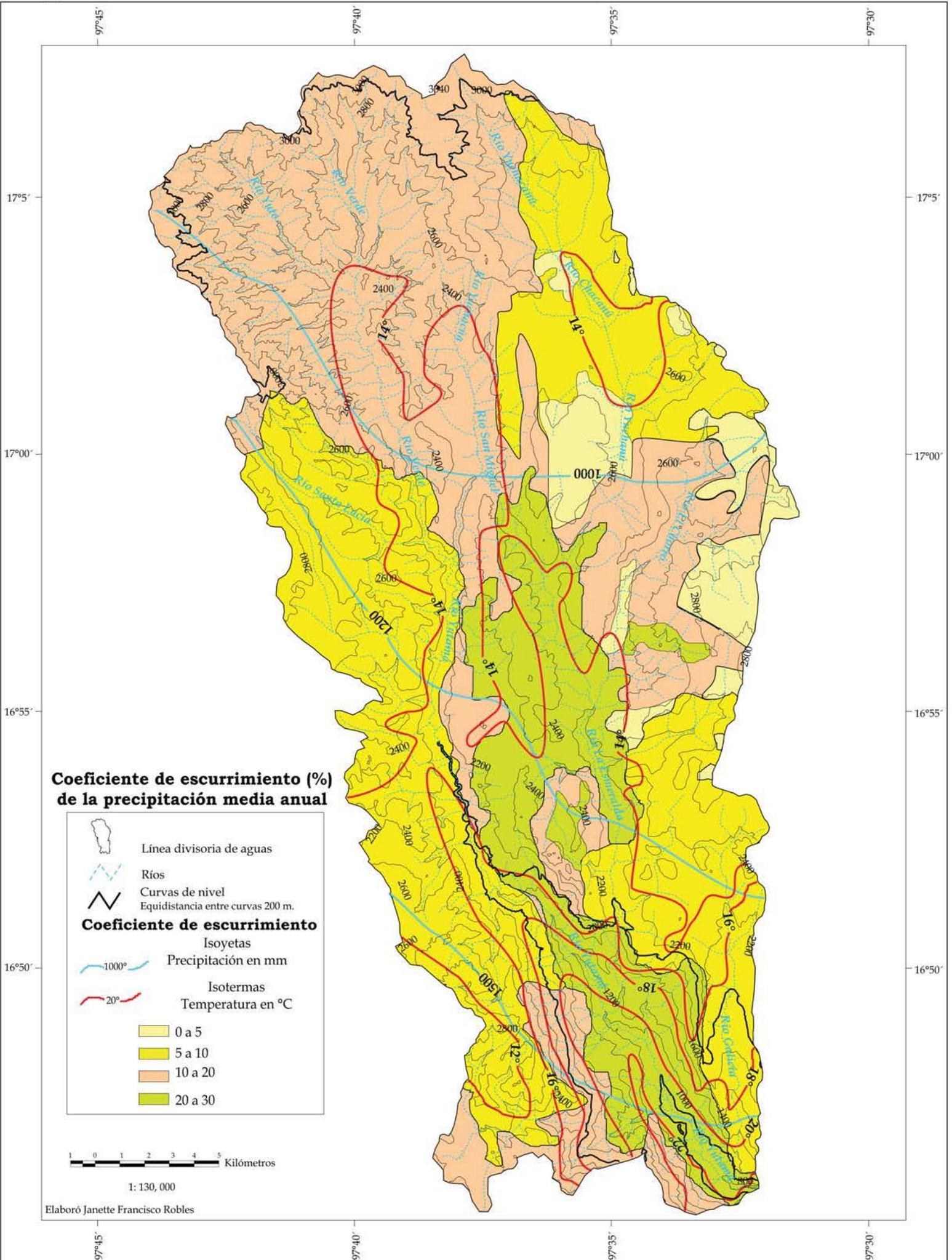
La evaporación por unidad de superficies libres varía según ciertos factores meteorológicos, así como por la naturaleza de la superficie de evaporación.

Factores que rigen la evaporación

La interacción de los factores meteorológicos tales como, déficit de saturación de la atmósfera, radiación solar, temperatura del aire, velocidad de turbulencia del viento y presión atmosférica, es denominada comúnmente poder evaporante de la atmósfera y su existencia es condición indispensable para que se logre el proceso de evaporación, principalmente en superficies libres de agua.

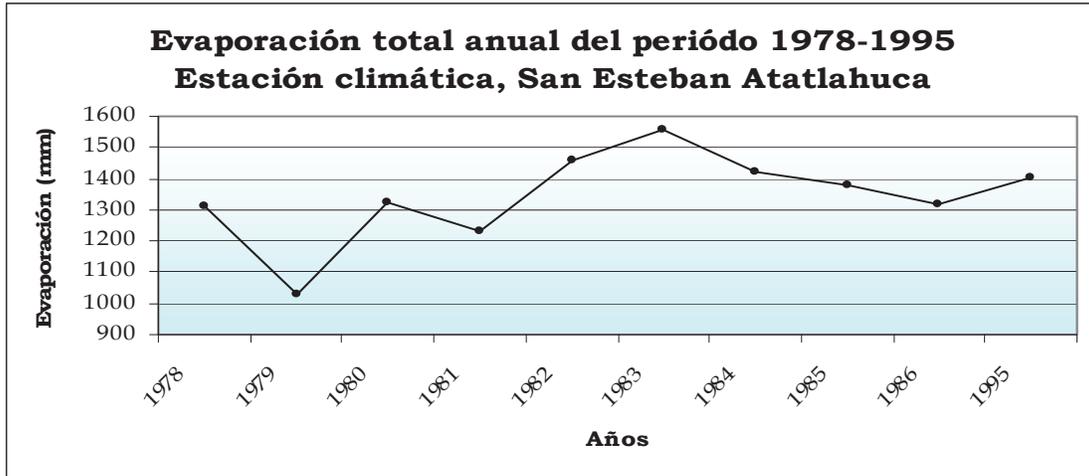
La naturaleza de la superficie evaporante es otra condición indispensable. Es evidente que no puede ser igual el proceso de evaporación en una masa de agua libre, que en una masa de suelo desnudo, fundamentalmente por que características como, calor específico y conductividad térmica entre otras, son muy diferentes. Existen cuatro tipos de superficie de evaporación: masas de agua libre, superficie de nieve o hielo, suelo desnudo y cubierta vegetal.

El método utilizado para la cuantificación de la evaporación en un periodo de tiempo determinado en el caso de la cuenca en estudio es: a partir de evaporímetros. El más usado, es el que consta de un tanque cilíndrico, donde se deposita el agua a evaporar, un cilindro de reposo, de bronce, sobre una placa triangular y un tornillo milimétrico. Por lo general al lado del evaporímetro siguiendo normas técnicas, se coloca un anemómetro para medir la velocidad del viento a esa altura. Los datos registrados fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, Región Pacífico Sur. (Anexo 2.4)



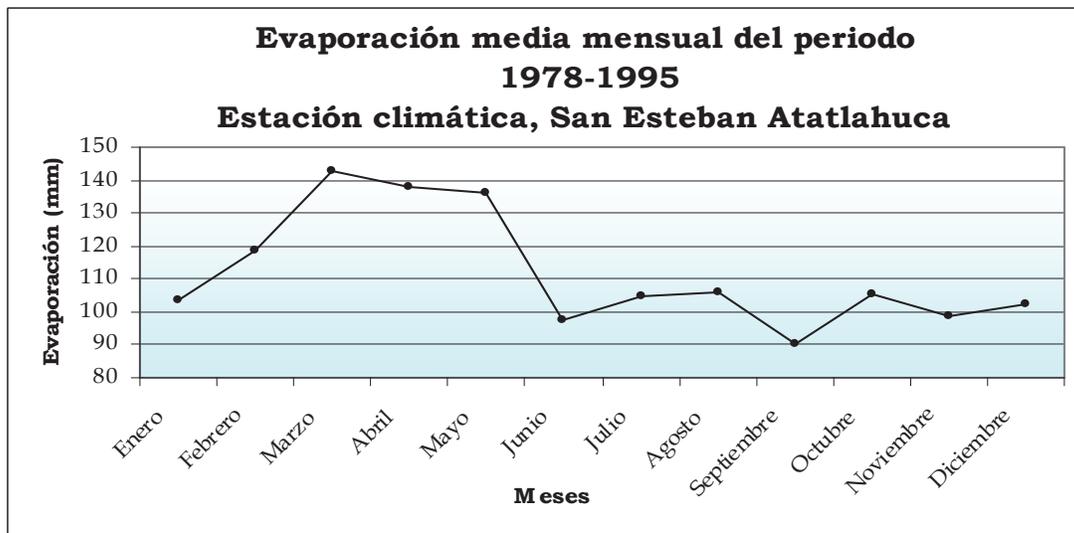
La evaporación desde la superficie del suelo en las cuencas rurales, los volúmenes de agua (lagos, embalses, cauces, etc.) no abarcan, en general, más que una pequeña porción de la superficie total, excepto en las zonas en extremadamente húmedas o pantanosas. Debido a esto último, la evaporación desde el suelo y la transpiración de las plantas, son los sumandos más importantes de la evapotranspiración de una cuenca.

Gráfica 2.11



En la gráfica podemos observar que el periodo de datos registrados es de 1978 a 1995, se caracteriza por tener una regularidad en la distribución temporal de esta variable, sin cambios tan bruscos de valores. Se presenta una mínima para 1979 de 1028.4 mm y una máxima para el año de 1983 con 1554.4 mm. La evaporación para este periodo y en especial para esta estación oscila entre los 1300 a 1500 milímetros.

Gráfica 2.12



El comportamiento de la evaporación está íntimamente relacionado con el patrón de temperatura y precipitación a lo largo de todo el año del periodo 1978-1995. De manera

Capítulo 3 Problemática del uso y conservación del agua en la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Por ser el agua un elemento esencial para la vida y un factor clave para el desarrollo económico en general, su manejo y preservación se considera prioritaria y por ello se aplica como acciones estratégicas la conservación y restauración del agua, el bosque y el suelo pues son patrimonio de la nación, por tanto, base esencial de la seguridad nacional.

En la cuenca, la disponibilidad de agua no sólo varía espacialmente sino también temporalmente, ya que el 90 % de la descarga pluvial tiene lugar durante seis meses que dura la estación de lluvias, la cual, ha presentado variaciones en los últimos años. Adicionalmente la tala inmoderada de bosques, la eliminación de la cobertura vegetal, que están limitando aún más sus efectos reguladores e incrementando las crecidas o reduciendo el estiaje pues se disminuye la infiltración.

El problema de la disponibilidad de agua adquiere también una connotación social, ya que existen problemas de desigualdad en el acceso al recurso, como se advierte en los asentamientos de zonas rurales marginales en donde no hay infraestructura para la distribución del agua. Continuamente, se escucha hablar de la cada vez más evidente escasez y falta del vital líquido, incluso ha llegado a ser fuente de conflictos en municipios cercanos a la cuenca por competitividad de fuentes y usos, disponibilidad, regularidad, así como por tiempos de servicio y costos del agua, entre otros.

La contaminación que afecta a los ríos, disminuye la disponibilidad de agua; esto es un problema que revela el doble papel, del vital líquido, como insumo para la población, la producción agrícola como vehículo para la evacuación de los desechos de todos los procesos por los que pasa.

Aunado a toda esa problemática, existe escasa o nula información sobre hidrología superficial y datos concernientes a éste. Además se carece de información documental de los escurrimientos de este sistema, por lo que se debe dar más rapidez a la realización de estudios completos de la región y en las cuencas aledañas para dar a conocer la problemática que se presenta.

3.1 Demanda actual y potencial de agua

La demanda de agua es la cantidad necesaria que se requiere para una actividad. El consumo es el agua que se gasta realmente en el desarrollo de cualquier actividad, o bien la que se contamina, se degrada, e impide su utilización posterior. (Custodio, 1980).

Con relación al consumo humano, las necesidades mínimas de cada individuo podrían ser del orden de uno 15 litros por cada día. Si el hombre realiza el lavado de su persona, de sus bienes y espacio. Las necesidades pueden alcanzar hasta 40 litros por cada día. Volumen que coincide de hecho con los consumos registrados en las zonas rurales pobres y tradicionales. A partir de estas cifras mínimas, los módulos de consumo crecen no solamente con el nivel de vida, sino también con la tasa de concentración urbana. (Rosas, 1996, p.30).

Para la cuenca del Yutamá, las necesidades del consumo de agua son de 100 litros por día y por persona aunque éstos no se bañan diariamente, pero estas necesidades se reparten entre otras actividades del hogar, e incluso para darles de beber a sus pocas cabezas de ganado que tienen, éstas llegan a consumir de 80 a 100 litros de agua por día, la mayoría de las viviendas no cuenta con baño de inodoro, sólo con letrina. Las que si tienen cuarto de baño con inodoro, también cuentan con otros servicios como luz eléctrica, aparatos electrodoméstico y con servicio de televisión vía satélite. Anteriormente el agua que se consumía en las viviendas era; si contaban con un pozo la extraían directamente y sino la obtenían del río con algunas cubetas, ahora toda la extraen del río por medio de bombeo que la traslada a un depósito y de ahí se distribuye por gravedad a las casas. El uso del agua de los pozos es mínimo ya que casi no hay pozos en la región.

Con el fin de conocer la cantidad de agua que es necesaria para los habitantes de la cuenca y las necesidades futuras de la población que habrá en los próximos diez años, se realizaron cálculos para conocer en primer lugar la tasa de crecimiento, la prospección para el año 2010 y su disponibilidad de agua. Se escogió un periodo de 10 años ya que la población del 2000 y de 1990 esta con un lapso de separación de 10 años y así se obtendrán mejores resultados que si se hubieran escogido de cada cinco o cada veinte años.

Primero se necesitó conocer la población existente en la zona en estudio, se localizaron con ayuda de la carta topográfica todas las localidades correspondientes a la cuenca, después con los censos de 1990 y 2000, se obtuvo la población de cada una de ellas y se realizó la tasa de crecimiento y por último la prospección para el año 2010.

3.1.1 Demanda actual y futura de agua

La demanda actual se elaboró con los datos población del 2000 y la demanda futura del agua se determinó por medio del cálculo de la prospección de crecimiento de la población, para el año 2010.

Demanda actual

Tomando en cuenta que la población requiera exagerando 100 litros de agua diaria se tiene que:

La población 2000 = 23,304
(23,304 hab.) (100 litros que se consumen por persona) = 2'330,400 litros diarios dentro de la cuenca;

y en metros cúbicos;

$$\frac{2330400}{1000} = 2330.4m^3 \text{ diarios o}$$

(2330.4) (365 días) = 2'850,596 m³ anuales

Y su disponibilidad actual es de:

Si la cantidad de población es de 23 304 habitantes

Y 96.615 10⁶ m³ de agua de escurrimiento (R)

(96.615) (1000000) = 96'615,000 metros cúbicos

$$\frac{96615000}{23304} = 4,145m^3$$

$$(4,145) (1000) = 4'145,000 \text{ litros/hab/año}$$

$$\frac{4145000}{365} = 11,356 \text{ litros/hab/día}$$

En el anuario estadístico, 2003 del estado de Oaxaca, se encontró que en los municipios se extrae la mayor cantidad de agua en metros cúbicos de 46 manantiales, fuentes de abastecimiento localizados en la cuenca, de los cuales se extraen $2\,250\,m^3$ al día por la calidad y pureza. Se registran como otras fuente de abastecimiento 5 pozos de los cuales se extraen $117\,m^3$ y de una corriente superficial de la cual se extrae $23\,m^3$ y es sobre todo para usos agricultura de riego en toda la cuenca. (Ver foto 3.1)

Foto 3.1



Lugar: El Pozo Redondo o La Miniña'a, comunidad de la Ciénega, Municipio: Chalcatongo de Hidalgo. Long. 97°34'30" Lat. 16°59'32" Alt. 2419 m.s.n.m. So observan claramente los campos de cultivo y el pozo de donde extraen el agua para sus principales actividades.

La cuenca satisface las necesidades de la población con el agua que brota de los manantiales, el agua de escurrimiento es escasa si los comparamos con los volúmenes de agua que se infiltran anualmente.

Y del agua infiltrada se tiene una disponibilidad total en la cuenca de $187\,421\,10^6\,m^3$.

Para obtener los cálculos para el año 2010 se necesito primero realizar la tasa de crecimiento para que de ese resultado se estime la población que existirá en el año que se requiera estudiar.

Para obtener la tasa de crecimiento se empleo la siguiente fórmula:

$$Tc = \left(\sqrt[n]{\frac{Pf}{Pi}} - 1 \right) \times 100$$

En donde:

Tc = Tasa de crecimiento

n = Número de años = 10 años

Pf = Población final 2000 = 7,512

Pi = Población inicial 1990 = 9,247

Sustituyendo:

$$Tc = \left(\sqrt[10]{\frac{23304}{23090}} - 1 \right) \times 100$$

$$Tc = \left(\sqrt[10]{1.010827198} - 1 \right) \times 100$$

$$Tc = (1.004623353 - 1) \times 100$$

$$Tc = 4.62335301 \times 100$$

$$Tc = 0.4$$

Lo que indica que la población de la cuenca del río Yutamá, tiene una tasa de crecimiento muy bajo, ya que se demostró que para el 2010 la población de toda la cuenca será mucho más baja que en la actualidad.

Para la prospección de la población se empleó la fórmula que a continuación se describe:

$$Población.N = Pf \left(\frac{Tc}{100} + 1 \right)^n$$

En donde:

N = Años de estimación

Pf = Población final

Tc = Tasa de crecimiento

n = Años que se desea proyectar la población

$$Pob.2010 = 2000 \left(\frac{0.4}{100} + 1 \right)^{10}$$

$$Pob.2010 = 23304 \left(\frac{0.4}{100} + 1 \right)^{10} = 23304(1.004)^{10}$$

$$Pob.2010 = 23304 \times 1.136262856 = 21596$$

$$Pob.2010 = 21596 hab$$

Para el año 2010 se calcula que existirá una población total en la cuenca de 621,596 habitantes, lo cual muestra una disminución contundente.

Demanda futura de agua

De la misma manera que para el año 2000, se emplearan los cálculos para conocer el agua que requiere la población y la disponibilidad con la que contarán para ese año.

(21,596 hab.) (100 litros, supóngase que se sigan consumiendo los mismos litros que en el año 2000) = 2'159,600 litros diarios, esto es:

$$\frac{2159600}{1000} = 2159.6m^3 \text{ diarios o}$$

$$(2159.6 m^3) (365 \text{ días}) = 788\,254 m^3 \text{ anuales}$$

Aunque la población tiende a disminuir es alta la demanda de agua en la cuenca por los habitantes que realizan actividades agropecuarias y domésticas. Internamente para este decenio la demanda será menor en las localidades pequeñas y en las localidades urbanas y en las cabeceras municipales, mayor, ya que es esta donde se mantiene la tendencia al crecimiento poblacional.

Esto significa que los habitantes de la cuenca contarán con mayor disponibilidad de agua conforme la población siga disminuyendo, y tome el preciado líquido de los manantiales y de escurrimiento superficial de los cauces de los ríos y no de los pozos, como ha ocurrido en los últimos años.

Se realizó el siguiente cálculo tomando en cuenta el volumen de escurrimiento actual, para así conocer la disponibilidad, con estos parámetros.

La población 2010 = 21 596 habitantes

$$\text{Volumen de escurrimiento anual en millones de metros cúbicos} = 96\,615 \times 10^6 m^3$$

$$(96,615) (1000000) = 9'661,500 \text{ metros cúbicos}$$

$$\frac{9661500}{21596} = 447.374m^3$$

$$(447374) (1000) = 44'737,400 \text{ litros/hab/año}$$

$$44\,737\,400 \div 365 \text{ días} = 122,568 \text{ litros/hab/día}$$

Estos resultados nos dan una idea, que para el año 2010 existirá agua suficiente para abastecer a la población que se encuentre establecida dentro de la cuenca y aguas abajo. Lo cual significa que las necesidades y demandas de la población para el decenio 2000 y 2010 estarán completamente satisfechas, sólo en caso de que la población siga disminuyendo, de lo contrario podría llegar a no ser suficiente el abasto de agua en la región si se revirtiera el decrecimiento.

El volumen de extracción de agua de la cuenca es muy bajo comparado con el bajo volumen de agua que escurre y se infiltra, según datos del balance hídrico; esto indica que la cuenca en general se encuentra en condiciones de abastecer por un largo periodo de tiempo a la población que en ella habita y a las demás poblaciones cercanas que se encuentren aguas abajo.

Por lo que el balance hídrico señala que en la cuenca de estudio la disponibilidad del recurso agua es de $96.615 \times 10^6 m^3$ anuales de agua de escurrimiento, y de $187\,421 \times 10^6 m^3$, y la que demanda la población para el 2000 es de $2'850,596 m^3$ anuales; y así mismo, para el año 2010 se estimó una demanda futura de $788\,254 m^3$ anuales, lo que indica que el área está en condiciones de abastecer de agua por un tiempo considerable a la población que la habita.

Los agricultores de la zona tratan de aprovechar el agua y conservarla, ellos se encuentran organizados por medio del tequio y comités de riego, estos construyen obras hidráulicas que consisten en pequeños diques o cortinas derivadoras para conducir el agua al canal de riego y que los cultivos que se encuentran cercanos al río.

Las viviendas no dejan de relacionarse con los requerimientos de agua, sobre todo las que tiene servicios sanitarios y toma doméstica. No faltan las que cuentan con lavadora y calentador de agua, y que requieren drenaje o lo tienen. Estas naturalmente cuentan con electricidad o combustible para iluminar sus ambientes y cocinar.

También en los anexos 3.1, se incluyen tablas sobre aspectos del medio ambiente, a través del cual se da una aproximación al conocimiento del estado que guardan algunos de los recursos naturales en los municipios de la cuenca. Estos aspectos ambientales fundamentales están relacionados con la población y vivienda: en el rubro de disponibilidad de agua, se pueden cuantificar aspectos sobre regularidad del servicio, y también sobre algunos usos (servicio sanitario, conexión de agua y eliminación de aguas negras).

Tabla 3.1 Descripción de los Mnemónicos contenidos en las tablas de los anexos 3.1

Categoría o indicador	Descripción	Mnemónico
Clave de Entidad Federativa	Unidad geográfica mayor de la división político administrativa del país.	ENT
Nombre de la Entidad	Nombre de la entidad.	NOMENT
Clave del Municipio	División territorial político administrativo de una entidad federativa.	MUN
Nombre del Municipio	Nombre del Municipio.	NOMMUN
Clave de Localidad	Todo lugar ocupado por una o más viviendas habitadas.	LOC
Nombre de Localidad	Es dado por la Ley o la costumbre.	NOMLOC
Relación de indicadores		
Vivienda		
Total de viviendas habitadas	Viviendas particulares y colectivas. También incluye a las viviendas sin información de ocupantes a los refugios.	TOTVIVHAB
Combustible para cocinar		
Viviendas particulares habitadas que usan gas para cocinar	Viviendas particulares habitadas que utilizan gas para cocinar. Excluyen a las viviendas particulares sin información de ocupantes y a los refugios.	VP_COCGAS
Viviendas particulares habitadas que usan leña para cocinar	Viviendas particulares habitadas que utilizan leña para cocinar. Excluyen a las viviendas particulares sin información de ocupantes y a los refugios.	VP_COCLLEN
Viviendas particulares habitadas que usan carbón para cocinar	Viviendas particulares habitadas que utilizan carbón para cocinar. Excluyen a las viviendas particulares sin información de ocupantes y a los refugios.	VP_COCAR
Viviendas particulares habitadas que usan petróleo para cocinar	Viviendas particulares habitadas que utilizan petróleo para cocinar. Excluyen a las viviendas particulares sin información de ocupantes y a los refugios.	VP_COCPET

Categoría o indicador	Descripción	Mnemónico
Servicios: sanitario, agua entubada, drenaje, y energía eléctrica		
Viviendas particulares habitadas que disponen de servicio sanitario exclusivo	Viviendas particulares que disponen de servicio sanitario exclusivo. Excluyen a las viviendas particulares sin información de ocupantes y a los refugios.	VP_SERSAN
Viviendas particulares habitadas que sólo disponen de drenaje y agua entubada	Viviendas particulares que disponen de drenaje conectado a la red pública, fosa séptica, barranca o grieta, río, lago o mar y que también disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda. Excluyen a las viviendas particulares sin información de ocupantes y a los refugios.	VP_DREAGU
Viviendas particulares habitadas que sólo disponen de drenaje, agua entubada y energía eléctrica	Viviendas particulares que disponen de drenaje conectado a la red pública, fosa séptica, barranca o grieta, río, lago o mar, disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda y que también disponen de energía eléctrica. Excluyen a las viviendas particulares sin información de ocupantes y a los refugios.	VP_AGDREL
Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje, agua entubada, ni energía eléctrica	Viviendas particulares que no disponen de drenaje, agua entubada ni energía eléctrica. Excluyen a las viviendas particulares sin información de ocupantes y a los refugios.	VP_NOADEE
Bienes electrodomésticos		
Viviendas particulares habitadas que disponen de lavadora	Viviendas particulares que disponen de lavadora. Excluyen a las viviendas particulares sin información de ocupantes y a los refugios	VP_LAVAD
Viviendas particulares habitadas que disponen de calentadores de agua (boiler)	Viviendas particulares que disponen de calentador de agua (boiler). Excluyen a las viviendas particulares sin información de ocupantes y a los refugios	VP_BOILER

3.2 Suministro y abastecimiento de agua en la cuenca

Suministro

En la sociedad hay marcadas diferencias en la formas de vivir, que tiene relación con el papel y lugar que ocupan sus miembros dentro de los procesos de producción, distribución y el consumo. Existen personas dentro de una misma sociedad que carecen de los bienes y servicios como el agua entubada, drenaje, sanitarios, energía eléctrica; habitan en viviendas pequeñas y con el piso de tierra, en lugares donde se encuentran incomunicados. Estas personas que no participan de estos bienes y servicios, con ingresos monetarios muy bajos, están al margen del desarrollo nacional o contribuyen en mínima parte con relación al resto de la sociedad.

De acuerdo con los indicadores de servicios con los que cuentan las viviendas de la cuenca, el 10% de ellas, tienen agua entubada y drenaje, el otro 90% no.

El acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en cantidad y calidad, de las familias oaxaqueñas, sobre todo de la región Mixteca y en particular a los habitantes de la cuenca del río Yutamá, es imprescindible garantizarlo, pese a esa fragmentación considerable de municipios a la gran diversidad y dispersión de las pequeñas localidades. Además hay municipios con alta marginalidad que no disponen de agua entubada ni con drenaje y mucho menos donde se manifiesta la ruralidad.

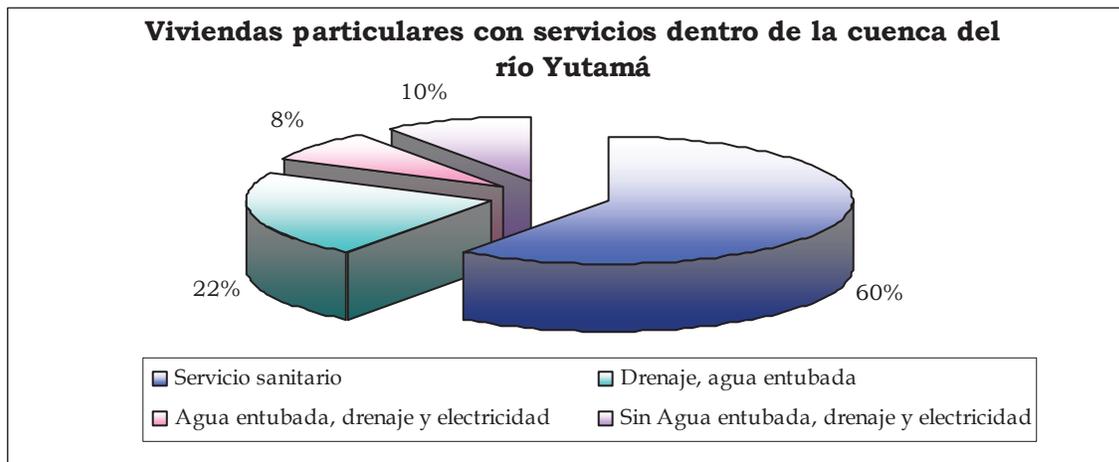
En los municipios que se encuentran fuera de la cuenca, por ejemplo hay uno que otro sistema de agua potable pero no operan por falta de mantenimiento y / o rehabilitación.

A continuación se muestra una gráfica con los datos de cuatro indicadores que se contemplan como un bien necesario en una vivienda.

De las 6 637 viviendas que hay en toda la cuenca 1991. 1 460 viviendas cuentan con servicio de agua entubada y drenaje, 530 más cuentan con energía eléctrica. 3 982 tiene servicio de sanitario, que puede ser letrina, fosa séptica o retrete con agua entubada, y 663 que no dispone de ningún servicio.

Como se mencionaba anteriormente el servicio sólo es para algunas viviendas, principalmente las que se encuentran en las cabeceras municipales y la mayoría que se encuentran en las comunidades dispersas cuentan con dos o ninguno por que es imposible llevar alguno de estos servicios.

Gráfica 3.1



Fuente: Indicadores del ITER-2000. INEGI. (Oaxaca)

De los servicios que presenta la gráfica como se puede observar el 60 % de las viviendas que se encuentran habitadas en la cuenca cuentan con servicio sanitario, de los cuales sólo el 22% tiene agua entubada y drenaje, ya sea, conectado a la fosa séptica, barranca, grieta o río.

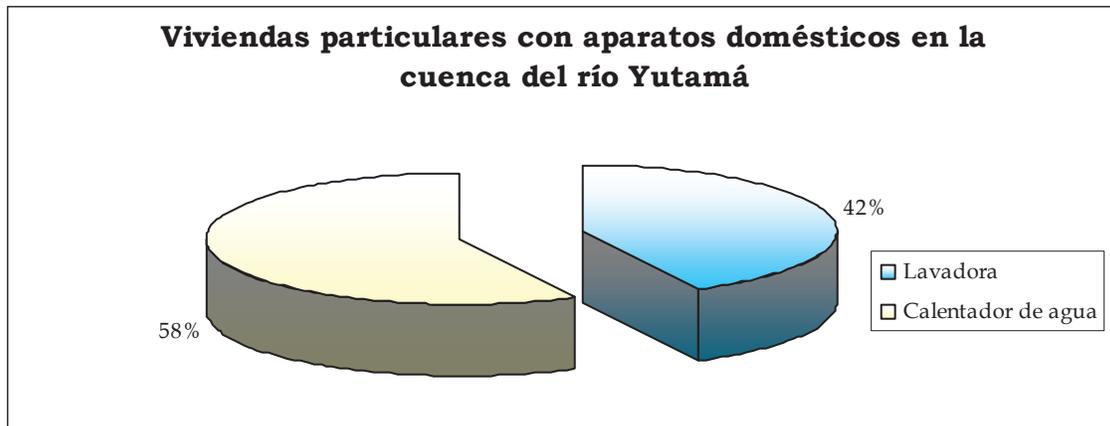
Hay otros casos donde sólo el 10% de las viviendas de toda la cuenca que cuentan con drenaje, agua entubada y electricidad. (Ver foto 3.2)

Foto 3.2

Lugar: Municipio, Santiago Yosondúa. Long.97°34'35" Lat.16°52'20" Alt.2200 m.s.n.m. Nótese la tubería de agua potable que sirve para abastecer las necesidades de los habitantes de la región.

Un 8 % de las viviendas no cuentan con agua entubada, drenaje ni con electricidad. Estas no pueden abastecerse de agua de los escurrimientos superficiales por medio de bombas eléctricas y el único medio de abastecimiento es por mangueras y la fuerza de gravedad. Dicho líquido lo almacenan en depósitos cercanos a las viviendas que están en las localidades.

El uso del calentador de agua y de lavadora, también es un indicador, de que el suministro del agua en las cabeceras municipales es bueno, lo que se comprobó con el trabajo de campo realizado (Anexo 3.1). También lo es el que cuentan con bombas eléctricas para llenar los tinacos que se encuentran en las azoteas o en lugares altos donde se hace llegar el agua a los calentadores y de ahí a sus regaderas o cocinas. Lo trascendente del uso de dicho elementos hizo que los tomara como indicadores, pues además muestran el contraste que se encuentra en la cuenca.

Gráfica 3.2

Fuente: Indicadores del ITER-2000. INEGI. (Oaxaca)

La gráfica anterior muestra los indicadores de bienes electrodomésticos en viviendas particulares habitadas; el uso de calentador de agua con el que cuentan el 58 % de las viviendas y el 42 % que utilizan lavadora eléctrica obviamente las casas que cuentan con los servicios de agua entubada, drenaje, y algunas otras que cuentan con energía eléctrica.

El problema principal en este apartado es que la baja cobertura de agua potable o entubada en comunidades rurales, como en este caso es originado por la dispersión entre viviendas conocida como dispersión municipal y en consecuencia la pulverización poblacional, que comprende localidades situadas en lugares sin acceso, sin fuentes de abastecimiento de difícil localización, incosteable inversión y dispersión; lo que impacta con evidentes consecuencias; la baja calidad de vida, insalubridad, contaminación del medio ambiente y malestar de la población rural.

En cuanto al alcantarillado y saneamiento en el medio rural el problema crece cada vez más, como ya se mencionaba, por la dispersión de la población y el aislamiento de las localidades, ya que esto incrementa las desigualdades, hace más notoria la baja calidad de vida y se incrementan los problemas de salud, además de que se ocasiona daños al medio ambiente.

En los rubros de agua potable, alcantarillado y saneamiento se requiere de estudios y análisis químicos y biológicos, así como de la toxicidad para establecer un panorama claro sobre la degradación de los medios acuáticos, mismos que deberán realizarse en las zonas donde se detecta más la contaminación por el uso continuo de letrinas y fosas sépticas y tratar de evitar a toda costa el consumo de dichos recursos que causan daño a la salud de los habitantes y tratar de revertir esa contaminación a corto y mediano plazo.

Abastecimiento

En las localidades y en los municipios el abastecimiento de agua actual para las poblaciones se efectúa directamente de los manantiales, de los cuales se extrae un volumen promedio diario de 2 027 m³, de los tres pozos que existen en toda la cuenca se extraen 78 m³, y de los escurrimientos superficiales o ríos 23 m³. Esto funciona así; cerca del manantial o río existen mangueras que conducen el agua a los depósitos que se encuentran en las partes altas de las zonas donde se encuentran dichas localidades o municipios, después es distribuida por gravedad a través de tubos de dos pulgadas o mangueras resistentes principalmente para el uso doméstico, agricultura de riego o de temporal, ésta se almacena en piletas y depósitos de agua. A las personas se les cobra por el consumo de este líquido en los municipios y en las cabeceras distritales.

El volumen de extracción para el uso de agua en la cuenca es de regular a bajo comparado con el volumen de agua que escurre y se infiltra según datos del balance hídrico, esto indica que la cuenca se encuentra en condiciones de abastecer por un buen periodo de tiempo a la población que en ella habita, siempre y cuando se mantenga la calidad del agua y el estado natural de la cuenca y que se deforeste lo menos posible ya que se ha demostrado que el talar los árboles que conforman los bosque en las zonas de recarga de acuíferos puede ser condicionante para la presencia o ausencia de numerosos manantiales; de ser así, la fuente principal de abastecimiento se extermina drásticamente y la disponibilidad de agua será cada vez menor. También se cambiará la calidad y la cantidad por su parte la deforestación alteraría el nivel de los cauces superficiales originando escurrimientos torrenciales, facilitando la erosión y aumentando los materiales de acarreo y alterando como mencione anteriormente la calidad del agua.

El abastecimiento de agua también abarca poblaciones que se encuentren aguas abajo, lamentablemente pasando el punto donde termina o donde inicia el río Sordo, las alteraciones en comparación con la cuenca del río Yutamá, son demasiado notables ya que las condiciones de conservación cambian repentinamente atravesando dicho punto que delimita la cuenca, en donde se encuentra la mayor concentración de la población, y digo lamentablemente por que al haber una mayor demanda de agua y mayor contaminación. Actualmente el agua que se encuentra en la cuenca del río Sordo, está sumamente contaminada ya que muchos ríos más se une a éste y existen alteraciones causadas por la construcción de vías de comunicación y otra serie de factores como descargas del drenaje en el cauce, procedentes de zonas urbano-rurales, deshechos sólidos y líquidos de Industrias, además de zonas con distritos de riego agrícolas importantes.

Un problema más lo constituye la sobre explotación de los mantos freáticos y los altos grados de contaminación que presentan las aguas superficiales y subterráneas, esto influye determinadamente en la disponibilidad del líquido, a ello se suma la existencia de infraestructura obsoleta o inadecuada para abastecer y almacenar agua, así, como la falta de planes que ayuden a mitigar los problemas. La antigüedad de las redes de distribución y de las líneas de conducción genera ineficiencias en la prestación del servicio, la falta de mantenimiento preventivo a las fuentes de captación, equipos electromecánicos y tanques de almacenamiento, lo que conduce a grandes pérdidas del vital líquido, eso sin tomar en cuenta que, en el resto de la cuenca no se cuenta con esta infraestructura, y que la mayoría de las tomas son clandestinas y tienen también fugas, así mismo, que la mayoría de las fuentes de abastecimiento son manantiales, existen además uno que otro pozo y algún río.

El medio rural se caracteriza por la dispersión de las poblaciones y gran cantidad de ellas demanda agua potable. El agua potable es generalmente el reclamo más frecuente en las comunidades rurales y en la cuenca se ha observado la siguiente problemática:

- Fuentes de abastecimiento poco seguras,
- Ausencia de protección en las fuentes de abastecimiento y alto riesgo de contaminación,
- Problemas de calidad bacteriológica o de algún otro elemento,
- Ausencia de desinfección del agua,
- Y en caso extremos la falta del servicio.

3.3 Uso del agua

Cada hora y cada instante, esta combinación notable de hidrógeno y oxígeno nos sirve como indispensable componente de nuestro ecosistema. La utilizamos para lavar todo, desde un camión de varias toneladas hasta el chupón de un bebe, para extinguir fuego y limpiar las calles de la ciudad, para arrastrar los deshechos a los drenajes y para mover las industrias. Es la materia prima para numerosos productos que salen de las fábricas, las aspas de un molino, y para diversos procesos y componentes de productos.

Se usan 116 litros de agua para producir un kilo de azúcar -sin tomar en cuenta la cantidad que se usa para regar la caña-; 250 litros para un kilogramo de clavos; 1660 litros para manufacturar un kilo de rayón; y cuatro litros para una frazada de lana; 1800 litros de agua para un kilo de trigo; 2900 litros se necesitan para refinar un barril de petróleo; 246 000 para construir un automóvil; 1.9 millones para lanzar al espacio un cohete ICBM

(21). Una taza de agua se necesita para hacer una página de cualquier libro. Empleamos los ríos para transportar más de 160 000 millones de toneladas-kilómetro de carga comercial cada año. El agua es el medio indispensable para la práctica de deportes del remo o la vela y pescadores. Tomamos agua en cientos de formas, desde mantequilla hasta carne. La utilizamos para regar, desde un jardín hasta un páramo desértico.

El hombre requiere de agua para sobrevivir. El desarrollo y la utilización de los recursos hidrológicos han cambiado la idiosincrasia y la naturaleza del hombre durante milenios. (Owen, 2000, pág. 141).

Siendo el agua un recurso fundamental para la vida y el desarrollo el presentar la problemática principal del uso de éste, podrá servir como base para establecer mecanismos que permitan hacer uso eficiente y adecuado del mismo.

Primero que nada se hace énfasis una vez más, que esta es una región en la cual hay escasa información acerca de los escurrimientos superficiales.

En materia de disponibilidad de las aguas superficiales, actualmente se encuentra poco limitada, aunque en la revisión de datos del INEGI, se comprueba que el abastecimiento principal es de los manantiales y cuenta con muy pocos pozos; el restante lo obtiene de los escurrimientos superficiales. En caso de que los habitantes de la cuenca tenga que abastecerse en un futuro directamente de agua de los ríos, la problemática sería que se presentaran déficits o escasez de agua para satisfacer las demandas no sólo porque exista bajo nivel de agua en el cauce, sino porque se encuentre contaminada ya que los cauces son usados para descargar las aguas residuales. Este problema actualmente afecta el abastecimiento de agua para uso doméstico.

En cuanto a la disponibilidad de aguas subterráneas, esta se presenta en baja proporción dado el encarecimiento de la extracción por bombeo, degradación de la calidad del agua y conflictos entre usuarios, ya que la cuenca está conformada por 13 municipios. Por todos estos motivos el volumen de extracción de agua en pozos es excesivamente bajo.

El uso que se hace del agua va en aumento en relación con la cantidad de agua disponible. En la cuenca el uso del agua es principalmente para uso doméstico¹⁰ —agua para uso general y sanitario—, y agrícola. Para la gran demanda del agua de uso doméstico, se cuenta con muy pocos sistemas de agua potable, y sólo hay tomas domiciliarias instaladas en las cabeceras municipales, en las cuales el 50% del agua se pierde en fugas. Las comunidades dispersas no cuentan con estos sistemas.

En materia de riego agrícola existe una baja eficiencia del uso del agua, pero se utiliza el 70 % de ella para dicha actividad. El uso del agua para la agricultura es un problema que tiene efectos de carestía, ya que provoca que resulte cara y que de paso exista una carencia de producción, por lo que requiere de una especial atención; pues sus orígenes van desde una pobre organización, hasta el uso limitado de los terrenos con riego, así como de una tecnología arcaica que se aplica a los cultivos, pues existe una subutilización de los suelos

¹⁰ Es la cantidad de agua que se utiliza para satisfacer las actividades de la población, incluyendo usos en viviendas, comercios, instituciones y espacios de recreación.

en los municipios y localidades. La actividad agrícola requiere de una urgente necesidad de modernización en los métodos y sistemas de riego, además de requerir organización y capacitación de la cual carecen la mayor parte de las personas que se dedican a esta actividad, sobretodo por falta de recursos para acceder a las nuevas tecnologías.

El agua que se extrae de los manantiales y de algunos escurrimientos superficiales además de abastecer necesidades domésticas la usan, como ya se mencionaba, para la agricultura en gran parte de la cuenca. Donde se utiliza el mayor volumen de agua para esta actividad es en el municipio de Chalcatongo de Hidalgo, municipio que cuenta con las características geográficas propicias para dicha actividad; pero aún así, se observa que carece de muchísimas cosas para explotar su potencial agrícola y lograr un óptimo desempeño.

Se advierte que la mayor parte de la población en la cuenca no tiene acceso al agua potable.

Un indicador que también se utilizó de manera indirecta en el capítulo anterior para conocer cual es uno de los principales usos del agua fue, el número de la población económicamente activa, la cual, denota que la mayoría de la población ocupada se dedica a las actividades del sector primario, o sea que trabaja en la agricultura.

En la cuenca en estudio, entre los más importantes usos está el de: abastecimiento a centros de población como las cabeceras municipales, para uso domestico y para la agricultura, además de los consumos naturales de agua. Están los de evaporación en la superficie del suelo, ríos; la de transpiración animal y vegetal indispensables para la vida y desarrollo de animales —incluyendo al hombre— de las plantas, son consumos totalmente inevitables e indispensables.

En cuanto al uso del agua para la industria no se tienen registros dentro de la cuenca.

3.4 Contaminación del agua en la cuenca

Se dice que el agua está contaminada cuando no puede utilizarse en determinada función —agrícola, doméstica o industrial— por la presencia en ella de sustancias químicas, materias en suspensión u organismos vivos o muertos y porque presentan una temperatura elevada o alguna forma de radiación.

El grado de contaminación depende del uso y este cambia no sólo en función del tiempo, sino también con el nivel de vida de la población, el avance científico y el acceso a la tecnología.

Un agua natural que se enturbia por un excesivo porcentaje de arcillas en disolución, por ejemplo, se considera contaminada para uso humano, pero no para el riego, y hoy en día a cualquier agua con pequeñísimas cantidades de mercurio, antes indetectables, no es aceptaba bajo ningún concepto, desde el punto de vista sanitario.

Sabido es que en la cuenca se encuentra concentrada la población en las cabeceras municipales y en las localidades o comunidades alejadas. Estas están originando un desequilibrio entre la oferta y la demanda del agua, tanto para las actividades económicas

agrícolas como para el uso doméstico. Por otra parte, las cabeceras municipales no se han podido sustraer a las consecuencias de un desarrollo acelerado, lo que ha propiciado un aumento en la extracción y consumo del agua, y consecuentemente, en una mayor aportación de aguas de desecho, los cuales al incidir en los cuerpos receptores, perjudican sus usos legítimos y disminuyen su calidad y potencial, como fuentes de abastecimiento. En el caso de las localidades dispersas la tierra se cultiva en las laderas de montaña y existe un uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes que contaminan directamente escurrimientos superficiales y a los acuíferos.

Entre las principales causas de contaminación del agua se tienen a las siguientes:

Las descargas de aguas residuales de uso doméstico, las aguas provenientes de los campos agrícolas. Directa o indirectamente las actividades del hombre generan desechos que requieren ser evacuados de una manera rápida y eficiente, lo que obliga a utilizar las corrientes superficiales como vehículos de conducción.

De los hogares emanan desechos que están constituidos principalmente por materiales orgánicos, sólidos insolubles y detergentes. De las actividades que requieren el empleo de agua, están también el uso de los sanitarios, la limpieza en general y la cocción de alimentos.

En lo concerniente a las actividades agropecuarias, los drenes de las aguas de retorno de los campos agrícolas, aportan al ambiente considerables cantidades de insecticidas, plaguicidas y fertilizantes, los que ocasionan un impacto muy negativo tanto sobre el recurso como en los ecosistemas acuáticos.

Los procesos de contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos son claramente identificables en la cuenca: Principalmente en los cauces de los ríos, barrancas y zonas agrícolas. Todas ellas por descargas de aguas residuales de origen doméstico, por aguas contaminadas de uso agrícola y acumulación de desechos sólidos, con efectos de degradación en la calidad del agua, disminución de la disponibilidad real del recurso, que deterioran el medio ambiente por daños a los ecosistemas.

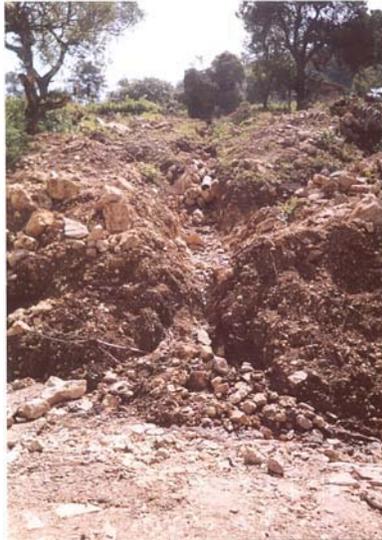
En los registros del anuario estadístico del INEGI, 2002, del estado de Oaxaca, en los municipios correspondientes en la cuenca, la contaminación a cuerpos de agua, no presenta ninguna denuncia considerable. En la cuenca tampoco se lleva a cabo el tratamiento de aguas residuales. Este problema es un hecho en todo el estado y principalmente en la región de la Mixteca; en la cual, son escasas las plantas de tratamiento, y la mayor parte de las que existen, no satisfacen los requerimientos establecidos o bien son obsoletas. Para la cuenca no hay registros de plantas de tratamiento instaladas, y en uso, capacidad instalada y volumen tratado de aguas residuales según región, distrito y municipio 2002, no se encontraron dato para los dos distritos en cuestión, y mucho menos para sus municipios. (Anexos 3.1)

3.4.1 Contaminación municipal y distrital del agua

En las grandes cabeceras municipales, se cuenta con el servicio de abastecimiento de agua potable entubada por medio de bombeo y depósitos que distribuyen el vital líquido a

las viviendas, cuentan con escaso servicio de drenaje, por lo que se vierten las aguas residuales sobre el cauce del río, calles, grietas, barrancas, sin un tratamiento previo.

Foto 3.3



Lugar: Santiago Yosondúa, Long.97°34'35" Lat.16°52'20" Alt.2200 m.s.n.m. Nótese las mangueras y tubería del drenaje que desembocan en esa barranca.

Lógico es que esto propicie la contaminación de escurrimientos superficiales que eventualmente pueden infiltrarse, y en parte purificarse; pero aun así no deja de deteriorar la calidad del agua subterránea, provocando daños en la salud de la población que vive alrededor de los cuerpos receptores contaminados; por otra parte la existencia de las fosas sépticas tanto en los municipios como en las localidades cercanas a los cauces de los ríos contribuyen a esta contaminación. En cuanto al saneamiento es necesario impulsar la construcción de letrinas bien establecidas y evitar el fecalismo al aire libre que genera riesgos a la salud. Los deshechos químicos y otras sustancias orgánicas e inorgánicas, que se descargan por medio del drenaje o entubados clandestinos, regularmente van a dar a diversos cuerpos de agua. Son contaminantes que no se asimilan ocasionando el deterioro de los recursos naturales, con el consecuente exterminio de animales y plantas que afectan la salud y el bienestar y ponen en peligro el futuro de la humanidad.

3.4.2 Contaminación agrícola

Se ha constatado a través del trabajo de campo que en la cuenca del río Yutamá, la mayoría de las actividades agrícolas se llevan a cabo a un costado de la línea del cauce de los ríos que forman dicha cuenca y en las laderas. En lo que concierne a las tierras de cultivo de temporal y de riego, se puede decir que el uso de insecticidas, plaguicidas y la utilización excesiva de fertilizantes y abonos, originan una contaminación peligrosa para las aguas superficiales y principalmente subterráneas, las que provoca un impacto ambiental (de tipo negativo sobre la naturaleza y en este caso con el agua de los ríos y manantiales). El escurrimiento en la cuenca suministra volúmenes de agua que son demandados, en las áreas propuestas para la realización de actividades agrícolas de riego.

El aprovechamiento del agua debe ser el adecuado, para las localidades, municipios y comunidades en desarrollo económico actual como el que se presenta en las cabeceras distritales Tlaxiaco y Putla de Guerrero, o las que con el adquieren el rango particularmente en los usos para actividades agrícolas y para uso doméstico.

Con respecto a las denuncias recibidas en materia ambiental, por principal recurso afectado, según municipio, 2002, se encontraron muy pocas y hacían alusión a la afectación del recurso agua, así, como del suelo, aire y otros recursos.

3.4.3 Contaminación por fuentes naturales

Aunada a la contaminación producida por las aguas residuales de las diferentes actividades del hombre está otro tipo de contaminación debida a causas naturales, como los arrastres de materia orgánica muerta por los escurrimientos de agua pluvial, así, como los productos inorgánicos producidos por la erosión en los suelos, causada principalmente por la práctica de agricultura en laderas.

La tragedia más común entre la sociedad, en cuanto a los problemas de contaminación es el agregar: aguas negras, desperdicios químicos y desechos sólidos. El hombre que “razona” encuentra que parte del costo de los desperdicios que arroja en el bien común es menor que el costo para purificarlos antes de desecharlos. Esto se rige para todos. Estamos encerrados en un sistema por medio del cual “ensuciamos nuestra propia casa, y así estaremos mientras nos comportemos solamente como negociantes independientes e irracionales.

3.5 Calidad del agua en la cuenca

Se considera que el ser humano es el primer responsable de la mayor parte de la contaminación del agua. Algunas veces la misma naturaleza produce desequilibrios. En ocasiones la composición natural del agua la hace inadecuada para el ser humano, por ejemplo el agua de manantial con contenidos altos de minerales como potasio, calcio, sodio, zinc, no son aptas para sostener ninguna forma de vida.

La mayoría de los escurrimientos superficiales de la cuenca reciben descargas de aguas residuales sin tratamiento, ya sea de origen doméstico como en el caso de las cabeceras municipales o la de los campos agrícolas con riego, lo que ocasiona contaminación en cuyo caso no se puede utilizar en para el consumo humano, que si requiere de la potabilización del preciado líquido.

El problema principal es el crecimiento de la población que no sólo multiplican el consumo de agua sino que estimulan el volumen de desechos, lo que va en contra de la naturaleza, además de causar un sin fin de problemas, que se requieren controlar para bien de la comunidad. La presencia de materia orgánica -organismos coliformes-, de los detergentes sintéticos, entre otras, es sumamente riesgoso para los poblados que se encuentran aguas abajo, de quienes lanzan los desechos nocivos, pues, en tal situación, no pueden contar con agua limpia. Si por otra parte ninguno de los poblados cuenta con plantas tratadoras de aguas negras y no implementa acciones para poder reusar el agua, no podrá contar con un líquido saludable.

3.6 Problemas externos que afectan el recurso agua

Fenómenos hidrometeorológicos

Existen algunos daños por fenómenos hidrometeorológicos que afectan a la población y la calidad del agua. La región se encuentra en la trayectoria de huracanes y tormentas tropicales con efectos en la cuenca del río Yutamá, destrucción de bienes, muertes de personas en zonas rurales, con pérdidas materiales y económicas en áreas productivas, contaminación de los cuerpos de agua afectando su calidad y disponibilidad por inundaciones o desbordamientos de cauces. Los efectos nocivos que se dan, en tales circunstancias, son en parte por la falta de previsión. Se requiere por tanto, de organismos que manejen sistemas de detección de eventos hidrometeorológicos, para que la gente pueda precaverse contra ellos.

Tala inmoderada de bosques y selvas

Los impactos inmediatos que se perciben son: desaparición de la cobertura vegetal, lo que permite la erosión de los suelos, que se manifiesta por los enormes arrastres, durante la temporada de lluvias. y que contribuyen a la reducción de la capacidad de almacenaje y conducción de los cuerpos receptores de agua, con impactos negativos en los servicios de agua potable, así, como del volumen de recarga de los acuíferos.

Al reducirse la capacidad de conducción de los cuerpos receptores, en especial de los arroyos y ríos, se generan condiciones para su desbordamiento, que ocasiona la pérdida de vidas humanas, especies animales y vegetales, y desbasta las zonas de producción agrícola con pérdidas económicas muy altas. La deforestación también afecta el ciclo del agua, al producir el calentamiento de las superficies desprovistas de árboles, provocando que el proceso natural de lluvias sea cada vez menos equilibrado.

Asentamientos humanos irregulares

Estos también lesionan la calidad y cantidad del agua. Los impactos más notorios son: reducción de la capacidad de conducción y almacenamiento. Con la construcción de viviendas en zonas rurales, en cauces y zonas de inundación de ríos y arroyos provocan azolves de gran magnitud.

3.7 Conservación del agua y recomendaciones

Conservación

La cuenca del río Yutamá constituye por si sola una unidad de amplio uso del agua y de sus métodos de conservación. Como herramienta principal para lograr su administración. La calidad, cantidad y temporalidad de una fuente de abastecimiento de agua depende precisamente de los procesos que se den en la cuenca de aporte, por tanto de la manera en que manejemos esta área de influencia; el tamaño de la cuenca nos permite inferir las características específicas de la misma, que determinan las demandas del recurso hidrológico por parte de los diferentes sectores sociales ubicados en ella, así como las presiones de cambio de uso de suelo (por ejemplo, la deforestación que se lleva a cabo para el crecimiento agrícola). La cuenca constituye la principal unidad territorial donde el agua,

proviene del ciclo hidrológico, es captada, almacenada, y dada mi disponibilidad es utilizada.

El problema principal que se presenta no sólo en la cuenca sino en todo el mundo, es el porvenir de la humanidad, la cual corresponde por tanto, tener un correcto manejo y una racional utilización de los recursos naturales, especialmente, renovables, y a los que corresponde el agua con un papel muy destacado. El funcionamiento geocológico de los recursos naturales no deja de vincularlos a todos. La conservación, el manejo o aprovechamiento de uno incide de una u otra forma en los demás.

A pesar de que el suelo y el agua —en forma combinada— forman la base insustituible que sustenta la vida vegetal y animal en todas sus manifestaciones, el hombre no solamente no ha tomado las medidas necesarias para salvaguardar recursos tan importantes, sino que por el contrario, los ha utilizado en forma irracional, creando crisis que, de no remediarse muy pronto, conducirán a catástrofes pavorosas (Blanco y Ramírez, 1966, pág. ix).

La falta de recursos económicos, la ignorancia y la negligencia contribuyen a la contaminación de las fuentes de aguas, lo que genera una situación crítica ya que no sólo se está perdiendo un recurso natural de alto valor económico, sino también de alto valor geocológico, por cuanto la función del bosque es esencial para la conservación de los suelos contra la erosión y las inundaciones, para la protección de áreas productivas agrícolas, así, como para regular del ciclo hidrológico, y conservar la vida silvestre y, en general, para la protección del medio ambiente.

La contaminación que afecta los ríos disminuye la disponibilidad del agua, crea carencia de servicios de agua potable y de servicios sanitarios, que por lo general van asociados con la situación de pobreza y pobreza extrema. Esto también ocasiona contaminación de las fuentes de agua, lo que a su vez incide en la presencia de enfermedades gastrointestinales, que a estas alturas de nuestra todavía una de las causas más importantes de mortalidad.

Adicionalmente, es preciso remarcar que la interacción de las actividades antrópicas y las variaciones climáticas globales agrava la situación de la disponibilidad del agua superficial y subterránea.

En la cuenca de estudio no se ha llevado hasta ahora ningún plan para la conservación del agua, es que resulta un gran problema por su magnitud y los altos costos. El aprovechamiento actual del agua de lluvia en la cuenca es insignificante por ausencia de políticas de retención, conservación y utilización, y no deja de ser urgente que se deban aprovechar volúmenes mayores en el futuro para tratar de resolver problemas de escasez de agua en los meses de estiaje, y sobre todo, para resolver el problema de abastecimiento y calidad de agua en las comunidades dispersas.

Recomendaciones para la conservación

La disponibilidad de agua en la cuenca guarda siempre relación directa con la superficie boscosa de las montañas, con el cuidado racional que se tenga de sus recursos forestales, y con el aprovechamiento que se haga de los productos del monte.

Las cuencas hidrográficas de captación son, realmente, las únicas fábricas de agua de que dispone un pueblo. El impacto de las lluvias que se precipitan sobre los bosques es amortiguado por el follaje de los árboles, y el agua es retenida en la hojarasca que cubre el terreno forestal y raíces ayudan a la infiltración del agua que poco a poco va a las capas inferiores del suelo hasta el subsuelo, o sencillamente se introduce entre las fisuras del substrato rocoso para alimentar los mantos subterráneos del cual brota después en forma de manantiales permanentes, de ojos de agua, de pozos artesianos de donde el líquido será bombeado para múltiples fines. No se puede extraer indefinidamente agua, si no hay reposición o recarga.

Los depósitos subterráneos de agua son preferibles a los vasos artificiales de almacenamiento que construye el hombre, por que son mucho más económicos, y no requieren mantenimiento porque se azolvan, también las pérdidas por evaporación del agua son eliminadas completamente, por que el agua subterránea no tiene el peligro de sufrir contaminaciones como sucede con el agua de los depósitos superficiales.

Para evitar la pérdida inútil del líquido se recomienda, utilizarlo en las cantidades adecuadas para cada caso, evitar los escurrimientos torrenciales, pues al disminuir la velocidad se impide la erosión del suelo y se favorece la infiltración del agua en cuyo caso la humedad retenida puede ser aprovechada por la vegetación existente en la cuenca.

El control de las aguas pluviales y de los escurrimientos superficiales deben ser canalizados de acuerdo con dos ideas: primero controlar los escurrimientos superficiales en los suelos mismos por la vegetación y, segundo, controlar los escurrimientos superficiales que no fueron retenidos, cuando dichos volúmenes llegan a los cauces de los arroyos y de los ríos. Se debe procurar retener al máximo toda la precipitación pluvial posible en la parte alta con el establecimiento de prácticas de conservación pertinentes, fundamentalmente de terrazas y reforestación de manera que solamente vayan a los ríos los excedentes no controlados en las torrenteras y procurando que el paso del agua sea lo más lento posible en los cauces pues al disminuir la velocidad éstos, se impide la erosión del suelo y se favorece la infiltración del agua, en cuyo caso la humedad retenida puede ser aprovechada. Ello contribuirá considerablemente a la formación de mayores reservas hidráulicas, además de la producción de valiosos recursos maderables.

Los bosques ayudan formidablemente a evitar la erosión de los suelos, y la conservación del agua, siendo fuente inagotable de riquezas, que no pueden valorarse nunca en términos de pesos.

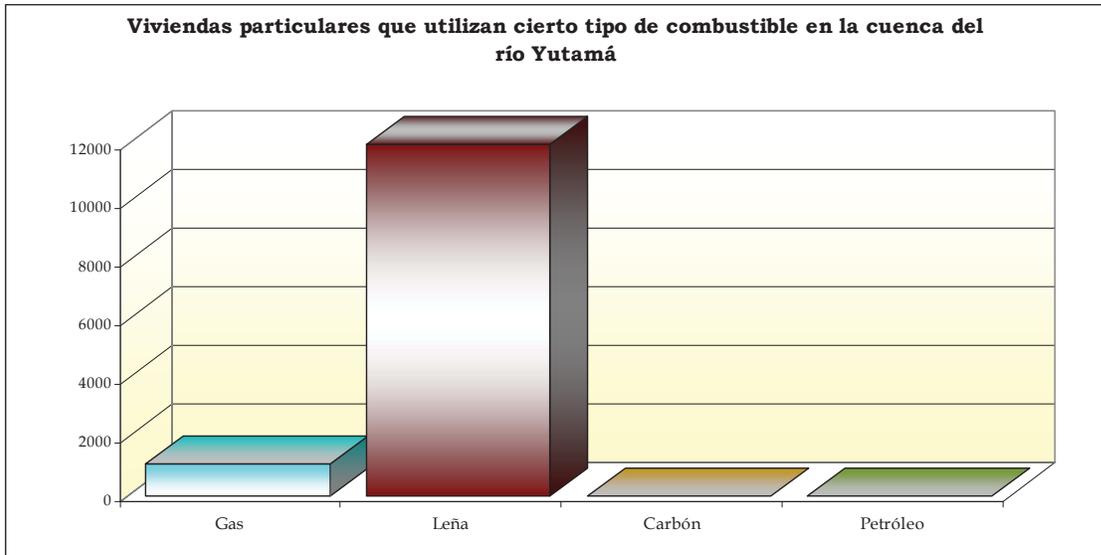
El manejo racional de las cuencas hidrográficas de captación, las reforestaciones masivas, empastamientos, control de la erosión, zanjeado en contornos, bordos escalonados, etc., son medidas altamente requeridas.

El control racional de las pequeñas fuentes fluviales, o sea el manejo de las subcuencas hidrográficas comenzando precisamente desde los límites superiores de los parteaguas, es indispensable.

Para tener una idea más clara de cómo se utiliza la madera de los árboles que se talan en la cuenca, se tiene que conocer personalmente con visita de campo, que la mayoría de las viviendas que se encuentran aisladas y en las zonas de sierra están construidas de madera,

además de que la mayoría de las personas que las habitan usan la leña para sus actividades domésticas. La gráfica que sigue avala lo antes dicho.

Gráfica 3.3



Fuente: Indicadores del ITER-2000. INEGI. (Oaxaca)

Se puede observar claramente que la cantidad de combustible llamado leña es muy utilizado en la cuenca y que el gas, carbón y petróleo se utilizan en cantidades muy pequeñas. Por ello se puede advertir que la tala local de árboles es muy alta. (Ver foto 3.4).

Foto 3.4



Lugar: Santiago Yosondúa. Long.97°34'35" Lat.16°52'20" Alt.2200 m.s.n.m. En segundo plano, vivienda con materiales de construcción, tuberías para drenaje. En primer plano cabaña de madera con leña, que se utiliza principalmente como combustible.

En las estadísticas de INEGI, 2003, se presentan datos de la cantidad de árboles plantados y superficie reforestada en los municipios de Oaxaca pero lamentablemente en los municipios que conforman la cuenca no existen datos con este tipo de registros.

De los principales recursos naturales con los que se cuenta en el interior de la cuenca es la madera que se extrae de los ya escasos bosques. La sobreexplotación principal se da en: San Esteban Atatlahuca que se encuentra en dos unidades básicas del relieve, la de montañas y laderas altas de origen volcánico y en el talud superior; estas regiones se caracterizan por sus bosques de pino y encino, que constituye el principal recurso es la maderable, después le sigue el de la piedra de río. También en San Miguel El Grande, localizado en talud superior e inferior; la madera es la industria más provechosa del municipio. En Santa Cruz Itundujia que se encuentra en el talud superior, explotan los árboles maderables o forestales para su comercio, mediante una cooperativa ejidal, cuyos productos son vendidos en el gran mercado de la ciudad de México y Puebla.

En Santa Lucía Monteverde, se explota gran cantidad de madera, para construcción, combustible y comercio de los bosques que se encuentran en las montañas y laderas altas de origen sedimentario o sea en el talud superior e inferior. Por último en el municipio de Santiago la explotación forestal va viento en popa, se comercia con la madera de cedro, caoba, madroño y estos se encuentran en las unidades de relieve correspondientes a depresiones bajas y al cañón lateral paralelo.

En cuanto al recurso suelo, San Esteban Atatlahuca, lo utiliza para cultivo principalmente de maíz, habas, ejotes y chilacayote; se le conoce como tierra colorada, negra y arenosa. En San Miguel El Grande, la existencia de pocos suelos planos, obliga a los pobladores a cultivar en laderas y pequeñas cañadas. En Santa Cruz itundujia, el suelo se utiliza para cultivar, y es por tanto, apto para este tipo de actividades. En Santa Catarina, el suelo es muy arcilloso y se encuentra en zonas montañosas, por lo cual se podría decir, que no es apto para el cultivo; pero muy a su pesar se cultiva en más del 75 % de él. En Santa Lucía Monteverde, es común ver el cultivo de café, maguey, nopal, pera y durazno en laderas. Al igual que en los anteriores municipios, en Santiago Yosondúa se cultiva la mayor parte de su área y entre sus cultivos se encuentran el maíz y el frijol.

Estos son claros ejemplos, de que en la cuenca no se ha establecido, un programa o plan de conservación del agua, bosque y suelo.

Se recomienda ampliamente iniciar la aplicación de iniciativas gubernamentales, municipales y comunales, para el establecimiento de una cultura ambiental. Un buen inicio será: mejorar el abasto y distribución del agua, tanto en cantidad como en calidad para el uso de todas las viviendas. Mejorar y ampliar sistemas de drenaje y alcantarillado y Proteger las fuentes de abasto y desinfección del agua.

Para el uso y conservación del agua en municipios y localidades que los conforman, se recomienda que el abastecimiento sea oportuno y adecuado para usos humanos, sanitarios y agrícolas, con una responsabilidad oficial y que su ejecución no admita demoras. Que dicho abastecimiento se considere como una emergencia, que requiera de una acción prioritaria.

Hay que considerar que la recuperación y reuso de los desagües y desechos líquidos, requieren de acciones de depuración obligadas. Igualmente forjar una nueva cultura en el uso, cuidado y manejo del líquido, así como fortalecer y eficientar la estructura administrativa de los organismos que operan los sistemas de agua potable.

La instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales, eficientes y adaptadas a la realidad económica y al medio ambiente, se deben incrementar en los municipios que se consideren pertinentes, para estar en la disponibilidad de procesar la mayor parte de aguas residuales domésticas.

Ampliar la cobertura de servicios de agua entubada y drenaje y alcanzar una nueva cultura para el aprovechamiento óptimo del agua en sus diferentes usos, el tratamiento de las aguas residuales y mejorar las condiciones del medio ambiente y preservar los recursos hídricos.

Conviene promover el uso adecuado y el cuidado del recurso para garantizar los servicios de agua potable en el largo plazo, así como la infraestructura suficiente para proporcionar el servicio de drenaje y saneamiento de las aguas residuales. Impulsando campañas de capacitación, orientación, y sensibilización sobre la importancia estratégica de los recursos naturales, entre ellos el agua.

Crear comités de seguridad y manejo del recurso para facilitar la detección de contaminantes y vertimiento de desechos peligrosos a las fuentes de abastecimiento.

En virtud de la importancia del tratamiento de las aguas residuales en las comunidades rurales, se debe proponer a los pueblos la adopción de tecnologías adecuadas para esquemas de núcleos que aglutinen cuatro o más viviendas en poblaciones dispersas para construir sistemas de drenaje y tratamiento. Ofrecer acciones que eviten la contaminación de cuerpos de agua.

Promover el uso de sanitarios ecológicos secos, unifamiliares, ya que éstos, no utilizan agua y no permiten el contacto de las heces fecales con el entorno. De fácil traslado, aún sin camino de acceso. Una solución eficiente, digna y confortable para comunidades que no cuentan con infraestructura y para aquellos comprometidos con la preservación.

En cuanto a la calidad del agua, controlar la que tenga alto contenido de sólidos o algún otro tipo de contaminante peligroso.

Debe prohibirse la extracción de agua de los ríos bajo Yutamá, y La Esmeralda para evitar impactos de salud desfavorables en la población de la cuenca y aguas abajo.

Los usuarios tienen que ser responsables por el daño que causen, y en tal caso, ser sancionados.

Se deben aplicar tecnologías apropiadas para que las comunidades rurales traten sus aguas residuales.

Efectuar monitoreos constantes de las descargas domésticas y agrícolas, así como de emisores y colectores.

Con el objeto de satisfacer demandas presentes y futuras de los servicios de abastecimiento y saneamiento de las comunidades, tomando en cuenta las hipótesis de crecimiento y los habitantes calculados para el 2010, conviene programar obras y acciones que puedan permitir una buena disponibilidad de agua y de servicios a los habitantes que lo requieran.

Con respecto a la normatividad hace falta adecuar el marco legal existente, a fin de reglamentar el uso adecuado del agua potable y sancionar los abusos, así mismo el funcionamiento de los sistemas de acuerdo a los requerimientos actuales sobre calidad y eficiencia, así como y el reciclaje del agua tratada.

Revisar el marco regulatorio del agua y proponer los cambios en la legislación conducente, para inducir su uso racional, así como el manejo responsable de las aguas residuales.

En cuanto a la conservación del agua para tierras de cultivos temporales, la cuenca cuenta con grandes proporciones de tierras para la agricultura de temporal por lo que deben otorgárseles atención primordial para que se aproveche en ellas al máximo la poca agua de lluvia que reciben, y para que no sigan dando, como hasta ahora, cosechas raquíticas y aleatorias. El riego agrícola con aguas negras donde no existan plantas de tratamiento, para el riego sólo deben usarse en terrenos donde no se produzcan especies alimenticias de consumo directo.

Es conveniente el control de azolves o de la sedimentación, para prolongar la vida útil de obras hidráulicas, tanto las construidas para fines de riego como las que se usan para otros propósitos.

Conviene proveer al campo de agua (potable o tratada, según sea el caso) necesaria para fortalecer su desarrollo, para generar fuentes de trabajo y mejores posibilidades económicas de la población.

Necesario es el fomento del sistema de riego agrícola por aspersión para lograr un ahorro considerable en los volúmenes de agua utilizada, y evitar de paso la salinización de las tierras. Promover la nivelación de los terrenos, abatir el costo de construcción y lograr la conservación de los canales.

Capítulo 4 Sinopsis, análisis e interpretación hidrogeográfica de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

4.1 Sinopsis geográfica de la cuenca

La sinopsis relaciona de manera general, criterios geomorfológicos e hidrogeográficos, se incluyen algunos aspectos de la población, como parte importante del territorio de la cuenca, así, como también el funcionamiento del sistema fluvial, el ciclo hidrológico y balance hídrico. En ésta se consideran las unidades del relieve como subregiones principales que conforman la cuenca del río Yutamá.

También se incluyen en primer lugar las características del relieve, su localización, altitud, declive de las laderas, estructura geológica, las grandes unidades de suelo, los cambios de la vegetación y uso de suelo, las regiones con mayor población. En segundo lugar lo referente a la hidrografía, los patrones de drenaje —ya que sus características particulares contribuyen al escurrimiento y a la formación del cauce principal y sus respectivos caudales— así, como el comportamiento de la temperatura, la precipitación y las variaciones climáticas de la cuenca; esté criterio permite visualizar más ampliamente donde se presentan los hechos y como se distribuyen dentro de la cuenca, y las causas que los provocan. Estos aspectos se correlacionan con el criterio hidrográfico, que también permite conocer las cantidades de agua aportadas desde las partes altas de la cuenca hasta las proximidades de su punto terminal.

Además de conocer la distribución dentro de la cuenca se conoce la relación que tiene con las alteraciones que ha sufrido esta cuenca, la explotación del agua de los escurrimientos superficiales, así, como su contaminación; el comportamiento de estas características se manifiestan en los balances hídricos parciales. Este tipo de sinopsis puede servir de base para trabajos posteriores.

Tabla 4.1 Sinopsis geográfica por unidad de relieve de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Unidades de relieve	Localización	Altitudes m.s.n.m.	Declives por rangos	Geología	Edafología	Vegetación y uso de suelo
Montañas y laderas altas de origen volcánico	Se extiende en el Norte de la cuenca Zona volcánica y montañosa Constituye una barrera natural	De 2800 -3340	Predominan declives de <1°30' a 24° a 12°. categorías de muy suave a algo escarpado. Escorrimento superficial y en caudales. Rápido.	Predominio de toba intermedia, andesita del terciario. Favorecen la infiltración.	Predomina el tipo de suelo, litosol de textura media. Favorece la infiltración.	Bosque de pino, bosque de pino con vegetación arbórea, pino - encino, bosque de encino. Algo de agricultura de temporal. Retiene el agua de escurrimiento y favorece la ET.
Montañas y laderas altas de origen sedimentario	Se localizan al Oeste de la cuenca Zona montañosa	De 2400 -2900	Predominan declives de 3° a 12° de suave a algo inclinado. Escorrimento superficial y en caudales. Rápido	Caliza del Ki, cretácico. Favorecen la infiltración.	Predomina el tipo de suelo, Regosol calcareo. Favorece la infiltración.	Bosque de pino con vegetación secundaria arborea, bosque de pino. Agricultura de temporal. Retiene el agua de escurrimiento y favorece la ET.
Montañas y laderas intermedias del Este	Se encuentra al Este de la cuenca Zona de montañas y valles	De 2600 -2800	Predominan declives de 3° a 6° de suaves a poco inclinados Escorrimento moderado en caudales y escorrentía.	Prodominio de Caliza del Ki, cretácico. Infiltración media.	Predomina el tipo de suelo, Regosol calcareo y Regosol eutrico con textura media Infiltración media.	Bosque de pino con vegetación secundaria arborea, bosque de pino -encino, bosque de pino -encino con vegetación secundaria arborea, Pastizal inducido y agricultura de temporal. ET, media y el escurrimiento de medio a bajo.
Montañas y laderas intermedias del Sureste	Al Suroeste de la cuenca Zona de montañas y valles	De 2000 -2800	Predominan declives de de 24° de 12° y de 6° a 3° de escarpado a suave. Escorrimento más lento en caudales.	Predominio de caliza de cretácico inferior. Infiltración media.	Predomina el tipo de suelo, Regosol calcáreo Infiltración media.	Bosque de pino y pastizal inducido. ET, media y el escurrimiento superficial medio.
Talud superior	Se localiza al Norte, Este, Oeste y Suroeste de la cuenca Zona intermedia	De 2600 -2400	Predominan declives de 24° a 12° de 12° a 6° de 6 3° a 1° 30' <1° 30' de muy inclinado a muy suave. Velocidad del escurrimiento de media a baja.	Predominio de Andesita conglomerado, caliza. Infiltración de media a alta.	Suelo dominante litosol, regosol calcáreo y vertisol. Infiltración de media a alta.	Bosque de pino, pastizal inducido, pino-encino, agricultura de riego y de temporal. Zona muy erosionada Favorece la ET, y el R, superficial.

Continuación tabla 4.1 Sinopsis geográfica por unidad de relieve de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Unidades de relieve	Localización	Altitudes m.s.n.m.	Declives por rangos	Geología	Edafología	Vegetación y uso de suelo
Talud inferior	Al Norte, Este Oeste, Sur y Centro de la cuenca Zona intermedia	De 2200 -2400	Predominan declives de > 45° de 45°-24° de 24° a 12° hasta < 1° 3' de escarpado a algo escarpado a muy suaves. Escurrimiento superficial y en caudales. Rápido.	Predominio de caliza, caliza-lutita-arenisca, caliza-lutita. Favorecen la infiltración.	Predomina el tipo de suelo, Regosol calcáreo textura media. Favorece la infiltración.	Bosque de pino, bosque de pino con vegetación arbórea, pino - encino, bosque de encino, oastiza, agricultura de riego, temporal. Retiene el agua de escurrimiento y favorece la ET.
Montañas secundarias internas	Se extiende al Centro de la cuenca Zona montañosa	De 2400 -2600	Predominan declives de 24° a 12 hasta 3° de categorías de muy escarpado a suaves. Escurrimiento superficial y en caudales. Rápido	caliza, caliza-lutita-arenisca. Favorecen la infiltración.	Predomina el tipo de suelo, Regosol calcáreo Favorece la infiltración.	Bosque de encino con vegetación secundaria arborea, pastizal, agricultura de temporal y muy poca de riego. Retiene el agua de escurrimiento y favorece la ET.
Depresiones bajas internas	Se ubica al Sur, Centro, Este y Oeste de la cuenca Zona de valle de origen sedimentario	De 2200 -1400	Predominan declives de <1°3' a 45° de muy escarpado a muy suaves. Escurrimiento alto en caudales y escorrentía.	Prodominio de caliza Ki, caliza-lutita-arenisca, Infiltración baja.	Predomina el tipo de suelo, Regosol eutríco Regosol calcáreo textura media en fase lítica. Infiltración baja.	Bosque de pino con vegetación secundaria arborea, bosque de pino -encino, bosque de pino -encino con vegetación secundaria arborea, Pastizal inducido, agricultura de temporal ET, media y el escurrimiento de medio a alto.
Cañón lateral paralelo	Al Sureste y una pequeña parte del Oeste de la cuenca	De 2200 -740	Predominan declives de <1°3' a 45° de muy escarpado a muy suaves. Escurrimiento más rapido en caudales.	Prodominio de caliza Ki, caliza-lutita-arenisca, Infiltración baja.	Predomina el tipo de suelo, Regosol eutríco Infiltración baja.	Bosque de pino con vegetación secundaria arborea, bosque de pino - encino, encino, pastizal, agricultura temporal, selva baja caducífo. ET, alta y el escurrimiento superficial alto.

Según la fórmula para el balance hídrico:ET= Evapotranspiración

Tabla 4.2 Sinopsis geográfica por unidad de relieve de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Unidades de relieve	Clima	Temperatura media anual TMA en °C	Precipitación media anual PMA en mm	Poblamiento actual y actividad predominante	Alteración: vegetación, suelo y agua.
Montañas y laderas altas de origen volcánico	Clima templado con abundantes lluvias en verano, El más húmedo de los templados subhúmedos. Clima semifrío	Temperatura anual entre 12 -14°C es relativamente baja. Evapotranspiración baja.	De 1000 - 1300 mm. precipitación local media.	Muy poblado. Actividad forestal	V :Alteración Muy notable por la deforestación, tala. S: Se encuentra en proceso de erosión de tipo hídrica, formación de pequeñas cárcavas. A: Cauces de primero, segundo orden sin alteración.
Montañas y ladera altas de origen sedimentario	Clima templado con abundantes lluvias en verano, El más húmedo de los templados subhúmedos.	Temperatura anual entre 14°C es relativamente baja. Evapotranspiración baja.	De 1200 - 1000 mm. precipitación local media.	Moderadamente poblado. Actividad forestal moderada.	V: Alteración poco notable. S: En proceso de erosión. A: Cauces de primer orden con contaminación orgánica natural
Montañas y laderas intermedias del Este	Clima templado con abundantes lluvias en verano. El más húmedo de los templados subhúmedos.	Predeomina la temperatura de 14° C es relativamente baja. Evapotranspiración baja a media.	De 1200 -1000 mm. precipitación local media.	Muy poblado. Agricultura abundante, poca actividad forestal.	V: Alteración alta causada por la agricultura. S: Muchos cambios de uso de S, para la agricultura. A: Del 1o al 2do. orden con alteración alta.
Montañas y laderas intermedias del Suroeste	Clima templado con abundantes lluvias en verano. El más húmedo de los templados subhúmedos.	Predeomina la temperatura de 16° C Evapotranspiración baja - media y alta.	De 1800 -1200 mm. precipitación local alta.	Poco poblado.	V y S: Alteración muy baja A: Del 1o al 3er. orden con alteración baja

V=Vegetación, S= Suelo, A= Agua

Continuación 4.2 Sinopsis geográfica por unidad de relieve de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Unidades de relieve	Clima	Temperatura media anual TMA en °C	Precipitación media anual PMA en mm	Poblamiento actual y actividad predominante	Alteración: V: vegetación, S: suelo y A: agua.
Talud superior	Clima templado con abundantes lluvias en verano. El más húmedo de los templados subhúmedos.	Temperatura anual de 14°C es relativamente baja. Evapotranspiración media-alta.	De 1000 a 1200mm. precipitación local media.	Muy poblado, se concentra la población en esta unidad de relieve, es apta para el poblamiento. Diversas actividades agropecuarias, forestales.	V y S: Muy alterada por cambios de uso de suelo variados, A: Cauces del 1o al 4o. Muy alterados, por contaminación, descarga de drenaje, basureros residuos domésticos, fertilizantes y pesticidas.
Talud inferior	Clima templado con abundantes lluvias en verano. El más húmedo de los templados subhúmedos.	Temperatura anual de 14°C es relativamente baja. Evapotranspiración media-alta.	De 1000 a 1500mm. precipitación local media - alta.	Poblado. Actividad forestal y agricultura y pastoreo.	V :Alteración notable por la deforestación, tala. S: Se encuentra en proceso de erosión de tipo hídrica, formación de pequeñas cárcavas. A: Cauces de primero, segundo y tercer orden alteración media.
Montañas secundarias internas	Clima templado con abundantes lluvias en verano. El más húmedo de los templados subhúmedos.	Temperatura anual de 14°C es relativamente baja. Evapotranspiración media-alta.	De 1000 a 1200mm. precipitación local media.	Poca población. Muy poca actividad forestal.	V: Alteración poco notable. S: En proceso de erosión. A: Cauces de primer orden con contaminación orgánica natural
Depresiones bajas internas	Clima semicalido subhúmedo con lluvias en verano.	Predeomina la temperatura de 16° C. Evapotranspiración alta.	De 1000 a 1200mm. precipitación local media.	Poco poblado. Algo de agricultura y poca actividad forestal y pastoreo casi nulo	V: Alteración media causada por la intervención antrópica. S: Pocos cambios de uso de S, para la agricultura. A: Del 1o al 5o, orden alteración media.
Cañón lateral paralelo	Clima cálido subhúmedo con lluvias de verano.	Temperatura anual entre 22°C es alta. Evapotranspiración alta.	De 1000 a 1600mm. precipitación local alta.	Poco Poblado. Poca agricultura y pastoreo.	V y S: Alteración muy baja A: Del 1o al 5o. orden con alteración baja

V=Vegetación, S= Suelo, A= Agua

Tabla 4.3 Sinopsis geográfica por unidad de relieve de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Unidades de relieve	Patrones de drenaje	Orden de cauce según Strahler	Frecuencia de cauces	Densidad de drenaje	Evapotranspiración
				$F_c = \frac{Nc}{Km^2}$	ET en mm
Montañas y laderas altas de origen volcánico	Con mayor predominio el patrón A1 Asimétrico. Y en menor proporción la A. Dendrítico. Mayor abundancia de cauces, y volum. de agua de escurrimiento referente al tipo de drenaje.	Predominan cauces de primero, segundo, tercer, cuarto y quinto orden. Alta infiltración por la disección de cauces. Existencia de acuíferos en capas fracturadas y permeables	Predomina la frecuencia de cauce baja de 4 - 3 seg---mentos de cauce, secundariamente la frecuencia muy baja de 2 - 1, y por ultimo la de menor presencia es la media de 6- 5 segmentos de cauce. En menor presencia de 7-8 Alta infiltración por la disección de cauces.	La densidad que predomina más es la media de 1.46 a 2.65. Le sigue, la densidad baja 0.26 a 1.45, y por ultimo la densidad alta que va de 3.85 - 2.66. Alta erosión hídrica. Escurrimiento en cauces alto - medio	Variable entre 608.6 a 651.3, equivalentes a 62.4 a 59.2 % parcial de la lámina de P. ET local: Alta- Media.
Montañas y ladera altas de origen sedimentario	Predomina el A1 Asimétrico, y el B. Rectangular Escurrimiento medio en los cauces.	Predominan cauces de primero, segundo y tercer orden. Infiltración alta-moderada por disección de cauces. Existencia de acuíferos en capas fracturadas y permeables	Predomina la frecuencia de cauce muy baja de 1 - 2 seg---mentos de cauce, le sigue la frecuencia baja, que va de 3 - 4 segmentos de cauce. Infiltración alta-moderada por disección de cauces.	Predomina la densidad baja 0.26 - 1.45. le sigue la media 1.46 - 2.65. Alta erosión hídrica. Escurrimiento en cauces alto - medio	Variable entre 651.3 a 62.40% Lámina de P. ET: Media.
Montañas y laderas intermedias del Este	Predomina la B. Rectangular A. Dendrítico Concentración de cauces y agua de escurrimiento, bajo.	Predominio de cauces de primero, segundo, tercero, y cuarto orden. Existe una frecuencia muy escasa en la cuenca, casi nula sin cauces. Baja disección de cauces. Acuíferos situados en zonas dispersas de permeabilidad	Predomina la frecuencia de cauce muy baja de 1- 2 seg---mentos de cauce, después la baja de 3- 4 segmentos de cauce. Le sigue la media de 5 - 6 con menor predominancia. Y por último una frecuencia alta de 7- 8 en la cuenca. Baja disección de cauces.	Predomina la densidad baja 0.26 - 1.45. Le sigue la media con 1.46 - 2.65. La siguiente categoría nula sin cauces. Moderada erosión hídrica. Escurrimiento en cauces medio.	Variable entre 608.6 a 651.3. equivalentes a 62.4 a 59.2 % parcial de la lámina de P. ET local: Alta - Media.
Montañas y laderas intermedias del Suroeste	Predomina la B. Rectangular Media concentración de agua de escurrimiento.	Predominio de cauces de primero, segundo y tercer Orden de cauce Baja disección de cauces. Existencia de acuíferos en capas fracturadas y permeables	Predomina la frecuencia de cauce baja de 4 - 3 seg---mentos de cauce. Después le sigue la frecuencia muy baja 2- 1 segmentos de cauce.	Predomina la densidad baja 0.26 - 1.45. Le sigue la nula con < 0.25. La siguiente presenta densidad alta de 2.66 - 3.85.	De 844.5 equivalente en porcentaje de 52 % la lámina de P y ET: Alta.

A= Dendrítico, B=Rectángular, A1=Asimétrico, C=Centrífuga
 Según la fórmula para el balance hídrico:P=Precipitación, ET=Evapotranspiración

Continuación 4.3 Sinopsis geográfica por unidad de relieve de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Unidades de relieve	Patrones de drenaje	Orden de cauce según Strahler	Frecuencia de cauces $F_c = \frac{N_c}{Km^2}$	Densidad de drenaje $D_d = \frac{Km}{Km^2}$	Evapotranspiración ET en mm
Talud superior	A1. Asimétrico, A. Dendrítico, B. rectangular Mayor abundancia de cauces, y volumen de agua de escurrimiento referente al tipo de drenaje.	Predominan cauces de primero, segundo, tercer, cuarto y quinto orden. Alta infiltración por la disección de cauces. Acuíferos contenidos dentro de capas impermeables	Predomina la frecuencia de cauce baja de 4 - 3 segmentos de cauce, secundariamente la frecuencia muy baja de 2 - 1 y por último la de menor presencia es la media de 6- 5 segmentos de cauce. En menor presencia de 7-8 Alta infiltración por la disección de cauces.	La densidad que predomina más es la baja de 1.14 a 0.25. Le sigue, la densidad media 2.32 a 1.15, y por último la densidad alta que va de 3.50 - 2.33. Alta erosión hídrica. Escurrimiento en cauces alto - medio	De 608.6 a 844.5. esto es en porcentaje parcial de las láminas de P. 62.4 a 52.0 ET: Alta - Media.
Talud inferior	A1. Asimétrico, A. dendrítico, B. rectangular C. Radial centrífuga Escurrimiento medio en los cauces.	Predominan cauces de primero, segundo, tercer, cuarto y quinto orden. Infiltración alta-moderada por disección de cauces. Acuíferos contenidos dentro de capas impermeables	Predomina la frecuencia de cauce muy media de 5 - 6 segmentos de cauce, le sigue la frecuencia alta, que va de 7 - 8 segmentos de cauce. Infiltración alta-moderada por disección de cauces.	Predomina la densidad media 2.32 - 1.15. Alta erosión hídrica. Escurrimiento en cauces alto - medio	Variable entre 801.9 a 844.5 equivalentes hasta 159.4. 52 % de la lámina de P. ET local: Media - Baja.
Montañas secundarias internas	C. Radial centrífuga Concentración de cauces y agua de escurrimiento, medio.	Predominan cauces de primer orden. Alta disección de cauces. Existencia de acuíferos en capas fracturadas y permeables	Predomina la frecuencia de cauce baja de 3- 4 segmentos de cauce, después le sigue la muy baja de 1- 2 segmentos de cauce. Le sigue la media de 5 - 6 con menor predominancia. Baja disección de cauces.	Predomina la densidad media 2.32 - 1.15. Le sigue la alta con 3.50 - 2.33. La siguiente presenta densidad baja de 1.14 - 0.25. Y en último lugar la categoría nula sin cauces. Moderada erosión hídrica. Escurrimiento en cauces medio.	Es de 801 y un % de 59.4. ET: Media.

A= Dendrítico, B=Rectángulo, A1=Asimétrico, C=Centrífuga
Según la fórmula para el balance hídrico: P=Precipitación, ET=Evapotranspiración

Continuación 4.3 Sinopsis geográfica por unidad de relieve de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Unidades de relieve	Patrones de drenaje	Orden de cauce según Strahler	Frecuencia de cauces $Fc = \frac{Nc}{Km^2}$	Densidad de drenaje $Dd = \frac{Km}{Km^2}$	Evapotranspiración ET en mm
Depresiones bajas internas	A. Dendrítico, B.Rectangular	Predominan cauces de primero, segundo, tercer, cuarto y orden.	Predomina la frecuencia de cauce baja de 4 - 3 segmentos de cauce. Después le sigue	Predomina la densidad media 2.32 - 1.15. Le sigue la alta con	De 801.9 a 844.5 equivalentes en porcentaje de 59.4 a 52.0 de
	Alta concentración de agua de escurrimiento.	Alta disección de cauces. Acuíferos situados en zonas dispersas de permeabilidad	la frecuencia media de 5-6 segmentos de cauce, y con menor presencia la alta de 7-8 segmentos de cauce	3.50 - 2.33. La siguiente presenta densidad baja de 1.14 - 0.25.	la lámina de P y ET:Alta.
Cañón lateral paralelo	A. Dendrítico, B.Rectangular Mayor abundancia de cauces,y volum. de agua de escurrimiento referente al tipo de drenaje.	Predominio de cauces de primero, segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto orden. Alta escurrimiento en cauces. Acuíferos situados en zonas dispersas de permeabilidad	Predomina la frecuencia de cauce muy baja de 1- 2 segmentos de cauce, secundariamente la frecuencia baja de 3 - 4, la de menor presencia es la alta de 7 - 8 segmentos y la media de 6- 5 segmentos de cauce.	Predomina la densidad media de 1.46 - 2.65, le sigue la densidad alta de 2.66 - 3.85. Y por ultimo la densidad baja 0.26 a 1.45. Erosión alta.	De 801.9 a 844.5 equivalentes en porcentaje de 59.4 a 52.0 de la lámina de P y ET:Alta.

A= Dendrítico, B=Rectangular, A1=Asimétrico, C=Centrífuga
Según la fórmula para el balance hídrico:P=Precipitación, ET=Evapotranspiración

Tabla 4.4 Sinopsis geográfica por unidad de relieve de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Unidades de relieve	Coefficiente de escurrimiento R en %	Infiltración I en mm	Uso del agua	Contaminación del agua	Calidad y conservación del agua
Montañas y laderas altas de origen volcánico	Predomina un coeficiente de 10 - 20 %. R: medio.	Va de 244.5 un porcentaje que va de los 25.1 % lámina de P e I: baja.	Doméstico, con obra de captación bomba con motor eléctrico, poco para riego	Descarga de aguas residuales de origen doméstico alta a ríos, arroyos y barrancas coliformes fecales y detergentes, arrastre de agroquímicos bajo, a los acuíferos y ríos, contaminación orgánica natural	Calidad muy buena, estado de conservación del agua media
Montañas y laderas altas de origen sedimentario	Unica presencia de 0 - 5 % R: Muy bajo	Va de 244.5 un porcentaje que va de los 25.1 % lámina de P e I: Media-Baja	Doméstico, y muy poco pecuario	Descarga de aguas residuales de origen doméstico alta a ríos, arroyos y barrancas, contaminación orgánica natural	Calidad del agua buena, estado de conservación media
Montañas y laderas intermedias del Este	Variable entre 10 - 20 R: Medio y 0 - 5 % tiene poca presencia. R: Muy bajo	Va de 244.5 un porcentaje que va de los 25.1 % I: Media	Riego, doméstico y poco pecuario Con obra de captación	Arrastre de agroquímicos muy alto a los acuíferos y ríos, descarga de aguas residuales de origen doméstico alta a ríos, arroyos y barrancas	Calidad del agua media - mala, estado de conservación muy baja
Montañas y laderas intermedias del Suroeste	De 10 - 30 %. R: Medio	De 523.7 mm. y que equivale 32.2% I: Media	Riego en baja proporción, doméstico	Arrastre de agroquímicos bajo y descarga de aguas residuales medio contaminación orgánica natural	Calidad del agua muy buena, estado de conservación media- baja
Talud superior	Predominantemente el coeficiente de escurrimiento de 0 - 30 % R: Medio	De 244.5 a 523.7 mm. y que equivalen a 25.1 a 32.2 % parcial de la lámina de P e I: Media	Riego en alta proporción, doméstico, y muy poco pecuario	Arrastre de agroquímicos muy alto a los acuíferos y ríos, descarga de aguas residuales de origen doméstico muy alta a ríos, arroyos y barrancas coliformes fecales, nitrógeno orgánico y amoniacal detergentes ácidos	Calidad del agua mala, estado de conservación muy baja

Según la fórmula para el balance hídrico: P=Precipitación, R=Escurrecimiento, I= Infiltración

Continuación 4.4 Sinopsis geográfica por unidad de relieve de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Unidades de relieve	Coefficiente de escurrimiento R en %	Infiltración I en mm	Uso del agua	Contaminación del agua	Calidad y conservación del agua
Talud inferior	Predomina un coeficiente de 5 - 20 %. R: Medio	Variable de 334.8 a 523.7 mm. Con un porcentaje que varía entre los 24.8 a los 32.2 % de la lámina de P. I: Alto	Riego, doméstico con obras de captación	Arrastre de agroquímicos muy alto a los acuíferos y ríos Descarga de aguas residuales de origen doméstico alta a ríos, arroyos y barrancas Disminución de los ríos por arrastre de sedimentos	Calidad media , estado de conservación del agua media - baja
Montañas secundarias internas	Unica presencia de 10-20 R: Medio.	De 334.8 un 24 % de la lámina de infiltración I: Media-Alta	Poco para doméstico, y muy poco para riego	Descarga de aguas residuales de origen doméstico baja y arrastre de agroquímicos muy bajo	Calidad del agua buena, estado de conservación media
Depresiones bajas	Variable entre R: Muy alto, 10 - 30 %	De 334.8 a 523.7 que van de 24.8 a 32.2% parcialmente. I: Media- Alta	Moderado uso doméstico y poco pecuario	Descarga de aguas residuales de origen doméstico media a ríos, arroyos y barrancas Disminución de los ríos por arrastre de sedimentos	Calidad del agua media - mala, estado de conservación baja - muy baja
Cañón lateral paralelo	R: Muy alto, 20 - 30 %	De 334.8 a 523.7 que van de 24.8 a 32.2% parcialmente. I: Alta	Riego en baja proporción, moderado uso doméstico y poco uso pecuario	Arrastre de agroquímicos bajo y descarga de aguas residuales medio Disminución de los ríos por arrastre de sedimentos	Calidad del agua baja , estado de conservación baja - muy baja

Según la fórmula para el balance hídrico: P=Precipitación, R=Escurrimiento, I= Infiltración

4.2 Análisis e interpretación

En las tablas de la sinopsis hidrogeográfica, se aprecian en conjunto los factores físico- geográficos, socioeconómicos, el funcionamiento del sistema fluvial, el balance hídrico estimado de la cuenca, uso, contaminación y calidad del agua.

Todo esto se vincula con la regionalización que se hizo del relieve en la cuenca, principalmente para lograr hacer una correlación y un análisis directo de las características más sobresalientes.

El comportamiento de la temperatura y la precipitación se condiciona principalmente por la altitud, ejemplos de ello son: las montañas y laderas altas de origen volcánico, de origen sedimentario, en las montañas y laderas del Este, Suroeste y en las montañas secundarias internas.

La precipitación en la cuenca es un factor primordial, ya que constituye la fuente de alimentación de los flujos y almacenamientos de las aguas, los cuales pueden ser evaluados y explotados por el hombre, pues conforman los recursos hídricos que emplea para su beneficio. Las precipitaciones tienen variaciones temporales, espaciales y volumétricas, están combinadas armónicamente con otros componentes del medio natural y conforman diferentes paisajes en el territorio de la cuenca del río Yutamá.

En estas unidades de relieve la temperatura predominante es de 12° a 16° C y la precipitación de 1000 a 1800 mm. De acuerdo con lo expuesto puede decirse que la precipitación está determinada por la altitud de las montañas con más de 2400 m.s.n.m; estas lluvias son moderadas relativamente por que se forman gracias a los vientos húmedos rezagados con una gran carga de aire marítimo tropical procedentes del Océano Pacífico, los cuales se descargan parcialmente en la parte baja de la cuenca; tales lluvias son de tipo orográfico y disminuyen paulatinamente con la altitud.

El tipo de vegetación también influye favorablemente en a las precipitaciones ya que los bosques frenan la velocidad de los vientos —efecto fricción—. Al rozar y ascender el viento se favorecen las precipitaciones.

Los valores volumétricos de evapotranspiración son altos, comparados con los de la infiltración y el escurrimiento en las unidades básicas del relieve antes mencionadas, este proceso del ciclo hidrológico está condicionado por la temperatura; pero también por la transpiración vegetal. La vegetación, que predomina principalmente es de bosques de pino, pino-encino y se sabe que por el tipo de hojas los pinos transpiran poco, pero los encinos como el *Conglomerata* y otros, no. No obstante la cantidad de hojas tubulares que presenta cada rama del pino es considerable, además le agregamos que en la mayoría de la cuenca se han talado hectáreas de bosque para introducir la agricultura en laderas, el desmonte causa evaporación desde el suelo, por lo que se favorece en mayor grado a la evapotranspiración. Se desconoce que en los aserraderos locales y en otras áreas de la cuenca estén haciendo labores de reforestación. En el trabajo de campo se pregunto a manera de comentario y algunas personas coinciden en que no saben, y otras afirman que no.

El escurrimiento se condiciona por los declives de las laderas cuyos valores oscilan desde $>45^\circ$, de 45° a 24° y de 24° a 12° , según el territorio de éstas unidades del relieve. Debido a lo escarpado del terreno, la velocidad de escurrimiento es alta. El tipo de roca predominante que constituye el terreno, es la andesita y la caliza, caliza-lutita-arenisca y el conglomerado en menor proporción; estas rocas se comportan de acuerdo a las condiciones de consolidación que tengan; por ejemplo la andesita y las calizas se meteorizan y se desintegra fácilmente en climas húmedos.

El clima predominante es el templado, pero es el más húmedo de los templados subhúmedos. Esto significa que el escurrimiento lleva consigo materiales sólidos en suspensión, y arrastra otros de mayor peso; ambos se acumulan en las parte bajas de la cuenca. La textura que constituye el suelo es media, es decir se trata de texturas francas o limosas con retención moderada de agua, que permiten un coeficiente de escurrimiento que va de alta a media.

El escurrimiento se refleja en la distribución de frecuencia de los cauces ya que la erosión y otros factores, forman los cauces por donde circula el agua, a la vez, las estructuras geológicas dan origen junto con los escurrimientos a los patrones de drenaje, que son de tipo asimétrico, dendrítico y rectangulares; en cierta manera esto indica que a lo largo de los cauces siempre existirán escurrimientos de aguas superficiales.

La densidad de drenaje que predomina en ésta zona es media. Otro aspecto son las precipitaciones muy intensas en la zona. Esto propicia junto con el declive que el agua escurra más rápidamente, lo cual puede variar según la estación del año; en la temporada de lluvias, que se presenta en verano se registran valores altos de escurrimiento superficial en las laderas y a lo largo de los cauces principales de las subcuencas del río Yutamá y del río La Esmeralda.

La vegetación que se tiene es un factor que actúa positivamente, reduciendo la escorrentía superficial, al frenar la velocidad de la lámina de agua aumentando el tiempo de oportunidad de infiltración. En general, la cubierta arbórea con tapiz natural mantiene tasas de infiltración notables; la infiltración en el suelo forestal puede llegar a ser 50 veces superior a la de un terreno donde se realizan labores agrícolas, y se puede afirmar que la capacidad de infiltración de un suelo es mayor si cuenta con vegetación cerrada y arbórea, (Martínez y Navarro, 1996). Pero sometido a usos agrícolas, se puede afirmar que la capacidad de infiltración de un terreno es máxima si se sustenta una cubierta vegetal.

Una parte considerable de población que habita en la región se dedica a la explotación forestal.

La diversidad de declives son otro factor importante que determinan e influyen en el escurrimiento e infiltración. A mayor pendiente el agua tiene menos tiempo para poder infiltrarse, pues permanece en contacto con la superficie un intervalo de tiempo menor. En esta zona, aunque el declive predominante es muy abrupto, existen algunas rocas que presentan fracturamientos y grietas, las texturas del suelo presentan grados de compactación bajas, se encuentran en la fase física lítica lo cual significa que la roca se encuentra a menos de 50 cm. de profundidad, su textura es media, de limo, y con un drenaje interno eficiente y de fácil manejo, lo cual indica que las posibilidades de

infiltración alta son muy grandes. Estas regiones de la cuenca constituyen la porción territorial de mayor recarga de los acuíferos y esto permite que los cauces de los ríos principales presenten agua todo el año y que no existan escurrimientos o avenidas que puedan causar desastres a lo largo de los cauces. Estos lugares están copiosamente poblados.

El suelo de la cuenca esta sometido a una acción erosiva fluvial que origina innumerables cárcavas. El agua que escurre no tiene un cambio de régimen notable. Debido a la alteración de la naturaleza algunos cauces están contaminados con materia orgánica y generalmente de hojas, ramas y pequeños troncos, animales silvestres y otros. También se presenta alteración humana debido a las aguas residuales de las localidades contiguas. La vegetación no deja de tener alteraciones o perturbaciones notables debido a una explotación forestal que no es sustentable.

En los taludes de transición superior e inferior; la temperatura es 14 °C y la precipitación de los 1000 a 1500 mm, las cuales están condicionadas por la altitud. Algunas precipitaciones son de tipo orográfico y se desarrollan en estas zonas de transición.

La evapotranspiración se presenta con láminas de 844.5 a 159.5 mm, valores relativamente altos que son condicionados por la vegetación y el uso de suelo. Como es una zona de transición la vegetación varia y cuenta con bosques de pino-encino, selva baja caducifolia, pastizal inducido, agricultura de temporal y de riego favoreciendo la evapotranspiración y a su vez otros elementos del ciclo hidrológico.

El escurrimiento en estas unidades del relieve, debido a su gran variedad de declives que van de 45° a <1°30', permiten presentar valores de escurrimiento extremos. Predominan suelos con texturas medias y finas lo que facilita el escurrimiento.

Aquí en los taludes la distribución de la frecuencia de cauces y la densidad de drenaje es media, incluso existen kilómetros cuadrados, sin ellos. Los patrones de drenaje que ocupan estas unidades son: el dendrítico, el asimétrico, el rectangular y por último la radial centrífuga, éste último se forma principalmente por la cañada Morelos, una elevación secundaria interna muy prominente con una altitud de 2450 m.s.n.m. aproximadamente; vinculado a los procesos de erosión causados por la lluvia, dan origen a este tipo de drenaje.

La infiltración media que se presenta por lo general en el talud de transición, es condicionada por la lluvia, ya que su duración e intensidad ayudan a este proceso. Cuando la intensidad de la lluvia es menor que la capacidad de infiltración toda el agua que cae se introduce en el suelo.

La pendiente es otro factor que puede beneficiar el escurrimiento y la infiltración, en algunas zonas más que en otras por la variación de declives en esta unidad. El tipo de roca como la caliza y la textura del suelo media y fina con retención de agua baja o alta, según el tipo de arcilla, permite fácilmente la infiltración del agua al subsuelo.

La vegetación varia desde bosque hasta agricultura por lo que está sujeto a variaciones de infiltración ya que el bosque abundante disminuye la escorrentía aumentando el

tiempo de infiltración, contrariamente, la vegetación escasa constituida por pastizales y matorrales, interrumpen la infiltración.

Es una zona muy poblada, y las personas, para poder sobrevivir, se dedican a las actividades agrícolas de autoconsumo y poco a la actividad forestal. La alteración en la vegetación es causada por agricultura y tala de bosques moderada. Los suelos presentan alteración, debido a los cambios de uso para la agricultura.

En cuanto al agua, la calidad está alterada, por la acción del hombre ya que los fertilizantes y pesticidas que se utilizan dañan el agua y contaminan los cauces.

Las regiones donde se ubican las depresiones bajas y el cañón lateral paralelo tienen algunas características que son semejantes al talud de transición ya que se encuentran al interior de ella. Su altitud va de 740 a 2200 m.s.n.m., donde predominan declives de 45° a 1°30', y rocas como la caliza-lutita-arenisca y caliza, este tipo de rocas son susceptibles a la humedad, y se erosionan fácilmente ya que están formadas de granos finos y son de texturas medias, su composición mineral es de arcilla y limo.

La temperatura que se presenta es de 16 a 22 °C y la precipitación de 1000-1600 mm. La evapotranspiración tiene valores altos; cuenta con un coeficiente de escurrimiento alto de 30 a 20 % y una variable de infiltración media. Estos resultados son debido a las condiciones antes indicadas y que se aprecian en la tabla. Estas características, en suma propician la presencia de valores medios en los elementos del ciclo hidrológico. Con respecto a la frecuencia de cauces y densidad de drenaje predomina la presencia de cauces por kilómetro cuadrado desde la baja, media y alta, los patrones de drenaje son principalmente el dendrítico y rectangular.

Corresponde a una zona poblada, con vegetación y suelo alterados, debido a los cambios constantes que se hace del uso del suelo, vinculados a las actividades agropecuarias, que han deteriorando el estado natural del territorio, y a que la población abre numerosos caminos de acceso a las tierras de cultivo. Ahí destruye extensamente la vegetación y de paso elimina los nichos ecológicos y ahuyenta a la fauna.

El agua de los cauces, desde el primer orden hasta el sexto, presenta alteración alta debido a la contaminación por pesticidas, fertilizantes, desechos sólidos y descargas de aguas municipales.

La infiltración es baja. La caliza del suelo permite que se infiltre el agua, pero no la retienen. Clima o temperatura no dejan de influir en el fenómeno. Por otra parte la vegetación es escasa, las pisadas del incipiente ganado que se practica o el movimiento de maquinaria en las actividades agrarias producen compactaciones en el suelo, los poros del mismo quedan sellados y no retiene agua para su infiltración. Aunque no deja de haber labores de cultivo que favorecen la infiltración; al barbechar la tierra se rompen las costras del suelo y también se favorece la penetración del agua en el substrato y la adquisición de humedad del suelo, lo que permite la realización de otras labores.

Es una región muy poblada con predominio de uso del suelo para la agricultura de riego y de temporal, por lo tanto es una zona con una alteración alta, tanto de la vegetación como del suelo. La población practica la roza, tumba y quema en las lomas y algunos valles y laderas para establecer la agricultura, y/o para que retoñe la vegetación y sirva de alimento

al ganado. En segundo lugar en estas unidades de relieve de la cuenca, la contaminación aumenta y la calidad del agua disminuye para los pobladores que habitan aguas abajo.

En general, los cursos de agua tienen una alteración elevada a causa de la contaminación de que son objeto y que se genera a través de las descargas de drenajes que llevan residuos múltiples, entre los que se encuentran los sólidos. Existen en ellos y en sus proximidades basureros diversos; como las actividades agrícolas que requieren del uso de fertilizantes y de pesticidas, se provocan la contaminación de las aguas que se infiltran; lo mismo sucede con los desechos de las letrinas que se ubican en la inmediación de los cauces fluviales.

Las vías de comunicación que se ubican en la cuenca contribuyen por el acceso que ofrecen a que pobladores faltos de educación ambiental, continuamente favorecen al deterioro de numerosos sitios.

Resultados, conclusiones y sugerencias

Los resultados más notables de la investigación son los siguientes: Por área y altitud de relieve se nota que en la cuenca predominan, las altitudes entre 2200 a 2800 m.s.n.m. Una franja de 400 m de altura cubre el 65 % del área total de la cuenca. Destacan entre estas altitudes, montañas y ladera altas de origen sedimentario, montañas secundarias internas y el talud superior e inferior.

Otro aspecto relevante en cuanto al relieve es que en la parte baja de la cuenca existe un cañón, el cual va desde los 2200 a los 740 m.s.n.m., con una profundidad de 1460 metros. Ocupa dos unidades de relieve; depresiones bajas y cañón lateral paralelo.

Los declives dominantes corresponden a una inclinación media, aunque hay porciones de menor declive.

En cuanto a las rocas y suelos que lo constituyen tenemos la caliza del cretácico inferior. La andesita en segundo termino y posteriormente la caliza-lutita y arenisca, ambos grupos del terciario inferior.

Los suelos de estas zonas son regosol calcáreo, regosol eútrico, litosol con textura media en fase lítica, y en menor proporción en la parte noreste de la cuenca el vertisol con textura fina. Los suelos en general tiene la posibilidad de conservarse si se evita el constante cambio de uso del suelo, y en particular en la parte de las montañas y laderas altas, así como en las montañas secundarias internas, que se encuentran en proceso de erosión fluvial.

Según el inventario forestal del año 2000, de INEGI. Sobresale la agricultura de temporal, como la que ocupa el primer lugar en cuanto a cobertura vegetal y uso de suelo.

Se considera que la cuenca se encuentra en un alto proceso de erosión y desertización, debido a los cambios tan abruptos de uso del suelo y a la pérdida de vegetación natural por desmonte y deforestación (por tala excesiva de árboles) principalmente de los bosques de pino, pino-encino y encino.

El clima templado subhúmedo con lluvias en verano es dominante en la cuenca. Con temperatura media anual de 14 a 16 °C, con una precipitación entre 1000 y 1200 milímetros, localizado en la parte media.

Para el año 2000, la cuenca en general cuenta con un total de 23 304 habitantes y una densidad teórica de 40 habitantes por km². Población distribuida en pequeñas localidades rurales. La mayor población se concentra hacia la parte Norte de la cuenca. La actividad económica que predomina es la agrícola. En general la cuenca está medianamente alterada ya que todavía conserva algo de su estado natural.

En el talud superior e inferior, destacan los patrones de drenaje dendrítico y asimétrico. Y el rectangular particularmente en las laderas intermedias del Este y del Sureste.

La cuenca del río Yutamá, cuenta con tres principales subcuencas, a saber: la del río Yutamá, la del río La Esmeralda y la subcuenca del bajo río Yutamá.

Se tienen en total 575 cauces, la frecuencia absoluta de cauces es media, o sea de de 1.00 cauce sobre km². El análisis particular de la distribución de frecuencia de cauces en la cuenca también indica un predominio de la misma, de muy baja a baja. En cuanto a la densidad de drenaje, que va ligado a la frecuencia de cauces, se obtuvo un valor de 1.43 sobre km² esto indica que tiene una densidad de drenaje baja. En el análisis de la densidad de drenaje en toda la cuenca se muestra que las que más predominan en este caso son de la densidad baja a mediana.

En el mapa de hidrología de aguas subterráneas de la cuenca del río Yutamá, se presenta una unidad geohidrológica que ocupa toda el área de la cuenca. Esta es de material consolidado con posibilidades bajas. Esto significa que hay bajas posibilidades de contener acuíferos de agua dulce, y no son aptos para contener agua económicamente explotable.

Los cauces del primero al quinto orden que se encuentran en la parte media y alta de la cuenca, casi no presentan alteración causada por el hombre, sólo por contaminación orgánica natural. En la parte media y baja de la cuenca, incluyendo aguas abajo (en contraste), se concentra más caudal en los cauces y por tanto la población hace un uso mayor del agua para irrigación de cultivos, y el colector principal está muy alterado y contaminado.

De acuerdo con los resultados del balance hídrico, destaca la evapotranspiración con 401.974 millones de metros cúbicos, equivalente al 58.2 % del ingreso total de agua por medio de la lluvia. Esto se justifica por alguna de las características geográficas analizadas de la superficie. La conjugación de ciertos aspectos físicos y bióticos como: vegetación, litología y fracturas, suelos poco profundos no faltando los de fase lítica favorecen a la evapotranspiración.

El problema principal en cuanto al abastecimiento de agua es que la baja cobertura de agua potable o entubada en comunidades rurales es originado por la dispersión municipal, y en consecuencia la pulverización poblacional, que comprende localidades situadas en lugares sin acceso, sin fuentes de abastecimiento de difícil localización, hace incosteable la inversión y dispersión interlocal; además de que cuenta con baja calidad de vida, insalubridad, contaminación y ancestral malestar por las condiciones prevaletentes en el campo.

Los municipios que conforman la cuenca no cuentan con plantas de tratamiento por tanto los drenajes con los que cuentan descargan sus aguas negras y deshechos sólidos en las calles y en los cauces de los ríos. Además, presentan contaminación por fertilizantes, plaguicidas, pesticidas y otras sustancias químicas que alteran su composición. No se cuenta con algún plan para resolver la situación o con ningún proyecto de conservación de agua.

Discusión de resultados

De acuerdo con los planteamientos concernientes a los objetivos y la hipótesis enunciada. Se puede decir que se logró cumplir satisfactoriamente con ellos. Ya que se pudo realizar el estudio hidrogeográfico de la cuenca del río Yutamá. Conocer de que manera y en que medida los factores geográfico-físicos y antropogeográficos analizados intervienen en el comportamiento del ciclo local del agua, el balance hídrico, las fuentes de abastecimiento y las problemáticas principales que enfrenta la población de la cuenca. Obviamente este resultado general es producto de la integración y correlación de las características particulares de cada aspecto geográfico interpretado y analizado. Esto permite establecer una serie de resultados como producto de la medición y procesamiento de la información, de ellos se obtuvieron un conjunto de conclusiones derivadas del análisis e interpretación diversa.

Respecto a los objetivos particulares y la metodología empleada, se puede decir que se obtuvieron resultados favorables, puesto que la carencia de información y la difícil actualización de la misma, limitan el avance continuo; pero se logró un gran adelanto con esta investigación. Los resultados obtenidos son confiables en alto grado, y muestran una tendencia general del comportamiento hidrogeográfico de la cuenca.

En términos generales la metodología que se utilizó para la elaboración de la tesis se considera la adecuada como punto común de partida, ya que permitió conocer las causas y efectos de los hechos y fenómenos diferentes que se localizaron en la cuenca, e interrelacionar cada uno de los factores físicos, sociales y bióticos que condicionan la presencia de agua. Con la investigación realizada se obtuvo la explicación de los fenómenos geográficos de la cuenca.

Se observó a partir de una búsqueda bibliográfica y cartográfica, que existe la carencia de estudios particulares referentes a los aspectos físicos, sociales y principalmente de la hidrografía. Con este estudio se contribuye al conocimiento hidrogeográfico de la región hidrológica número veinte, en donde no existía ningún trabajo parecido al que se presenta.

Después de haber elaborado la tesis en lo personal puedo considerar que se obtuvieron resultados satisfactorios. Primero, se conocieron en gabinete algunas de las características geográficas, (las cuales se corroboraron en el campo) como los aspectos físicos y sociales así como la ubicación de ellos en la realidad. Segundo, se efectuó el conteo, cuantificación, medición y elaboración de elementos primordiales que conforman la tesis, como el de los parámetros morfométricos de la cuenca, como se vio al inicio del capítulo uno. Se realizaron gráficas como el del histograma de frecuencias altimétricas, curva hipsográfica, curva integral hipsométrica, termopluviometría, gráficas de temperatura, precipitación, evapotranspiración, escurrimiento, balances hídricos parciales, del balance global y gráficas la población, entre otras. Tercero, se midieron áreas y magnitudes de los factores geográfico-físicos que existen en la cuenca alta, algunos de ellos como la altimetría, geología, edafología, vegetación y uso de suelo, climas etc., y también se midieron y cuantificaron los cauces que constituyen el sistema fluvio geográfico, los cuales se clasificaron de acuerdo a la metodología aplicada.

Gracias al traslado de escala cartográfica 1: 250 000 a 1: 50 000, se pudo procesar la información para elaborar mapas inéditos como el de las unidades básicas del relieve, declives, patrones de drenaje, también se establecieron coeficientes para la realización de los mapas de distribución de frecuencia de cauces y densidad de drenaje; algunos de los aspectos antes mencionados son condicionantes del comportamiento fluvial y el balance hídrico estimado de la cuenca del río Yutamá.

En la elaboración de los mapas se procuró tener la máxima coincidencia entre la información presentada a una escala y la información que se transfirió a la escala adecuada para el procesamiento de datos, en este caso 1: 50 000, se obtuvo como resultado mapas de buena calidad, al igual que la precisión y calidad con la que se elaboraron las tablas, gráficas y figuras de la tesis, puesto que estos datos se correlacionaron, analizaron, interpretaron y describieron para inferir una serie de conclusiones y sugerencias.

En lo concerniente a la población, se corroboró que los resultados obtenidos de los censos de población, y los que se obtuvieron en la encuesta, coincidieran por otra parte demostraron efectivamente que la población va en descenso sobre todo en las localidades y poblaciones dispersas del interior de la cuenca, puesto que los habitantes buscan mejores oportunidades en el trabajo con el fin de mejorar sus ingresos y su calidad de vida; contrariamente, en las cabeceras municipales la población manifiesta un comportamiento estable.

Los datos obtenidos del balance hídrico estimado son congruentes y de carácter general, con el se pretende alcanzar un nivel de veracidad bueno dado que los resultados se aproximan a la realidad entre un 75 y 85 %, lo que en parte se debe a que los datos climáticos no corresponden a periodos completos y su información no está actualizada, o peor aún, no existe. Estos resultados se expresaron en milímetros, en millones de metros cúbicos para el volumen, y en porcentaje. Con ello se logra una visión más clara y comparativa de las proporciones de agua, tanto de ingreso como de salidas y pérdidas. El balance hídrico ayudó a deducir el volumen de agua con la que dispondrá la población en los próximos cuatro años.

Al efectuar los cálculos numéricos del balance hídrico por franjas, se lograron resultados que pueden considerarse adecuados, con respecto a la información y el material cartográfico consultado, y por las observaciones hechas en campo.

En el trabajo de campo se descubrió que el número de manantiales que se encuentran en la cuenca es alto; lamentablemente no se pudieron localizar con precisión, pero la presencia de estos manantiales proporciona una visión amplia, de donde y cómo se abastece la población dispersa que habita en la cuenca.

Se logra conocer por medio de la encuesta que se realizó en trabajo de campo, de donde proviene y como se abastece de agua la mayoría de la población en la cuenca. También gracias a las encuestas puede decirse que la calidad del agua en general aún es buena ya que algunos estudios, pocos en realidad, muestran que el agua es casi potable; esto lo mencionan algunas personas de las localidades cercanas al río, no obstante hay que clorar los depósitos para evitar enfermedades de tipo gastrointestinal.

En el trabajo de campo también se detectó que no toda de la población cuenta con pozos de agua; pero cuando llegan a consumir este líquido lo hierven previamente, para evitar cualquier tipo de enfermedad. Por contar con mejores condiciones socioeconómicas los habitantes que viven en las cabeceras municipales, contrariamente a los que habitan localidades dispersas, cuentan con el servicio de abastecimiento de agua potable y no tienen que recurrir a situaciones extremas para obtener el vital líquido y poder sus principales actividades.

Se estimó la demanda actual de agua de la población y la demanda futura. Y se establece que: sí se evita la deforestación en las partes altas y algunas otras alteraciones como el constante cambio de uso de suelo en las partes medias y bajas de la cuenca que son las que modifican el ciclo hidrológico. Y entre otras cosas también continúa el descenso poblacional, en los próximos años, el volumen que se encuentran en la cuenca podrá satisfacer las necesidades de sus pobladores, inclusive, los de las cabeceras, que siguen creciendo de manera normal o muy lejos de la explosión demográfica.

El estudio que se realizó puede servir de base para otros estudios enfocados a problemas específicos, por ejemplo: para la conservación ecológica, conservación del suelo, ordenamiento ecológico y estudios para fines agropecuarios, entre otros.

Conclusiones

A partir del análisis presentado en las secciones precedentes, se exponen las siguientes conclusiones.

En cualquier estudio hidrogeográfico o de manejo integral de cuencas, se deben concebir como primeros pasos: efectuar estudios previos de carácter general de entorno y de las particulares físicas y sociales de la cuenca. Tales investigaciones deben contemplar también aspectos inherentes al funcionamiento del sistema y ciclo hidrológico, y conocer las complejas redes de intercambio entre todos estos, además de precisar las variantes existentes de cada una por separado, las cuales aportan a la investigación. El ignorarlos causaría, más problemas de los que se pretende resolver. En este sentido, ni las instituciones estatales ni las federales cuentan con información actualizada al respecto, y lo que es peor, no muestran interés alguno por obtenerla o consultar la existente, ya que tampoco les atañen resolver problemas de ésta índole. Este trabajo es una aportación seria y extensa sobre conocimiento regional y estatal. Engloba todos los aspectos al principio mencionados y constituye un compendio de datos que pueden ayudar o servir de apoyo para iniciar y solucionar los actuales problemas del agua. Es importante que la población del país tome conciencia y se convenza de que la escasez de agua es común en todo el territorio, y que, aunque no se encuentra en peligro inminente de no contar con este recurso, es preciso que se estudien y valoren las reservas existentes y se lleve a cabo un uso y manejo más racional del agua así, como de su conservación.

La morfometría de la cuenca determina las condiciones del terreno. En la parte alta de la cuenca, en donde esta la pendiente más pronunciada, los escurrimientos desalojan rápidamente el agua que se capta en esa faja. Por lo tanto estos lugares presentan riesgos de ser fuertemente erosionados, debido a la garrafal deforestación que ahí se presenta.

Por otra parte, la geología en la zona antes señalada está constituida por andesitas fracturadas, aspecto significativo por el alto índice de infiltración que estas presentan. Se favorece la presencia de recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos. Un área de recarga de acuíferos, cuya agua posteriormente, aflora hacia la parte baja de la cuenca de los manantiales que alimentan a varios afluentes. Cabe aclarar que de seguir la deforestación y el mal manejo de los recursos como los de suelos y bosques ya no brotará la cantidad de agua que actualmente sale de algunos manantiales.

La geología de la cuenca incluye características muy variadas desde su relieve de talud superior hasta las partes altas; aproximadamente tres cuartas partes de la cuenca en la porción media y baja son muy uniformes, igual que la edafología, pero no deja de presentarse en ella la problemática del escurrimiento por lo variable del estrato rocoso. Así, donde existen las calizas y falta la vegetación, se propician volúmenes altos de evapotranspiración, no se retiene humedad y la infiltración es menor.

Se detectó disminución de selvas y bosques, debido a la actividad forestal que se desempeña con explotación irracional y poco redituable para las comunidades. Existe un fracaso de la mayoría de los programas de reforestación; se siembran miles de arbolitos, pero no se les da el cuidado necesario. Se nota una marcada depreciación o pérdida de la productividad agrícola como resultado del agotamiento de suelos.

En lo concerniente a población, ésta se encuentra concentrada en las cabeceras municipales, dispersa en las localidades o comunidades alejadas, lo que origina un desequilibrio en el suministro y abastecimiento de agua, así como también entre la oferta y la demanda de ésta, para el uso doméstico, las actividades agrícolas y económicas de la región. Es relevante su disminución en localidades dispersas y un crecimiento relativo en las cabeceras municipales. Todo lo anterior influye en los volúmenes de extracción de agua, ya sea de pozos, ríos, arroyos, manantiales y fuentes, y por otra parte, no dejan de presentarse problemas en torno al suministro y desalojo de las aguas residuales.

Los servicios se incrementan indiscutiblemente, estos debe incorporarse antes de dejar que crezcan más los problemas.

La falta de oportunidades de trabajo y la falta de servicios básicos en las áreas rurales incentivan procesos de migración, como ha venido sucediendo en los últimos cincuenta años.

También se concluye que para el trabajo de campo, la elaboración y la utilización de la encuesta, fue muy útil. Ya que se logró conocer diferentes puntos de vista de manera más amplia. Con respecto a la abundancia o escasez del agua, se pudo conocer su forma abastecimiento, el uso que se le da y la calidad.

Un aspecto importante que hay que resaltar, es que la principal fuente de disponibilidad de agua para el abastecimiento de los habitantes de la cuenca es de los manantiales. Aparecen por lo menos treinta dentro de los municipios que conforman la cuenca, de los cuales se extraen 2027 m³ de agua diariamente para uso doméstico y agrícola, por ser de mejor calidad. En segundo lugar se extraen 78 m³ diarios de agua de

tres pozos para uso doméstico. Y por último 23 m³ de agua de río, la cual se utiliza en irrigación de cultivos. En este último caso se extrae el agua del río porque está contaminada.

También con base en los resultados de la información obtenidos por la encuesta, se pudo constatar que el nivel del colector principal tiende a ser constante, ya que sólo esporádicamente presenta algunas anomalías. Por lo tanto se puede decir que el río siempre tiene agua, aunque ha llegado a tener un comportamiento extremo, pues llega a tener niveles tanto muy bajos como altos. Puede afirmarse que el río desenvuelve su potencial hídrico.

El análisis del mapa de regionalización pluvial, permite concluir; que las franjas de lluvia o regiones siguen una forma similar, y permiten reconocer la ubicación de la máxima y mínima precipitación. La mayor precipitación que se presenta en la cuenca es orográfica y se produce por la amplia diferencia de altura, pero corta distancia existente entre la curva de 740 m.s.n.m. a la de 2000, que existe en la región del cañón. El cañón lateral paralelo se caracteriza por ser extenso y con mucho agua de lluvia. La menor precipitación se tiene en de la parte alta de la cuenca, debido a que el aire tropical húmedo del Pacífico, descarga sus aguas en la región antes dicha. En el mapa se presentan cuatro regiones de precipitación que varían desde los 1750 milímetros a los 950 mm., con lluvia abundante, moderada y media. Desde el punto de vista climático el agua no es escasa en la cuenca, ya que es una zona subhúmeda puesto que, caen casi 1800 milímetros de agua de lluvia en la parte del cañón lateral paralelo y las depresiones bajas. Esta zona por paisaje aparenta ser un lugar seco. Pero esto se debe a que el agua que cae sobre la zona de rocas sedimentaria, como calizas, calizas-lutitas-areniscas, se infiltra. La poca que se retiene en la escasa cubierta edáfica, se evapotranspira por la temperatura que predomina aproximadamente es de 22 grados centígrados a 16 °C.

Se detectó que la tala excesiva de árboles en partes altas y medias de dicha cuenca, a la que acompaña la práctica de roza, tumba y quema, así, como el cambio de uso de suelo del forestal al agrícola. En las partes medias y altas, el crecimiento de población, principalmente en las en las cabeceras municipales, es directamente proporcional a la demanda de agua y al incremento de la contaminación e impactos ambientales. Con todo esto, es posible que se genere un desequilibrio tanto climático y del ciclo hidrológico local. Puesto que la desaparición de la cubierta vegetal y otros elementos naturales de la cuenca provocará la disminución en la retención de agua, pues se reduce la infiltración en las zonas de recarga de acuíferos. Debido a condiciones tanto geológicas como de relieve y climáticas. Se propicia el desarrollo de escurrimientos torrenciales, lo que lleva a que se presenten desastres en las partes bajas, concretamente los desbordamientos e inundaciones en la época de lluvias. Estos escurrimientos torrenciales incrementan la erosión fluvial, la pérdida de suelo, causan alteraciones en la calidad del agua por los materiales de arrastre y en suspensión que se acumulan aguas abajo, dando pie a la manifiesta sedimentación. En este proceso, las arcillas más finas tapan los poros y fracturas del suelo evitando la infiltración natural del agua.

Se considera que el balance hídrico realizado para la cuenca del río Yutamá, es una estimación general. El comportamiento de los valores del balance hídrico en la cuenca para años húmedos tiende a elevarse en las mismas proporciones de acuerdo a los porcentajes que se calcularon actualmente. Para años lluviosos consecutivos es muy posible que los procesos se conserven en términos generales; pero es posible que haya una tendencia a la disminución de la temperatura y a la evapotranspiración, por ende disminuya la evapotranspiración y que aumente el escurrimiento y la infiltración. En cuanto a los años secos disminuirán los valores de los procesos del ciclo hidrológico en la misma proporción. A la inversa de lo que sucede en los años lluviosos.

De acuerdo con los resultados del balance hídrico estimado se percibe que la mayor pérdida de agua corresponde a la evapotranspiración, un poco más de la cantidad que ingresa por precipitación. Esta cantidad es correcta con base en la fórmula aplicada, sin embargo debido a las dimensiones de la cuenca, a la carencia de instrumentación no es factible efectuar una comprobación adecuada. Esto se menciona porque, la litología de la cuenca es eminentemente de rocas sedimentarias aproximadamente en cuatro quintas partes. Está característica implica que la infiltración debe ser también muy alta, y por lo tanto, la retención de agua en las capas superficiales es muy pequeña.

Esto genera una contradicción aparente porque implica globalmente una gran pérdida de agua. Al parecer la cubierta edáfica permite que exista cierta retención de agua, de tal modo que disminuye la infiltración y el dato de evapotranspiración aumente. Una de las pruebas de lo anterior es la existencia de una cubierta vegetal "media" que indica la presencia del agua o retención en la superficie, particularmente en la mitad del territorio. Donde se registra una mayor precipitación.

Se logró establecer que la actividad prioritaria para, los pobladores de la cuenca es la agrícola, por lo tanto, el uso principal del agua básicamente es para, irrigación de cultivos y para uso doméstico. En la cuenca predominan las actividades que se apoyan en la explotación de recursos naturales. La población económicamente activa (PEA), se dedica en su mayoría. Se ve muy acentuada esta actividad en la población, y sus acciones productivas, se orientan hacia el aprovechamiento de dichos recursos como principal fuente de subsistencia, lo que origina problemas difíciles de resolver. Entre ellos están la sobre explotación de bosque, cambio de uso de suelo, y contaminación del agua como acontece con ciertos ríos. De seguir así, en pocos años se perderán las aguas superficiales y subterráneas, como consecuencia del mal uso y contaminación.

La contaminación de las corrientes superficiales de agua se debe a que en ellas se vierten aguas de desechos domésticos, se depositan detergentes y desechos orgánicos, mientras su asolvamiento es resultado de arrastres de materiales provocados por la lluvia, el viento debido a la deforestación y la agricultura de ladera que además contamina con agroquímicos. Lo cual, genera que la calidad del agua de las corrientes superficiales se degrade y el uso de la misma disminuya.

El patrimonio más valioso con que cuenta una cuenca o región, son sus recursos naturales. El agua, el suelo y el bosque, muestran signos de deterioro creciente, y esto se explica por el uso inadecuado y la carencia de políticas de aprovechamiento sostenible. En algunos casos es por necesidad y en otros por simple lucro o ineficiencia en la planeación.

Su manejo actual constituye un peligro tangible para la conservación y reproducción del entorno ambiental.

La cuenca es un elemento fundamental para la obtención de agua potable a largo plazo. Debido al proceso natural del ciclo del agua. Parte de las aguas de lluvia se infiltra en el suelo y una vez en el acuífero puede extraerse para el consumo humano, o fluir por un cauce lateral subterráneo hasta aflorar a la superficie como descarga de agua.

Muchos ríos siguen siendo una fuente segura de agua durante todo el año, y tener efectos benéficos en el clima. La preservación de los sistemas naturales como los bosques dentro de la cuenca tienen efectos micro y macroclimáticos beneficiosos. La evapotranspiración de estos mantiene los niveles locales de humedad y de precipitaciones pluviales. En las áreas con vegetación arbórea, gran parte del agua de las lluvias vuelve a pasar de los árboles a la atmósfera por transpiración y cae en forma de lluvia en la zona circundante. La destrucción del sistema lleva aparejada la disminución de las precipitaciones pluviales en la zona, con efectos adversos sobre el rendimiento de los cultivos.

A este trabajo se le juzga como un trabajo original porque contribuye a los conocimientos hidrográficos del estado de Oaxaca y de la región hidrológica número veinte, además de que no existe un trabajo que abarque lo contundente en cuanto a estudios hidrogeográficos de esta zona de Oaxaca.

Sugerencias

Con base en los resultados y conclusiones se consideró conveniente emitir algunas sugerencias que puedan ser de utilidad para el mejor aprovechamiento y conservación del agua, en la cuenca del río Yutamá.

Se sugiere a la Comisión Federal de Electricidad a través del Meteorológico Nacional, la instalación de otras estaciones climáticas en puntos estratégicos, en la parte centro-oeste de la cuenca, que carece de información. Que se reestablezcan estaciones como la de Yutamá, Yosondúa, y las estaciones hidrométricas en los puntos de confluencia de los ríos Yutamá y La Esmeralda. Incluir en la información hidrométrica, registros puntuales del lisímetro, para medir la capacidad de infiltración del suelo. Además que éstas permitirán tener conocimiento del volumen total de escurrimientos en los puntos de máxima concentración de los mismos, y no deducirlos tan sólo de datos extraídos de una carta climática o de hidrología de aguas superficiales. Por las condiciones litológicas de rocas sedimentarias, no se sugiere la construcción de presas ya que sería inconveniente establecerlas porque la infiltración es muy alta.

También es necesario que instalen aparatos en las estaciones hidrométricas que registren los caudales y la cantidad de sólidos en suspensión y materiales de arrastre. De ser registrada una cantidad elevada de estos materiales, se requiere la construcción de cortinas o gaviones de azolve que retengan los sedimentos, ya que son materiales aluviales que se caracterizan por ser muy fértiles y que se pueden utilizar para las labores de cultivo.

Implementar la reforestación de la zona afectada es otra solución importante que traería grandes beneficios, tanto para mitigar la erosión, como para crear nuevas zonas de recarga natural de agua.

Sería ideal que la Dirección General de Geografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, iniciara un estudio de aguas subterráneas en la unidad geohidrológica localizada en la cuenca. Esto permitirá cuantificar los volúmenes de agua de los acuíferos, óptimos para su aprovechamiento. Conveniente sería realizar un inventario exhaustivo de la presencia de manantiales y calcular su caudal o gasto.

Con respecto al balance hídrico las áreas críticas están sobre todo en las partes bajas de la cuenca donde el constante cambio de uso de suelo, del forestal al agrícola o al ganadero y viceversa. La tala de árboles en las partes altas de la cuenca y la construcción de carreteras causan un impacto grave en el medio ambiente y daña el buen funcionamiento del ciclo hidrológico. Por lo anterior, la Comisión Nacional del Agua, debe hacer un estudio particular al respecto. También sería bueno poner en marcha el pago por el uso de servicios ambientales en la cuenca.

En cuanto a los procesos del ciclo hidrológico local de la cuenca. También merecen estudios particulares, con cartografía de mayor detalle, fotos aéreas, trabajos de campo, realizar inventarios forestales, de uso de suelo y de parcelas. Ya, bueno sería que conocidas las características físicas, se realizaran estudios socioeconómicos. También se pueden hacer diagnósticos económicos, estudios más amplios sobre la migración.

Se reconoce que el buen uso, la disponibilidad y conservación del agua, son ignorados y carecen de importancia y valoración para la población de la cuenca y autoridades que toman decisiones sobre planeación y desarrollo rural. Así, como también no es su prioridad. Sus objetivos vitales han sido siempre, el mantenimiento del sistema con los ajustes mínimos. No buscan la adecuación, ni la racionalidad; se pretende, simplemente la continuidad. Por lo que hay muy poca disposición para apoyar y promover trabajos de investigación para llegar a la solución de problemáticas, aplicar una planeación, lo cual destruye las bases de todo desarrollo futuro.

Se recomienda promover el desarrollo de una cultura del agua y de diálogo en todos los niveles, sobre la base del establecimiento de toma de decisiones públicas y de un adecuado sistema de acceso a la información.

Promover el cambio de conducta mediante la toma de conciencia y capacidad, a través de materiales de comunicación para ampliar la educación formal y la capacitación para ayudar a que las personas actúen, así, como intercambio de experiencias para desarrollo.

Es necesario asumir una visión amplia y compartida, entre otras cosas conseguir una utilización y manejo sustentable de los recursos hídricos que ayuden a incrementar en toda la población la toma de conciencia acerca de la crisis del agua que hay que evitar que se agudice en los próximos años.

Se debe dar prioridad al conocimiento y cuantificación de las disponibilidades de las aguas superficiales y subterráneas, alentar los usos más eficientes y los métodos ahorradores de agua en la agricultura y en el resto de los sectores, y atender la contaminación de las corrientes y cuerpos receptores porque afectan y comprometen gravemente la disponibilidad del recurso en un futuro.

Es una tarea urgente y necesaria, desde muchos puntos de vista, tratar adecuadamente y a fondo los temas de disponibilidad, uso y conservación del agua. En una cuenca como unidad de estudio, se hace una integración de la parte media, baja y alta con sus respectivas interrelaciones. Se requiere del estudio a profundidad de los principales ríos, se debe dar énfasis en lo local y en lo municipal, desarrollándolo primero de lo general a lo particular. Además una unidad hidrográfica es la adecuada para el estudio integral de los recursos hídricos, las características físicas, sociales y el propio ciclo hidrológico que tiene relación e interdependencia.

Es inminente el reconocimiento de las cuencas hidrográficas como los territorios más apropiados para conducir los procesos de manejo, aprovechamiento, planeación y administración del agua y, en su sentido más amplio y general, como los territorios más idóneos para llevar a cabo su control. Tan es de gran importancia, que se han llevado a cabo eventos sobre cuencas, en el año 2004, el Instituto Nacional de Ecología convocó al “Seminario: Gestión Integral en Cuencas Hídricas: teoría y práctica”, otro evento de gran relevancia fue el Marco del V Diálogo Interamericano del Agua, en el año 2005, en Jamaica. Y en 2006, como todos sabemos México fue sede del 4º. Foro Mundial del Agua, Sesión: Manejo integral de cuencas hidrográficas en México (Organizadores: INE-WWF-UNAM). Y en 2007, el INE, la Universidad Autónoma de Querétaro, entre otros, convocan al: Congreso Nacional y Reunión Mesoamericana de Manejo de Cuencas Hidrográficas “Lecciones aprendidas y retos”.

Las cuencas son una parte fundamental de la solución de problemas del agua, por eso hay que adoptar medidas necesarias para evitar la destrucción de las cuencas existentes, a largo plazo, y con el objeto de reparar los daños causados a los recursos de agua. Las comunidades locales deberán atribuir prioridad especial a la restauración y rehabilitación de las cuencas alteradas, degradadas o modificadas.

De manera genérica hace falta reconocer el valor intrínseco de las cuencas como ecosistemas hídricos y las capacidades de éstas para proporcionar bienes y servicios a las comunidades asentadas en ella. Para lo cual se necesita mantener y restaurar recursos forestales —reforestación—, proteger fauna, flora, usar técnicas eficientes para aplicarlas en la agricultura, y por supuesto uso sustentable del agua, que nos proporciona la cuenca.

Cuidar los recursos del agua por cuenca, a través de la participación pública; conservar suficiente agua en los ecosistemas para proporcionar servicios; controlar la contaminación, los deshechos, y compartir equitativamente los recursos hídricos, son tareas esenciales.

En cuanto al saneamiento, es importante impulsar la construcción de letrinas o fosas sépticas y evitar el fecalismo al aire libre, que genera riesgos de salud. Es recomendable, el sanitario ecológico seco —saniseco—, para uso doméstico unifamiliar, ya que no utiliza

agua, no permite el contacto de las heces fecales con el entorno. Es de fácil traslado a cualquier comunidad, aún sin camino de acceso.

En materia de abasto y conducción del agua en la cuenca, lo que se debe hacer es proteger las fuentes de abasto, promover la desinfección de agua y planear una sectorización de las redes de abastecimiento.

Para conservar una buena calidad del agua, es necesario controlar el alto contenido de sólidos o con algún otro elemento fuera de norma. Efectuar monitoreos constantes de las descargas de desechos domésticos, agrícolas y hasta industriales así como, los emisores y colectores.

Rehabilitar e incrementar la infraestructura de captación y abastecimiento del recurso hídrico en las zonas indígenas y rurales. Promoviendo distintas opciones para el tratamiento de aguas residuales adecuadas al tamaño, costo, características de la localidad o el posible reciclamiento del recurso.

En vista, de que la población de la cuenca en general tiende a disminuir y la población que se concentra en las cabeceras municipales tiende a aumentar, se le sugiere a las autoridades del municipio y/o a quien corresponda, como pueden ser dependencias federales, concretamente la Comisión Nacional del Agua o la Secretaria de Salud, que dentro de sus principales prioridades; tengan la de difundir que el agua de abastecimiento a poblados para uso doméstico, en especial para beber y cocinar alimentos, debe ser previamente desinfectada. Y con respecto a las aguas negras, tomar cartas en el asunto para que se ponga en funcionamiento, cuanto antes, una planta de tratamiento de aguas residuales, así, como aplicar otro tipo de obras que ayuden a la conservación, para sustentar a largo plazo el agua de los escurrimientos naturales tanto superficiales como subterráneos, evitando la contaminación, ya que la sobreexplotación de este recurso, implica la necesidad de la aplicación de políticas de planeación a mediano y a largo plazo. Por eso es necesario que se implemente el uso también de canaletas para captación de agua de lluvia de los tejados y conducirla a cisternas; de aquí ésta puede ser empleada para los cultivos de riego y algunas labores domésticas, con lo que se aprovechará al máximo el agua de las precipitaciones.

Adoptar opciones diferentes y tecnologías para el cuidado, captación u obtención de agua para consumo humano u otros usos, como el rescate de cuencas, reforestación, captación del agua de lluvia.

En virtud de la importancia del tratamiento de las aguas residuales en las comunidades rurales, se debe proponer a los pueblos la adopción de tecnologías adecuadas para esquemas de núcleos que aglutinen cuatro o más viviendas en poblaciones dispersas para construir sistemas de drenaje y tratamiento. Ofrecer acciones que eviten la contaminación de cuerpos de agua.

Crear comités voluntarios de seguridad entre los pobladores para controlar el manejo del recurso para facilitar la detección de contaminantes y desechos peligrosos en las fuentes de abastecimiento.

Se plantea la necesidad de la formación de equipos conformados por diversos tipos de profesionales para efectuar estudios o investigaciones más profundas en las áreas más problemáticas. Con base en ello se pueden plantear las soluciones más adecuadas para conservar el medio ambiente y establecer las bases de la ordenación territorial.

A la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, se le sugiere que establezca una mayor vigilancia. Que proteja reforestando, los bosques de pino, encino y pino-encino de las áreas de montañas altas y montañas secundarias internas, así, como la vegetación de las depresiones bajas y del cañón lateral, considerándolas como reserva. Con el fin de compensar las pérdidas de bosque y de selva baja en la cuenca, éste cuidado es indispensable para facilitar la recarga de acuíferos de la zona y poder mantener un equilibrio ecológico y un nivel adecuado en el comportamiento del ciclo hidrológico.

Otra buena sugerencia a SEMARNAT es la de establecer viveros que favorezcan la reforestación, también se pueden cultivar árboles frutales en mayor número. Se recomienda el uso de estufas de petróleo diáfano refinado, para sustituir el uso de la leña y ayudar a la conservación de los bosques.

Se requiere involucrar al Gobierno del Estado de Oaxaca —Dependencias, Secretarías estatales, a la Universidad Autónoma Benito Juárez, Institutos de investigación, a la Comisión Nacional del Agua, Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales y al Instituto Nacional de Ecología, para que realicen estudios eco-geográficos. Se pueden realizar muchas investigaciones que abarquen un estudio *ad hoc*, para la cuenca, y en muchas otras de la República Mexicana que se encuentren en la misma situación.

Se sugiere a las entidades federativas y estatales, tomen cartas en el asunto, para ello pienso remitir los resultados del estudio.

A partir de esta obra se puede contribuir a sentar las bases para principiar un ordenamiento territorial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVES DE LA MORA, José Luís. (1988). *Compilación sobre la Flora Oaxaqueña*. México: Instituto Politécnico Nacional (IPN), (IWO).
- AGUILERA CONTRERAS, Mauricio; y MARTÍNEZ ELIZONDO, René. (1996). *Relaciones agua, suelo, planta y atmósfera*. México: Universidad Autónoma de Chapingo (UACH).
- ÁLVAREZ, Luís Rodrigo. (2003). *Geografía General de Oaxaca*. México: Oaxaca, Carteles Editores.
- ANGULO CARRERA, Alejandro. (2006). *Conflictos por el agua*. México: Universidad Autónoma de Querétaro, Centro Integral de Estudios y Proyectos Ambientales, S. A. de C. V. (CIEPAM), Centro de Estudios Jurídicos Ambientales, A. C. (CEJA).
- ANSELMO ARELLANES, Meixueiro. (1996). *Geografía y Ecología de Oaxaca*. México: Carteles editores.
- ANTONY, Deborah; HAYVEY, Michael; et al. (2002). *Applying geomorphology to environmental management*.
- APARICIO MIJARES, Francisco J. (2003). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México: Limusa, Noriega Editores.
- ARAGÓN GÓMEZ, Juan H. (1979). *Informe hidrológico preliminar del valle de Miahuatlán Municipio del estado de Oaxaca*. Tesis Ingeniero Geólogo. ESIA. Instituto Politécnico Nacional (IPN).
- ARRIAGA FRIAS, Alberto; DE LA CRUZ GUZMÁN, Gumersindo; y ORTÍZ MONTIEL, Gerardo. (1999). *Relaciones hídricas en las plantas*. México: Plaza y Valdés.
- BARRERA, Tomás. (1946). *Guía geológica de Oaxaca*. Instituto de Geología. México: UNAM.
- BARKIN, David. (2001). *Innovaciones Mexicanas en el Manejo del Agua*. México: Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Xochimilco.
- BASSOLS BATALLA, Ángel. (1981). *Recursos naturales de México: Teoría, conocimiento y uso*. México: Nuestro tiempo.
- BENASSINI, Oscar. (1997). *Aprovechamiento racional de los recursos hidráulicos de México*. México: Decenio Hidrológico Internacional.
- BETHEMONT, Jacques. (1980). *Geografía de la utilización de las agua continentales*. Barcelona: Oikos-tau.
- BLANCO MACÍAS, Gonzalo; RAMÍREZ CERVANTES, Guillermo. (1966). *La conservación del suelo y el agua en México*. Instituto Mexicano de recursos Naturales Renovables, A. C.: México.
- BROW H, James. (2003). *Macroecología*. México: Fondo de Cultura Económica.
-
-

-
-
- CAMDESSUS; BADRÉ; BUCHOT; Et al. (2006). *Agua para todos*. México: Fondo de Cultura Económica.
- CAMPOS ARANDA, D. F. (1992). *Proceso del ciclo hidrológico*. México: Universidad Autónoma de San Luís Potosí. México.
- CAMPOS VILLA, Álvaro. (1992). *Plantas y flores de Oaxaca*. Inventario florístico. México: Instituto de Biología. UNAM.
- CAPELA, A. (1990). *Decenio en México del abastecimiento del agua potable y saneamiento 1981-1990*. Resumen ejecutivo, : Ingeniería Ambiental: México.
- CERVANTES RAMÍREZ, Martha. (1987). *Análisis geográfico de recursos vegetales y faunísticos de México*. Tesis de Doctorado en Geografía. México: Facultad de Filosofía y Letras. UNAM.
- CHOW, V.T. (1964). *Handbook of applied hydrology*. New York: McGraw Hill.
- COLEGIO DE POSTGRADUADOS. (1991). *Manual de conservación del suelo y del agua*. México: UACH, SARH, SPP.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. (CONAGUA). *Registros climáticos mensuales 1958 – 1988 de las estaciones, San Esteban Atatlahuca, Chalcatongo de Hidalgo, Yutamá Yosondúa, Santiago Yosondúa, Estado de Oaxaca*. Oaxaca de Juárez, Subdirección técnica. Gerencia regional de aguas superficiales e ingeniería de ríos. Gerencia Regional Pacífico Sur. México: CONAGUA.
- _____. *Registros hidrométricos mensuales 1950 – 1980 de la estación hidrométrica Yutamá y Nduavé, Estado de Oaxaca*. Oaxaca de Juárez, Subdirección técnica. Gerencia regional de aguas superficiales e ingeniería de ríos. Gerencia Regional Pacífico Sur. México: CONAGUA.
- _____. (2005). *Lo que se dice del agua*. México: CONAGUA.
- CORREA PÉREZ, Genaro. (1992). *Clasificación de los tipos de ambientes*. México: EDDISA.
- _____. (S/ F). *Clasificación de los tipos de relieve*. México. Inédito.
- COTLER ÁVALOS, Helena. (2004). *Manejo integral de cuencas hídricas en México: Estudios y Reflexiones para Orientar La Política Ambiental*. México: Instituto Nacional de Ecología (INE)
- DANILO, Antón; DÍAZ, Carlos. (2000). *Sequía en un mundo de agua*. San José, Costa Rica; México: Pirigazú-Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).
- ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, SECRETARÍA DE LA INDUSTRIA Y COMERCIO; DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICA. (1960). *VIII Censo General de Población y Vivienda: Localidades de la República por Entidades Federativas y Municipios*. Tomo II México, D.F. 1963. Estado de Oaxaca. México.
-
-

-
-
- _____. (1970). *IX Censo General de Población y Vivienda: Localidades de la República por Entidades Federativas, Municipios. Tomo II México, D.F. 1970. Estados de Hidalgo a Oaxaca.* México.
- FLORES, Teodoro. (1980). *Datos para la geología del estado de Oaxaca.* México: México.
- FRANCISCO ROBLES, Janette. (2003). *Factores geográfico-físicos que rigen el comportamiento fluvial y el balance hídrico de la cuenca alta del río Sola de Vega, estado de Oaxaca, México.* Tesis de licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. México: UNAM
- GARCÍA GARCÍA, Ángel. (2000). *Distritos. Red de caminos y datos estadísticos de población y vivienda. Planos y habitantes.* Oaxaca, México: Ángel García García y Asociados, S. C.
- GARCÍA MIRANDA, Enriqueta. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.* México: Offset Larios.
- _____. (1989). *Apuntes de climatología.* México: Offset Larios.
- GONZÁLEZ PIEDRA, Julio Iván. (1984). *Hidrología general.* La Habana: Pueblo y Educación.
- _____, GUTIERREZ HERNÁNDEZ, José Evelio. (1988). *Hidrología práctica.* La Habana: Pueblo y Educación.
- GUERRA, Luis Manuel. (1989). *Agua y Energía en la Ciudad de México. Perspectivas para el año 2000.* México: Fundación Friedrich Ebert.
- GUERRA PEÑA, Felipe. (1980). *Fotogeología.* México: UNAM.
- HEBERT DEL VALLE, Florencia. (2000). *Uso consuntivo del agua por las plantas.* México: Universidad Autónoma de Chapingo (UACH).
- HORACIO, BOEGE, Eckart. (1996). *El acceso a los recursos naturales y el desarrollo sustentable.* México: INAH; UAM, Unidad Azcapotzalco.
- HORMIGA SÁNCHEZ, Martha Yaneth. (1999). *Estudio hidrogeográfico de la cuenca alta del río Tepejí, estado de México: Las subcuencas vertientes a la presa Taxinay.* Tesis de Maestría en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. México: UNAM
- HUAG, Walter; T. PH. D. (1992). *Petrología.* Madrid: España.
- INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM; FONDO OAXAQUEÑO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA; WORLD WILDLIFE FUND. (2004). *Biodiversidad de Oaxaca.* México: (UNAM, WWF).
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. (1980). *X Censo de Población y Vivienda. Volumen I. Estado de Oaxaca.* México.
-
-

-
-
- _____. (1990). *XI Censo General de Población y Vivienda: Resultados Definitivos, Tabulados Básicos*. Estado de Oaxaca. México.
- _____. (1990). *Guías para la interpretación de cartografía: Uso de suelo*. México.
- _____. (1990). *Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación: (Alfanuméricos)*. México.
- _____. (2000). *Integración territorial*. Estado de Oaxaca. México.
- _____. (2003). *Anuario Estadístico*. Tomo I. Estado de Oaxaca. México.
- _____. (2004). *Síntesis de información geográfica del estado de Oaxaca*. Digital. Estado de Oaxaca. México: INEGI.
- JIMÉNEZ ROMAN, Arturo. (1981). *Estudio geográfico del agua de escurrimiento de la cuenca del río Huicicila, Nayarit*. Tesis de maestría en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. México: UNAM.
- KLOHN, W. (1970). *Magnitudes fisiográficas e Índices morfométricos relacionados con la hidrología*. Bogotá: Publicación Aperiódica No. 12 del Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología.
- LANZA, Guadalupe de la; y otros. (1999). *Diccionario de hidrología y ciencia afines*. México: Plaza y Valdez.
- LEFF, Enrique. (1990). *Medio ambiente y desarrollo en México*. Vol. II México: UNAM.
- LINSLEY, R. K; KOLHER, M. A; PAULHUS, J. L. H. (1988). *Hidrología para ingenieros*. México: McGraw Hill.
- LLAMAS, José. (1989). *Hidrología general: Principios y aplicaciones*. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- LLOPIS LLADÓ, Noel. (1982). *Fundamentos de hidrogeología cárstica*. Introducción a la geoespeleología. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
- LÓPEZ RAMOS, Ernesto. (1981). *Geología de México*. Tomo III. México: Trillas.
- _____. (1983). *Geología general y de México*. Tomo I. México: Trillas.
- LOUIS, H. (1976). *Demografía*. Barcelona, Omega.
- LUQUE, Jorge Alfredo. (1981). *Hidrología agrícola aplicada*. Buenos Aires: Hemisferio Sur.
- MADEREY RASCÓN, Laura Elena. (1965). *Estudio preliminar sobre las aguas subterráneas en México*. Tesis de Licenciatura en Geografía Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
-
-

-
-
- _____. (1971). *Balance hidrológico de la cuenca del río Tizar, Durante el periodo 1967-1968*. Tesis de Doctorado en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. México: UNAM.
- _____. (1977). *Agua de escurrimiento en la República Mexicana*. México: UNAM.
- _____. (2005). *Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico*. Geografía para el siglo XXI. Serie textos universitarios. Núm. 1, 2005. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- MADEREY RASCÓN, Laura Elena y CARRILLO RIVERA, J. Joel. (2005). *El Recurso Agua en México: Un análisis geográfico*. Textos monográficos: Naturaleza. Temas selectos de geografía de México. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- MARTÍNEZ MARTÍNEZ, Sergio Ignacio. (2000). *Introducción a la hidrología superficial*. Textos universitarios, Aguascalientes, México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- MARTÍNEZ LUNA, Víctor Manuel. (1980). *Los factores geomorfológicos que rigen el comportamiento de la presa "Ignacio Allende", Guanajuato*. México: UNAM.
- MARTÍNEZ, Andrés; y NAVARRO, Joaquín. (1996). *Hidrología Forestal, El ciclo del agua*. Valladolid, España: Universidad de Valladolid.
- MELÉNDEZ BERMUDO, José. (1981). *Geología*. Madrid: Paraninfo.
- MELÉNDEZ DE LA CRUZ, Juan. (1999). *Hidrogeografía del la cuenca del río Cuitzamala, Jalisco*. Tesis de maestría en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. México: UNAM.
- MILLER A., Austin. (1970). *La piel de la Tierra*. Madrid: Alhambra.
- MURPHY A. (1991). *Social inequality in Oaxaca, a history of resistance y change*. USA: Universidad de Philadelphia.
- NAHMAD, Salomón; GONZÁLEZ, Álvaro y VÁZQUEZ, Marco. (1994). *Medio Ambiente y Tecnologías Indígenas en el Sur de Oaxaca*. México: Centro de Ecología y Desarrollo.
- OWEN, Oliver. (2000). *Conservación de recursos naturales*. México: Pax México.
- PIERRE, George. (1979). *Población y poblamiento*. París: Universidad de París.
- RAMOS OLMOS; SEPÚLVEDA MARQUÉZ; y VILLALOBOS MORETO. (2003). *El agua en el medio ambiente*. Muestreo y análisis. México: Plaza y Valdés, Universidad Autónoma de Baja California (UABC).
- RODRÍGUEZ TORRES, Rafael. (1970). *Guías de excursiones, México-Oaxaca*. Sociedad Geológica Mexicana. México: UNAM.
-
-

-
-
- ROSAS DÍAZ, Juan. (1996). *Demanda actual y potencial de agua para uso doméstico de la cuenca del río Tejalpa*, estado de México. Tesis de Licenciatura en Geografía. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- RZEDOWSKI, Jerzy. (1981). *Vegetación de México*. México: Limusa.
- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRÁULICOS. (1970). Boletín hidrológico Núm. 31. Tomo II; *Regiones hidrológicas Números 19-22, zonas de la costa de Guerrero y Oaxaca*. Jefatura de irrigación de ríos. México: SRH.
- _____. (1971). *Metodología para la determinación y cálculo del uso consuntivo del agua*. Memorando técnico; Núm. 209. México.
- _____. (1987). *Sistema ejecutivo de datos básicos del agua*. (SEDAB). Anexo 1. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).
- SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2004). *Perspectivas del Medio Ambiente en México*. Geo México. México: Programa de Naciones Unidas Para el Medio ambiente, (PNUMA). Instituto Nacional de Ecología (INE).
- SMITH ROGER, Elton. (2002). *Infiltration theory for hydrology applications*. Corriente de agua subterránea. Washington, D. C.: American Geophysical Union.
- SPRINGALL G.,R. (1970). *Hidrología. primera parte*. Instituto de Ingeniería. UNAM.
- STRAHLER, Arthur. (1990). *Geografía física*. Barcelona: Omega.
- TAMAYO, Jorge L. (1962). *Geografía general de México: Geografía Física. Tomo II*. México: Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas.
- _____. (1971). *El aprovechamiento del agua y su abastecimiento futuro*. Sociedad Mexicana de Historia Natural, Boletín de divulgación Núm. 3. México.
- _____. (1980). *Geografía moderna de México*. México: Trillas.
- TORRES RUATA, Cuauhtémoc Jesús. (1985). *Estudio hidrogeográfico de la cuenca alta del río Sinaloa, Elementos climatológicos que condicionan su régimen hidrológico*. Tesis de maestría en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. México: UNAM.
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO. (2004). *Diagnóstico Ambiental y Propuestas de Ordenamiento para la Subcuenca del Río San Juan, del Estado de Guerrero*. México: Instituto de investigación Científica. Área; Ciencias Naturales.
- VILLANUEVA MANZO, Jesús. (2002). *Microcuencas*. México: Universidad Autónoma de Chapingo (UACH).
-
-

SITIOS DE INTERNET

1. <http://www.semarnat.gob.mx>
2. <http://www.ine.gob.mx>
3. <http://www.conabio.gob.mx>
4. <http://www.conafor.gob.mx>
5. <http://www.mud.cl/-huero/temperatura.ppt>
6. <http://www.fao.org/ag/agl/index.htm>
7. <http://www.inegi.gob.mx/est/default>
8. <http://www.conagua.gob.mx/programa/hidr.htm>
9. <http://www.conagua.gob.mx/plan/estatal/hidr.htm>
10. <http://www.oaxaca.gob.planestataldedesarrollo/sustent.htm>

CARTOGRAFÍA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. (CNA). (1991). *Carta Isoyetas Normales Anuales de la República Mexicana período 1931-1990, Regiones Hidrológicas-020 Costa Chica- Río Verde, 021 Costa Oaxaca (Puerto Ángel), 022 Tehuantepec. Lamina X. México.*

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD. (CONABIO). (1999). *Carta Uso de Suelo y Vegetación, escala 1: 250 000. Oaxaca, México.*

_____. (2000). *Carta de clima, escala 1: 250 000*

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL. (DETENAL). (1973). *Carta Topográfica, escala 1: 250 000 Oaxaca, E14-9. Oaxaca, México.*

_____. (1973). *Carta Topográfica, escala 1: 250 000 Zaachila, E14-12. Oaxaca, México.*

INSTITUTO DE GEOGRAFÍA. (IG). (1990). *Atlas Nacional de México. México: UNAM.*

INSTITUTO DE GEOLOGÍA. (1980). *Cartas geológicas por estado. México: UNAM.*

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. (INEGI). (1999). *Carta Topográfica, escala 1: 50 000 Putla Villa de Guerrero, E14 D44. Oaxaca, México.*

_____. (1999). *Carta Topográfica, escala 1: 50 000 San Agustín Tlacotepec, E14 D45. Oaxaca, México.*

_____. (1999). *Carta Topográfica, escala 1: 50 000 Santa María Zacatepec, E14 D54. Oaxaca, México.*

_____. (1999). *Carta Topográfica, escala 1: 50 000 Santiago Yosondúa, E14 D55. Oaxaca, México.*

_____. (1999). *Carta Topográfica, escala 1: 50 000 La Reforma, E14 D64, Oaxaca. México.*

_____. (1999). *Carta Topográfica, escala 1: 50 000 Santiago Ixtayutla, E14 D65, Oaxaca, México.*

_____. (1999). *Carta Topográfica, escala 1: 250 000 Zaachila, E14-12. Oaxaca, México.*

-
-
- _____. (1986). *Carta Topográfica, escala 1: 250 000 Oaxaca, E14-9*. Oaxaca, México.
- _____. (2000). *Inventario forestal, escala 1: 250 000 Oaxaca, E14-9*. Oaxaca, México.
- _____. (1999). *Carta Uso de Suelo y Vegetación, escala 1: 250 000 Zaachila, E14-12*. Oaxaca, México.
- _____. (1986). *Carta Uso de Suelo y Vegetación, escala 1: 250 000 Oaxaca, E14-9*. Oaxaca, México.
- _____. (1999). *Carta Geología, escala 1: 250 000 Zaachila, E14-12*. Oaxaca, México.
- _____. (1999). *Carta Geología, escala 1: 250 000 Oaxaca, E14-9*. Oaxaca, México.
- _____. (2000). *Carta Edafología, escala 1: 250 000 Zaachila, E14-12*. Oaxaca, México.
- _____. (2000). *Carta Edafología, escala 1: 250 000 Oaxaca, E14-9*. Oaxaca, México.
- _____. (2003). *Carta Edafología, escala 1: 700 000*. Oaxaca, México.
- _____. (1988). *Carta Aguas superficiales, escala 1: 250 000 Zaachila, E14-12*. Oaxaca, México.
- _____. (1988). *Carta Aguas superficiales, escala 1: 250 000 Oaxaca, E14-9*. Oaxaca, México.
- _____. (1988). *Carta Aguas subterráneas, escala 1: 250 000 Zaachila, E14-12*. Oaxaca, México.
- _____. (1988). *Carta Aguas subterráneas, escala 1: 250 000 Oaxaca, E14-9*. Oaxaca, México.
- _____. (2000). *Carta Climas, escala 1: 1 000 000*. Oaxaca, México.
- _____. (2003). *Carta Climas, escala 1: 700 000*. Oaxaca, México.
- _____. (2000). *Carta Municipal, escala 1: 250 000*. Oaxaca, México.
- _____. (2000). *Carta Uso de Suelo y Vegetación, escala 1: 250 000*. Oaxaca, México.
- LOPÉZ RAMOS, Ernesto. (1967). *Carta geológica del estado de Oaxaca*. México: México.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS. (SARH). (1987). *Carta hidrográfica: Regiones hidrológicas 19-22 de la República Mexicana. Hoja 1/1, escala 1: 1000 000*. México.
- SECRETARIA DE LA PRESIDENCIA. (SP)., COMISIÓN DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL Y PLANEACIÓN. (CETENAP)., Instituto de Geografía (IG). UNAM. (1970). *Carta de Climas, escala 1: 500 000 San Pedro Pochutla 14Q-VIII*. México.
- SECRETARIA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. (SPP)., INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. (INEGI). (1984). *Carta de Efectos Climáticos Regionales Mayo-Octubre, escala 1: 250 000 Oaxaca, E14-9*. Oaxaca, México.
-
-

- _____. (1984). *Carta de Efectos Climáticos Regionales Noviembre-Abril, escala 1: 250 000 Oaxaca, E14-9*. Oaxaca, México.
- _____. (1984). *Carta de Efectos Climáticos Regionales Mayo-Octubre, escala 1: 250 000 Zaachila, E14-12*. Oaxaca, México.
- _____. (1984). *Carta de Efectos Climáticos Regionales Noviembre-Abril, escala 1: 250 000 Zaachila, E14-12*. Oaxaca, México.
-
-

Sinopsis geográfica por unidad de relieve de la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Unidades de relieve	Patrones de drenaje	Orden de cauce según Strahler	Frecuencia de cauces $F_c = \frac{N_c}{K_m^2}$	Densidad de drenaje $D_d = \frac{K_m}{K_m^2}$	Evapotranspiración ET en mm
	A1. Asimétrico, A. Dendrítico, B. rectangular Mayor abundancia de cauces, y volumen de agua de escurrimiento referente al tipo de drenaje.	Predominan cauces de primero, segundo, tercer, cuarto y quinto orden. Alta infiltración por la disección de cauces. Acuíferos contenidos dentro de capas impermeables	Predomina la frecuencia de cauce baja de 4 - 3 segmentos de cauce, secundariamente la frecuencia muy baja de 2 - 1 y por último la de menor presencia es la media de 6 - 5 segmentos de cauce. En menor presencia de 7-8 Alta infiltración por la disección de cauces.	La densidad que predomina más es la baja de 1.14 a 0.25. Le sigue, la densidad media 2.32 a 1.15, y por último la densidad alta que va de 3.50 - 2.33. Alta erosión hídrica. Eskurrimiento en cauces alto - medio	De 608.6 a 844.5. esto es en porcentaje parcial de las láminas de P. 62.4 a 52.0 ET: Alta - Media.
	A1. Asimétrico, A. dendrítico, B. rectangular C. Radial centrífuga Eskurrimiento medio en los cauces.	Predominan cauces de primero, segundo, tercer, cuarto y quinto orden. Infiltración alta-moderada por disección de cauces. Acuíferos contenidos dentro de capas impermeables	Predomina la frecuencia de cauce muy media de 5 - 6 segmentos de cauce, le sigue la frecuencia alta, que va de 7 - 8 segmentos de cauce. Infiltración alta-moderada por disección de cauces.	Predomina la densidad media 2.32 - 1.15. Alta erosión hídrica. Eskurrimiento en cauces alto - medio	Variable entre 801.9 a 844.5 equivalentes hasta 159.4. 52 % de la lámina de P. ET local: Media - Baja.
Montañas secundarias Internas	C. Radial centrífuga Concentración de cauces y agua de escurrimiento, medio.	Predominan cauces de primer orden. Alta disección de cauces. Existencia de acuíferos en capas fracturadas y permeables	Predomina la frecuencia de cauce baja de 3 - 4 segmentos de cauce, después le sigue la muy baja de 1 - 2 segmentos de cauce. Le sigue la media de 5 - 6 con menor predominancia. Baja disección de cauces.	Predomina la densidad media 2.32 - 1.15. Le sigue la alta con 3.50 - 2.33. La siguiente presenta densidad baja de 1.14 - 0.25. Y en último lugar la categoría nula sin cauces. Moderada erosión hídrica. Eskurrimiento en cauces medio.	Es de 801 y un % de 59.4. ET: Media.

A= Dendrítico, B=Rectángular, A1=Asimétrico, C=Centrífuga

Según la fórmula para el balance hídrico: P=Precipitación, ET=Evapotranspiración

Anexo 1.1 Tipos y especies de vegetación en la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Bosque de pino (pino-encino)

Biodiversidad Oaxaca; 2004	Palacio-Prieto et al; 2000	Martínez; 1994	Rzedowski; 1978
Pinares	Bosque de pino (pino-encino)	Bosque de pino	Bosque de <i>pinus</i>
Estrato principal de 8 a 20 metros, vegetación arbórea			
Nombre(s) común(es)	Nombre científico		
Pino	<i>Pinus sp.</i> <i>Pinus rudis</i> <i>Pinus ocarpa</i> <i>Pinus ayacahuite</i> <i>Pinus patula</i> <i>Pinus hartwegii</i> <i>Pinus leiophylla</i>		
Pino-ocote	<i>Pinus montezumae</i> <i>Pinus devoniana</i> <i>Pinus Pseudostrobus</i>		
Ocote	<i>Pinus teocote</i>		
Encino negro	<i>Quercus magnifolia</i>		
Encino rojo	<i>Quercus rugosa</i>		
Encino blanco	<i>Quercus conspersa</i> <i>Quercus crassifolia</i> <i>Quercus elliptica</i> <i>Quercus laeta</i>		
Enebro en laderas	<i>Juniperus flaccida</i>		
Oyamel	<i>Abies religiosa</i>		
Madroño	<i>Abies chiapanensis</i> <i>Arbustus Xalapensis</i> <i>Liquidambar styraciflua</i> <i>Clethra spp.</i>		
Fresno	<i>Fraxinus undei</i>		
Aile	<i>Alnus sp.</i>		
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>		
Estrato de 2 a 4 metros vegetación arbustiva			
Pino-encino	<i>Pinu sp. + Quercus sp.</i>		
Pino-roble	<i>Pinus + sp. + oleoides</i> <i>Arestostaphylos punges</i> <i>Gaultheria acuminata</i> <i>Bejaria aetanus</i> <i>Boccaris heterophylla</i> <i>Amelanchier denticulata</i> <i>Litsea glaucescens</i> <i>Rhus virens</i> <i>Calliandra grandiflora</i> <i>Miconia hemanostigma</i> <i>Bocharis glutinosa</i>		
Chamiso			
Estrato de vegetación herbácea			
Chepil silvestre	<i>Crotalaria sp.</i> <i>Alchemilla pectinata</i> <i>Arenaria magalantha</i> <i>Lamorouxia tenuifolia</i> <i>Stevia lucida</i> <i>Dryopteris spp.</i> <i>Pteridium anquilinum</i>		
Helecho			
Epifitas			
Orquídeas	<i>Orchidacea</i>		
Bromelarias	<i>Bromeliaceae</i>		

Bosque de encino (encino-pino)

Biodiversidad Oaxaca; 2004	Palacio-Prieto et al; 2000	Martínez; 1994	Rzedowki; 1978
Encinares	Bosque de encino (encino-pino)	Bosque de encino	Bosque de <i>Quercus</i>
Estrato principal de 4 a 20 metros, vegetación arbórea			
Nombre(s) común(es)		Nombre científico	
Encino		<i>Quercus conspersa</i>	
Pino		<i>Quercus elliptica</i>	
		<i>Quercus scytophilla</i>	
		<i>Pinus spp.</i>	
		<i>Carpinus caroliniana</i>	
		<i>Tirax argenteus</i>	
		<i>Ternstroemia tepezapote</i>	
Estrato de 2 a 5 metros vegetación arbustiva			
Encino		<i>Bejaria aestuans</i>	
		<i>Comarostaphylis discolor</i>	
		<i>Arestostaphylos punges</i>	
		<i>Gaultheria acuminata</i>	
Cedro		<i>Cedrela odorata</i>	
Aguatle		<i>Symplocos autromexicana</i>	
		<i>Quercus acutifolia</i>	
Sauce		<i>Salix bomplandiana</i>	
Sabino		<i>Taxodium macrunatum</i>	
Carrizo		<i>Olyra latifolia</i>	
Pirul		<i>Schinus molle</i>	
Estrato de vegetación herbácea			
		<i>Salvia gracillis</i>	
		<i>Arenaria magalantha</i>	
		<i>Lobelia sp.</i>	
		<i>Lupinus sp.</i>	
Plantas trepadoras			
		<i>Bomarea hirtella</i>	
		<i>Bomarea acutifolia</i>	
		<i>Smilax sp.</i>	
Epifitas o rupícolas			
Orquideas		<i>Orchidaceae</i>	
Bromelarias		<i>Bromeliaceae</i>	
		<i>Sobralia macrantha</i>	
		<i>Alemania punicea</i>	
		<i>Prosthechea vitellina</i>	
		<i>Tillandasia imperiales</i>	
		<i>Tillandasia usneoides</i>	

Fuente: Elaborado por Janette Francisco Robles, con base en; Rzedowki; 1978, Martínez; 1994, Palacio-Prieto et al; 2000, Biodiversidad Oaxaca; 2004. Internet 1,4.

Selva baja caducifolia y subcaducifolia

Biodiversidad Oaxaca; 2004	Palacio-Prieto et al; 2000	Martínez; 1994	Rzedowki; 1978
Selva baja caducifolia	Selva baja caducifolia y subcaducifolia	Selva baja caducifolia y subcaducifolia	Bosque tropical caducifolio
Estrato principal de 8 a 10 metros, vegetación arbórea			
Nombre(s) común(es)		Nombre científico	
Copal		<i>Burcera</i> sp. <i>Burcera simaruba</i> <i>Burcera fagaroides</i> <i>Conzattia multiflora</i> <i>Lonchocarpus emarginatus</i> <i>Lysiloma acapulcense</i> <i>Lysiloma divariacata</i> <i>Habarrida coimpylacantha</i> <i>Ceiba aesculifolia</i>	
Ceiba			
Estrato de vegetación arbustiva, lianas y hiervas con formas arrosetadas y cactáceas			
Nopal Huizache Maguey		<i>Opuntia</i> sp. <i>Caesalpinia</i> sp. <i>Agave</i> sp. <i>Cephalocereus</i> <i>Escontria</i> <i>Myrtillocactus</i> <i>Neobuxbaumia</i> <i>Pereskopsis</i> <i>Stenocereus</i>	

Pastizal natural e inducido

Biodiversidad Oaxaca; 2004	Palacio-Prieto et al; 2000	Martínez; 1994	Rzedowki; 1978
Pastizal	Pastizal natural	Pastizal	Pastizal
Nombre(s) común(es)		Nombre científico	
Pastizal		<i>Aegopogon cenchroides</i> <i>Aegopogon tenellus</i> <i>Muhlenbergia macroura</i> <i>Muhlenbergia emersleyi</i> <i>Trisetum deyeuxiodes</i> <i>Panicum pilosum</i> <i>Panicum jaliscanum</i> <i>Panicum maximum</i> <i>Stipa ichu</i> <i>Euphorbia</i> <i>Plantago</i> <i>Tagetes</i> <i>Asclepias glaucescens</i> <i>Gochnathia hypoleuca</i>	
Coba-chita			
Zacatón			
Guievada			
Ocotillo			
Estrato de 2 a 5 metros vegetación hiervas con formas arrosetadas y		arbustiva, lianas y cactáceas	
		<i>Lonchocarpus emarginatus</i> <i>Lysiloma acapulcense</i> <i>Lysiloma divariacata</i> <i>Habarrida coimpylacantha</i> <i>Ceiba aesculifolia</i>	

Fuente: Elaborado por Janette Francisco Robles, con base en; Rzedowki; 1978, Martínez; 1994, Palacio-Prieto et al; 2000, Biodiversidad Oaxaca; 2004. Internet 2, 3.

Plantas silvestres, medicinales y árboles frutales de la cuenca del río Yutamá, Oaxaca

Plantas silvestres y medicinales	Árboles frutales
Nombre(s) común(es)	Nombre(s) común(es)
Chamizo blanco	Durazno
Chamizo amarillo	Pera
Estafiate	Manzana
Pericón	Capulín
Árnica	Tejocote
Hierba de borracho	Plátano
Orégano	Mamey
Hierbabuena	Zapote negro
Epazote	Ciruela
Manzanilla	Naranja
Ruda	Limón dulce
Hinojo	Limón agrio
Quelites	Lima
Hierba maestra	Guayaba
Palmilla	Granada
Cucharilla	Cafeto
Hongos	
Setos	
Musgos	

Fuente: Elaborado por Janette Francisco Robles, con base en; Rzedowski; 1978, Martínez; 1994, Palacio-Prieto et al; 2000, Biodiversidad Oaxaca; 2004

Agricultura de temporal (cultivos anuales)

Cultivo(s) más común(es)	Nombre científico	Mercado	Autoconsumo	Ciclo agrícola	
		Tlaxiaco, Chalcatongo, Santiago Yosondúa, Cd. de Oaxaca, Puebla y Cd. de México		Primavera - verano	Verano - otoño
Maíz	<i>Zea mays</i>	X	X	X	
Magüey mezcalero	<i>Agave spp.</i>	X	X		X
Frijol	<i>Phaseolus spp.</i>		X	X	
Garbanzo	<i>Cicer arietinum.</i>	X	X	X	
Calabaza biche	<i>Cucurbita pepo.</i>		X	X	
Trigo	<i>Triticum</i>		X		
Habas	***	X	X	X	
Ejotes	***		X		X
Chilacayote	***	X	X		X
Avena	***	X	X	X	
Cebada	***	X	X		X
Durazno	***		X		X
Manzana	***	X	X		X
plátano	***		X	X	
Tabaco	***	X	X	X	
Aguacate	***		X		

Fuente: Elaborado por Janette Francisco Robles, con base en; Martínez; 1994, Álvarez; 1994

Agricultura de Riego. Cultivos más comunes (incluye riego eventual)

Cultivos más comunes de riego	Nombre científico	Riego			Procedimientos de cultivo	
		Bomba	Gravedad	Tracción animal	Manual	Tractor
Maíz	<i>Zea mays.</i>	X	X	X	X	
Frijol	<i>Phaseolus spp.</i>		X	X		X
Alfalfa	<i>Medicago sativa.</i>	X	X	X	X	
Caña	<i>Saccharum officinarum.</i>		X	X	X	
Sandía.	<i>Citrullus vulgaris.</i>		X	X	X	
Melón	<i>Cucumis melo.</i>		X	X	X	
Jitomate	<i>Lycopersicum esculentum.</i>		X	X	X	
Naranja	***		X	X		
Chile	<i>Capsicum anuum.</i>		X	X		X
Chile	<i>Capsicum frutescens.</i>			X	X	
Limón	<i>Citrus limona.</i>		X	X		X
Limón	<i>Citrus aurantifalium.</i>		X		X	
Lima	<i>Citrum limetta.</i>		X		X	
Café en laderas	***		X	X	X	

Fuente: Elaborado por Janette Francisco Robles, con base en; Martínez; 1994, Álvarez; 1994

Anexo 1.2 Tipos y especies faunísticas en la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Ganadería o animales domésticos de la cuenca del río Yutamá, Oaxaca

Tipo de ganado	Usos principales		
	Parte complementaria de la actividad cotidiana (autoconsumo)	Trabajo duro	Se vende en caso de necesidad económica
Todos en menor escala			
Vacuno	X	X	X
Caprino	X		X
Ovino	X		X
Asnal		X	X
Porcino	X		X
Equino		X	X
Bovino		X	X

Principales especies faunísticas (silvestres)

Nombre (s) local (es)	Nombre científico
Coyote	<i>Canislatrans</i>
Zorros	<i>Urocyon cinereargenteus</i>
Zorrillo de espalada blanca	<i>Conepatus mesoleucus</i>
Conejo	<i>Sylvilagus cunicularis</i>
Ardilla	<i>Sciurus poliopus</i>
Tlacuache	<i>Delphis marsupiales</i>
Venado cola blanca (se está extinguiendo a pasos agigantados)	<i>Odocoileus virginianus</i>
Mapache o Tejón solitario	<i>Procyonlotor</i>
Tuza	<i>Orthogeomys grandis</i>
Rata de campo	<i>Peromyscus maniculatus</i>
Oso hormiguero	<i>Tamandua mexicana</i>
Jabali	<i>Tayassu peca rigensis</i>

Principales especies de fauna acuática

Nombre (s) local (es)	Nombre científico
Rana	<i>Rana montezumae</i>
	<i>Rana berlanderi</i>
Sapos	<i>Bufo marinus</i>
	<i>Bufo bufo</i>
Chilolos	***
Bilolos	***
Truchas	***
Lombrices	***
Cangrejo de agua dulce	***

Fuente: Elaborado por Janette Francisco Robles, con base en; Cervantes; 1987, Álvarez; 1994. Internet 2.

Principales especies reptiles e insectos

Reptiles		Insectos
Nombre (s) local (es)	Nombre científico	Nombre (s) local (es)
Iguana	<i>Ctenosaura pectinata</i>	Tarántula
Culebra	<i>Pseudophisima frotalis</i>	Araña
Vibora de cascabel	<i>Crotalus basilisaudi Oaxacus</i>	Zancudo
Falso coralillo	<i>Lampropeltis doliata</i>	Jején
Falso escorpión	<i>Cerrhonotus imbricatus</i>	Tábano
	<i>Heloderma herridum</i>	Escarabajo rinoceronte
		Termita
		Mariposa
		Libélulas
		Gusano medidor
		Gusano baboso
		Hormiga arriera
		Avispas
		Abejas
		Abejones
		Chapulín
		Mosco del mango

Principales especies de aves (silvestres y domésticas)

Aves silvestres Nombre (s) local (es)	Nombre científico	Aves domésticas Nombre (s) local (es)
Halcón	<i>Hipertoteres canchinnans</i>	Gallina
Gavilán	<i>Buteoniditus</i>	Guajolote
	<i>Pandion haliectus</i>	
Águila ratonera	<i>Buteo jamaicensis</i>	Palomas
Paloma	<i>Zenaida asiática</i>	Patos
Tecolote	<i>Pulsatrix perspicillata</i>	Pavo Real
Zopilote	<i>Coragyps atratus</i>	
Lechuza	<i>Tyto alba</i>	
Zanate	<i>Cacicus melanicterus</i>	
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	
Pájaro carpintero	***	
Azulejo	***	
Tortolita	<i>Columbina talpacoti</i>	
Golondrina	<i>Petrochelidon fulva</i>	
Colibrí	<i>Fijerela esmelada</i>	
	<i>Chlorostibon canvetii</i>	
Búho	<i>Bubo virginianus</i>	
Jilguero	<i>Myadestes Obscurus</i>	
Urraca	<i>Calocitta formosa</i>	
Quetzal		
Perico	<i>Aratinga Canicularis</i>	
Loro	<i>Amazona Ochrocephala</i>	

Aves silvestres Nombre (s) local (es)	Nombre científico
Cotorro	<i>Amazona finschi</i> <i>Bolborhynchus lineola</i>
Codorniz	<i>Geotrygon albifacies</i>
Murciélago frutero	<i>Artibeus toltecus</i>
Murciélago café	<i>Eptesicus furinalis</i>

Fuente: Elaborado por Janette Francisco Robles, con base en; Cervantes; 1987, Álvarez; 1994

ANEXOS 1.3

EN	NOMENT	MUN	NOMMUN	LOC	NOMLOC	CATADMA	CATPOLIT	LONGITUD	LATITUD
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0001	ATATLAHUCA				
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0001	ATATLAHUCA	Cab. Mpal.	Pueblo	0974038	170355
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0003	ATATLAHUCA	A. Mpal.	Ranchería	0973935	170534
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0005	ATATLAHUCA	N. Rural	Rancho	0974325	170536
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0008	ATATLAHUCA	A. Pol.		0974041	170525
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0009	ATATLAHUCA	N. Rural	Rancho	0974155	170341
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0010	ATATLAHUCA	A. Pol.	Congregación	0974126	170624
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0011	ATATLAHUCA	A. Pol.	Rancho	0974132	170242
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0012	ATATLAHUCA			0974235	170606
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0014	ATATLAHUCA			0974146	170610
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0015	ATATLAHUCA			0974057	170453
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0016	ATATLAHUCA			0974322	170611
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0017	ATATLAHUCA			0974220	170424
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0018	ATATLAHUCA			0974037	170628
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0019	ATATLAHUCA			0974331	170600
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0020	ATATLAHUCA			0973905	170344
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0021	ATATLAHUCA			0973912	170315
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0024	ATATLAHUCA			0974128	170552
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0025	ATATLAHUCA			0974308	170458
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0026	ATATLAHUCA			0973901	170250
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0027	ATATLAHUCA			0974030	170232
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0028	ATATLAHUCA			0973939	170259
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0029	ATATLAHUCA			0973953	170230
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0030	ATATLAHUCA			0974143	170435
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0031	ATATLAHUCA			0973955	170251
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0032	ATATLAHUCA			0974000	170313
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0033	ATATLAHUCA			0974031	170412
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	0034	ATATLAHUCA			0974127	170707
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	9998	ATATLAHUCA				
20	OAXACA	133	SAN ESTEBAN	9999	ATATLAHUCA				
					Total				

Fuente: INEGI (2000)

ALTITUD	Área Km2	POBTO1960	POBTO1970	POBTO1980	POBTO1990	POBTO2000	PMASCUL	PFEMENI	Tasa de	Prospección	POCUPADA
									Crecimiento	POBTO2010	
	61										
2450		398	326	521	500	275	122	153	-25.8	137	70
2640		399	427	499	454	390	190	200	-7.3	320	82
2840		331	348	350	326	276	133	143	-7.9	235	50
2620		260	263	301	250	233	119	114	-3.4	219	48
2520		*	221	594	198	132	64	68	1.3	105	25
2900		*	*	299	263	121	58	63	-32.0	98	38
2520		243	*	162	409	384	189	195	-3.1	370	112
2740		*	*	*	*	12	6	6	0.1	14	0
2860		*	*	*	*	39	17	22	0.6	70	19
2650		*	*	*	*	28	13	15	0.2	29	7
2800		*	*	*	*	37	20	17	0.3	39	5
2600		*	*	*	*	52	23	29	0.5	53	10
2700		*	*	*	*	44	22	22	0.2	46	15
2800		*	*	*	*	54	29	25	0.5	55	15
2420		*	*	*	*	4	*	*	0.0	4	*
2360		*	*	*	*	18	6	12	0.1	19	8
2880		*	*	*	*	6	*	*	0.0	6	*
2830		*	*	*	*	14	5	9	0.1	15	2
2400		*	*	*	*	4	*	*	0.0	4	*
2420		*	*	*	*	16	7	9	0.1	18	8
2300		*	*	*	*	14	8	6	0.0	15	3
2300		*	*	*	*	4	*	*	0.0	4	*
2440		*	*	*	*	47	24	23	0.4	49	14
2280		*	*	*	*	10	5	5	0.1	12	6
2320		*	*	*	*	10	3	7	0.1	12	2
2540		*	*	*	*	18	8	10	0.1	20	5
2470		*	*	*	*	11	7	4	0.1	14	2
		*	*	*	*	8	*	*	0.0	8	*
		*	*	*	*	10	6	4	0.0	10	9
		1631	1585	2726	2400	2271	1078	1161	- 2.70	2000	555

Fuente: INEGI (2000)

POCUSECP POCUSECS POCUSECT

39	15	15
73	6	2
31	6	8
42	1	4
20	2	1
25	6	5
100	5	5
0	0	0
17	0	2
4	2	1
5	0	0
10	0	0
15	0	0
11	2	1
*	*	*
7	0	1
*	*	*
2	0	0
*	*	*
6	0	2
2	1	0
*	*	*
13	0	0
3	3	0
1	0	1
2	1	2
2	0	0
*	*	*
8	1	0
438	51	50

Fuente: INEGI (2000)

ENT	NOMENT	MUN	NOMMUN	LOC	NOMLOC	CATADMA	CATPOLIT	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
Distrito 25 Tlaxiaco										
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0001	CHALCATONGO DE HIDALGO	Cab. Mpal.	Villa			
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0001	CHALCATONGO DE HIDALGO	A. Pol.	Pueblo	0973410	170145	2300
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0002	ABASOLO	A. Pol.	Rancho	0973334	165917	2580
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0003	ALDAMA	A. Mpal.	Rancho	0973550	165753	2240
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0004	ALLENDE	A. Pol.	Ranchería	0973217	165810	2660
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0005	CHAPULTEPEC	A. Mpal.	Rancho	0973440	165857	2520
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0007	HIDALGO	A. Pol.	Rancho	0973302	170018	2600
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0008	INDEPENDENCIA	A. Pol.	Rancho	0973514	170207	2440
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0009	ITURBIDE	A. Pol.	Rancho	0973505	170107	2460
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0010	JUÁREZ	N. Rural	Rancho	0973317	170103	2620
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0011	CAÑADA DE MORELOS	A. Mpal	Ranchería	0973658	165830	2360
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0012	PAZ, LA	N. Rural	Ranchería	0973240	165620	2800
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0013	PROGRESO	A. Mpal.	Ranchería	0973412	170240	2460
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0017	UNION, LA	A. Pol.	Ranchería	0973737	165703	2280
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0018	ZARAGOZA	A. Pol.	Ranchería	0973428	170040	2420
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0019	PLAN DE AYALA (YUTIANDIJE)	N. Rural	Ranchería	0973527	165952	2640
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	0021	VISTA HERMOSA (BARRIO VISTA HERMOSA)			0973356	170125	2460
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	9998	LOCALIDADES DE UNA VIVIENDA					
20	OAXACA	026	CHALCATONGO DE HIDALGO	9999	LOCALIDADES DE DOS VIVIENDAS					
Total										

Fuente: INEGI (2000).

Área Km2	POBTO1960	POBTO1970	POBTO1980	POBTO1990	POBTO2000	PMASCUL	PFEMENI	Tasa de	Prospección	POCUPADA	POCUSECP
								Crecimiento	POBTO2010		
100	761	940	968	1565	1876	875	1001	9.4	2114	664	142
	425	471	278	302	339	152	187	5.9	636	69	42
	523	519	641	629	557	251	306	-5.8	430	186	132
	378	441	239	277	251	123	128	-4.8	232	76	58
	811	920	1415	901	758	332	426	-8.2	520	311	255
	278	296	630	237	178	87	91	-13.3	110	40	28
	267	321	298	294	294	131	163	0.0	292	89	70
	387	419	389	234	151	64	87	19.6	81	65	34
	166	162	670	135	94	45	49	-16.5	32	41	31
	590	519	391	430	352	155	197	-9.5	215	109	77
	87	116	146	108	82	36	46	-12.8	56	22	19
	878	931	235	827	829	391	438	0.1	831	244	114
	172	151	172	170	134	65	69	-11.2	111	44	33
	495	520	529	461	452	208	244	0.9	435	124	67
	*	*	*	161	202	95	107	12.0	251	48	37
	*	*	*	*	48	23	25	4.8	50	14	7
	*	*	*	*	2	*	*	0.2	2	*	*
	*	*	*	*	0	*	*	*	*	*	*
	6218	6726	7001	6731	6599	3033	3564	0.9	6398	2146	1146

Fuente: INEGI (2000).

POCUSECS POCUSECT

63	443
8	18
19	25
11	7
11	42
7	5
9	10
7	23
3	5
13	19
0	3
33	90
8	2
17	40
3	7
0	7
*	*
*	*
212	746

Fuente: INEGI (2000).

ENT	NOMENT	MUN	NOMMUN	LOC	NOMLOC	CATADMA	CATPOLIT	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0000	TOTAL MUNICIPAL					
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0001	SAN MIGUEL EL GRANDE	Cab. Mpal.	Pueblo	0973710	170245	2480
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0002	BENITO JUAREZ			0973743	170017	2200
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0003	ITURBIDE			0973522	170340	2480
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0004	VILLA DE GUADALUPE VICTORIA	A. Mpal.	Congregación	0973637	170408	2480
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0005	MIGUEL HIDALGO	A. Pol.	Rancho	0973538	170425	2500
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0006	FRANCISCO I. MADERO	A. Pol.	Rancho	0973812	170207	2300
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0007	MORELOS (JOSE MARIA MORELOS)	A. Pol.	Ranchería	0973738	170340	2620
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0008	VICENTE GUERRERO	A. Pol.	Rancho	0973657	170140	2500
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0009	IGNACIO ZARAGOZA	A. Mpal.	Ranchería	0973618	170202	2500
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0010	JAYUCU			0973653	170526	2580
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0011	MEXICALCINGO			0973448	170508	2540
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0012	LOMA NUSHIÑU'U.			0973735	170225	2440
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0013	PINOS, LOS			0973648	170220	2500
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0014	COLONIA LINDAVISTA			0973658	170300	2540
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0015	GENERAL LAZARO CARDENAS			0973733	170917	2640
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	0016	LOMAS DE COCOYOC			0973710	170335	2650
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	9998	LOCALIDADES DE UNA VIVIENDA					
20	OAXACA	269	SAN MIGUEL EL GRANDE	9999	LOCALIDADES DE DOS VIVIENDAS					
					Total					

Fuente: INEGI (2000)

Área Km2	POBTO1960	POBTO1970	POBTO1980	POBTO1990	POBTO2000	PMASCUL	PFEMENI	Tasa de	Prospección		
								Crecimiento	POBTO2010	POCUPADA	POCUSECP
83										1008	644
	195	340	472	760	685	305	380	-5.0	625	216	65
	*	*	*	*	289	126	163	0.1	289	101	89
	*	*	*	*	381	175	206	0.0	381	72	47
	641	810	668	1061	706	335	371	-18.4	311	231	157
	530	471	439	382	294	141	153	-12.2	206	51	41
	243	238	296	287	226	99	127	-11.2	166	70	58
	*	*	*	*	116	50	66	-5.5	80	29	22
	334	329	244	342	271	115	156	-10.9	200	67	53
	526	601	473	566	464	213	251	-9.4	362	122	86
	*	*	*	*	38	15	23	0.4	40	5	4
	*	*	*	*	11	1	10	0.0	11	3	3
	*	*	*	*	11	4	7	0.1	13	3	0
	*	*	*	*	72	36	36	0.7	78	19	6
	*	*	*	*	15	*	*	0.1	16	*	*
	*	*	*	*	47	26	21	0.0	48	13	10
	*	*	*	*	9	*	*	0.0	9	*	*
	*	*	*	*	0	*	*	*	*	*	*
	*	*	*	*	24	11	13	0.2	26	6	3
	2469	2789	2592	3398	3659	1652	1983	3.7	2861	2016	1288

Fuente: INEGI (2000)

POCUSECS	POCUSECT
98	239
20	122
0	12
4	19
35	32
4	5
3	7
5	2
0	14
21	11
0	1
0	0
1	2
1	10
*	*
2	1
*	*
*	*
2	1
196	478

Fuente: INEGI (2000)

ENT	NOMENT	MUN	NOMMUN	LOC	NOMLOC	CATADMA	CATPOLIT	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
20	OAXACA	372	SANTA CATARINA YOSONOTU	0001	SANTA CATARINA YOSONOTU					
20	OAXACA	372	SANTA CATARINA YOSONOTU	0001	SANTA CATARINA YOSONOTU	Cab. Mpal.	Pueblo	0973940	170110	2260
20	OAXACA	372	SANTA CATARINA YOSONOTU	0004	BENITO JUAREZ	N. Rural		0973948	170136	2270
20	OAXACA	372	SANTA CATARINA YOSONOTU	0005	LAGUNILLA DE CARDENAS	A. Pol.	Rancho	0974200	170028	2660
20	OAXACA	372	SANTA CATARINA YOSONOTU	0006	MORELOS	A. Pol.		0973923	165914	2480
20	OAXACA	372	SANTA CATARINA YOSONOTU	0008	LOMA BONITA			0973957	170013	2460
20	OAXACA	372	SANTA CATARINA YOSONOTU	0009	SHINICANA			0973903	170004	2250
20	OAXACA	372	SANTA CATARINA YOSONOTU	0010	DICAYUCU			0973919	170109	2320
20	OAXACA	372	SANTA CATARINA YOSONOTU	0011	JOYA DE SAN NICOLAS (YUÐU)			0974041	170004	2400
20	OAXACA	372	SANTA CATARINA YOSONOTU	0012	NDUABE			0974011	165950	2360
20	OAXACA	372	SANTA CATARINA YOSONOTU	0014	NYUYI			0974057	170021	2530
20	OAXACA	372	SANTA CATARINA YOSONOTU	0016	YUCHITE			0973948	170035	2320
20	OAXACA	372	SANTA CATARINA YOSONOTU	9998	LOCALIDADES DE UNA VIVIENDA					
20	OAXACA	372	SANTA CATARINA YOSONOTU	9999	LOCALIDADES DE DOS VIVIENDAS					
					Total					

Fuente: INEGI (2000)

Área Km2	POBTO1960	POBTO1970	POBTO1980	POBTO1990	POBTO2000	PMASCUL	PFEMENI	Tasa de	Prospección		
								Crecimiento	POBTO2010	POCUPADA	POCUSECP
20	2319	1627	33	271	257	110	147	-2.6	232	96	52
	*	*	*	238	140	54	86	-23.3	105	14	10
	*	*	*	605	103	50	53	-58.7	22	38	33
	*	*	*	534	96	41	55	-57.6	43	19	12
	*	*	*	*	225	104	121	2.2	200	39	28
	*	*	*	*	128	54	74	0.0	49	34	27
	*	*	*	*	121	55	66	1.2	132	35	26
	*	*	*	*	133	59	74	1.3	145	7	6
	*	*	*	*	190	82	108	1.9	210	10	10
	*	*	*	*	68	24	44	0.6	78	23	23
	*	*	*	*	42	18	24	0.4	50	14	9
	*	*	*	*	0	*	*	*	*	*	*
	*	*	*	*	0	*	*	*	*	*	*
	2319	1627	33	1648	1503	651	852	4.5	1266	329	236

Fuente: INEGI (2000)

POCUSECS POCUSECT

5	35
3	1
2	2
2	4
8	2
1	6
2	7
1	0
0	0
0	0
3	2
*	*
*	*
27	59

Fuente: INEGI (2000)

ENT	NOMENT	MUN	NOMMUN	LOC	NOMLOC	CATADMA	CATPOLIT	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0001	SANTIAGO YOSONDUA					
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0001	SANTIAGO YOSONDUA	Cab. Mpal.	Pueblo	0973435	165220	2200
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0002	ATALAYA	A. Pol.	Ranchería	0973350	165715	2620
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0004	CANADA DE GALICIA	A. Pol.	Ranchería	0973220	164925	2020
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0006	IMPERIO		Ranchería	0973545	165455	2280
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0007	PRIMAVERA	A. Pol.	Ranchería	0973630	165358	2280
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0010	VERGEL	A. Pol.	Rancho	0973358	164908	1480
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0011	YERBA SANTA	A. Pol.	Ranchería	0973535	164907	1520
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0013	PLUMAS	N. Rural		0973658	165017	2500
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0014	ALACRAN	Ranchería		0973317	165520	2640
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0015	CABANDIHUI	N. Rural		0973505	165011	1680
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0016	CABECERA DE CAÑADA			0973227	165125	2280
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0017	LAZARO CARDENAS	N. Rural		0973500	165407	2220
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0018	SABINO, EL			0973357	165348	2400
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0019	YUCUJIYO	N. Rural		0973520	165300	2240
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0020	YUCUMAGÑU	N. Rural		0973642	165310	2480
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0021	CASCADA, LA			0973450	165148	2120
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0025	RANCHO ALEGRE			0972942	165345	1520
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0026	IMPERIO DOS		Ranchería	0973506	165455	2220
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0028	SECTOR CUATRO			0973420	165230	2320
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0031	PISTA, LA			0973443	165223	1180
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	0032	SECTOR DOS			0973447	165200	2120
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	9998	LOCALIDADES DE UNA VIVIENDA					
20	OAXACA	500	SANTIAGO YOSONDUA	9999	LOCALIDADES DE DOS VIVIENDAS					
					Total					

Fuente: INEGI (2000).

Área Km2	POBTO1960	POBTO1970	POBTO1980	POBTO1990	POBTO2000	PMASCUL	PFEMENI	Tasa de	Prospección		
								Crecimiento	POBTO2010	POCUPADA	POCUSECP
170	314	420	825	755	891	426	465	8.6	1027	287	49
	851	1043	485	511	493	227	266	-1.7	475	84	67
	1540	763	687	782	634	303	331	-9.9	486	156	143
	823	832	586	748	579	270	309	-12.0	400	167	135
	828	768	418	488	375	174	201	-12.3	262	132	110
	454	427	271	416	386	191	195	-3.6	353	104	92
	671	648	391	475	428	223	205	-5.0	383	77	64
	*	*	170	219	211	106	105	-1.8	199	56	40
	*	*	*	291	347	158	189	9.1	403	65	48
	*	*	*	81	63	33	30	-11.8	45	9	7
	*	*	*	385	331	153	178	-7.2	281	86	68
	*	*	*	169	170	77	93	0.2	172	42	29
	*	*	*	110	89	37	52	-10.0	59	20	13
	*	*	*	214	148	69	79	-16.8	82	31	22
	*	*	*	137	107	46	61	-11.6	77	7	5
	*	*	*	*	63	28	35	-7.2	281	14	11
	*	*	*	*	14	*	*	0.1	16	*	*
	*	*	*	*	90	41	49	0.1	100	12	8
	*	*	*	*	48	20	28	0.4	52	11	6
	*	*	*	*	9	*	*	0.9	10	*	*
	*	*	*	*	5	*	*	0.0	5	*	*
	*	*	*	*	5	*	*	0.0	5	*	*
	*	*	*	*	23	12	11	0.2	26	2	1
	5481	4901	3833	5781	5509	2594	2882	2.7	5199	1362	918

Fuente: INEGI (2000).

POCUSECS POCUSECT

65	168
12	3
3	10
11	20
18	4
9	3
4	6
11	4
15	0
0	2
13	4
9	4
7	0
9	0
0	1
2	1
*	*
1	2
3	2
*	*
*	*
*	*
1	0
193	234

Fuente: INEGI (2000).

ENT	NOMENT	MUN	NOMMUN	CATADMA	CATPOLIT	Área Km2
20	OAXACA	297	SAN PABLO TIJALTEPEC	Cab. Mpal.	Pueblo	6
20	OAXACA	379	SANTA CRUZ NUNDACO	Cab. Mpal.	Pueblo	10.04
20	OAXACA	397	HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	Cab. Mpal.	Pueblo	8.43
20	OAXACA	481	SANTIAGO NUYOO	Cab. Mpal.	Pueblo	5
20	OAXACA	510	SANTO DOMINGO IXCATLAN	Cab. Mpal.	Pueblo	8
20	OAXACA	532	SANTO TOMAS OCOTEPEC	Cab. Mpal.	Pueblo	3

Fuente: INEGI (2000)

ENT	NOMENT	MUN	NOMMUN	LOC	NOMLOC	CATADMA	CATPOLIT	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
			Distrito 18 Putla de Guerrero							
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0001	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	Cab. Mpal.	Pueblo	0973935	165222	2380
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0003	GUERRERO	A. Mpal.	Ranchería	0973800	164711	2460
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0014	UNION DE GALEANA		Rancho	0973858	165050	2480
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0025	CAÑADA ORIENTE GUERRERO	N. Rural		0973754	164803	2580
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0029	ESCALERILLA GUERRERO			0973710	164833	2720
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0040	PIE DE PEÑA (MORELOS)			0974010	164736	1660
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0046	YUCUTEYO GUERRERO			0973728	164653	2440
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0068	CIENEGA UNION DE GALEANA, LA			0973845	165105	2400
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0071	POLEO UNION DE GALEANA, EL			0973820	165030	2600
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0089	CERRO DELGADO GUERRERO			0973720	164600	2560
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0115	AGUA DE LA CAJA			0973838	165010	2640
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0117	TIERRA BLANCA (CAPULIN)			0973848	165407	2320
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0119	POZAS, LAS			0973905	165433	2560
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0120	AGUA DEL CHUPAMIRTO			0973938	165332	2360
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0121	CAMPO DE AVIACION			0973835	165339	2320
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0126	AGUA ESCONDIDA GUERRERO			0973727	164822	2660
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0129	CUEVITA, LA			0973933	165328	2400
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0131	PARAJE RIO YUTAMA			0973833	165502	2040
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0134	AGUA ESCONDIDA			0973930	165318	2320
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0136	CIENEGA UNION GALEANA, LA			0973905	164950	2480
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	0138	CUEVA DE AGUA			0973927	165310	2400
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	9998	LOCALIDADES DE UNA VIVIENDA					
20	OAXACA	377	SANTA CRUZ ITUNDUJIA	9999	LOCALIDADES DE DOS VIVIENDAS					
					Total					

Área Km2	POBTO1960	POBTO1970	POBTO1980	POBTO1990	POBTO2000	PMASCUL	PFEMENI	Tasa de	Prospección		
								Crecimiento	POBTO2010	POCUPADA	POCUSECP
60										129	30
	1210	1021	415	299	413	208	205	17.5	527	112	85
		401	265	208	304	145	159	20.8	406	55	35
	*	*	*	153	142	58	84	-3.6	127	41	25
	*	*	*	*	16	*	*	17.5	10	*	*
	*	*	*	*	74	36	38	0.0	74	8	7
	*	*	*	66	52	26	26	-11.2	38	17	16
	*	*	*	*	7	2	5	-29.0	3	3	3
	*	*	*	86	53	23	30	-21.4	35	14	12
	*	*	*	14	148	72	76	225.1	282	39	31
	*	*	*	*	28	16	12	0.2	30	12	9
	*	*	*	*	12	8	4	0.1	14	4	4
	*	*	*	*	2	*	*	0.0	2	*	*
	*	*	*	*	16	7	9	0.0	18	1	0
	*	*	*	*	12	*	*	0.0	14	*	*
	*	*	*	*	13	7	6	0.0	15	5	5
	*	*	*	*	7	*	*	0.0	7	*	*
	*	*	*	*	2	*	*	0.0	2	*	*
	*	*	*	*	12	*	*	0.0	14	*	*
	*	*	*	14	28	12	16	-29.0	3	6	6
	*	*	*	*	8	4	4	0.0	8	3	3
	*	*	*	78	122	58	64	25.8	182	15	13
	*	*	*	*	122	57	65	1.2	132	29	21
	1210	1422	680	918	1593	739	803	32	1943	493	305

POCUSECS POCUSECT

15	82
10	17
9	11
6	10
*	*
1	0
0	0
0	0
1	1
4	4
2	1
0	0
*	*
1	0
*	*
0	0
*	*
*	*
*	*
0	0
0	0
0	2
2	4
51	132

POCUSECS POCUSECT

15	82
10	17
9	11
6	10
*	*
1	0
0	0
0	0
1	1
4	4
2	1
0	0
*	*
1	0
*	*
0	0
*	*
*	*
*	*
0	0
0	0
0	2
2	4
51	132

ENT NOMET MUN NOMMUN

20 OAXACA 088 SAN ANDRES CABECERA NUEVA

CATADMA CATPOLIT Área Km2

Cab. Mpal. Pueblo 5.32

Fuente: INEGI (2000).

ENT	NOMENT	MUN	NOMMUN	LOC	NOMLOC	CATADMA	CATPOLIT	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0001	SANTA LUCIA MONTEVERDE	Cab. Mpal.	Pueblo			
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0002	UNION ALTAMIRA, LA	N. Rural		0974203	165937	2780
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0004	PAZ, LA		Ranchería	0974022	165601	2580
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0009	PROGRESO YUCUBEY, EL	N. Rural		0973855	165725	2520
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0010	AGUA DEL TORO	A. Mpal.	Ranchería	0974259	165925	2720
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0011	CABEZA DE RIO	N. Rural		0974116	165631	2640
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0016	MOCTEZUMA	N. Rural		0974059	165920	2240
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0024	ICAYUCO	N. Rural		0974027	165759	2480
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0025	LAGUNA VERDE			0974052	165715	2750
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0026	LAGUNA SECA			0973955	165655	2600
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0027	AGUA DEL PERRO			0974033	165818	2480
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0028	CHORRO, EL (CENTRO)	N. Rural		0973910	165808	2280
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0032	YUCUNITOSO (PROGRESO)		Ranchería	0973903	165553	2520
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0036	PEÑA COLORADA			0973858	165547	2480
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	0040	LOMA SUCILA			0973905	165641	2560
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	9998	LOCALIDADES DE UNA VIVIENDA					
20	OAXACA	392	SANTA LUCIA MONTEVERDE	9999	LOCALIDADES DE DOS VIVIENDAS					
				Total						
				Total de la cuenca						

Fuente: INEGI (2000).

Área Km2	POBTO1960	POBTO1970	POBTO1980	POBTO1990	POBTO2000	PMASCUL	PFEMENI	Tasa de	Prospección		
								Crecimiento	POBTO2010	POCUPADA	POCUSECP
30	*	*	115	145	85	42	43	-23.4	25	34	31
	650	721	753	504	235	103	132	-31.7	34	66	57
			498	233	217	104	113	-3.4	200	85	83
	398	503	610	685	700	329	371	1.0	740	320	307
	*	*	*	185	119	48	71	-19.7	64	60	57
	*	*	*	*	104	49	55	1.4	101	43	34
	*	*	*	142	177	78	99	11.6	203	63	51
	*	*	*	*	156	71	85	-7.9	128	62	57
	*	*	*	132	102	44	58	-12.0	89	59	52
	*	*	*	47	21	10	11	-33.1	7	12	11
	*	*	*	46	68	35	33	21.5	89	22	22
	*	*	*	36	91	39	52	58.9	125	48	48
	*	*	*	50	66	34	32	14.8	78	28	26
	*	*	*	*	29	13	16	26.9	40	11	11
	*	*	*	2	0	*	*	0.0	2	*	*
	*	*	*	7	0	*	*	0.0	4	*	*
	1048	1224	1976	2214	2170	999	1171	0.9	1929	913	847
	20376	20274	18841	23090	23304	10746	12416	0.4	21596	0	5178

Fuente: INEGI (2000).

POCUSECS POCUSECT

1	2
4	4
0	2
3	8
2	1
4	5
7	4
3	2
3	2
0	1
0	0
0	0
1	1
0	0
*	*
*	*
28	32
758	1731

Fuente: INEGI (2000).

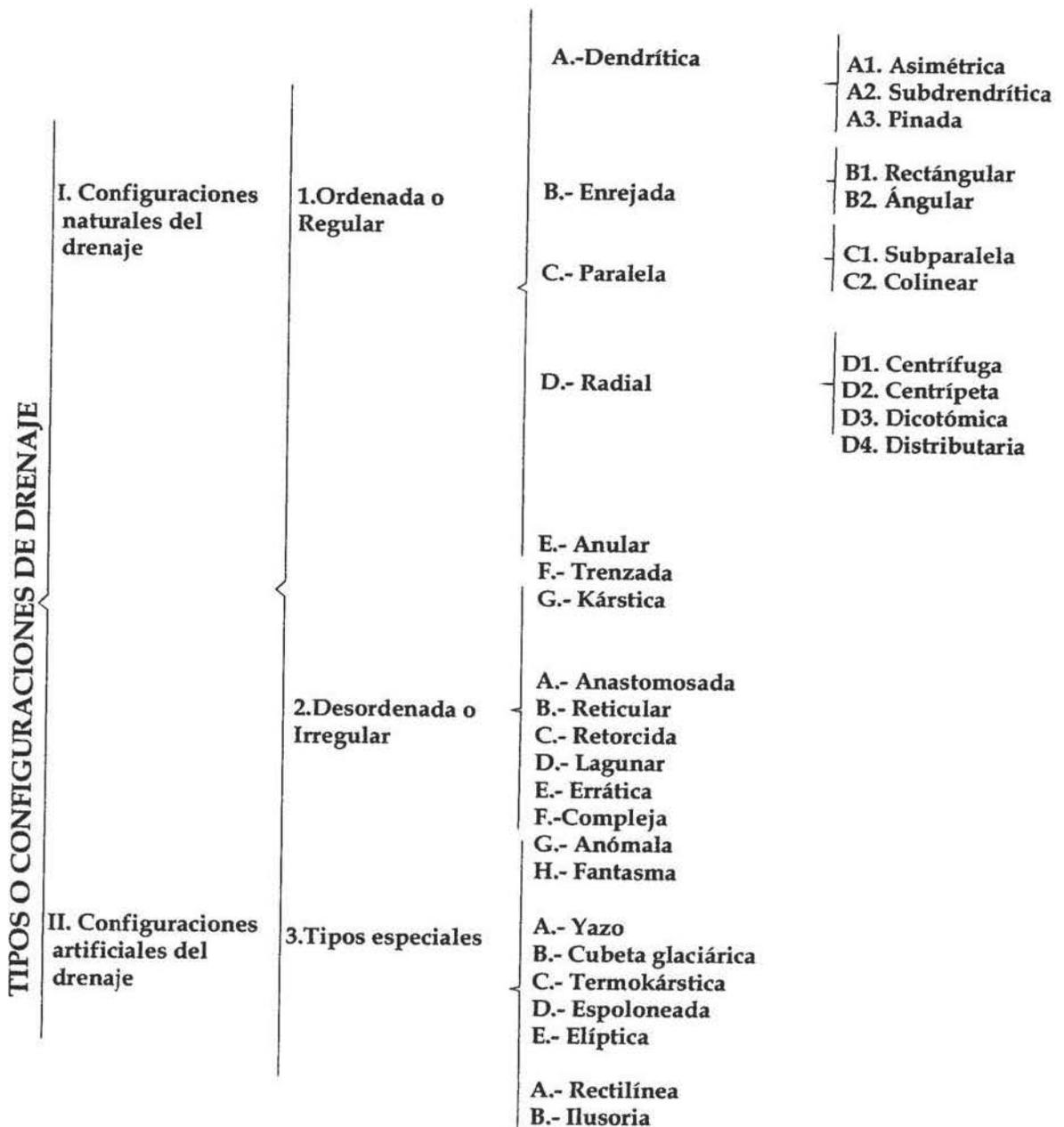
Anexo 1.4 Modelo de la encuesta que se realizó en el trabajo de campo en la cuenca del río Yutamá, estado de Oaxaca

Nombre de la localidad, pueblo o municipio _____.

- 1.- ¿A notado Usted algún cambio drástico en el paisaje del municipio donde habita?
 - 2.- ¿Ha disminuido la población en donde usted vive y desde que año comenzó a irse la gente?
 - 3.- ¿A qué cree usted que se deba que la gente se vaya a otros lugares?
 - 4.- ¿Usted ha observado que el nivel del río ha disminuido ó aumentado en los últimos años?
 - 5.- ¿De dónde se abastece de agua usted ó su comunidad?
 - 6.- ¿Cuál es el uso que le da al agua de río?
 - 7.- ¿La cantidad y calidad del agua para uso doméstico y agrícola ha disminuido?
 - 8.- ¿Conoce usted algunas obras hidráulicas importantes en los ríos que están cerca de su comunidad?
 - 9.- ¿Algunas vez se ha enterado que realicen análisis físicos y químicos del agua de río?
 - 10.- ¿Cuenta con algún pozo de agua en su casa? Si la respuesta es sí, ¿El agua se puede beber directamente sin alguna medida de seguridad ó control sanitario?
 - 11.- ¿Usted se ha enterado de alguna actividad masiva comunitaria para realizar labores de reforestación?
 - 12.- ¿Qué hace usted para conservar el agua?
-
-

Anexo 2.1

TIPOS O CONFIGURACIONES DE DRENAJE



Apexos 2.2													
Estación climática: San Esteban Atlatlahuca													
Coordenadas: Latitud: 17° 04' N, Longitud: 097° 40' W													
Altitud: 2430 m.s.n.m.													
Numero: 00020105													
Codigo Elem: 203													
Nombre Elemento: Temperatura (°C)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total media anual
1961	14.5	14.6	16.1	17.0	16.8	16.0	15.4	16.0	15.8	15.6	15.1	15.3	15.6
1962	15.5	15.9	16.6	16.1	16.0	16.0	15.8	15.9	15.8	15.5	15.1	15.2	15.7
1963	15.6	15.1	16.5	16.6	16.0	16.1	15.3	15.8	15.4	15.5	15.5	15.4	15.7
1964	15.3	15.8	16.5	17.0	16.2	15.3	15.3	16.0	15.8	15.6	15.4	14.5	15.7
1965	14.9	15.0	16.1	16.8	16.9	15.8	16.0	15.3	16.1	16.1	16.2	15.6	15.9
1966	15.7	15.3	15.5	16.5	16.6	16.1	15.9	16.0	15.4	15.8	14.2	14.1	15.5
1967	14.3	14.8	15.8	15.7	16.3	15.8	15.7	15.5	15.1	15.0	14.9	14.1	15.2
1968	13.8	13.8	14.6	16.2	15.9	15.3	15.5	15.6	15.6	15.3	16.0	15.4	15.2
1969	14.9	15.8	16.4	16.9	17.0	16.7	15.8	15.4	15.4	15.4	15.9	16.0	15.9
1970	15.9	15.6	15.2	15.7	15.8	14.4	15.1	14.7	14.5	15.8	15.8	15.6	15.3
1971	15.5	15.5	15.5	15.6	15.5	14.9	15.5	14.7	15.4	16.0	15.1	14.7	15.3
1972	14.6	14.5	15.0	16.2	16.0	15.0	15.7	14.7	15.4	15.5	15.4	15.1	15.2
1973	15.6	15.3	15.4	15.0	15.6	14.9	14.5	14.7	14.9	14.9	14.7	14.3	14.9
1974	14.4	14.9	15.0	15.2	15.8	14.7	14.5	14.2	13.9	14.5	14.4	14.5	14.6
1975	14.5	14.6	15.7	16.0	16.6	15.3	15.3	14.9	14.5	14.5	14.5	13.5	14.9
1976	13.6	13.9	15.9	16.2	16.0	15.7	14.9	15.1	15.3	15.3	14.0	14.3	15.0
1977	15.0	14.7	15.7	15.7	15.6	14.8	15.0	15.4	15.4	15.8	14.2	14.7	15.1
1978	14.3	13.8	15.1	17.2	17.5	16.0	15.2	15.9	15.2	14.4	15.5	14.6	15.3
1979	14.0	14.6	15.9	16.8	17.3	16.1	15.7	15.3	15.3	16.2	14.6	14.3	15.5
1980	13.8	14.3	17.2	16.9	17.6	16.4	16.2	15.4	16.7	15.5	14.9	13.9	15.7
1981	12.4	14.4	15.9	16.6	17.6	15.9	15.5	15.9	15.5	15.4	15.1	14.6	15.4
1982	14.9	14.9	16.5	17.9	17.3	17.1	15.7	16.3	15.6	15.2	15.1	14.5	15.9
1983	13.7	13.5	15.1	16.9	18.6	17.3	16.0	16.0	15.4	15.3	15.1	14.8	15.6
1984	13.4	14.4	15.0	16.7	17.4	16.2	15.4	15.4	15.3	16.1	14.2	13.5	15.2
1985	13.7	14.7	15.6	16.7	16.9	15.5	15.3	15.2	15.3	15.2	15.1	14.4	15.2
1986	13.5	14.7	14.7	17.3	16.5	16.3	15.6	15.4	15.2	15.1	15.0	14.2	15.2
Total media mensual	377.3	384.5	408.7	427.2	431.3	409.6	401.7	400.6	398.7	400.6	390.7	381.0	399.7
	14.5	14.7	15.7	16.4	16.5	15.7	15.4	15.4	15.3	15.4	15.0	14.6	15.4

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua., (CNA). Gerencia Regional Pacifico Sur. Estado de Oaxaca.

Estación climática: Chalcatongo de Hidalgo

Coordenadas: Latitud: 17° 02' N, Longitud: 097° 35' W

Altitud: 2250 m.s.n.m.

Numero: 00020026

Código Elem: 203

Nombre Elemento: Temperatura (°C)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total media anual
1958	13.0	12.8	15.3	17.3	16.8	17.2	16.7	16.9	16.3	16.7	15.5	13.7	15.6
1959	13.5	14.1	15.1	16.3	16.3	14.8	14.9	16.1	16.4	16.0	14.8	12.8	15.0
1960	13.6	13.3	14.9	14.9	16.5	17.5	16.3	16.7	15.8	15.5	14.6	12.1	15.1
1961	12.9	12.2	14.3	15.4	16.0	14.2	14.5	14.7	14.7	15.0	13.1	12.6	14.1
1962	12.7	13.7	14.8	13.9	13.5	13.8	13.4	13.2	14.5	15.7	13.1	13.3	13.7
1963	11.8	11.4	14.9	17.4	17.8	17.4	16.5	16.8	16.4	15.4	13.6	13.2	15.2
1964	13.0	13.6	14.8	16.6	16.6	16.6	16.1	16.4	16.8	14.4	13.8	13.5	15.1
1965	13.5	13.7	14.6	16.0	17.0	17.3	16.3	16.2	16.4	15.1	13.0	13.1	15.1
1966	11.5	11.9	13.2	15.7	16.9	16.9	17.3	16.9	16.7	16.0	14.1	11.3	14.8
1967	11.5	12.0	14.3	15.3	16.4	17.1	16.5	16.7	16.4	15.3	13.7	12.7	14.8
1968	11.3	11.9	14.7	16.9	17.3	17.2	16.8	16.6	16.7	16.1	13.4	13.2	15.1
1969	12.3	13.7	16.1	16.4	20.3	19.5	18.9	18.0	18.3	16.8	15.6	15.2	16.8
1970	13.6	14.8	17.8	20.1	19.2	17.6	16.7	17.0	16.8	16.0	12.4	11.9	16.7
1971	11.5	11.8	14.8	14.4	17.0	17.1	16.3	16.3	16.2	16.0	13.7	12.2	14.7
1972	12.4	12.2	14.5	17.2	18.0	17.1	16.8	15.7	16.5	15.8	15.7	12.8	15.4
1973	12.2	16.2	17.5	17.3	18.8	18.2	17.5	17.9	17.5	15.4	13.3	11.1	16.0
1974	12.9	13.0	14.5	16.1	17.0	17.0	16.4	16.5	16.3	14.7	13.8	13.8	15.1
1975	12.2	13.2	16.2	17.1	18.3	16.7	16.2	16.6	16.1	15.4	13.3	11.4	15.2
1976	11.7	11.9	14.8	16.7	17.2	17.3	16.4	16.4	17.0	16.1	14.0	13.1	15.1
1977	13.3	13.9	14.0	15.6	17.4	17.2	17.1	17.3	17.1	16.5	14.2	13.6	15.6
1978	12.1	14.0	15.2	16.7	17.3	17.2	17.2	17.0	17.7	16.0	15.4	14.8	15.8
1979	13.2	13.7	14.6	16.8	17.5	17.2	17.2	16.9	16.8	15.7	14.5	13.4	15.6
1980	12.4	13.3	15.4	18.0	17.9	17.6	17.9	16.9	17.7	16.0	13.7	12.3	15.7
1981	12.1	13.5	15.1	15.8	16.5	18.0	17.1	17.0	15.1	14.5	12.1	11.1	14.8
1982	9.9	12.0	12.7	15.0	16.1	15.0	14.0	13.8	14.9	13.3	11.5	9.8	13.1
1983	9.0	10.1	11.1	14.2	15.6	16.5	15.2	14.6	14.6	12.7	12.3	10.5	13.0
1984	10.6	10.8	12.6	13.5	14.6	15.0	14.2	14.3	14.5	14.6	12.3	10.6	13.1
1985	10.1	10.8	12.5	13.2	14.6	15.0	14.8	14.5	14.5	14.1	11.6	10.0	12.9
1986	8.7	11.4	11.5	14.7	15.6	15.3	13.7	14.3	13.6	12.8	12.4	10.6	12.8
1987	9.6	10.8	12.4	13.8	15.7	15.7	15.0	14.6	15.2	11.3	11.5	12.5	13.1
1988	9.8	11.8	13.3	13.8	13.7	15.6	14.6	14.3	14.4	12.5	12.0	10.0	12.9
Total media mensual	367.9	393.1	447.5	491.7	519.3	515.6	498.4	496.9	497.9	467.2	417.9	382.1	457.0
	12.2	13.1	14.9	16.3	17.3	17.2	16.6	16.5	16.6	15.5	13.9	12.7	14.2

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua., (CNA) Gerencia Regional Pacifico Sur. Estado de Oaxaca.

Estación climática: Yutamá, Yosondúa

Coordenadas: Latitud: 16° 53' N, Longitud: 097° 38' W

Altitud: 1900 m.s.n.m.

Numero: 00020212

Código Elem: 203

Nombre Elemento: Temperatura (°C)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total media anual
1961	15.9	15.7	17.1	17.6	18.0	17.6	17.2	17.4	16.9	17.0	16.1	16.1	16.8
1962	15.3	17.2	17.5	17.5	18.0	18.0	17.8	17.9	18.0	17.3	15.4	15.0	17.0
1963	14.4	13.4	16.3	17.5	17.8	18.4	18.0	18.3	18.0	16.9	16.1	14.8	16.6
1964	15.6	15.6	17.2	18.2	18.5	18.0	17.7	17.8	17.8	16.4	15.7	14.7	16.9
1965	13.8	14.1	15.2	17.8	18.7	18.8	17.8	17.6	17.9	16.7	16.1	16.0	16.7
1966	14.3	15.0	16.5	17.6	18.3	18.8	18.5	18.1	18.0	17.4	14.0	14.0	16.7
1967	14.9	14.8	16.4	16.7	18.2	18.4	17.9	17.7	17.7	17.6	16.2	14.3	16.8
1968	14.6	13.7	15.1	17.8	18.1	17.2	17.5	17.9	17.8	17.0	16.3	16.0	16.5
	118.9	119.5	131.2	140.6	145.4	145.1	142.3	142.6	142.0	136.2	125.9	120.9	134.0
Total media mensual	14.8	14.9	16.4	17.5	18.1	18.1	17.7	17.7	17.5	17.0	15.7	15.1	16.7

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua., (CNA). Gerencia Regional Pacifico Sur. Estado de Oaxaca.

Estación climática: Santiago, Yosondúa														
Coordenadas: Latitud: 16° 54' N, Longitud: 097° 36' W														
Altitud: 2000 m.s.n.m.														
Numero: 00020186														
Codigo Elem: 203														
Nombre Elemento: Temperatura (°C)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total media anual	
1958	12.7	13.0	15.1	17.2	16.5	16.5	16.0	15.8	15.6	15.5	14.6	13.6	15.1	
1959	13.6	14.5	15.0	16.2	16.2	16.0	15.5	15.3	15.7	15.6	13.9	13.1	15.0	
1960	13.8	12.8	15.0	15.7	17.3	16.8	15.8	16.0	15.3	15.3	14.4	13.2	15.1	
1961	13.3	13.2	15.5	16.5	17.1	15.5	15.1	15.7	14.8	15.1	13.9	13.0	14.8	
1962	13.1	14.5	15.6	15.8	15.8	16.0	15.9	15.7	15.7	14.9	13.5	13.6	15.1	
1963	13.2	12.7	15.5	16.6	16.0	16.0	15.1	15.9	15.7	15.2	14.5	13.4	15.1	
1964	13.5	14.2	16.1	17.1	16.4	15.4	15.4	15.5	15.4	14.4	14.2	13.0	15.1	
1965	12.4	13.0	14.7	16.3	16.9	16.3	15.4	15.2	15.6	14.9	14.4	13.8	14.8	
1966	12.3	13.5	14.6	16.0	16.3	16.2	16.0	15.8	15.6	15.1	13.0	13.0	14.6	
1967	13.1	13.2	14.7	15.5	16.5	16.2	15.7	15.5	14.9	14.8	13.8	12.9	14.7	
1969	12.8	14.3	15.4	16.3	16.6	17.3	15.9	15.5	15.9	15.4	14.0	13.2	15.2	
1971	12.9	12.6	15.0	14.6	16.1	15.4	15.0	14.9	15.4	15.4	13.8	13.1	14.5	
1972	13.0	12.6	14.8	16.5	17.0	15.7	16.0	15.4	15.8	15.5	15.4	14.0	15.1	
1973	12.8	14.5	15.7	16.5	17.0	15.7	15.4	15.6	15.7	15.3	14.5	11.9	15.0	
1974	12.9	13.1	14.3	16.0	15.9	14.9	14.7	15.2	14.8	14.4	13.4	13.3	14.4	
1975	12.7	13.2	15.0	16.2	16.0	15.1	14.3	15.0	14.5	14.8	14.0	11.7	14.3	
1976	11.8	11.9	14.8	15.7	15.9	15.5	15.1	15.2	15.5	14.8	13.4	13.4	14.4	
1977	13.1	13.7	14.8	15.5	16.0	15.2	15.5	15.3	15.4	15.7	13.5	13.4	14.7	
1978	12.3	13.3	14.3	16.4	17.0	15.9	15.5	15.5	15.1	14.8	15.0	13.8	14.9	
1979	12.4	14.3	14.4	15.9	16.5	16.2	15.6	15.2	15.0	15.1	14.0	13.8	14.8	
1980	12.9	12.7	15.3	16.1	16.3	16.7	16.0	15.5	15.7	15.2	13.9	12.8	14.9	
1981	11.8	14.0	15.1	16.2	16.8	15.8	15.6	15.7	15.3	15.4	13.5	13.2	14.8	
1982	13.2	14.3	16.2	16.9	18.1	22.9	21.1	23.0	22.0	21.3	22.1	21.1	19.3	
1983	20.2	20.8	20.6	21.5	22.8	22.9	23.3	22.5	22.8	22.1	21.2	21.9	21.9	
1984	22.2	21.8	23.1	20.5	23.0	20.6	21.3	21.2	19.5	21.8	23.2	19.7	21.5	
1985	21.2	20.5	20.1	21.1	23.5	22.6	20.6	22.1	19.5	15.2	18.3	17.2	20.1	
1986	12.5	13.4	15.1	17.9	20.6	20.7	19.5	19.9	20.0	19.2	16.7	14.0	17.4	
1987	14.0	14.4	15.6	16.3	17.2	16.7	16.6	16.7	16.4	14.1	12.3	11.6	15.1	
1988	13.8	14.5	15.2	16.3	16.8	16.7	16.0	16.4	16.0	15.3	14.8	14.0	15.4	
Total media mensual	13.3	13.8	15.2	16.6	16.8	16.4	15.9	16.1	15.8	15.4	14.5	13.6	15.2	16.3

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, (CNA). Gerencia Regional Pacifico Sur. Estado de Oaxaca.

Apexo 2.3

Estación climática: San Esteban Atlatlahuca

Coordenadas: Latitud: 17° 04' N, Longitud: 097° 40' W

Altitud: 2430 m.s.n.m.

Numero: 00020105

Código Elem: 208

Nombre Elemento: Precipitación (mm)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total anual
1961	9	0	5	43	20	422	229	96	209	24	86	0	1143
1962	0	0	2	76	75	160	86	220	246	83	29	26	1003
1963	0	0	29	19	139	137	330	171	195	20	24	3	1067
1964	0	0	6	30	179	332	127.3	194	83	18	37	6	1012.3
1965	5	13	0	8	55	157	278	262	203	125	0	0	1106
1966	19	0	84	54	84	77	259	162	153	86	0	16	994
1967	2	0	13	95	30	146	105.7	147	189	158	10	4	899.7
1968	32	26	2	48	214	317	112	176	115	41	18	7	1108
1969	45	0	34	0	52	123	88	362	88	14	0	5	811
1970	0	0	0	10	43	242	196	170	128	35	52	0	876
1971	0	0	15	57	40	203	156	217	239.5	84.5	3	0	1015
1972	0	3	10	83	103	312	83	59	165	10	89	0	917
1973	0	0	0	55	80	157	249	190	90	30	20	0	871
1974	0	0	0	17	104	401.5	160.2	48	235	10	5	0	980.7
1975	5	5	0	0	158	259	285	119	252	49	17	0	1149
1976	8	2	0	42	59	154	163.1	135	68	183	46	5	865.1
1977	0	23	0	7	164	374	82	145.5	175	92.9	61.6	33.1	1158.1
1978	0	13.6	3.5	65.9	53.4	236.3	119.8	189.2	242.5	134.4	3.3	10.5	1072.4
1979	7	28.3	1.5	41.9	69.7	59	218.7	219.6	145.4	36.4	13.2	1.9	842.6
1980	87.3	0	3	41	131	117.3	178.3	226.9	156.3	57.9	24.9	1.6	1025.5
1981	6.4	37.5	34.3	94.8	96.6	294.5	219	178.4	93.4	90.4	4	9	1158.3
1982	4.5	28.1	9.5	18.2	115.7	126.8	107.7	97.3	157.6	42.3	38.7	0	746.4
1983	15	189.9	47.7	0	6.5	180.5	175.6	105.7	190	47.1	25.8	8	991.8
1984	95	4.5	38	0	59	190.5	172.3	163.2	190.9	37.2	0	31	981.6
1985	25	4.1	35	46.9	180.2	250.4	175	176.2	180	64	12.2	2	1151
1986	0	23	0	91.2	227.3	223.7	146.8	175.8	177.3	58.3	13.5	1	1137.9
Total media mensual	365.2	401	372.5	1043.9	2538.4	5652.5	4502.5	4405.8	4366.9	1631.4	633.2	170.1	24945.5
	14	15.4	14.3	40.1	97.6	217.4	173.1	169.4	167.9	62.7	24.3	6.5	1002.7
													897.8

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua., (CNA). Gerencia Regional Pacífico Sur. Estado de Oaxaca.

Estación climática: Chaicatongo de Hidalgo													
Coordenadas: Latitud: 17° 02' N, Longitud: 097° 35' W													
Altitud: 2250 m.s.n.m.													
Número: 00020026													
Código Elem: 208													
Nombre Elemento: Precipitación (mm)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total anual
1958	187.5	47.5	1	17.5	66.8	158.3	212.9	341.2	286	125.4	101	45.5	1590.6
1959	8.7	0	0	72	64.5	201.5	195.5	197	139	189.6	4.4	0	1072.2
1960	4	0	0	0	100.6	176.6	160.8	194.3	223.1	153.6	0	16	1029
1961	18.8	0	0	40	21.5	257.5	166.5	160.5	74	96.5	143.5	48	1026.8
1962	0	0	0	91.5	140	104	86.5	69	108	85.4	12.5	33.3	730.2
1963	0	7.5	19.3	6.5	107.5	106.2	289.2	113	140.4	30	32.8	0	852.4
1964	3.5	0.5	0.6	9.3	169.8	251.2	147	105.9	157.3	6.5	69.2	16	936.8
1965	23.5	5.2	0	7	61	197.2	181.4	202.9	115.5	84.7	0	3.5	881.9
1966	7	0	74.4	54.2	45.4	67.7	174.8	195.6	127.3	47.5	0	8.7	802.6
1967	11.5	0	5.8	80.4	70	128.5	77.5	98.5	152.5	167.3	10	4.5	806.5
1968	27.6	6.8	6.8	30	176.7	273.3	118.4	109.3	140.6	38	6	8.5	942
1969	24.7	0	37.2	0	40.4	211.9	175.8	396.9	122.4	42.5	4.2	0	1056
1970	3.5	0	0	0	54	150.7	243.1	206.6	146.5	64.7	34.9	0.5	904.5
1971	0	0	10.2	18.4	39.1	182.6	102.2	208.1	184.8	87	1.5	1.2	835.1
1972	1	0	12.5	85.1	96.5	248.6	189.9	109.4	188.1	15.9	79.4	0	1026.4
1973	0	0	5.5	87.7	34.8	232	218.2	198	223.8	118	6.9	4.5	1129.4
1974	0	0	4.2	12	188.3	478.3	140.7	77.9	222.4	7.5	0	0	1131.3
1975	7.7	2.5	0	0	238.9	198.2	214.4	128.3	232.7	40.2	18	4	1084.9
1976	6.1	0	0	26.9	54.4	174.9	209.6	108.4	58.5	104.7	45	0	788.5
1977	0	0	0	0	113.9	283.8	72.2	128.5	131	70.4	23.2	21.2	844.2
1978	0.6	12.5	6.1	16.4	64.4	207.7	155.4	141.7	151.2	76.5	23.8	7	863.3
1979	7.2	45.4	0	62.6	61.2	91.8	213.7	217.3	284.3	29.7	28.5	1.6	1043.3
1980	72.9	0	17	0	88.5	143.6	188.6	275.6	147.8	49.9	4.5	8.6	997
1981	2	35.5	34	59.2	100.9	323.7	328	253.4	133.6	67.8	5	6	1349.1
1982	0	15.2	5	6	142.8	59.5	83	99	118.4	51.1	15	5	600
1983	10.5	107.9	25	0	5.5	190.3	118.6	118.2	284.1	12.5	22	4.5	899.1
1984	26.5	17.2	23	0	125.7	219.8	221.1	178.4	285.1	21	0	0	1117.8
1985	23	10	12.3	30.8	123.8	253.9	208.7	172.8	214.3	42.5	3.5	0	1095.6
1986	0	16.2	0	121	120.6	227.1	162.3	137.8	125.7	30.2	10.2	4.3	955.4
1987	0	0.5	60.8	59.3	26.4	247.8	258.9	112.2	151.1	0	0	0	917
1988	3.8	23	19.2	4	0	207.6	52.7	206.5	104.5	19.9	0	0	641.2
	481.6	353.4	379.9	997.8	2743.9	6255.8	5367.6	5262.2	5174	1976.5	705	252.4	29950.1
Total media mensual	16	11.7	12.6	33.2	91.4	208.5	178.9	175.4	172.5	65.8	23.5	8.4	997.9

Estación climática: Yutamá, Yosondúa

Coordenadas: Latitud: 16° 53' N, Longitud: 097° 38' W

Altitud: 1900 m.s.n.m.

Numero: 00020212

Código Elem: 208

Nombre Elemento: Precipitación (mm)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total anual
1961	19.2	0	0	120.8	5.2	561.3	154.2	129.4	164.1	22.6	97.9	20.6	1295.3
1962	0	0	0	84.7	49.8	143.5	57.9	169.6	246.5	87.1	10.4	20.4	869.9
1963	0	5.7	21.3	3.9	55.6	188.5	397.9	165.4	158.3	36.1	11.4	2	1046.1
1964	41.2	0	27.7	9.5	123	363.6	310.4	162.9	197.6	5.5	24.6	68.9	1334.9
1965	22.3	5.7	6.6	37.8	13.6	172	205.8	239.4	128.7	120.4	0	3	955.3
1966	15.6	20.1	76.4	133.5	85	134.7	198.1	164.5	144.2	83.4	0.1	27.5	1083.1
1967	10.1	0	29.9	32	35.9	149.6	153.9	197.2	252	178.2	14.5	18.5	1071.8
1968	52.5	4.9	9	58.4	124.6	301.5	137.9	129.9	104.8	37.7	9.4	21.5	992.1
	160.9	36.4	170.9	480.6	492.7	2014.7	1616.1	1358.3	1396.2	571	168.3	182.4	8648.5
Total media mensual	20.1	4.5	21.3	60	61.6	251.8	202	169.7	174.5	71.3	21	22.8	1080.6

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua., (CNA). Gerencia Regional Pacífico Sur. Estado de Oaxaca.

Estación climática: Santiago, Yosondúa

Coordenadas: Latitud: 16° 54' N, Longitud: 097° 36' W

Altitud: 2000 m.s.n.m.

Numero: 00020186

Codigo Elem: 208

Nombre Elemento: Precipitación (mm)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total anual	
1958	100	53.8	0.3	12.6	47	271.7	198.1	331.8	270.5	125.3	84.9	21.3	1517.3	
1959	5.6	0.2	17.8	46.9	126.8	244.7	356.3	305.1	192.4	230.3	18.7	0	1544.8	
1960	2	0.2	0	0.2	105.1	158.4	276.7	178	291.7	187.4	14.5	5.8	1220	
1961	11.6	5.4	1.7	63.4	16.8	505.9	207.6	175.2	115.7	25.8	70	18	1217.1	
1962	0	0	0	40.7	66.8	142.1	87.9	238.4	239	79.7	14.9	2.5	912	
1963	0	3.2	8.9	6	134.5	173.2	482.5	221.2	200.4	39.8	1.9	0	1271.6	
1964	3.4	0	1.5	0.6	163.2	450.1	142.3	177.7	235.6	1.9	28.7	33.7	1238.7	
1965	18.1	0.5	3	11	19.6	210.2	254.1	210.9	146.5	148.9	0.1	0.5	1023.4	
1966	4.9	2.5	86.1	89.8	95.9	129.6	256.5	189	195.3	39.9	0	8.3	1097.8	
1967	0.1	0	36.2	39.6	71.1	164.6	221.9	207.6	304.5	207	8.1	0.1	1260.8	
1969	36	0.2	41.9	0.5	23.9	98.7	221.4	396.1	174.4	49.7	0.5	0.4	1043.7	
1971	1.2	0	2.8	44.7	41.2	248.2	224.6	232.4	163.1	99.5	6.9	0	1064.6	
1972	0.2	11	11.6	39.7	91.2	311.8	210.2	137.8	146	17.7	34.4	0	1011.6	
1973	0	11.1	1.2	60.3	49.5	257.7	238.1	227.8	180.6	240.2	13.3	6.2	1286	
1974	9.6	0	9.6	11.1	145.3	701.5	254.1	103.9	270	9.9	0	0	1515	
1975	14	55.7	0	0	183	200.5	173.8	191.1	217.9	32.8	27.4	5.8	1102	
1976	17.2	10.4	3.6	31.9	50.5	200.9	178.4	194.2	171.9	116.2	38.3	7.7	1021.2	
1977	7.1	27.3	0.3	0.2	119.2	313.3	183.2	177.6	191	58	26.8	30.6	1134.6	
1978	1.7	13.3	5.1	18.4	108.7	227.2	281.8	121.4	228.3	126.7	3.9	6.8	1143.3	
1979	12.5	54.5	0.2	66.3	54.7	162.9	173.6	334.8	190.6	26.6	21.4	0.5	1098.6	
1980	96	0	1.4	56.3	24.3	192	247.7	249.5	154.4	85.5	21.9	7.3	1136.3	
1981	3.1	21.1	9.3	42	59.1	331.8	323.3	397.9	198.6	99.2	12.5	1.3	1499.2	
1982	0	33.6	4.5	35	171.8	65.3	127.7	166.6	71.6	53	0	0	729.1	
1983	0	15	0	0	13	78	108.5	49	47	38	51.5	0	400	
1984	0	0	9.1	2	141	189.5	117	134	240	0	0	0	832.6	
1985	0	5.3	7.2	2	78.2	175.8	145.8	146.8	230.5	58.3	9.6	8.9	868.4	
1986		8.7	0	37.2	63.7	194.5	174.3	144.9	111.2	43.8	10.9	7.8	797	
1987	3.8	3	10.5	13.2	24.8	746.8	363.3	251.5	273.6	24.9	0	0	1715.4	
1988	0	0	0	0	0	423	297.1	365.6	143	41	0	0	1269.7	
	348.1	336	273.8	771.6	2289.9	7569.9	6527.8	6257.8	5595.3	2307	521.1	173.5	32970.9	
Total media mensual	11.6	11.2	9.1	25.7	76.3	252.3	217.6	208.5	186.5	76.9	17.3	5.9	1098.2	1098.9

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua., (CNA). Gerencia Regional Pacifico Sur. Estado de Oaxaca.

Anexos 2.4

Estación climática: San Esteban Atatlaha

Coordenadas: Latitud: 17° 04' N, Longitud: 097° 40' W

Altitud: 2430 m.s.n.m.

Numero: 00020105

Cod. Elem: 018

Elemento: Evaporación (mm)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total anual
1978	110.2	112.5	119.4	155.2	138.5	112.5	110.7	117.4	78.4	105.2	74.6	79.4	1314.0
1979	87.7	72.7	121	89.9	100.9	8.6	85.9	88.3	85	106.8	97.7	83.9	1028.4
1980	82.6	122.5	159.3	132.8	141.3	114.1	116.4	63.3	92.3	93.1	96.7	112.3	1326.7
1981	99.7	108.1	138.2	124.6	137.3	47.2	85.7	80.1	78.8	95.8	114.4	118.8	1228.7
1982	109.1	109.2	159.1	181.8	124.1	121.4	114.5	134.3	85.1	98.9	105.6	116.4	1459.5
1983	134.5	189.3	177.4	162.5	134.7	128.6	105.6	110.5	87.8	111.2	101.1	111.2	1554.4
1984	79.3	120.2	160.3	152.1	124.2	125.3	102.5	112.6	82.6	125.7	98.8	138	1421.6
1985	130.9	131.5	160.5	132	153.1	86.9	102.4	97.6	100	98.3	99.9	86.4	1379.5
1986	106.1	103.1	128.4	162.2	91.6	108.5	114.5	117.9	101.1	99.3	97.3	89.4	1319.4
1995	96.4	118.7	102.6	85	213.6	123.3	107	135.4	113.7	119	98.2	89.9	1402.8
		1187.8	1426.2	1378.1	1359.3	976.4	1045.2	1057.4	904.8	1053.3	984.3	1025.7	13435
Total media mensual	103.7	118.8	142.6	137.8	135.9	97.64	104.5	105.7	90.48	105.3	98.43	102.57	111.9 1343.5

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua., (CNA). Gerencia Regional Pacífico Sur. Estado de Oaxaca.

Estación climática: Chalcatongo de Hidalgo														
Coordenadas: Latitud: 17° 02' N, Longitud: 097° 35' W														
Altitud: 2250 m.s.n.m.														
Número: 00020026														
Cód. Elem: 018														
Elemento: Evaporación (mm)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total anual	
1958	97.6	98.5	148.3	142.1	114.9	126.8	108.5	121.4	97.4	91	85.3	79.9	1311.7	
1959	86.5	93.5	130.8	129.5	126.8	105.6	108.8	100.2	96.2	116.1	82.5	96.2	1272.7	
1960	101.9	124.6	144.1	128.6	146.3	142.9	120.2	107.4	111	110.8	119.6	122.1	1479.5	
1961	113.9	106.6	129.5	139.5	151.4	126	167	148.1	113.4	115.4	115.1	114.8	1540.7	
1962	111.7	105.7	127.5	110.3	116.7	113.4	115.1	104.3	94.8	116.1	100.8	106.6	1323	
1963	111.4	128.4	157.8	177.1	125.6	111.3	123	116.2	79.2	110	104.1	104.7	1448.8	
1964	109.5	141.4	175.2	181.6	150.1	115.8	115	144.6	106.1	127.7	105.5	98.2	1570.7	
1965	108.5	129.3	182.1	188.6	157.4	134.5	125	117.3	109.6	102.6	109.1	106.7	1570.7	
1966	117.5	121.7	164.3	168.6	147.5	112.9	132.1	129.4	100.4	104.2	111.6	131.1	1541.3	
1967	118.3	122.9	158.2	158.1	180.7	160.5	169.9	162.8	129	146.6	119.7	94.9	1721.6	
1968	100	113.4	167.3	165	140	104.6	114.2	99.9	102.9	101.3	113.1	102.7	1424.4	
1969	111.5	133.5	160	158.4	184.9	150.8	130.3	119.4	122.8	132.1	141	136.8	1681.5	
1970	124.3	131.5	182.4	187.8	164.5	127.3	119	122.9	111.4	104.4	113.1	107.5	1596.1	
1971	129.5	135.8	180.9	186.4	192.1	133.8	116.1	117.9	104.7	116.1	105.5	109	1627.8	
1972	118.5	138.6	168.6	187.5	149.5	108.7	126.2	112.3	114	124.7	106.3	112.7	1567.6	
1973	133.8	136.8	193.3	166.2	168	126.9	107.3	109.7	116.5	112.1	98.8	99.1	1568.5	
1974	104.1	135.9	165.1	177.1	166.3	121.7	124.5	136.5	114.4	108.9	97.9	102.9	1555.3	
1975	106.4	121	184.7	197	161.7	123.8	119.5	113.7	99.4	95	100.3	99.8	1522.3	
1976	104.9	129.2	167.2	151.9	137.8	116.5	112.9	112.6	95.7	107.5	74.4	91	1401.6	
1977	112.9	88.8	176	173.3	129.2	116.7	125.5	121.8	115.2	91.3	69.7	85.6	1406	
1978	103.5	138.6	167.2	181.5	179	126.1	119	127.3	85.1	105.7	108	106.8	1547.8	
1979	117.1	110.6	153.8	173.4	172.5	140.3	108.8	121.9	91.5	117.1	98.5	96.9	1502.4	
1980	106.6	134.1	181.1	113.3	150.8	149.5	135.3	128.6	92.3	134.1	85	96.8	1507.5	
1981	94.2	118	155.7	157	67.9	96.3	125.3	125.5	113.5	104.9	105.4	89.2	1352.9	
1982	119.1	125.5	153.4	176.8	139.1	128.6	119.2	128.5	106.1	113.6	90.2	101.7	1501.8	
1983	115.8	128.3	183.2	197.2	178	141.9	117.7	133	102.2	101.7	80.6	96.1	1575.7	
1984	98.3	111.5	169.7	170.4	151.8	114.1	102.3	114.2	109.1	124	106.1	96.1	1467.6	
1985	101.9	121.5	140.2	141.1	131.7	105.6	109.6	103.9	109.6	93.6	91.7	81.2	1331.6	
1986	98.4	106.3	175.6	182.2	117.7	130	115.3	117.7	95.1	85.5	93.7	102.2	1419.7	
1987	119.5	138.5	182.9	177.3	170.8	129.6	138.6	124.8	131	148.8	125	147.6	1734.4	
	3297.1	3670	4926.1	4944.8	4470.7	3742.5	3671.2	3643.8	3169.6	3362.9	3057.6	3116.9	44872.9	
Total media mensual	113.6	126.5	169.8	170.5	154.1	129	126.5	125.6	109.2	115.9	105.4	107.4	129.4	1495.7

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua., (CNA). Gerencia Regional Pacífico Sur. Estado de Oaxaca.

Estación climática: Chalcatongo de Hidalgo														
Coordenadas: Latitud: 17° 02' N, Longitud: 097° 35' W														
Altitud: 2250 m.s.n.m.														
Número: 00020026														
Cód. Elem: 018														
Elemento: Evaporación (mm)														
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total anual	
1958	97.6	98.5	148.3	142.1	114.9	126.8	108.5	121.4	97.4	91	85.3	79.9	1311.7	
1959	86.5	93.5	130.8	129.5	126.8	105.6	108.8	100.2	96.2	116.1	82.5	96.2	1272.7	
1960	101.9	124.6	144.1	128.6	146.3	142.9	120.2	107.4	111	110.8	119.6	122.1	1479.5	
1961	113.9	106.6	129.5	139.5	151.4	126	167	148.1	113.4	115.4	115.1	114.8	1540.7	
1962	111.7	105.7	127.5	110.3	116.7	113.4	115.1	104.3	94.8	116.1	100.8	106.6	1323	
1963	111.4	128.4	157.8	177.1	125.6	111.3	123	116.2	79.2	110	104.1	104.7	1448.8	
1964	109.5	141.4	175.2	181.6	150.1	115.8	115	144.6	106.1	127.7	105.5	98.2	1570.7	
1965	108.5	129.3	182.1	188.6	157.4	134.5	125	117.3	109.6	102.6	109.1	106.7	1570.7	
1966	117.5	121.7	164.3	168.6	147.5	112.9	132.1	129.4	100.4	104.2	111.6	131.1	1541.3	
1967	118.3	122.9	158.2	158.1	180.7	160.5	169.9	162.8	129	146.6	119.7	94.9	1721.6	
1968	100	113.4	167.3	165	140	104.6	114.2	99.9	102.9	101.3	113.1	102.7	1424.4	
1969	111.5	133.5	160	158.4	184.9	150.8	130.3	119.4	122.8	132.1	141	136.8	1681.5	
1970	124.3	131.5	182.4	187.8	164.5	127.3	119	122.9	111.4	104.4	113.1	107.5	1596.1	
1971	129.5	135.8	180.9	186.4	192.1	133.8	116.1	117.9	104.7	116.1	105.5	109	1627.8	
1972	118.5	138.6	168.6	187.5	149.5	108.7	126.2	112.3	114	124.7	106.3	112.7	1567.6	
1973	133.8	136.8	193.3	166.2	168	126.9	107.3	109.7	116.5	112.1	98.8	99.1	1568.5	
1974	104.1	135.9	165.1	177.1	166.3	121.7	124.5	136.5	114.4	108.9	97.9	102.9	1555.3	
1975	106.4	121	184.7	197	161.7	123.8	119.5	113.7	99.4	95	100.3	99.8	1522.3	
1976	104.9	129.2	167.2	151.9	137.8	116.5	112.9	112.6	95.7	107.5	74.4	91	1401.6	
1977	112.9	88.8	176	173.3	129.2	116.7	125.5	121.8	115.2	91.3	69.7	85.6	1406	
1978	103.5	138.6	167.2	181.5	179	126.1	119	127.3	85.1	105.7	108	106.8	1547.8	
1979	117.1	110.6	153.8	173.4	172.5	140.3	108.8	121.9	91.5	117.1	98.5	96.9	1502.4	
1980	106.6	134.1	181.1	113.3	150.8	149.5	135.3	128.6	92.3	134.1	85	96.8	1507.5	
1981	94.2	118	155.7	157	67.9	96.3	125.3	125.5	113.5	104.9	105.4	89.2	1352.9	
1982	119.1	125.5	153.4	176.8	139.1	128.6	119.2	128.5	106.1	113.6	90.2	101.7	1501.8	
1983	115.8	128.3	183.2	197.2	178	141.9	117.7	133	102.2	101.7	80.6	96.1	1575.7	
1984	98.3	111.5	169.7	170.4	151.8	114.1	102.3	114.2	109.1	124	106.1	96.1	1467.6	
1985	101.9	121.5	140.2	141.1	131.7	105.6	109.6	103.9	109.6	93.6	91.7	81.2	1331.6	
1986	98.4	106.3	175.6	182.2	117.7	130	115.3	117.7	95.1	85.5	93.7	102.2	1419.7	
1987	119.5	138.5	182.9	177.3	170.8	129.6	138.6	124.8	131	148.8	125	147.6	1734.4	
	3297.1	3670	4926.1	4944.8	4470.7	3742.5	3671.2	3643.8	3169.6	3362.9	3057.6	3116.9	44872.9	
Total media mensual	113.6	126.5	169.8	170.5	154.1	129	126.5	125.6	109.2	115.9	105.4	107.4	129.4	1495.7

Estación climática: Yutamá, Yosondúa

Coordenadas: Latitud: 16° 53' N, Longitud: 097° 38' W

Altitud: 1900 m.s.n.m.

Código: 00020212

Id. Elem: 018

Elemento: Evaporación (mm)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total anual	
1961	79.9	77.4	122.7	128	130.4	100.8	75.6	100.5	91.1	95.3	72.1	72.6	1146.4	
1962	82.7	94.5	125.2	116.8	102.5	85.6	108.4	102.5	86.8	87.4	81.7	63.7	1137.8	
1963	90.6	92.9	135.1	139	120.9	105.5	96.4	99.9	63.5	78.1	69.4	82.7	1174	
1964	89.7	103.3	137.9	146.9	123.9	108.5	82	102.7	69.5	90.6	86.9	79.4	1221.3	
1965	88.7	95.2	116.7	123.8	120.4	111.6	127.8	105.9	106.3	107.5	111.3	100.4	1315.6	
1966	121.5	119	174.1	169.8	147.6	132.9	128.3	133.4	101.3	114.1	120.9	122	1584.9	
1967	133.5	135.8	166.6	151.3	148.5	119.4	126.5	126.2	105	122	125	108.8	1568.6	
1968	121.4	125	167.6	171.9	130	111.4	115.4	115.9	98.5	108.5	119.7	110.3	1495.6	
	808	843.1	1145.9	1147.5	1024.2	875.7	860.4	887	722	803.5	787	739.9	10644.2	
Total media mensual	101	105.3	143.2	143.5	128	109.4	107.5	110.8	90.2	100.4	98.3	92.4	110.8	1330.5

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, (CNA). Gerencia Regional Pacífico Sur. Estado de Oaxaca.

Estación climática: Santiago, Yosondúa														
Coordenadas: Latitud: 16° 54' N, Longitud: 097° 36' W														
Altitud: 2000 m.s.n.m.														
Número: 00020186														
Cod. Elem: 018														
Elemento: Evaporación (mm)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total anual	
1963	110.9	114.9	149.9	159.1	129	103.5	108.4	122.9	77.9	101.7	96.9	100.2	1375.3	
1964	91.3	115.5	159.2	165.9	133.5	83.7	92.7	107.3	85.2	110.1	91.9	86	1322.3	
1965	97.9	104.8	147	149.8	122.4	91.7	108.6	106.9	94.8	93.6	104.3	92	1313.8	
1966	99.5	107.8	142.5	147	108.2	104.3	105.8	110	95	97	107.1	96.2	1320.4	
1967	96.3	111.8	132.1	129.4	144	91.6	112.3	102.4	79.6	89.4	98.8	94.5	1282.2	
1969	105.4	126.9	144.1	180.1	169.3	111.5	107.1	81.4	75.5	98.1	112.5	100	1411.9	
1971	135.2	140.8	175	191.6	158.8	104.1	109.3	92.8	84.3	102.3	58.4	114.7	1467.3	
1972	119.2	136.3	174.5	176.3	146.3	96.9	130.9	118.4	117.5	126.9	100.8	118.1	1562.1	
1973	144.6	142.6	191.6	155.8	148.7	90.1	109.7	95.8	100.7	111.8	119.5	100.9	1511.8	
1974	97.3	125	148.5	161.4	144.8	108.2	131.3	120.1	89.6	117.7	112	112.8	1468.7	
1975	122.3	122.7	181.6	198.5	151.8	104.1	92.9	114.2	99.1	105	122.9	115.6	1530.7	
1976	127.7	140.2	176.8	159	151.9	127.8	122.4	130.9	121.4	107.5	99.5	109.5	1574.6	
1977	149.4	127.8	189.6	189.2	132.7	137.3	137.6	135	111.3	100.1	101.7	106.7	1618.4	
1978	114.9	127.4	166.1	173.1	166.4	113.4	108.1	104.5	90.7	95.6	103.2	95.3	1260.2	
1979	111.7	116.6	153.6	161.1	159	135.7	108.5	105	86.3	111.8	103.2	97.3	1249.3	
1980	122.1	121.7	162.9	142.3	124.1	128.2	111.3	110.3	117.1	114.5	102.1	121	1477.6	
1981	105.1	126.9	168.4	127.5	152.6	89.1	110.6	104.4	102.7	97.8	115.3	103.7	1404.1	
1982	105.9	80.3	167.2	136.5	133.8	102.6	146.7	151.9	147.9	94.2	130.1	140.7	1537.8	
1983	160	139.1	145.8	157.1	135.3	173.4	163.1	160.9	118.3	147.6	140.9	87.1	1728.6	
1984	85.1	101	139.7	162.1	140.3	133.5	124.6	157.8	125.3	65.3	84.4	144	1462.9	
1986	90.1	124.9	176.9	161	49.6	178.2	125.9	156.3	127.9	89.2	82.3	92.1	1454.4	
1988	90.3	104.6	105.3	100.2	120.5	90.5	92.9	104.9	118	128.7	119.9	114.2	1290	
Total media mensual	2482.2	2659.6	3498.3	3484	3023	2499.4	2560.7	2593.9	2266.1	2305.9	2307.7	2342.6	31624.4	
	112.8	120.9	159	158.3	137.4	113.5	116.4	117.9	103	104.8	104.8	106.4	121.2	1437.4

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, (CNA). Gerencia Regional Pacífico Sur. Estado de Oaxaca.

Estación climática: Santiago, Yosondúa														
Coordenadas: Latitud: 16° 54' N, Longitud: 097° 36' W														
Altitud: 2000 m.s.n.m.														
Número: 00020186														
Cód. Elem: 018														
Elemento: Evaporación (mm)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total anual	
1963	110.9	114.9	149.9	159.1	129	103.5	108.4	122.9	77.9	101.7	96.9	100.2	1375.3	
1964	91.3	115.5	159.2	165.9	133.5	83.7	92.7	107.3	85.2	110.1	91.9	86	1322.3	
1965	97.9	104.8	147	149.8	122.4	91.7	108.6	106.9	94.8	93.6	104.3	92	1313.8	
1966	99.5	107.8	142.5	147	108.2	104.3	105.8	110	95	97	107.1	96.2	1320.4	
1967	96.3	111.8	132.1	129.4	144	91.6	112.3	102.4	79.6	89.4	98.8	94.5	1282.2	
1969	105.4	126.9	144.1	180.1	169.3	111.5	107.1	81.4	75.5	98.1	112.5	100	1411.9	
1971	135.2	140.8	175	191.6	158.8	104.1	109.3	92.8	84.3	102.3	58.4	114.7	1467.3	
1972	119.2	136.3	174.5	176.3	146.3	96.9	130.9	118.4	117.5	126.9	100.8	118.1	1562.1	
1973	144.6	142.6	191.6	155.8	148.7	90.1	109.7	95.8	100.7	111.8	119.5	100.9	1511.8	
1974	97.3	125	148.5	161.4	144.8	108.2	131.3	120.1	89.6	117.7	112	112.8	1468.7	
1975	122.3	122.7	181.6	198.5	151.8	104.1	92.9	114.2	99.1	105	122.9	115.6	1530.7	
1976	127.7	140.2	176.8	159	151.9	127.8	122.4	130.9	121.4	107.5	99.5	109.5	1574.6	
1977	149.4	127.8	189.6	189.2	132.7	137.3	137.6	135	111.3	100.1	101.7	106.7	1618.4	
1978	114.9	127.4	166.1	173.1	166.4	113.4	108.1	104.5	90.7	95.6	103.2	95.3	1260.2	
1979	111.7	116.6	153.6	161.1	159	135.7	108.5	105	86.3	111.8	103.2	97.3	1249.3	
1980	122.1	121.7	162.9	142.3	124.1	128.2	111.3	110.3	117.1	114.5	102.1	121	1477.6	
1981	105.1	126.9	168.4	127.5	152.6	89.1	110.6	104.4	102.7	97.8	115.3	103.7	1404.1	
1982	105.9	80.3	167.2	136.5	133.8	102.6	146.7	151.9	147.9	94.2	130.1	140.7	1537.8	
1983	160	139.1	145.8	157.1	135.3	173.4	163.1	160.9	118.3	147.6	140.9	87.1	1728.6	
1984	85.1	101	139.7	162.1	140.3	133.5	124.6	157.6	125.3	65.3	84.4	144	1462.9	
1986	90.1	124.9	176.9	161	49.6	178.2	125.9	156.3	127.9	89.2	82.3	92.1	1454.4	
1988	90.3	104.6	105.3	100.2	120.5	90.5	92.9	104.9	118	128.7	119.9	114.2	1290	
	2482.2	2659.6	3498.3	3484	3023	2499.4	2560.7	2593.9	2266.1	2305.9	2307.7	2342.6	31624.4	
Total media mensual	112.8	120.9	159	158.3	137.4	113.5	116.4	117.9	103	104.8	104.8	106.4	121.2	1437.4

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua., (CNA). Gerencia Regional Pacífico Sur. Estado de Oaxaca.

Nombre Elemento: Evapotranspiración Real

Nombre Elemento: Evapotranspiración Potencial

Según Turc

Total anual

Según Thornthwaite

Total anual

Total anual

1961

710.5

1961

449.6

1401.3

1962

679.0

1962

451.3

1406.6

1963

695.9

1963

451.3

1406.6

1964

681.6

1964

451.3

1406.6

1965

711.6

1965

449.5

1417.1

1966

671.0

1966

452.7

1410.9

1967

635.2

1967

430.2

1378.5

1968

660.6

1968

430.2

1378.5

1969

619.3

1969

449.5

1417.1

1970

629.9

1970

261.8

1376.6

1971

671.0

1971

261.8

1376.9

1972

640.6

1972

430.2

1378.5

1973

618.9

1973

263.3

1369.1

1974

642.7

1974

434.7

1361.1

1975

689.0

1975

263.3

1369.1

1976

619.3

1976

264.2

1371.1

1977

697.3

1977

428.5

1375.3

1978

685.2

1978

261.8

1376.9

1979

622.8

1979

452.7

1410.9

1980

685.2

1980

451.3

1406.6

1981

707.2

1981

262.7

1400.2

1982

579.1

1982

449.5

1417.1

1983

662.1

1983

449.6

1401.3

1984

659.3

1984

430.2

1378.5

1985

693.7

1985

430.2

1378.5

1986

686.2

1986

430.2

1378.5

17254.2

10241.6

36149.4

Media

663.6

Media

393.9

1390.3

Fuente: Cifras calculadas por Janette Francisco Robles, con base en datos climatológicos, proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, (CNA). Gerencia Regional Pacífico Sur. Estado de Oaxaca.

Nombre Elemento: Evapotranspiración Real			Nombre Elemento: Evapotranspiración Potencial			
Según Turc	Total anual		Según Thornthwaite	Total anual	Total anual	
	1958	779.0		1958	449.6	1401.3
	1959	676.1		1959	264.2	1371.1
	1960	668.8		1960	428.5	1375.3
	1961	639.5		1961	410.2	1351.3
	1962	544.7		1962	418.6	1379.1
	1963	646.6		1963	430.2	1378.5
	1964	644.0		1964	428.5	1375.3
	1965	627.1		1965	428.5	1375.3
	1966	593.2		1966	433.1	1365.3
	1967	594.6		1967	433.1	1365.3
	1968	645.5		1968	428.5	1375.3
	1969	725.7		1969	470.0	1424.8
	1970	573.7		1970	468.3	1420.1
	1971	622.2		1971	431.4	1363.1
	1972	676.8		1972	262.7	1400.2
	1973	724.8		1973	447.0	1419.3
	1974	691.9		1974	428.5	1375.3
	1975	685.0		1975	430.2	1378.5
	1976	594.2		1976	428.5	1375.3
	1977	625.6		1977	449.6	1401.3
	1978	637.0		1978	448.3	1415.1
	1979	687.0		1979	449.6	1401.3
	1980	787.3		1980	451.3	1406.6
	1981	718.1		1981	433.1	1365.3
	1982	440.3		1982	274.7	1099.0
	1983	580.7		1983	273.7	1094.8
	1984	554.3		1984	274.7	1099.0
	1985	616.9		1985	272.7	1090.6
	1986	588.4		1986	271.7	1086.4
	1987	526.7		1987	274.7	1099.0
	1988	495.8		1988	272.7	1090.6
		19611.5			12066.4	40918.7
	Media	196.1		Media	120.6	1319.9

Fuente: Cifras calculadas por Janette Francisco Robles con base en datos climatológicos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua., (CNA). Gerencia Regional Pacifico Sur. Estado de Oaxaca.

Nombre Elemento: Evapotranspiración Real

Nombre Elemento: Evapotranspiración Potencial

Según Turc

Total anual

Según Thornthwaite

Total anual

Total anual

1961

783.7

1961

470.0

1424.8

1962

666.5

1962

415.2

1330.6

1963

716.9

1963

469.6

1418.1

1964

795.1

1964

469.2

1429.3

1965

691.1

1965

468.3

1420.1

1966

730.4

1966

468.3

1420.1

1967

730.2

1967

470.0

1424.8

1968

697.8

1968

446.2

1415.3

5811.7

3676.8

11283.1

Media

726.4

Media

459.6

1410.3

Fuente: Cifras calculadas por Janette Francisco Robles, con base en datos climatológicos, proporcionados por la Comisión Nacional del Agua., (CNA). Gerencia Regional Pacífico Sur. Estado de Oaxaca.

Nombre Elemento: Evapotranspiración Real

Nombre Elemento: Evapotranspiración Potencial

Según Turc

Total anual

Según Thornthwaite

Total anual

Total anual

1958

750.3

1958

428.5

1375.3

1959

749.1

1959

264.2

1371.1

1960

718.9

1960

428.5

1375.3

1961

698.1

1961

433.1

1365.3

1962

636.6

1962

428.5

1375.3

1963

717.6

1963

428.5

1375.3

1964

712.1

1964

428.5

1375.3

1965

658.8

1965

433.1

1365.3

1966

669.3

1966

434.7

1360.1

1967

698.6

1967

431.4

1363.1

1969

675.3

1969

430.2

1378.5

1971

672.4

1971

435.3

1387.4

1972

664.4

1972

428.5

1375.3

1973

716.3

1973

264.2

1371.1

1974

721.8

1974

420.2

1385.2

1975

660.9

1975

419.1

1383.3

1976

646.8

1976

420.2

1385.2

1977

677.0

1977

434.7

1363.1

1978

687.9

1978

263.3

1368.3

1979

675.7

1979

433.1

1365.3

1980

686.5

1980

263.3

1368.3

1981

736.2

1981

433.1

1365.3

1982

637.5

1982

505.6

1450.2

1983

403.5

1983

581.2

1533.9

1984

733.2

1984

548.9

1489.3

1985

729.6

1985

529.4

1476.8

1986

642.8

1986

462.3

1401.6

1987

768.9

1987

428.5

1375.3

1988

727.9

1988

262.7

1400.2

19874.0

12102.8

40325.0

Media

685.3

Media

417.3

1344.1

Fuente: Cifras calculadas por Janette Francisco Robles, con base en datos climatológicos, proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, (CNA). Gerencia Regional Pacífico Sur. Estado de Oaxaca.

Anexo 2.6 Duración promedio posible del fotoperiodo en los hemisferios Norte y Sur, expresado en unidades de 30 días de 12 horas cada uno

Cuadro . B. -Duración promedio posible del fotoperiodo en los hemisferios norte y sur expresado en unidades de 30 días de 12 horas cada uno.

LAT. N.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	.99	1.02
10	1.00	.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	.98	.99
15	.97	.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	.95	.97
20	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94
25	.93	.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
26	.92	.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
27	.92	.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	.99	.90	.90
28	.91	.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	.98	.90	.90
29	.91	.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	.98	.90	.89
30	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
31	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
32	.89	.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	.98	.88	.87
33	.88	.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	.97	.88	.86
34	.88	.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	.97	.87	.86
35	.87	.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	.97	.86	.85
36	.87	.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	.97	.86	.84
37	.86	.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	.97	.85	.83
38	.85	.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	.96	.84	.83
39	.85	.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	.96	.84	.82
40	.84	.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	.96	.83	.81
41	.83	.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	.96	.82	.80
42	.82	.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	.95	.82	.79
43	.81	.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	.95	.81	.77
44	.81	.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	.95	.80	.76
45	.80	.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	.94	.79	.75
46	.79	.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	.94	.79	.74
47	.77	.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	.93	.78	.73
48	.76	.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	.93	.77	.72
49	.75	.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	.93	.76	.71
50	.74	.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	.92	.76	.70
LAT. S.												
5	1.06	.95	1.04	1.00	1.02	.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10	1.08	.97	1.05	.99	1.01	.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15	1.12	.98	1.05	.98	.98	.94	.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20	1.14	1.00	1.05	.97	.96	.91	.95	.99	1.00	1.08	1.09	1.15
25	1.17	1.01	1.05	.96	.94	.88	.93	.98	1.00	1.10	1.11	1.18
30	1.20	1.03	1.06	.95	.92	.85	.90	.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35	1.23	1.04	1.06	.94	.89	.82	.87	.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40	1.27	1.06	1.07	.93	.86	.78	.84	.92	1.00	1.15	1.20	1.29
42	1.28	1.07	1.07	.92	.85	.76	.82	.92	1.00	1.16	1.22	1.31
44	1.30	1.08	1.07	.92	.83	.74	.81	.91	.99	1.17	1.23	1.33
46	1.32	1.10	1.07	.91	.82	.72	.79	.90	.99	1.17	1.25	1.35
48	1.34	1.11	1.08	.90	.80	.70	.76	.89	.95	1.18	1.27	1.37
50	1.37	1.12	1.08	.89	.77	.67	.74	.88	.99	1.19	1.29	1.41

Anexo 2.7 Valores de $i = \text{Índice de calor anual } i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$

CUADRO A. -- Valores de $i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$

°C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0			.01	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07
1	.09	.10	.12	.13	.15	.16	.18	.20	.21	.23
2	.25	.27	.29	.31	.33	.35	.37	.39	.42	.44
3	.46	.48	.51	.53	.56	.58	.61	.63	.66	.69
4	.71	.74	.77	.80	.82	.85	.88	.91	.94	.97
5	1.00	1.03	1.06	1.09	1.12	1.16	1.19	1.22	1.25	1.29
6	1.32	1.35	1.39	1.42	1.45	1.49	1.52	1.56	1.59	1.63
7	1.66	1.70	1.74	1.77	1.81	1.85	1.89	1.92	1.96	2.00
8	2.04	2.08	2.12	2.15	2.19	2.23	2.27	2.31	2.35	2.39
9	2.44	2.48	2.52	2.56	2.60	2.64	2.69	2.73	2.77	2.81
10	2.86	2.90	2.94	2.99	3.03	3.08	3.12	3.16	3.21	3.25
11	3.30	3.34	3.39	3.44	3.48	3.53	3.58	3.62	3.67	3.72
12	3.76	3.81	3.86	3.91	3.96	4.00	4.05	4.10	4.15	4.20
13	4.25	4.30	4.35	4.40	4.45	4.50	4.55	4.60	4.65	4.70
14	4.75	4.81	4.86	4.91	4.96	5.01	5.07	5.12	5.17	5.22
15	5.28	5.33	5.38	5.44	5.49	5.55	5.60	5.65	5.71	5.76
16	5.82	5.87	5.93	5.98	6.04	6.10	6.15	6.21	6.26	6.32
17	6.38	6.44	6.49	6.55	6.61	6.66	6.72	6.78	6.84	6.90
18	6.95	7.01	7.07	7.13	7.19	7.25	7.31	7.37	7.43	7.49
19	7.55	7.61	7.67	7.73	7.79	7.85	7.91	7.97	8.03	8.10
20	8.16	8.22	8.28	8.34	8.41	8.47	8.53	8.59	8.66	8.72
21	8.78	8.85	8.91	8.97	9.04	9.10	9.17	9.23	9.29	9.36
22	9.42	9.49	9.55	9.62	9.68	9.75	9.82	9.88	9.95	10.01
23	10.08	10.15	10.21	10.28	10.35	10.41	10.48	10.55	10.62	10.68
24	10.75	10.82	10.89	10.95	11.02	11.09	11.16	11.23	11.30	11.37
25	11.44	11.50	11.57	11.64	11.71	11.78	11.85	11.92	11.99	12.06
26	12.13	12.21	12.28	12.35	12.42	12.49	12.56	12.63	12.70	12.77
27	12.85	12.92	12.99	13.07	13.14	13.21	13.28	13.36	13.44	13.50
28	13.58	13.65	13.72	13.80	13.87	13.94	14.02	14.09	14.17	14.24
29	14.32	14.39	14.47	14.54	14.62	14.69	14.77	14.84	14.92	14.99
30	15.07	15.15	15.22	15.30	15.38	15.45	15.53	15.61	15.68	15.76
31	15.84	15.92	15.99	16.07	16.15	16.23	16.30	16.38	16.46	16.54
32	16.62	16.70	16.78	16.85	16.93	17.01	17.09	17.17	17.25	17.33
33	17.41	17.49	17.57	17.65	17.73	17.81	17.89	17.97	18.05	18.13
34	18.22	18.30	18.38	18.46	18.54	18.62	18.70	18.79	18.87	18.95
35	19.03	19.11	19.20	19.28	19.36	19.45	19.53	19.61	19.69	19.78
36	19.86	19.95	20.03	20.11	20.20	20.28	20.36	20.45	20.53	20.62
37	20.70	20.79	20.87	20.96	21.04	21.13	21.21	21.30	21.38	21.47
38	21.56	21.64	21.73	21.81	21.90	21.99	22.07	22.16	22.25	22.34
39	22.42	22.51	22.59	22.68	22.77	22.86	22.95	23.03	23.12	23.21
40	23.30									

Anexo 2.8

Subdirección General Técnica

Gerencia de aguas Superficiales Gerencia de Ríos

Estación hidrométrica: Yutamá

Coordenadas: Latitud: 16° 53' 30" N, Longitud: 097° 38' 00"W

Colector general: Río Atoyac o Verde.

Afluente: Río Sordo

Subafluente: Río Yutamá

Región: 20 Costa Chica- Río Verde

Clave: 20040

Estado de Oaxaca

Estación: Yutamá

Corriente: Río Yutamá

Nombre Elemento: Escurrimiento, 10 3 m3

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total anual
1961	1,431	1,037	1,075	1,499	972	24,971	18,701	5,513	12,907	2,876	4,089	1,823	76,894
1962	1,385	992	1,049	1,641	1,299	1,315	1,899	4,207	14,045	3,970	1,971	1,725	35,498
1963	1,093	872	906	693	1,124	1,685	15,341	8,222	9,286	6,438	2,067	1,414	49,141
1964	1,198	918	846	811	2,117	12,631	6,152	5,678	4,482	2,398	1,478	1,429	40,138
1965	1,269	920	765	721	969	2,539	5,801	16,081	5,119	6,771	1,813	1,265	44,033
1966	1,005	879	1,241	1,412	1,290	1,117	4,776	6,734	5,419	5,134	1,552	1,277	31,836
1967	1,042	858	873	1,126	930	1,888	1,790	2,996	22,839	14,956	6,593	1,746	57,637
1968	1,719	1,222	1,117	1,255	4,164	16,796	11,437	5,858	6,568	1,980	1,377	1,204	54,697
1969	1,120	1,056	868	969	980	2,550	6,972	12,201	7,430	6,270	3,031	1,032	44,479
	11,262	8,754	8,740	10,127	13,845	65,492	72,869	67,490	88,095	50,793	23,971	12,915	434,353
Total media mensual	1.251	972	971	1,125	1,538	7,276	8,096	7,499	9,788	5,643	2,663	1,435	4,021 48,261

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, (CNA). Gerencia Regional Pacífico Sur. Aguas superficiales e Ingeniería de ríos. Estado de Oaxaca.

Anexo 2.9

Subdirección General Técnica

Gerencia de aguas Superficiales Gerencia de Ríos

Estación hidrométrica: Nduavé

Coordenadas: Latitud: 16° 51' 00" N, Longitud: 097° 36' 00" W

Colector general: Río Atoyac o Verde.

Afluente: Río Sordo

Región: 20 Costa Chica- Río Verde

Subafluente: Río Esmeralda

Clave: 20034

Estado de Oaxaca

Estación: Nduavé

Corriente: Río Esmeralda

Nombre Elem.ento: Escurrimento, 10 3 m3

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total anual
1954	10,967	9,721	10,874	909	3,812	7,276	13,370	18,732	17,427	19,167	4,944	3,447	120,646
1955	3,012	8,750	9,890	9,856	10,556	17,804	16,828	22,123	6,964	3,662	2,563	2,320	114,328
1956	1,696	1,332	1,081	1,386	3,424	12,066	10,182	9,054	9,294	5,209	1,447	1,171	57,342
1957	921	773	821	1,144	1,758	4,130	7,897	5,760	13,609	3,819	1,641	1,125	43,398
1958	7,869	2,287	1,547	1,004	1,480	3,046	9,056	15,652	22,845	10,328	7,434	3,565	86,113
1959	2,138	1,320	1,457	1,775	2,417	5,813	11,203	8,427	6,890	12,314	3,560	2,036	59,350
1960	1,479	1,166	1,083	1,121	1,806	2,744	6,314	5,355	13,191	9,181	3,968	1,749	49,157
1961	1,337	1,060	1,069	1,254	1,185	9,953	13,388	4,367	6,093	3,287	2,425	1,210	46,628
1962	1,054	905	1,002	1,741	1,699	1,856	1,988	5,752	11,332	3,555	1,478	735	33,097
1963	610	683	599	754	1,248	1,375	16,095	5,898	6,299	4,813	1,369	389	40,132
1964	701	408	506	702	3,420	14,627	5,497	4,716	5,136	2,577	963	1,125	40,378
1965	635	627	492	686	1,007	2,096	4,706	11,883	5,663	6,451	1,886	725	36,857
1966	641	713	1,541	1,430	1,127	1,027	3,070	6,918	42,339	36,911	9,880	9,754	115,351
1967	720	810	1,420	895	1,098	1,856	2,231	4,582	5,552	4,458	8,562	8,562	40,746
1968	650	596	1,230	1,028	978	1,122	2,340	4,879	3,512	8,951	1,451	7,581	34,318
1969	680	601	1,340	1,296	1,114	1,523	2,800	4,999	4,589	6,849	5,584	6,548	37,923
	35,110	31,752	35,952	26,981	38,129	88,314	126,965	139,097	180,735	141,532	59,155	52,042	955,764
Total media mensual	2,194	1,984	2,247	1,863	2,383	5,519	7,935	8,693	11,295	8,845	3,698	3,252	4,992 59,735

Fuente: Elaborado con base en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua., (CNA). Gerencia Regional Pacifico Sur. Aguas superficiales e Ingeniería de ríos. Estado de Oaxaca

Anexos 3.1 San Esteban Atatlahuca

Vivienda e indicadores ambientales

TOTVIVHAB	VP_SERSAN	VP_DREAGU	VP_AGDREL	VP_NOADE	VP_LAVAD	VP_BOILER	VP_COCGAS	VP_COCLEN	VP_COCCAR	VP_COCPET	
67	62	0	0	8	0	0	18	760	0	0	
95	49	0	0	44	2	0	8	59	0	0	
57	44	0	0	12	0	0	1	94	0	0	
58	46	0	0	26	1	0	0	57	0	0	
34	20	0	0	17	0	0	0	58	0	0	
30	23	0	0	5	1	0	1	33	0	0	
90	59	0	0	51	1	1	0	30	0	0	
3	0	1	0	0	0	0	0	88	0	0	
10	8	0	0	7	0	0	1	2	0	0	
8	6	0	0	2	0	0	0	10	0	0	
8	2	0	0	3	0	0	0	8	0	0	
10	7	0	0	8	0	0	0	8	0	0	
12	11	0	0	1	0	0	0	10	0	0	
9	3	0	0	1	0	0	0	12	0	0	
1	*	*	*	*	*	*	0	9	0	0	
4	4	0	0	4	0	0	*	*	*	*	
2	*	*	*	*	*	*	0	4	0	0	
3	2	0	0	1	0	0	*	*	*	*	
1	*	*	*	*	*	*	0	3	0	0	
3	0	0	0	2	0	0	*	*	*	*	
5	2	0	0	5	0	0	0	3	0	0	
2	*	*	*	*	*	*	0	5	0	0	
13	7	0	0	8	0	0	*	*	*	*	
3	2	0	0	2	0	0	1	12	0	0	
4	4	0	0	3	0	0	0	3	0	0	
5	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	
3	2	0	0	3	0	0	0	5	0	0	
2	*	*	*	*	*	*	0	3	0	0	
4	4	0	0	3	0	0	0	4	0	0	
Total	546	371	1	0	216	5	1	30	1284	0	0

Fuente: INEGI (2000).

DENUNCIAS RECIBIDAS EN MATERIA AMBIENTAL DE COMPETENCIA FEDERAL
POR MUNICIPIO SEGÚN PRINCIPAL RECURSO AFECTADO 2002

TOTAL	AGUA	AIRE	SUELO	FLORA	FAUNA	FORESTAL	PESCA	OTROS
1	0	0	0	0	0	1	0	0

INCENDIOS FORESTALES Y SUPERFICIE SINIESTRADA
POR MINUCIPIO DONDE OCURRIÓ EL SISINESTRO 2002

INCENDIOS FORESTALES	TOTAL	SUPERFICIE SINIESTRADA (Hetáreas)		RENUOVO	ARBOLADA
		PASTOS	HIRBA Y ARBUSTOS		
0	0	0	0	0	0

ÁRBOLES PLANTADOS Y SUPERFICIE REFORESTADA
POR MUNICIPIO 2002

ARBOLES PLANTADOS a/ SUPERFICIE REFORESTADA (Hectáreas)

15000

15

FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/ Y VOLÚMEN PROMEDIO DIARIO
DE EXTRACCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO SEGÚN TIPO DE FUENTE 2002

FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/				VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (METROS CÚBICOS)			
TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/	TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/
11	0	11	0	284	0	284	0

SISTEMAS, TOMAS DOMICILIARIAS INTALADAS Y LOCALIDADES CON RED DE
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2002

SISTEMAS DE AGUA POTABLE	TOMAS DOMICILIARIAS INSTALADAS			LOCALIDADES CON RED DE DISTRIBUCIÓN	
	TOTAL	DOMÉSTICA	COMERCIAL	INDUSTRIAL	
11	196	196	0	0	11

CLASIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE POR USO DEL SUELO Y CUBIERTA VEGETAL (HA)

RIEGO	TEMPORAL Y HUMEDAD	TOTAL CULTIVO	BOSQUE	CHAPARRAL	PASTAL	RAMONAL	APROVECHABLE	NO UTILIZABLE
2	2	2	2,3	2	2	2	2	2
43	*	*	20	23	*	*	43	*

2 Las cifras en tipo negro en las columnas corresponden a los valores del censo.

3 Incluye bosque maderable y no maderable.

CLASIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE POR USO DEL SUELO Y CUBIERTA VEGETAL (HA)

RIEGO	TEMPORAL Y HUMEDAD	TOTAL CULTIVO	BOSQUE	CHAPARRAL	PASTAL	RAMONAL	APROVECHABLE	NO UTILIZABLE
2	2	2	2,3	2	2	2	2	2
43	*	*	20	23	*	*	43	*

2 Las cifras en tipo negro en las columnas corresponden a los valores del censo.

3 Incluye bosque maderable y no maderable.

Chalcatongo de Hidalgo

TOTVIVHAB VP_SERSAN VP_DREAGU VP_AGDREL VP_NOADE VP_LAVAD VP_BOILER VP_COCGAS VP_COCLN VP_COCCAR VP_COCPET

436	379	314	310	10	87	140		1519	2	1	
81	74	315	1	4	2	1	255	170	0	1	
143	85	316	11	0	2	3	4	77	0	0	
61	57	317	0	3	0	0	4	137	0	0	
188	99	318	12	8	8	3	0	61	0	0	
43	34	4	4	2	1	0	7	178	0	0	
68	60	17	16	1	6	4	0	43	0	0	
39	21	1	1	3	0	1	5	63	0	0	
26	22	0	0	0	0	0	1	37	0	0	
103	100	26	26	10	6	14	1	25	0	0	
19	16	0	0	0	0	0	4	98	0	0	
207	99	10	10	8	9	3	0	19	0	0	
31	29	0	0	5	5	0	23	179	2	0	
109	83	9	9	5	6	5	0	31	0	0	
36	30	0	0	3	1	0	7	101	0	0	
14	6	0	0	0	0	0	1	35	0	0	
1	*	*	*	*	*	*	1	13	0	0	
0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Total	1605	1194	1647	400	62	133	174	636	2786	4	2

Fuente: INEGI (2000).

DENUNCIAS RECIBIDAS EN MATERIA AMBIENTAL DE COMPETENCIA FEDERAL

POR MUNICIPIO SEGÚN PRINCIPAL RECURSO AFECTADO 2002

TOTAL	AGUA	AIRE	SUELO	FLORA	FAUNA	FORESTAL	PESCA	OTROS
1	0	0	0	0	0	0	0	1

INCENDIOS FORESTALES SUPERFICIE SINIESTRADA

POR MUNICIPIO DONDE OCURRIÓ EL SISINESTRO 2002

INCENDIOS FORESTALES	SUPERFICIE SINIESTRADA (Hectáreas)				
	TOTAL	PASTOS	HIRBA Y ARBUSTOS	RENUEVO	ARBOLADA
0	0	0	0	0	0

ÁRBOLES PLANTADOS Y SUPERFICIE REFORESTADA

POR MUNICIPIO 2002

ARBOLES PLANTADOS a/	SUPERFICIE REFORESTADA (Hectáreas)
0	0

FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/ Y VOLÚMEN PROMEDIO DIARIO

DE EXTRACCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO SEGÚN TIPO DE FUENTE 2002

FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/				VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (METROS CÚBICOS)			
TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/	TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/
8	0	7	1	453	0	430	23

SISTEMAS, TOMAS DOMICILIARIAS INTALADAS Y LOCALIDADES CON RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2002

TOMAS DOMICILIARIAS INSTALADAS

SISTEMAS DE AGUA POTABLE	TOTAL	DOMÉSTICAS	COMERCIAL	INDUSTRIAL	LOCALIDADES CON RED DE DISTRIBUCIÓN
7	1139	1139	0	0	7

CLASIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE POR USO DEL SUELO Y CUBIERTA VEGETAL (HA)

RIEGO	TEMPORAL	TOTAL	BOSQUE	CHAPARRAL	PASTAL	RAMONAL	APROVECHABLE	NO UTILIZABLE
	Y HUMEDAD	CULTIVO						
2	2	2	2,3	2	2	2	2	2
*	*	*	*	*	*	*	*	*

2 Las cifras en tipo negro en las columnas corresponden a los valores del censo.

3 Incluye bosque maderable y no maderable.

Fuente: Tamayo (1958).

San Miguel El Grande

TOTVIVHAB	VP_SERSAN	VP_DREAGU	VP_AGDREL	VP_NOADE	VP_LAVAD	VP_BOILER	VP_COCGAS	VP_COCLEN	VP_COCCAR	VP_COCPET	
927	764	110	109	24	50	73	86	831	0	0	
163	135	87	87	3	33	46	64	99	0	0	
76	69	3	3	2	1	2	1	73	0	0	
90	75	11	11	2	4	3	1	86	0	0	
190	181	2	2	3	4	8	8	181	0	0	
88	76	0	0	3	0	3	1	87	0	0	
61	47	0	0	4	1	5	0	61	0	0	
24	14	1	1	0	0	0	0	24	0	0	
72	58	0	0	0	2	1	3	67	0	0	
99	67	2	2	2	2	2	2	96	0	0	
16	14	0	0	1	0	0	0	16	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	
6	4	1	1	0	1	0	1	5	0	0	
16	12	2	2	0	2	3	5	11	0	0	
2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
17	9	1	0	4	0	0	0	16	0	0	
2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
4	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	
Total	1858	1528	220	218	48	100	146	172	1662	0	0

Fuente: INEGI (2000)

**DENUNCIAS RECIBIDAS EN MATERIA AMBIENTAL DE COMPETENCIA FEDERAL
POR MUNICIPIO SEGÚN PRINCIPAL RECURSO AFECTADO 2002**

TOTAL	AGUA	AIRE	SUELO	FLORA	FAUNA	FORESTAL	PESCA	OTROS
1	0	0	0	0	0	1	0	0

**INCENDIOS FORESTALES Y SUPERFICIE SINIESTRADA
POR MUNICIPIO DONDE OCURRIÓ EL SISINESTRO 2002**

INCENDIOS FORESTALES	TOTAL	SUPERFICIE SINIESTRADA (Hetáreas)		RENUEVO	ARBOLADA
		PASTOS	HIRBA Y ARBUSTOS		
0	0	0	0	0	0

**ÁRBOLES PLANTADOS Y SUPERFICIE REFORESTADA
POR MUNICIPIO 2002**

ARBOLES PLANTADOS a/ SUPERFICIE REFORESTADA (Hectáreas)

0 0

**FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/ Y VOLÚMEN PROMEDIO DIARIO
DE EXTRACCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO SEGÚN TIPO DE FUENTE 2002**

FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/			VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (METROS CÚBICOS)			
TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL OTRAS b/	TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL OTRAS b/	
7	0	7	647	0	647	0

**SISTEMAS, TOMAS DOMICILIARIAS INTALADAS Y LOCALIDADES CON RED DE
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2002**

SISTEMAS DE AGUA POTABLE	TOMAS DOMICILIARIAS INSTALADAS		LOCALIDADES CON RED DE DISTRIBUCIÓN	
	TOTAL	DOMÉSTICAS COMERCIAL	INDUSTRIAL	
7	774	774	0	0

CLASIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE POR USO DEL SUELO Y CUBIERTA VEGETAL (HA)

RIEGO	TEMPORAL Y HUMEDAD	TOTAL CULTIVO	BOSQUE	CHAPARRAL	PASTAL	RAMONAL	APROVECHABLE	NO UTILIZABLE
2	2	2	2,3	2	2	2	2	2
*	*	*	64	36	*	*	100	*

2 Las cifras en tipo negro en las columnas corresponden a los valores del censo.

3 Incluye bosque maderable y no maderable.

Fuente: Tamayo (1958).

Santa Catarina Yosonotú

TOTVIVHAB	VP_SERSAN	VP_DREAGU	VP_AGDREL	VP_NOADE	VP_LAVAD	VP_BOILER	VP_COCGAS	VP_COCLEN	VP_COCCAR	VP_COCPET	
69	60	0	0	6	0	2	4	456	1	0	
43	36	0	0	6	0	2	3	65	1	0	
29	26	0	0	4	0	0	0	42	0	0	
16	13	0	0	5	0	0	0	29	0	0	
52	44	0	0	7	1	5	0	16	0	0	
38	28	0	0	4	0	0	0	51	0	0	
33	24	0	0	7	0	0	0	38	0	0	
29	25	0	0	3	0	0	0	32	0	0	
42	39	0	0	5	0	2	0	29	0	0	
25	13	0	0	3	0	0	0	42	0	0	
10	7	0	0	6	0	0	0	25	0	0	
0	*	*	*	*	*	*	0	10	0	0	
0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Total	386	315	0	0	56	1	11	7	835	2	0

Fuente: INEGI (2000)

DENUNCIAS RECIBIDAS EN MATERIA AMBIENTAL DE COMPETENCIA FEDERAL
 POR MUNICIPIO SEGÚN PRINCIPAL RECURSO AFECTADO 2002

TOTAL	AGUA	AIRE	SUELO	FLORA	FAUNA	FORESTAL	PESCA	OTROS
0	0	0	0	0	0	0	0	0

INCENDIOS FORESTALES Y SUPERFICIE SINIESTRADA
 POR MUNICIPIO DONDE OCURRIÓ EL SISINESTRO 2002

INCENDIOS FORESTALES	TOTAL	SUPERFICIE SINIESTRADA (Hetáreas)		RENUEVO	ARBOLADA
		PASTOS	HIRBA Y ARBUSTOS		
0	0	0	0	0	0

ÁRBOLES PLANTADOS Y SUPERFICIE REFORESTADA
 POR MUNICIPIO 2002

ARBOLES PLANTADOS a/ SUPERFICIE REFORESTADA (Hectáreas)

7000

7

FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/ Y VOLÚMEN PROMEDIO DIARIO
 DE EXTRACCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO SEGÚN TIPO DE FUENTE 2002

FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/				VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (METROS CÚBICOS)			
TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/	TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/
7	3	4	0	169	78	91	0

SISTEMAS, TOMAS DOMICILIARIAS INTALADAS Y LOCALIDADES CON RED DE
 DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2002

SISTEMAS DE AGUA POTABLE	TOMAS DOMICILIARIAS INSTALADAS		LOCALIDADES CON RED DE DISTRIBUCIÓN	
	TOTAL	DOMÉSTICA/ COMERCIAL	INDUSTRIAL	
7	58	58	0	7

CLASIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE POR USO DEL SUELO Y CUBIERTA VEGETAL (HA)

RIEGO	TEMPORAL Y HUMEDAD	TOTAL CULTIVO	BOSQUE	CHAPARRAL	PASTAL	RAMONAL	APROVECHABLE	NO UTILIZABLE
2	2	2	2,3	2	2	2	2	2
*	*	*	*	*	*	*	*	*

2 Las cifras en tipo negro en las columnas corresponden a los valores del censo.

3 Incluye bosque maderable y no maderable.

Fuente: Tamayo (1958).

Santiago Yosondúa

TOTVIVHAB	VP_SERSAN	VP_DREAGU	VP_AGDREL	VP_NOADE	VP_LAVAD	VP_BOILER	VP_COCGAS	VP_COCLEN	VP_COCCAR	VP_COCPET	
221	201	104	103	0	25	37	86	1713	1	0	
109	101	0	0	3	0	0	57	157	0	0	
165	162	1	1	6	1	1	0	108	0	0	
157	145	1	1	12	1	3	1	163	0	0	
91	85	0	0	14	0	1	5	151	0	0	
85	84	0	0	3	1	0	0	91	0	0	
91	91	0	0	13	1	0	0	85	0	0	
34	34	0	0	4	0	0	0	90	1	0	
73	69	0	0	11	0	0	0	34	0	0	
13	13	0	0	1	0	0	0	72	0	0	
86	83	1	1	7	0	0	0	13	0	0	
39	39	1	1	0	0	0	0	86	0	0	
27	25	0	0	3	0	0	1	38	0	0	
35	33	0	0	0	0	0	0	27	0	0	
33	31	0	0	4	0	0	0	35	0	0	
13	13	0	0	0	0	1	1	31	0	0	
2	*	*	*	*	*	*	0	13	0	0	
24	23	0	0	2	0	1	*	*	*	*	
12	11	0	0	1	0	0	1	23	0	0	
2	*	*	*	*	*	*	1	11	0	0	
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
4	4	0	0	0	0	0	1	3	0	0	
Total	1318	1247	108	107	84	29	44	154	2944	2	0

Fuente: INEGI (2000).

**DENUNCIAS RECIBIDAS EN MATERIA AMBIENTAL DE COMPETENCIA FEDERAL
POR MUNICIPIO SEGÚN PRINCIPAL RECURSO AFECTADO 2002**

TOTAL	AGUA	AIRE	SUELO	FLORA	FAUNA	FORESTAL	PESCA	OTROS
0	0	0	0	0	0	0	0	0

**INCENDIOS FORESTALES Y SUPERFICIE SINIESTRADA
POR MUNICIPIO DONDE OCURRIÓ EL SINIESTRO 2002**

INCENDIOS FORESTALES	TOTAL	SUPERFICIE SINIESTRADA (Hectáreas)		RENUOVO	ARBOLADA
		PASTOS	HIRBA Y ARBUSTOS		
0	0	0	0	0	0

**ÁRBOLES PLANTADOS Y SUPERFICIE REFORESTADA
POR MUNICIPIO 2002**

ÁRBOLES PLANTADOS a/ SUPERFICIE REFORESTADA (Hectáreas)

30000 30

**FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/ Y VOLÚMEN PROMEDIO DIARIO
DE EXTRACCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO SEGÚN TIPO DE FUENTE 2002**

FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/				VOLÚMEN DE EXTRACCIÓN (METROS CÚBICOS)			
TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/	TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/
5	0	5	0	258	0	258	0

**SISTEMAS, TOMAS DOMICILIARIAS INTALADAS Y LOCALIDADES CON RED DE
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2002**

SISTEMAS DE AGUA POTABLE	TOMAS DOMICILIARIAS INSTALADAS		LOCALIDADES CON RED DE DISTRIBUCIÓN	
	TOTAL	DOMÉSTICAS	COMERCIAL	INDUSTRIAL
5	731	731	0	5

Fuente: INEGI (2003).

CLASIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE POR USO DEL SUELO Y CUBIERTA VEGETAL (HA)

RIEGO	TEMPORAL Y HUMEDAD	TOTAL CULTIVO	BOSQUE	CHAPARRAL	PASTAL	RAMONAL	APROVECHABLE	NO UTILIZABLE
2	2	2	2,3	2	2	2	2	2
*	*	*	*	*	*	*	*	*

2 Las cifras en tipo negro en las columnas corresponden a los valores del censo.

3 Incluye bosque maderable y no maderable.

Fuente: Tamayo (1958).

**DENUNCIAS RECIBIDAS EN MATERIA AMBIENTAL DE COMPETENCIA FEDERAL
POR MUNICIPIO SEGÚN PRINCIPAL RECURSO AFECTADO 2002**

MUN	TOTAL	AGUA	AIRE	SUELO	FLORA	FAUNA	FORESTAL	PESCA	OTROS
297	0	0	0	0	0	0	0	0	0
379	0	0	0	0	0	0	0	0	0
397	8	0	1	0	0	0	4	0	0
481	1	0	0	0	0	0	1	0	0
510	0	0	0	0	0	0	0	0	0
532	0	0	0	0	0	0	0	0	0

INCENDIOS FORESTALES Y SUPERFICIE SINIESTRADA

SUPERFICIE SINIESTRADA (Hectáreas)

MUN	TOTAL	PASTOS	HIRBA Y ARBUSTOS	RENUEVO	ARBOLADA
297	0	0	0	0	0
379	0	0	0	0	0
397	115	24	62	29	0
481	0	0	0	0	0
510	0	0	0	0	0
532	0	0	0	0	0

ÁRBOLES PLANTADOS Y SUPERFICIE REFORESTADA

POR MUNICIPIO 2002

ARBOLES PLANTADOS a/ SUPERFICIE REFORESTADA (Hectáreas)

MUN	ARBOLES PLANTADOS a/	SUPERFICIE REFORESTADA (Hectáreas)
297	10000	10
379	10000	10
397	118000	18
481	0	0
510	0	0
532	0	0

**FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/ Y VOLUMEN PROMEDIO DIARIO
DE EXTRACCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO SEGÚN TIPO DE FUENTE 2002**

FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/				VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (METROS CÚBICOS)			
TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/	TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/
9	1	8	0	164	21	143	0
5	0	5	0	143	0	143	0
17	0	17	0	3801	0	3801	0
1	0	1	0	48	0	48	0
1	0	1	0	35	0	35	0
7	2	5	0	124	19	105	0

**SISTEMAS, TOMAS DOMICILIARIAS INTALADAS Y LOCALIDADES CON RED DE
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2002**

SISTEMAS DE AGUA POTABLE	TOMAS DOMICILIARIAS INSTALADAS			LOCALIDADES CON RED DE DISTRIBUCIÓN	
	TOTAL	DOMÉSTICAS	COMERCIAL	INDUSTRIAL	
9	201	201	0	0	9
5	238	238	0	0	5
17	4138	3373	753	12	17
1	519	519	0	0	1
1	135	135	0	0	1
7	500	500	0	0	7

Fuente: INEGI (2003).

CLASIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE POR USO DEL SUELO Y CUBIERTA VEGETAL (HA)

RIEGO	TEMPORAL Y HUMEDAD	TOTAL CULTIVO	BOSQUE	CHAPARRAL	PASTAL	RAMONAL	APROVECHABLE	NO UTILIZABLE
2	2	2	2,3	2	2	2	2	2
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	27	21	*	*	48	*
17	*	17	203	180	*	*	400	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	8	60	*	*	68	*

2 Las cifras en tipo negro en las columnas corresponden a los valores del censo.

3 Incluye bosque maderable y no maderable.

Fuente: Tamayo (1958).

Santa Cruz Itundujia

TOTVIVHAB	VP_SERSAN	VP_DREAGU	VP_AGDREL	VP_NOADE	VP_LAVAD	VP_BOILER	VP_COCGAS	VP_COCLEN	VP_COCCAR	VP_COCPET
141	127	14	14	19	13	6	62	2004	3	1
92	86	0	0	42	2	1	31	108	0	0
58	55	1	1	6	0	0	3	84	0	0
33	33	0	0	24	0	0	1	56	0	0
2	*	*	*	*	*	*	0	33	0	0
14	14	0	0	2	0	0	*	*	*	*
11	11	0	0	8	0	0	0	14	0	0
3	3	0	0	2	0	0	0	11	0	0
13	11	0	0	1	0	0	0	3	0	0
27	26	0	0	25	0	0	0	12	0	0
5	4	0	0	4	0	0	0	27	0	0
3	2	0	0	3	0	0	0	5	0	0
1	*	*	*	*	*	*	0	3	0	0
4	3	0	0	3	0	0	*	*	*	*
2	*	*	*	*	*	*	0	4	0	0
3	3	0	0	3	0	0	*	*	*	*
1	*	*	*	*	*	*	0	3	0	0
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6	5	0	0	6	0	0	*	*	*	*
3	3	0	0	1	0	0	0	6	0	0
11	9	0	0	5	1	0	0	3	0	0
22	18	0	0	16	0	0	0	11	0	0
Total	458	15	15	170	16	7	97	2387	3	1

DENUNCIAS RECIBIDAS EN MATERIA AMBIENTAL DE COMPETENCIA FEDERAL
 POR MUNICIPIO SEGÚN PRINCIPAL RECURSO AFECTADO 2002

TOTAL	AGUA	AIRE	SUELO	FLORA	FAUNA	FORESTAL	PESCA	OTROS
3	0	0	0	0	2	1	0	0

INCENDIOS FORESTALES Y SUPERFICIE SINIESTRADA
 POR MUNICIPIO DONDE OCURRIÓ EL SISINESTRO 2002

INCENDIOS FORESTALES	TOTAL	SUPERFICIE SINIESTRADA (Hetáreas)		RENUOVO	ARBOLADA
		PASTOS	HIRBA Y ARBUSTOS		
0	0	0	0	0	0

ÁRBOLES PLANTADOS Y SUPERFICIE REFORESTADA
 POR MUNICIPIO 2002

ARBOLES PLANTADOS a/	SUPERFICIE REFORESTADA (Hectáreas)
13000	13

FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/ Y VOLUMEN PROMEDIO DIARIO
 DE EXTRACCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO SEGÚN TIPO DE FUENTE 2002

FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/			VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (METROS CÚBICOS)			
TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL OTRAS b/	TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL OTRAS b/	
6	0	6	224	0	224	0

SISTEMAS, TOMAS DOMICILIARIAS INTALADAS Y LOCALIDADES CON RED DE
 DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2002

SISTEMAS DE AGUA POTABLE	TOMAS DOMICILIARIAS INSTALADAS		LOCALIDADES CON RED DE DISTRIBUCIÓN		
	TOTAL	DOMÉSTICA	COMERCIAL	INDUSTRIAL	
6	789	789	0	0	4

CLASIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE POR USO DEL SUELO Y CUBIERTA VEGETAL (HA)

RIEGO	TEMPORAL Y HUMEDAD	TOTAL CULTIVO	BOSQUE	CHAPARRAL	PASTAL	RAMONAL	APROVECHABLE	NO UTILIZABLE
2	2	2	2,3	2	2	2	2	2
*	*	*	524	76	*	*	600	*

2 Las cifras en tipo negro en las columnas corresponden a los valores del censo.

3 Incluye bosque maderable y no maderable.

San Andrés Cabecera Nueva

INCENDIOS FORESTALES Y SUPERFICIE SINIESTRADA

POR MUNICIPIO DONDE OCURRIÓ EL S SUPERFICIE SINIESTRADA (Hetáreas)

	TOTAL	PASTOS	HIRBA Y ARBUSTOS	RENUEVO	ARBOLADA
INCENDIOS FORESTALES					
0	0	0	0	0	0

ÁRBOLES PLANTADOS Y SUPERFICIE REFORESTADA

POR MUNICIPIO 2002 SUPERFICIE REFORESTADA (Hectáreas)

ARBOLES PLANTADOS a/

0

FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/ Y VOLUMEN PROMEDIO DIARIO

DE EXTRACCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO SEGÚN TIPO VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (METROS CÚBICOS)

FUENTES DE ABASTECIMI	Pozo	MANANTIAL	OTRAS b/	TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/
TOTAL							
6	0	6	0	93	0	93	0

SISTEMAS, TOMAS DOMICILIARIAS INTALADAS Y LOCALIDADES CON RED DE

DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE POR TOMAS DOMICILIARIAS INSTALADAS LOCALIDADES CON RED DE DISTRIBUCIÓN

	TOTAL	DOMÉSTICA	COMERCIAL	INDUSTRIAL
SISTEMAS DE AGUA POTABLE				
6	308	308	0	6

DENUNCIAS RECIBIDAS EN MATERIA AMBIENTAL DE COMPETENCIA FEDERAL

POR MUNICIPIO SEGÚN P. AIRE	SUELO	FLORA	FAUNA	FORESTAL	PESCA	OTROS
TOTAL						
1	0	0	0	1	0	0

CLASIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE POR USO DEL SUELO Y CUBIERTA VEGETAL (HA)

RIEGO	TEMPORAL Y HUMEDAD	TOTAL CULTIVO	BOSQUE	CHAPARRAL	PASTAL	RAMONAL	APROVECHABLE	NO UTILIZABLE
2	2	2	2,3	2	2	2	2	2
*	*	*	349	47	*	*	396	2

2 Las cifras en tipo negro en las columnas corresponden a los valores del censo.

3 Incluye bosque maderable y no maderable.

Fuente: Tamayo (1958).

Santa Lucía Monteverde

TOTVIVHAB	VP_SERSAN	VP_DREAGU	VP_AGDREL	VP_NOADE	VP_LAVAD	VP_BOILER	VP_COCGAS	VP_COCLEN	VP_COCCAR	VP_COCPET
16	8	0	0	13	0	0	0	16	0	0
52	31	0	0	36	0	0	0	52	0	0
48	34	0	0	12	1	0	2	46	0	0
130	67	0	0	87	0	5	0	130	0	0
26	19	0	0	23	0	0	0	26	0	0
22	17	0	0	3	0	0	0	22	0	0
40	32	0	0	3	0	0	0	40	0	0
35	24	0	0	7	1	0	0	35	0	0
31	21	0	0	2	0	0	0	31	0	0
7	5	0	0	0	0	0	0	7	0	0
20	14	0	0	5	0	0	0	20	0	0
18	18	0	0	18	0	0	0	18	0	0
14	13	0	0	13	0	0	0	14	0	0
7	5	0	0	7	0	0	0	7	0	0
0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Total mun 466	308	0	0	229	2	5	2	464	0	0
Total Cue 6637	5376	1991	740	865	286	388	1098	12362	11	3

Fuente: INEGI (2000).

**DENUNCIAS RECIBIDAS EN MATERIA AMBIENTAL DE COMPETENCIA FEDERAL
POR MUNICIPIO SEGÚN PRINCIPAL RECURSO AFECTADO 2002**

TOTAL	AGUA	AIRE	SUELO	FLORA	FAUNA	FORESTAL	PESCA	OTROS
0	0	0	0	0	0	0	0	0

**INCENDIOS FORESTALES Y SUPERFICIE SINIESTRADA
POR MUNICIPIO DONDE OCURRIÓ EL SISINESTRO 2002**

INCENDIOS FORESTALES	TOTAL	SUPERFICIE SINIESTRADA (Hetáreas)		RENUEVO	ARBOLADA
		PASTOS	HIRBA Y ARBUSTOS		
0	0	0	0	0	0

**ÁRBOLES PLANTADOS Y SUPERFICIE REFORESTADA
POR MUNICIPIO 2002**

ARBOLES PLANTADOS a/ SUPERFICIE REFORESTADA (Hectáreas)

5000

5

**FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/ Y VOLÚMEN PROMEDIO DIARIO
DE EXTRACCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO SEGÚN TIPO DE FUENTE 2002**

FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/				VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (METROS CÚBICOS)			
TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/	TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/
8	2	6	0	216	39	177	0

**SISTEMAS, TOMAS DOMICILIARIAS INTALADAS Y LOCALIDADES CON RED DE
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE POR MUNICIPIO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2002**

SISTEMAS DE AGUA POTABLE	TOMAS DOMICILIARIAS INSTALADAS			LOCALIDADES CON RED DE DISTRIBUCIÓN	
	TOTAL	DOMÉSTICA	COMERCIAL	INDUSTRIAL	
6	297	297	0	0	6

CLASIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE POR USO DEL SUELO Y CUBIERTA VEGETAL (HA)

RIEGO	TEMPORAL Y HUMEDAD	TOTAL CULTIVO	BOSQUE	CHAPARRAL	PASTAL	RAMONAL	APROVECHABLE	NO UTILIZABLE
2	2	2	2,3	2	2	2	2	2
*	*	*	21	15	*	*	36	

2 Las cifras en tipo negro en las columnas corresponden a los valores del censo.

3 Incluye bosque maderable y no maderable.

Fuente: Tamayo (1958).

Anexo 3.2 Conceptos y definiciones importantes

De acuerdo con Campos Aranda (1992), una *cuenca* es la totalidad del área drenada por una corriente o sistema interconectado de cauces, tales que todo el escurrimiento originado en tal área se descarga a través de una salida única. Lo anterior puede complementarse con el concepto de Llamas (1989), el cual estipula que una *cuenca* es un espacio geográfico cuyos aportes hídricos naturales son alimentados exclusivamente por las precipitaciones y cuyos excedentes en agua o en materiales sólidos transformados por el agua forman, en un punto espacial único, una desembocadura o una exutoria.

Los elementos espaciales concernientes al territorio de una cuenca son:

El área que abarca la divisoria de aguas que la circunda y delimita, el sistema fluvial integrado por todo el conjunto de torrentes, arroyos, cauces y ríos que se puedan clasificar de diferentes maneras. También se pueden incluir otros elementos relacionados con la geomorfología fluvial de la cuenca: *El relieve y su inclinación*, como factores determinantes de la escorrentía y el tipo de sistema fluvial.

La geología; en particular *la litología*, que condiciona algunos aspectos tales como la infiltración, o el coeficiente de escurrimiento, tiene bastante importancia tanto para las aguas superficiales como para las subterráneas.

Erosión: La erosión es el proceso físico que consiste en el desprendimiento, arrastre y depositación de los materiales que componen el suelo, ocasionado por la acción del agua, viento, cambios de temperatura y los procesos biológicos de tal manera que la erosión del suelo se observan tres fases principales que son: El desprendimiento de las partículas finas de la superficie del suelo, el transporte de las partículas, la depositación o sedimentación del material transportado.

Las características *edafológicas* de una cuenca son de interés puesto que los suelos constituyen una capa en donde se absorben y almacena una parte del agua que cae en algún lugar, es la fuente directa que alimenta a las plantas, éstas constituyen la *cubierta vegetal*, la cual ayuda a la retención de una parte del agua, retardando el escurrimiento. La conjunción de las características edafológicas y vegetales, con respecto al ciclo hidrológico regional, determina el proceso conocido como evapotranspiración el cual, por lo general, interviene la mayor cantidad de agua del balance hídrico.

Las características *climáticas* que predominan en una cuenca son el punto de partida del proceso hídrico, ya que la *precipitación* constituye la fuente única de entrada de agua a la cuenca a partir de la cual se distribuye en salidas o pérdidas. La *temperatura*, como elemento climático se asocia fundamentalmente la ocurrencia de lluvias en las partes altas de las cuencas; pero simultáneamente en el ciclo hidrológico local es el factor primordial para las estimaciones de la evapotranspiración del agua y su importancia se refleja en el balance hídrico.

La densidad de drenaje total se define como la longitud acumulada, expresada en kilómetros de los segmentos de cauces existentes dentro de la cuenca. Dividida entre el área total de drenaje. Es un concepto definido por R. E. Horton.

Otros conceptos de importancia básica son:

El balance hídrico; término que se refiere a las relaciones entre la evapotranspiración, la precipitación, la escorrentía y el almacenamiento superficial, subterráneo en una estación y tiempo determinados. (Whittow, 1998). Y cuando se calcula un balance hídrico sin estaciones hidrométricas, fundamentalmente es aproximado o estimado, por lo que se le denomina, balance hídrico estimado.

En todo sistema o subsistema del ciclo hidrológico, existe un principio que indica que el agua no se crea, ni se destruye, pero se refleja en la denominada ecuación del balance hídrico, el cual permite relacionar las cantidades de agua que circulan por el ciclo.

Entrada - Salida = Cambio de Almacenamiento. (Campos Aranda, 1992).

Evaporación, es el proceso, por el medio del cual el agua cambia del estado líquido al gaseoso y retorna directamente a la atmósfera en forma de vapor "evaporación desde el suelo". La evaporación desde la superficie del suelo en las cuencas rurales, sobre los volúmenes de agua (lagos, embalses, cauces, etc.) no abarcan, en general, más que una pequeña porción de la superficie total, excepto en las zonas en extremadamente húmedas o pantanosas.

La transpiración vegetal es el proceso por el cual el agua de la vegetación pasa a la atmósfera en forma de vapor. Este concepto no incluye la evaporación desde el suelo.

Otra definición que es importante conocer es la *evapotranspiración* la cual significa pérdida de humedad de la superficie de la tierra por medio de la evaporación directa junto con la transpiración de las plantas; se reconocen dos tipos: La *evapotranspiración potencial*, que supone una cantidad potencial de agua ilimitada sobre la superficie y se refiere a la cantidad de agua que necesita una planta y a su máxima pérdida teórica; y la *evapotranspiración real*, que es la observada o la verdadera pérdida de agua. (Whittow, 1998).

Las actividades *económicas agropecuarias* también influyen en el comportamiento fluvial y en el ciclo hidrológico regional. Uno de los aspectos más importante es la actividad agrícola, ya que la roturación del suelo facilita la infiltración; además el cultivo de las plantas requiere en algunos lugares de irrigación, lo cual se relaciona, a su vez con la evapotranspiración. En algunos casos estas actividades alteran el ciclo hidrológico.

La demanda de agua es la cantidad necesaria que se requiere para una actividad. El consumo es el agua que se gasta realmente en el desarrollo de la actividad, o bien por que se evapora y se va a la atmósfera o por que se contamina o degrada e impide su utilización posterior. (Custodio, E., 1980).

El agua: En términos generales se puede decir que entre los múltiples y variados factores que se conjugan para la conservación de la vida, el agua ocupa un lugar preferente

y es el elemento que se utiliza en mayor cantidad. El agua interviene en todos los procesos vitales, y constituye la parte proporcionalmente mayor de todos los organismos; esto es, la vida está indisolublemente ligada al agua. La provisión de agua regula directamente los tipos de plantas y animales que pueden vivir en el medio y en consecuencia, el origen del agua es un de los componentes fundamentales del ambiente. De todos los seres vivientes, el hombre es quién necesita mayor cantidad de agua, para sobrevivir desde el punto de vista biológico y para conservar y mejorar la superestructura cultural de que se ha rodeado, sin la cual la civilización dejaría de existir. El agua tiene para el hombre una multiplicidad de usos entre ellos: consumo humano, doméstico ó colectivo, agricultura, pesca, navegación, recreación, industrial, producción de energía, etc. El simple enunciado de sus múltiples usos queda lejos de englobar todo lo que implica el dominio de este elemento.

Uso del agua: Las necesidades mínimas del hombre podrían ser del orden de unos 15 litros por cada día. Si el hombre lava y se lava, las necesidades pueden alcanzar hasta los 30 litros por día, volumen que coincide de hecho con los consumos registrados en las zonas rurales pobres y tradicionales. A partir de estas cifras mínimas, los módulos de consumo crecen no solamente con el nivel de vida, sino también con la tasa de concentración urbana. Tratándose de las necesidades propiamente familiares, los aparatos electrodomésticos, los cuartos de baño y los retretes originan enormes incrementos de consumo que son características de las civilizaciones materiales evolucionadas. Estas necesidades pueden ser idénticas en la ciudad y en el campo, con una tendencia al crecimiento según las condiciones climáticas.

La palabra *conservación* se define como; la distribución óptima de los recursos naturales, humanos y culturales, en el esquema de desarrollo nacional, con lo cual ejercer una máxima seguridad económica y social. La armonía entre el requerimiento de recursos por el ser humano y la existencia. El uso sabio de nuestro *medio ambiente*, la más alta forma de ahorro nacional, o sea la prevención de desperdicios y deterioro, mientras preservamos y renovamos la calidad y la utilidad de todos nuestros recursos. (Owen, 2000).

Las definiciones del ciclo hidrológico o ciclo del agua son variadas, aunque todas coinciden en lo referente a la circulación que tiene el agua en la interfase terrestre.

Ciclo hidrológico: Es un proceso adecuado para descubrir el alcance de la hidrología el cual se limita a la parte del ciclo que cubre desde la precipitación de agua sobre una cuenca continental, hasta el regreso de ella, bien sea a la atmósfera o a los océanos. El ciclo hidrológico sirve para destacar cuatro fases básicas de interés: Precipitación, evaporación, transpiración, escorrentía superficial y agua subterránea. (Linsley, Kohler; Paulhus, 1988).

El ciclo hidrológico involucra un proceso de transporte recirculatorio e indefinido o permanente este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: Una, el sol que proporciona energía para elevar el agua (evaporación), dos, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación, escurrimiento e infiltración). (Campos Aranda, 1992).

Ciclo hidrológico regional o local: Se puede afirmar que el ciclo hidrológico general esta constituido teóricamente de una multitud de subciclos que ocurren simultáneamente en

muchos lugares de la interfase de la superficie terrestre, en particular en los continentes, ya que ahí las características geográfico-físicas son muy variadas lo cual redundaría en las diferencias de los elementos y factores del clima. Con base en lo anterior es factible establecer el concepto teórico del *ciclo regional*, el cual se circunscribe, para fines prácticos, en el área concerniente a una cuenca epicontinental y/ó a las subcuencas internas de los ríos afluentes hacia el colector principal. En este sentido el ciclo hidrológico regional tiene un paralelismo con el balance del agua de una cuenca, ya que lo más importante es conocer la precipitación, como principio de ingreso de agua a un lugar y después conocer como son las salidas o pérdidas de agua con respecto a una cuenca fluvial, considerada como una unidad hidrogeográfica. De este modo el ciclo hidrológico regional, como movimiento de agua, se correlaciona con las características geográfico-físicas de una cuenca epicontinental. (Chow, 1964).
