

01060 2
2er

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA**

**HIDROGEOGRAFÍA DE LA CUENCA
DEL
RÍO CUITZMALA, JALISCO**

T E S I S

**PARA OPTAR AL GRADO DE
MAESTRO EN GEOGRAFÍA
QUE PRESENTA EL GEÓGRAFO
JUAN FELIPE MELÉNDEZ DE LA CRUZ**

ASESOR: M. EN G. VÍCTOR M. MARTÍNEZ LUNA



CIUDAD UNIVERSITARIA, D. F.,

1999

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

273120



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.

Dedicado a mi esposa

AGRADECIMIENTOS:

Expreso mi agradecimiento en general al Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) por el otorgamiento de la beca que me permitió cursar la Maestría en Geografía en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), alcanzar mi perfeccionamiento y ampliar mi experiencia profesional como geógrafo. En particular expreso mi más sincero reconocimiento y agradecimiento al Secretario General del IPGH, Señor Ing. Carlos A. Carvalho Yáñez por su comprensión, calidad humana y valiosa ayuda para prolongar mi estancia académica en la ciudad de México ante la situación de paro de actividades que lamentablemente tiene la UNAM.

También debo manifestar mi agradecimiento al Ministerio de Relaciones Exteriores del Perú por el otorgamiento de la bolsa de estudios para complementar los beneficios de la mencionada beca.

De igual manera agradezco la orientación, comprensión y sincera amistad que me brindó el personal de la Secretaría General del Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Expreso un agradecimiento cordial al director de esta tesis Maestro en Geografía Víctor Manuel Martínez Luna por su invaluable asesoría e incansable aporte al estudio, demostrando su vasto conocimiento en Geografía. Asimismo agradezco al Mtro. Martínez por su apoyo como amigo en los momentos más difíciles, en especial durante la ocurrencia de imprevistos no académicos que interrumpió la secuencia normal de la investigación (tesis).

Un agradecimiento especial a los sinodales de la tesis por aceptar gentilmente formar parte del jurado, sus acertadas sugerencias, comentarios y correcciones que han enriquecido esta investigación. Sinodales: Dra. Laura Elena Maderey Rascón —además revisora de la tesis—, Dra. Marta Cervantes Ramírez, Mtro. Víctor Manuel Martínez Luna, Dra. María Inés Ortiz Álvarez y la Mtra. Oralia Oropeza Orozco.

Agradezco al distinguido doctor en Geografía Omar Rosier Barreda, profesor de la Universidad de Guadalajara, Facultad de Geografía y Ordenación Territorial, por su valiosa orientación previa al trabajo de campo, las conclusiones del mismo y por las facilidades en el material cartográfico.

Manifiesto mi gratitud al personal del centro de reproducciones del Instituto Panamericano de Geografía e Historia por su cooperación y valioso tiempo en la formación final de la tesis.

ÍNDICE

	<u>PÁG</u>
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	8
CAPÍTULO I	
LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIONES GENERALES DE LA CUENCA	11
1.0 Localización de la cuenca	
1.1 Ubicación de la cabecera y desembocadura	
1.2 Características del río Cuitzmala	
1.3 Divisoria de aguas en la desembocadura	
1.4 Área de la cuenca	
1.5 Puntos notables de la divisoria de aguas	
1.6 Ubicación de la cuenca en la región hidrológica 15	
1.7 Vecindad con otras cuencas	
1.8 Principales subcuencas	
1.9 Factores asociados con la cuenca	
CAPÍTULO II	
OROALTIMETRÍA	21
2.1 Análisis oroaltimétrico	
2.2 Análisis geomorfométrico	
CAPÍTULO III	
DECLIVES	28
3.1 Unidades de declives Rangos: >45°, 45°-24, 24°-12°, 12°-6°, 6°-3°, 3°-1°30' y <1°30'	
3.2 Geomorfología y declives	
CAPÍTULO IV	
GEOLOGÍA	33
4.1 Estratigrafía	
4.2 Geología estructural	
4.3 Unidades litológicas	
Ígneas: granito, ígneas extrusivas ácidas, ígneas estrusivas intermedias, riolita, andesita, basaltos y tobas	
Sedimentaria: caliza, conglomerado	
Suelo: residual, aluvial y palustre (desde el punto de vista geológico)	
CAPÍTULO V	
CLIMAS	38
5.1 Climas de la cuenca	
5.2 Radiación solar	

	<u>PÁG</u>
CAPÍTULO VI EDAFOLOGÍA	43
6.1 Unidades de suelo Cambisol, feozem, fluvisol, gleysol, litosol, luvisol, regosol, rendzina, solonchak y vertisol	
CAPÍTULO VII HIDROGRAFÍA	50
7.0 Hidrografía general	
7.1 Aguas subterráneas	
7.2 Patrones de drenaje	
7.3 Orden de los cauces	
7.3.1 Relación de confluencia y relación de longitud de cauces	
7.4 Frecuencia de cauces	
CAPÍTULO VIII FISIOGRAFÍA O UNIDADES DEL RELIEVE	61
8.1 Unidades del relieve Montañas altas y laderas altas, montañas secundarias, laderas intermedias, cañones y barrancas, valle con lomeríos, llanuras de acumulación y planicie costera	
8.2 Frecuencia de cauces por unidad de relieve y declives	
CAPÍTULO IX BALANCE HIDROLÓGICO	67
9.1 Características del balance hidrológico en la cuenca	
9.1.2 Método utilizado para los cálculos de balances hidrológicos	
9.2 Balance hidrológico	
9.3 Relación entre radiación solar, temperatura, precipitación y escurrimientos	
CAPÍTULO X POBLACIÓN	80
10.1 Subsistema urbano	
10.2 Localidades vecinas a la cuenca	
10.3 Localidades de la cuenca	
CAPÍTULO XI USO DE SUELO	87
11.0 Uso del suelo	
11.1 Unidades de uso de suelo	
Agrícola:	Agricultura de riego, agricultura de temporal permanente
Pecuario:	Pastizal inducido, pastizal cultivado, pastizal inducido con selva mediana subcaducifolia
Forestal	Bosque natural de encino, bosques mesofilo de montaña, selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y áreas perturbadas Asociaciones especiales de vegetación: manglar, tular, dunas costeras, etc

CAPÍTULO XII

EL AGUA COMO RECURSO

94

- 12.1 Confiabilidad de la evaluación potencial del agua
- 12.2 Características de las subcuencas de la cabecera
Subcuencas de los ríos Jirosto y San Miguel
- 12.3 Características de los principales arroyos sobre la margen
derecha del río Cuitzmala
- 12.4 Características de los principales arroyos sobre la margen
izquierda del río Cuitzmala
- 12.5 Características del conjunto de subcuencas pequeñas e interfluvios
de la margen derecha del río Cuitzmala
- 12.6 Características del conjunto de subcuencas pequeñas e interfluvios
costeros de la margen derecha del río Cuitzmala
- 12.7 Características del conjunto de subcuencas pequeñas e interfluvios
de la margen izquierda del río Cuitzmala
- 12.8 Características del conjunto de subcuencas pequeñas e interfluvios
costeros de la margen izquierda del río Cuitzmala

CAPÍTULO XIII

SÍNTESIS GEOGRÁFICA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

103

- 13.1 Síntesis geográfica
- 13.2 Uso potencial del suelo y políticas territoriales
 - 13.2.1 Metodología empleada para estimar el uso potencial del suelo
 - 13.2.2 Unidades de uso potencial del suelo
Agricultura intensiva de riego, agrícola de temporal, pecuario intensiva,
pecuario extensiva, forestal comercial y forestal de protección
 - 13.2.3 Políticas territoriales
- 13.3 Discusión de resultados

CAPÍTULO XIV

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

124

- 14.1 Conclusiones
- 14.2 Sugerencias

BIBLIOGRAFÍA

129

- ANEXO I Bibliografía–Cartografía
- ANEXO II Relación de mapas

132

134

INTRODUCCIÓN

El interés por estudiar la hidrogeografía de una cuenca, surgió a raíz del incremento de la demanda del recurso agua a nivel nacional, problemática que se está enfocando hacia las principales zonas metropolitanas de México: Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. Originando una renovada importancia del agua y por tanto, generando abundantes investigaciones relacionada con el tema.

Debido a que el agua desempeña un papel fundamental en tantos procesos naturales, "la administración del agua" por el hombre, con frecuencia, ha dado lugar a consecuencias desastrosas que influyen en la erosión y la sedimentación, las inundaciones y el avance del desierto, la contaminación y la deficiencia del oxígeno en los cuerpos de agua (Brown, 1985). Entonces, es esencial realizar investigaciones que contribuyan a mejorar la administración del agua.

En México a partir de 1947, se inició una política de desarrollo regional por grandes cuencas hidrológicas que tuvo como objetivo la industrialización de regiones subdesarrolladas y el fomento de la agricultura, para hacer más atractiva la permanencia de la población en áreas rurales, intentando con ella atenuar los fuertes desequilibrios económicos en las distintas zonas del país.¹ Este método de planeación del desarrollo regional alcanzó un auge entre 1955 a 1970, y posteriormente empezó a declinar; sin embargo al inicio de la década de los noventa ha vuelto a recuperar cierto auge, ya que en muchos países se han reiniciado evaluaciones y estudios de aguas por cuencas pequeñas independientemente de que por medio de la tecnología moderna se hagan transvases de agua de una cuenca a otra, alterando las condiciones naturales. De igual manera conviene indicar que muchos de los estudios de evaluación de la disponibilidad del agua, del ciclo hidrológico global, de contaminación de los ríos y del impacto ambiental se hacen con base en las delimitaciones de cuencas.

En ese sentido los estudios de cuencas hidrológicas coadyuvan a solucionar o mejorar la administración del agua. Una cuenca es una unidad territorial delimitada por divisorias desde las cuales escurren aguas superficiales hacia un río principal.² En ese sentido la cuenca refleja interrelaciones en sus componentes físicos como: clima, litología, topografía, cobertura vegetal, suelos, geomorfología, entre otros. Con base en lo anterior el estudio de la hidrografía y de los elementos del balance hidrológico de la cuenca permiten estimar áreas del mismo con déficit de agua —según las necesidades de la población—, identificar tendencias, proponer estrategias, etc. Estos son aportes reales para una mejor administración del agua y por tanto es importante el estudio de una cuenca hidrográfica como unidad territorial.

En ese sentido, con el fin de contribuir al conocimiento hidrogeográfico de México se buscó como área de estudio, una cuenca hidrológica en una región poco estudiada. En

¹ Gustavo Garza, en su obra *Cincuenta años de investigación urbana y regional en México, 1940-1991*. p. 38.

² Lugo, José. (1989). *Diccionario geomorfológico*

esa búsqueda se encontró pocas investigaciones en regiones hidrológicas despobladas y con potencialidades en recursos naturales. Respecto al conocimiento hidrogeográfico, así como existe diferentes tendencias, escuelas y conceptos de geografía moderna, en cierto modo ocurre lo mismo con el concepto de hidrogeografía; en este caso se entiende como la rama del conocimiento concerniente a la distribución espacial de las aguas epicontinentales, las causas que determinan su abundancia o escasez en un lugar, la extensión en cuencas, sus volúmenes, variaciones estacionales, su evaluación y correlación espacial con otros elementos del medio físico. De igual manera se precisa que los estudios hidrogeográficos establecen correlaciones con la presencia humana y sus actividades económicas. También es pertinente mencionar que la hidrogeografía es un complejo geográfico ya que el agua participa e influye en todos los aspectos donde este presente el hombre. En ese sentido los estudios hidrogeográficos por cuenca son para el beneficio de la población que ahí se encuentra independientemente de la orientación y finalidades que se apliquen en la cuenca.

En razón de lo anterior se escogió como área de estudio una cuenca de la región costera del estado de Jalisco por ser ésta una alternativa de desarrollo económico tanto para el país como para la propia entidad. Según el Plan Estatal de Desarrollo Urbano de Jalisco 1995- 2001,³ en la parte que aborda el desarrollo y desigualdades urbano-regionales considera que la política urbana debe encauzar las actividades productivas hacia lugares óptimos por su disponibilidad de recursos, en especial de agua y cuidando las opciones de localización regional para contrarrestar la concentración urbana actual de la zona metropolitana de Guadalajara.

En ese marco se eligió la cuenca del río Cuitzmala, en el estado de Jalisco por ser una región poco desarrollada, pero con potencialidades en recursos naturales, entre los que destacan el forestal, el agropecuario y el turístico. Es decir, con posibilidades de poblamiento a mediano y largo plazo y que requerirán de un mejor aprovechamiento del recurso agua. En ese sentido la presente investigación se profundiza en algunos temas de la geografía física —ver capítulo de síntesis geográfica— con la perspectiva del aprovechamiento de los recursos naturales de la cuenca a largo plazo y valorando los resultados obtenidos teniendo en cuenta su relación con el hombre.⁴ Se espera que la presente investigación sirva de base para posteriores estudios en la región y probables procesos de planeación microrregionales. En especial si la planeación se enmarca en el desarrollo regional por cuencas hidrológicas.

Se han utilizado los nombres geográficos que aparecen en las cartas topográficas y temáticas del INEGI (ver Bibliografía-Cartografía). De manera particular se encontró un aparente cambio de nombre del río Cuitzmala. En todas las cartas del INEGI que cubren el área de estudio, desde la más antigua de 1973, se utiliza el nombre de río Cuitzmala, incluyendo a la estación hidrométrica Cuitzmala.

³ *Plan Estatal de Desarrollo Urbano de Jalisco 1995-2001*

⁴ Joan Vilà. (1983). En su obra *Introducción al estudio teórico de la Geografía*, explica la profundización en los temas de la geografía física como nuevo enfoque, p. 353.

Actualmente, a nivel estatal se utiliza el nombre de Cuitzmala como nombre del río, sin embargo, para mencionar las áreas contiguas al río se le denomina Cuixmala. Por ejemplo el Decreto Reserva de la biosfera "Chamela-Cuixmala". Sin embargo, este mismo decreto señala que en esta área (de la reserva) se localiza el río Cuitzmala. Se está utilizando los dos nombres, pero siempre el nombre de Cuitzmala para denominar al río.

Cabe indicar que la Comisión Nacional del Agua, mantiene el nombre inicial de Cuixmala, para nombrar al río y la estación hidrométrica. No se ha investigado por qué se ha optado por un nuevo nombre y para no caer en contradicciones con la mayoría de las bibliografías de los últimos 20 años, incluyendo la cartografía del INEGI y normativa federal y estatal se ha optado por utilizar para efectos de la presente investigación el nombre de Cuitzmala para todo. Es decir, el nombre del río (y por defecto el nombre de la cuenca) y la estación hidrométrica.

Considerando que la cuenca del río Cuitzmala es una región despoblada, el objetivo general de la investigación es cuantificar e interpretar la situación hidrogeográfica de la cuenca. Haciendo énfasis en el potencial en recursos naturales, sus posibles aprovechamientos y la problemática ante el virtual poblamiento de la cuenca.

Los objetivos particulares de la investigación son los siguientes: a) Analizar las características hidrogeográficas de la cuenca del río Cuitzmala. Considerando que la disponibilidad de agua superficial de la cuenca es alta; b) Establecer las potencialidades en recursos naturales de la cuenca y de las unidades espaciales que la componen, debido a que la mayoría de los estudios de este tipo se encuentran a nivel de municipio; c) Cuantificar la situación actual de la cuenca desde el punto de vista geográfico y haciendo énfasis en el aspecto hidrográfico y humano; d) Presentación de los resultados, buscando que sirva para una eventual planeación física de la cuenca.

La metodología empleada para alcanzar los objetivos del estudio se detalla a continuación. Se inició con la recopilación de investigaciones que se ha realizado en la cuenca. Se encontraron algunos estudios importantes relativos a la región costera del estado de Jalisco, específicamente del municipio de La Huerta. Los límites de este municipio costero en la cuenca abarcan aproximadamente hasta los límites de selva baja y selva mediana, siendo relevante la información que se utilizó del "croquis geomorfológico" que forma parte del Atlas del municipio de La Huerta elaborado por la Universidad de Guadalajara en 1992. También se encontraron algunas observaciones de campo en la selva baja y áreas agrícolas próximas al litoral, en la cuenca del río Cuitzmala, realizadas por la UNAM. Se encontró información hidrométrica y climatológica de la estación Cuitzmala, la única localizada en la cuenca. No se encontró ningún estudio en que se considere la totalidad de la cuenca del río Cuitzmala, por tanto se considera que el presente estudio es original.

Posteriormente, se recopiló la información cartográfica del INEGI, resaltando las cartas topográficas y temáticas a escala 1: 50 000 y 1: 250 000. Al realizar la delimitación

preliminar se detectó que las cartas que cubren la cuenca a escala 1: 50 000 son cinco, los nombres y las claves de estas cartas son los siguientes: Miguel Hidalgo (E13B31), San Miguel (E13B21), Casimiro Castillo (E13B22), Zapotán (E13B11) y Autlán (E13B12). Además de las cartas topográficas se utilizaron las siguientes cartas temáticas: geológica, edafológica, uso de suelo y uso potencial del suelo. Se inició con la elaboración del mapa base y el mapa topográfico a escala 1: 50 000, los cuales indicaron los aspectos físicos y sociales relevantes en la cuenca.

También se utilizaron las cartas del INEGI a escala 1: 250 000. Una sola carta cubre el área de estudio, a esa escala, se trata de la carta Manzanillo E13-2-5. Las cartas utilizadas a escala 1: 250 000 fueron: topográfica, geológica, aguas subterráneas y aguas superficiales. Adicionalmente se utilizó la carta Forestal —SARH-UNAM— también a escala 1: 250 000 —con el mismo nombre y clave. Con base en esta cartografía se elaboraron 6 mapas a escala 1: 250 000, destacando el mapa de ubicación regional —porque integra aspectos sociales y aspectos físicos— y el mapa forestal. Los mapas a escala 1: 250 000 reforzaron el análisis hidrogeográfico de la cuenca, e incorporaron el aspecto regional en el análisis social.

Por último, se utilizaron cartas en pequeñas escalas como la carta de climas a escala 1: 500 000 —SEC. PRESIDENCIA-UNAM— y las cartas a escala 1: 1 000 000 del INEGI, sobre hidrología de aguas superficiales y fisiografía. Con base en esta información cartográfica se obtuvo un panorama general de aspectos físicos como fisiografía y climas en la cuenca.

Debido a la abundancia de las cartas utilizadas para la elaboración de los mapas de la cuenca —37 en total— se presenta esta relación en el Anexo I —Bibliografía-Cartografía—. Con base en esa cartografía, generalmente del INEGI, se elaboraron 14 mapas a escala 1: 50 000 —reducidas a escala 1: 200 000—, 6 mapas a escala 1: 250 000 y un croquis de ubicación general de la cuenca. La relación de esos 21 mapas de la cuenca del río Cuitzmala, se presenta en el Anexo II.

Por razones de presentación de la cartografía, los mapas a escala 1: 50 000 se redujeron a escala 1: 200 000. Esta reducción obligó a omitir algunas unidades muy pequeñas, según el tema, sin embargo, se considera que esta omisión es mínima. Cabe señalar que los cálculos de áreas se realizaron en su totalidad sobre los mapas elaborados a escala 1: 50 000. De igual modo, los mapas elaborados a escala 1 : 250 000 también se redujeron para efectos de presentación, pero en proporción mínima y no obligó a omitir ningún dato del mapa original. Los mapas presentados a colores, coinciden en general con los que se usan internacionalmente en la cartografía temática. Asimismo, la totalidad de los mapas fueron formados y dibujados por el autor de la presente tesis, utilizando el método de dibujo cartográfico.

Se reconoce que durante el desarrollo de la presente investigación se encontraron tres limitantes. La primera de las cuales se refiere a la antigüedad de las cartas de uso de suelo. Fue de particular preocupación, las cartas de uso de suelo de 1975 y 1976, por los

cambios en el uso de suelo que hubiera ocurrido. En especial, en las áreas con mayor concentración de localidades —del litoral y de las subcuencas de los ríos San Miguel y Jirosto.

Esta limitante se superó en parte con la utilización de la carta forestal SARH-UNAM de 1993 basada en información satelital y a escala 1: 250 000 denominada carta forestal, sin embargo también presenta información agropecuaria y de áreas perturbadas y fragmentadas. Comparando el mapa de uso de suelo con el mapa forestal se estimó el grado de deforestación que tiene la cuenca.

El trabajo de campo realizado en junio de 1999, coadyuvó a superar esta limitante. Este trabajo se realizó en la región costera y en la selva baja de la cuenca. Se verificó el uso actual del suelo y grado de deforestación, la información climática —en parte mediante fuentes orales—, las formas de las terrazas fluviales del río Cuitzmala, poblamiento, situación socioeconómica actual y se visitaron puntos relevantes de la reserva de la biosfera “Chamela-Cuixmala”.

A fin de estimar el grado de deforestación en los últimos años, 1993-1999, se entrevistaron a investigadores que realizan estudios en áreas de la reserva de la biosfera “Chamela-Cuixmala”, así como a propietarios de unidades agrícolas de la región costera. También se entrevistaron a investigadores que han realizado trabajos de campo en las partes medias y altas de la cuenca, incluyendo las verificaciones aéreas de investigadores de la UNAM y Fundación Cuixmala. Todo esto a que el último documento cartográfico que se tiene —en el cual abarca la cuenca— es del año 1993. Se trata de la carta Forestal —antes mencionada— a escala 1: 250 000 Manzanillo E13-2-5 y elaborado por SARH-UNAM mediante imágenes de satélite.

Una segunda limitante se refiere a la escasa accesibilidad a la cuenca, la cual impide realizar comprobaciones de campo en las partes medias y algunas partes bajas de la cuenca. La cuenca del río Cuitzmala de 1,096 km² de área tiene sólo un acceso muy bueno y otro acceso de regular a bueno. El primero, la carretera federal pavimentada No. 200 que cruza a la cuenca en forma paralela al mar y a una distancia aproximada de 5 km.

El segundo acceso de regular a bueno es a través de la carretera pavimentada No. 80 el cual se conecta con una carretera de terracería transitable todo el tiempo de aproximadamente 20 km de longitud llegando hasta la localidad de Purificación. Esta localidad se encuentra en la margen derecha del río del mismo nombre y contiguo a la divisoria de aguas con la cuenca del río Cuitzmala. Una brecha que parte de esta localidad une a los poblados de la cuenca —ver Mapa de ubicación regional. Hubo restricciones de accesibilidad siguiendo esta ruta, en especial debido a la brecha de acceso a la cuenca de aproximadamente 10 km, entonces no se realizaron las comprobaciones de campo en estas áreas. Los demás accesos consisten en brechas de muy difícil acceso por la topografía y espesa vegetación de selva baja y mediana de la cuenca. La más importante de éstas, es la brecha que parte de la cabecera municipal de

La Huerta atravesando la cuenca, próximos a los límites de selva baja y selva mediana, y llegando hasta las cuencas vecinas del río San Nicolás y el río Chamela.

La tercera y última limitante se refiere a la escasez de estaciones hidrométricas. La cuenca, como ya se mencionó, tiene sólo una estación hidrométrica —la misma que también registra información climatológica—, localizada a unos 6 km aguas arriba de su desembocadura en el Océano Pacífico; entonces, ubicada en la planicie costera de la cuenca. La falta de otra estación hidrométrica en otra unidad fisiográfica o climatológica impide conocer los balances hídricos parciales a detalle en otras áreas de la cuenca. Para superar esta limitante se realizaron estimaciones utilizando el método de isoyetas y el método de gradientes.

La información del total de población de la cuenca por localidad se elaboró con base en el censo del INEGI de 1990. Se omitió la información del conteo de población del INEGI de 1995, por las siguientes razones: por lo general, según el conteo de 1995, la población de las localidades de la cuenca disminuyen con respecto a 1990. Esta disminución de la población es mínima y no aparece la población de algunas localidades en el conteo de 1995. En general, es similar el total de la población de 1990 —población total de la cuenca— con dicho conteo. Se estima que para el conteo de 1995 se siguieron diferentes criterios para delimitar poblados, se considera que el problema es que están formados por pequeñas viviendas algo dispersadas — prototipo de espacios rurales con escasa accesibilidad.

Con respecto a la información de volúmenes de producción agropecuaria y forestal éstos se encuentran en el ámbito municipal. Por tanto, se desconoce esta información para las localidades de la cuenca, sin embargo, se encontró en una tesis de la Universidad de Guadalajara⁵ información referida a la producción ganadera de algunas localidades costeras de la cuenca. En ese sentido, no se profundizó en el estudio de los aspectos socioeconómicos de las localidades de la cuenca. Cabe indicar que no es objetivo del presente estudio llegar a conclusiones de carácter microeconómico.

Los aspectos socioeconómicos se sintetizaron en el cuadro 21, en el cual se presenta la población por localidad y Población Económicamente Activa (PEA). Se complementó con la información del Plan Urbano del Estado de Jalisco 1995-2001 a fin de estimar las potencialidades de desarrollo económico de la cuenca.

A través de la información de subsistemas urbanos, del Plan Urbano del Estado de Jalisco, se ubicaron las localidades de la cuenca en el estado. Se identificó el subsistema urbano al que pertenecen las localidades de la cuenca, con apoyo del mapa de ubicación regional a escala 1: 250 000. En este mapa, se consideraron las localidades vecinas, infraestructura y aspectos físicos como cuencas vecinas, topografía básica, límites de región hidrológica, etc.

⁵ Sierra, Javier. (1993). *Aspectos sobresalientes del ordenamiento territorial del municipio de la Huerta, Jalisco*. Tesis de Licenciatura en Geografía, México-Universidad de Guadalajara.

Se elaboraron cuadros y gráficos relacionados con el tema geomorfológico, oroaltimétrico y fluvigráfico, a fin de apoyar en forma cuantitativa la explicación de los temas. Los resultados presentados en los cuadros se derivaron de mediciones lineales y de áreas de elementos físicos como: cauces, subcuencas, franjas altimétricas, entre otros. Cálculos realizados sobre los mapas elaborados a escala 1:50 000.

En lo relativo al análisis fluvigráfico se utilizó el método de Horton-Strahler. Se omitió el mapa de clasificación de orden de cauces según el sistema de Shreve debido a que según los objetivos de esta investigación es secundario. Sin embargo, a fin de conocer los posibles procesos de acumulación de agua en los cauces y la potencialidad hidrodinámica se sugiere para un trabajo posterior llevar a cabo estos aspectos en mapas a escala más grande, en los que se representen por separado únicamente las subcuencas vertientes de los principales afluentes al colector principal.

Se dejó para el final la elaboración del mapa de uso potencial del suelo a fin de aprovechar al máximo la información cartográfica. Entonces, se realizaron múltiples sobreposiciones de los mapas, considerando el nivel de desarrollo económico de la cuenca. Con base en estos resultados se aprovechó para elaborar una propuesta de políticas territoriales.

Por último, se está incluyendo al final de cada capítulo un resumen del mismo, haciendo hincapié en sus puntos sobresalientes. Asimismo al final de algunos capítulos se complementa con conclusiones del mismo. También se está incluyendo un resumen de toda la investigación que se presenta a continuación.

RESUMEN

La cuenca del río Cuitzmala se localiza en la parte occidental del país y en la vertiente del Océano Pacífico. Fisiográficamente se localiza al noroeste de la sierra madre del sur y las subprovincias de las sierras de la Costa de Jalisco y Colima. La cuenca se localiza íntegramente en el estado de Jalisco, formando parte de los municipios de La Huerta — municipio costero— y Villa Purificación.

El punto más alto de la cuenca se ubica a una altitud de 1,770 m.s.n.m. en el cerro Bramon —formando parte del contrafuerte denominado Bufas Favelo—, cuyas coordenadas geográficas son 19° 50' 27.5" latitud norte y 104° 36' 34" longitud oeste.

El río Cuitzmala nace en las estribaciones del cerro Bramon con el nombre de río Jirosto, el cual se localiza a unos 15 km al noroeste de la localidad de Purificación. Aguas abajo recibe las aguas del río San Miguel por la margen izquierda.

El área total de la cuenca es de 1,096 km², y es de forma alargada y con declive absoluto de 0° 1' 00" —siguiendo la longitud del cauce principal. Respecto a la fisiografía particular de la cuenca, son siete las unidades que la componen: montañas altas y laderas altas, montañas secundarias, laderas intermedias, cañones y barrancas, valles con lomeríos, llanura de acumulación y planicie costera con lagunas. Siendo relevante el valle con lomeríos localizado en la subcuenca del río San Miguel —el cual tiene continuidad en la cuenca vecina del río Purificación— y la planicie costera.

La oroaltimetría de la cuenca se caracteriza por el predominio de las altitudes entre 0 hasta 600 m.s.n.m., siendo el 77% del área total de la cuenca. Entre las altitudes de 600 m.s.n.m. a 1,770 m.s.n.m. destacan la localización de montañas altas y montañas secundarias. Los rangos de declives más representativos de la cuenca, calculados a escala 1: 50 000, están entre los 12°-24° algo escarpado (44.16%), 6°-12° muy inclinado (16.69%), 3°-6° moderadamente ondulado (8.38%) y 3°-1°30' suave (12.22%).

El elemento estructural dominante en la cuenca lo constituyen las intrusiones de granito que forman parte de los batolitos circumpacíficos emplazados a partir del cretácico superior y que se extiende hasta el terciario inferior. Asimismo, el granito es la roca dominante en la cuenca con 910.64 km² (83.1%).

Los suelos con mayor área lo constituyen los regosoles con el 84.30%, el cual normalmente tiene textura gruesa y están asociados con suelos feozem con mediana y alta pedregosidad. Estos suelos sólo permiten el desarrollo de vegetación natural como selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y bosques naturales como el encino. Sin embargo, se localizan pequeñas unidades de suelo de media y alta calidad —en general son suelos feozem, cambisol y fluvisol— sobre áreas de aluviones de los ríos; Cuitzmala, Jirosto, San Miguel y los arroyos; Tene y Sila, entre otros. Destacando los suelos feozem, cambisol y fluvisol. En su mayor parte estos se encuentran en calidad de suelos potenciales.

En la cuenca existen tres climas que pertenecen al subgrupo de los climas cálidos subhúmedos con lluvias en verano. Diferenciándose estos tres climas por su grado de humedad denominados: el más húmedo, con humedad media y el menos húmedo. Se considera que en general hay homogeneidad en la temperatura porque el promedio anual en la región costera es de 26 °C y en las montañas altas y secundarias es de 22 °C, es decir, con poca amplitud térmica. En relación con la precipitación, el clima de la costa Aw_0 (w)_i tiene 795 mm anuales (el menos húmedo), el clima Aw_1 (w) tiene 1100 mm anuales (humedad media) y finalmente, el clima Aw_2 (w)_i tiene 1,500 mm anuales (el más húmedo).

Como el total de cauces en la cuenca es de 5,452 le corresponde igual número de subcuencas, por lo cual se ha seleccionado a las principales según el criterio de orden de cauces, las cuales se ha utilizado como base para la elaboración de los balances hidrológicos. Destacando las subcuencas de los ríos Jirosto y San Miguel y las subcuencas de los arroyos el Tene, Las Truchas y Sila. Existe una alta densidad de cauces de cuarto al séptimo orden próximo a la confluencia entre el río Cuitzmala (séptimo orden) y sus principales afluentes. Localizado en una unidad de cañones y barrancas de poca profundidad. Se estima que en este sector se constituyen los mayores escurrimientos de la cuenca por lo cual sería ideal que se instale una estación hidrométrica, a fin de conocer los valores diarios, mensuales y anuales. Teniendo esta información hidrométrica se puede recomendar iniciar estudios a nivel de factibilidad para la localización de una presa de almacenaje de agua a fin de solucionar problemas de agua, en periodos de secas —enero a mayo—, en las partes bajas de la cuenca.

Los resultados de los balances hidrológicos a nivel anual y por subcuenca indican una alta evapotranspiración en toda la cuenca. La cuenca está humectado durante seis a siete meses al año, durante el periodo de lluvias, —aproximadamente de junio a diciembre. Asimismo, el suelo se humecta por capilaridad gracias a los acuíferos —alta probabilidad de tener acuíferos. El más importante localizado en la subcuenca del río San Miguel y que tiene continuidad en la cuenca del río Purificación. En esta subcuenca predominan los suelos gleysoles y materiales residuales del cuaternario. La otra unidad geohidrológica con altas probabilidades de tener acuíferos se localiza en el litoral sobre la margen derecha del río Cuitzmala en un área con patrón de drenaje lagunar. En este sector de la cuenca, se localiza una parte de la reserva de la biosfera “Chamela-Cuixmala”, en el cual existe una alta biodiversidad en flora —manglar, vegetación hidrófila, etc.— que sirve de refugio para un número considerable de especies animales migratorias, endémicas, raras, amenazadas o en peligro de extinción.

Teniendo en cuenta las grandes unidades de suelo, el declive del terreno y la cantidad potencial de agua disponible —obtenida de los resultados de los balances hidrológicos— se han realizado estimaciones de posibilidades de aprovechamiento del agua —a mediano y largo plazo— y adecuándose al nivel de desarrollo económico de la cuenca. En ellas destacan los aprovechamiento del agua como recurso para actividades agropecuarias y secundariamente para uso doméstico.

Las localidades de la cuenca son todas rurales con 6,000 habitantes en total (Censo 1990, INEGI) y con una densidad aproximada de 5 habitantes/km², es en general, una cuenca despoblada. Destacan dos agrupaciones de localidades, la primera se establece sobre la margen izquierda del río Cuitzmala próximo al mar, se trata de las localidades de Emiliano Zapata, Francisco Villa —ambos poblados están conurbados— y Cuitzmala. Actualmente, estas localidades costeras muestran un importante dinamismo debido al auge del turismo en playas contiguas y a la creación de la reserva de la biosfera “Chamela-Cuixmala”. La otra agrupación de localidades se encuentra en la subcuenca del río San Miguel y contigua a la cuenca del río Purificación. Esta última tiene localidades de mayor desarrollo (cuenca vecina), como las cabeceras municipales de: Villa Purificación, Casimiro Castillo y La Huerta.

Predomina en la cuenca, la vegetación natural como: la selva mediana subcaducifolia con 417.30 km², la selva baja caducifolia con 273 km² y los bosques naturales de encino con 141 km², representando en conjunto estos tres tipos de vegetación el 75% del área total de la cuenca. En cuanto a las actividades agropecuarias, la agricultura de riego es muy escasa, predominando la agricultura de temporal y la ganadería extensiva. Sin embargo, las actividades agropecuarias actuales están desarrollándose a costa de desmontar generalmente la selva mediana y los bosques naturales de encino. Se ha calculado que en 18 años (1975-1993) se ha perturbado altamente: 103 km² de vegetación natural —selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y bosques naturales de encino— que es el 9.39% del área total de la cuenca. Asimismo, se estima que en el periodo 1993-1999, la pérdida de vegetación es de un 10% adicional, es decir, desde 1975 hasta la fecha se han perdido 219 km² (20%) de vegetación natural en la cuenca del río Cuitzmala. A fin de evitar que la deforestación perturbe el ciclo del agua en la cuenca y altere el equilibrio normal de los ecosistemas, se está sugiriendo sean considerados como áreas protegidas, algunas áreas forestales de las montañas altas y secundarias de la cuenca.

Los resultados del estudio se ha sintetizado en matrices, elaborados con base en correlaciones geográficas, está síntesis se visualiza en el mapa de uso potencial. Con base en lo anterior se ha preparado la propuesta de políticas territoriales para la cuenca, las cuales son: conservación, protección y aprovechamiento.

CAPÍTULO I

LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIONES GENERALES DE LA CUENCA

1.0 LOCALIZACIÓN DE LA CUENCA

La cuenca del río Cuitzmala se localiza en la parte occidental del país y en la vertiente del Océano Pacífico. Fisiográficamente se localiza al Noreste de la Sierra madre del sur y las subprovincias de las sierras de la costa de Jalisco y Colima.

Localmente, la cabecera de la cuenca se localiza en el cerro Bramon. Este cerro es un extremo del contrafuerte denominado Bufas Favelo y pertenece a la sierra Cacoma. Cabe indicar que el mencionado contrafuerte es divisoria de aguas de las cuencas de los ríos Purificación y San Nicolás, las cuales son las dos principales cuencas vecinas.

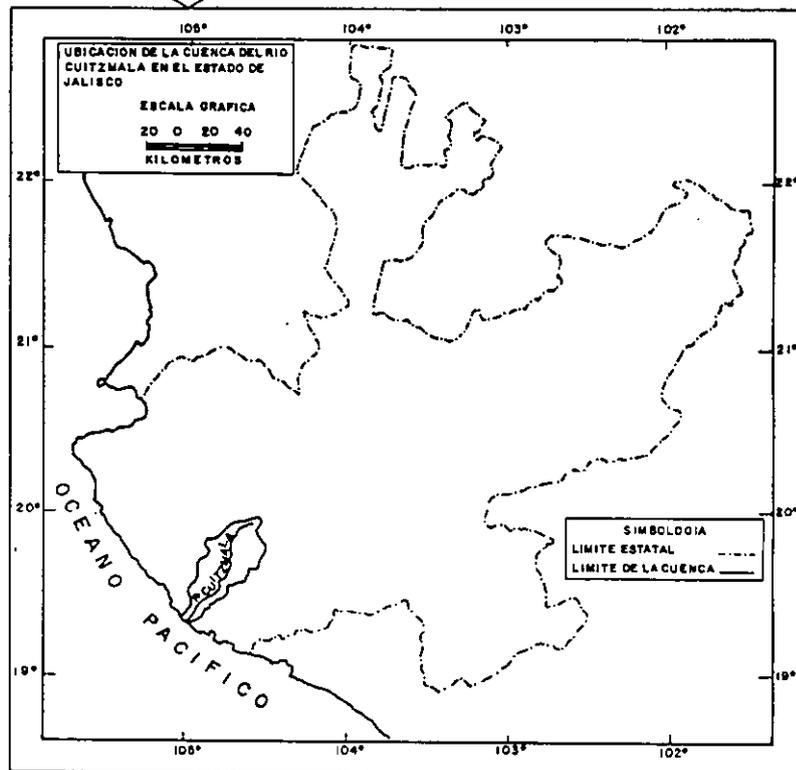
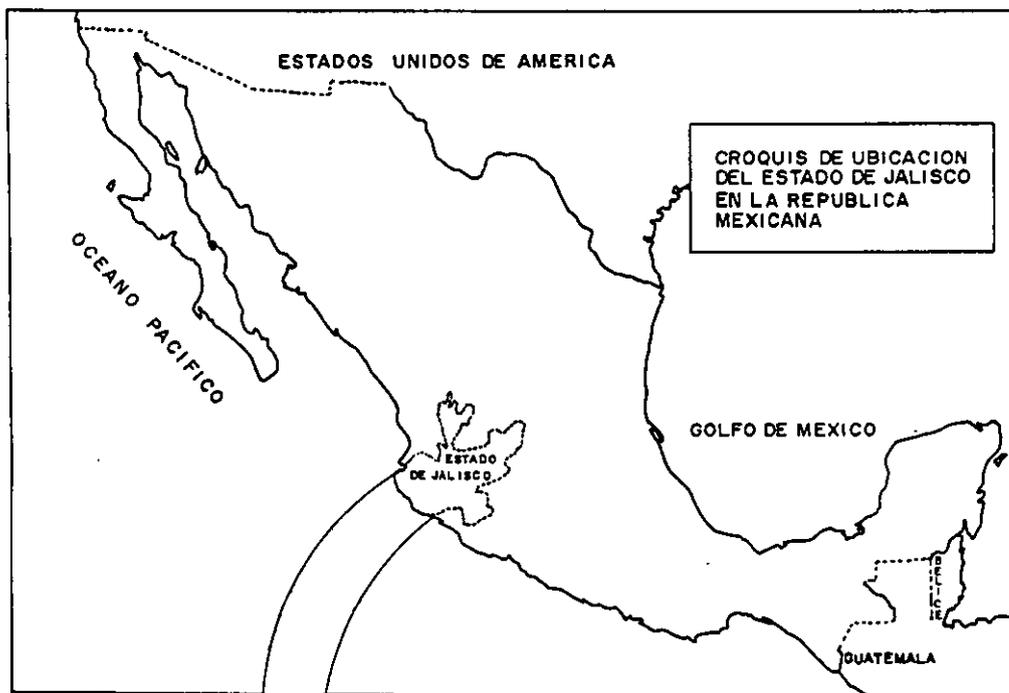
Políticamente la cuenca se localiza en los municipios de Purificación y La Huerta. Este último es un municipio costero y limita con el Océano Pacífico. Es importante señalar que debido a los objetivos de la investigación se presenta el límite entre estos dos municipios en el mapa de uso potencial del suelo. En el croquis de ubicación general, se presenta la localización de la cuenca del río Cuitzmala a nivel estatal y nacional. En el mapa de ubicación regional se presenta la localización regional de la cuenca, destacando las particularidades físicas de la región costera de las cuencas de los ríos Purificación, Cuitzmala, Chamela y San Nicolás. También se presenta la topografía básica de la cuenca del río Cuitzmala, y cuencas vecinas, así como la infraestructura básica. Este mapa se ha utilizado también para el desarrollo del capítulo de población.

1.1 UBICACIÓN DE LA CABECERA Y DESEMBOCADURA

El punto de mayor altitud de la cuenca se ubica a 1,770 m.s.n.m. en el cerro Bramon. Las coordenadas geográficas de ese punto son 19° 50' 27.5" Latitud norte y 104° 36' 34" Longitud oeste. Este cerro forma parte del contrafuerte denominado Bufas Favelo, localizado al Sureste de la línea divisoria de aguas entre las regiones hidrológicas No. 15 y 16.

La desembocadura se ubica cerca de la localidad de Cuitzmala a 3 km en línea recta de la línea litoral. Es la desembocadura que se presenta en el boletín hidrológico No. 41, sin embargo, se han detectado 2 alternativas de desembocadura del río Cuitzmala en el Océano Pacífico, la cual se explicará más adelante. Un elemento geográfico en el litoral de la cuenca es Punta Farallón (ver mapa base) cuyas coordenadas geográficas son: 19° 23' 51" Latitud norte y 105° 3' 3" Longitud oeste.

UBICACION DE LA CUENCA DEL RIO CUITZMALA



1.2 CARACTERÍSTICAS DEL RÍO CUITZMALA

El río Cuitzmala nace en las estribaciones del cerro Bramon, el cual se localiza a unos 15 km al noroeste de la localidad de Purificación (cuenca del río Purificación). Desciende desde una altitud de 1,500 m.s.n.m. con el nombre de río Jirosto, el cual es el afluente principal, y con dirección hacia el suroeste, encontrándose en esta parte de la cuenca con pequeñas localidades entre 150 a 200 habitantes pertenecientes al municipio de Purificación (Censo 1990, INEGI).

Aguas abajo recibe las aguas del río San Miguel por la margen izquierda, en este punto de confluencia se encuentra la localidad de El Chino con una población de 45 habitantes (Censo 1990). A partir de aquí describe una curva que remata, al confluir con el arroyo Tene. En esta última aportación se le conoce localmente con el nombre de Higuierillas, nombre que no ha sido considerado porque sigue siendo el río Cuitzmala. Luego escurre con dirección franca hacia el sur, describiendo una serie de inflexiones debido a lo accidentado de la topografía. A la altura del paralelo 19° 30', cambia nuevamente su trayectoria, hacia el suroeste y cruza la carretera federal No. 200 antes de descargar sus aguas al Océano Pacífico.

1.3 DIVISORIA DE AGUAS EN LA DESEMBOCADURA

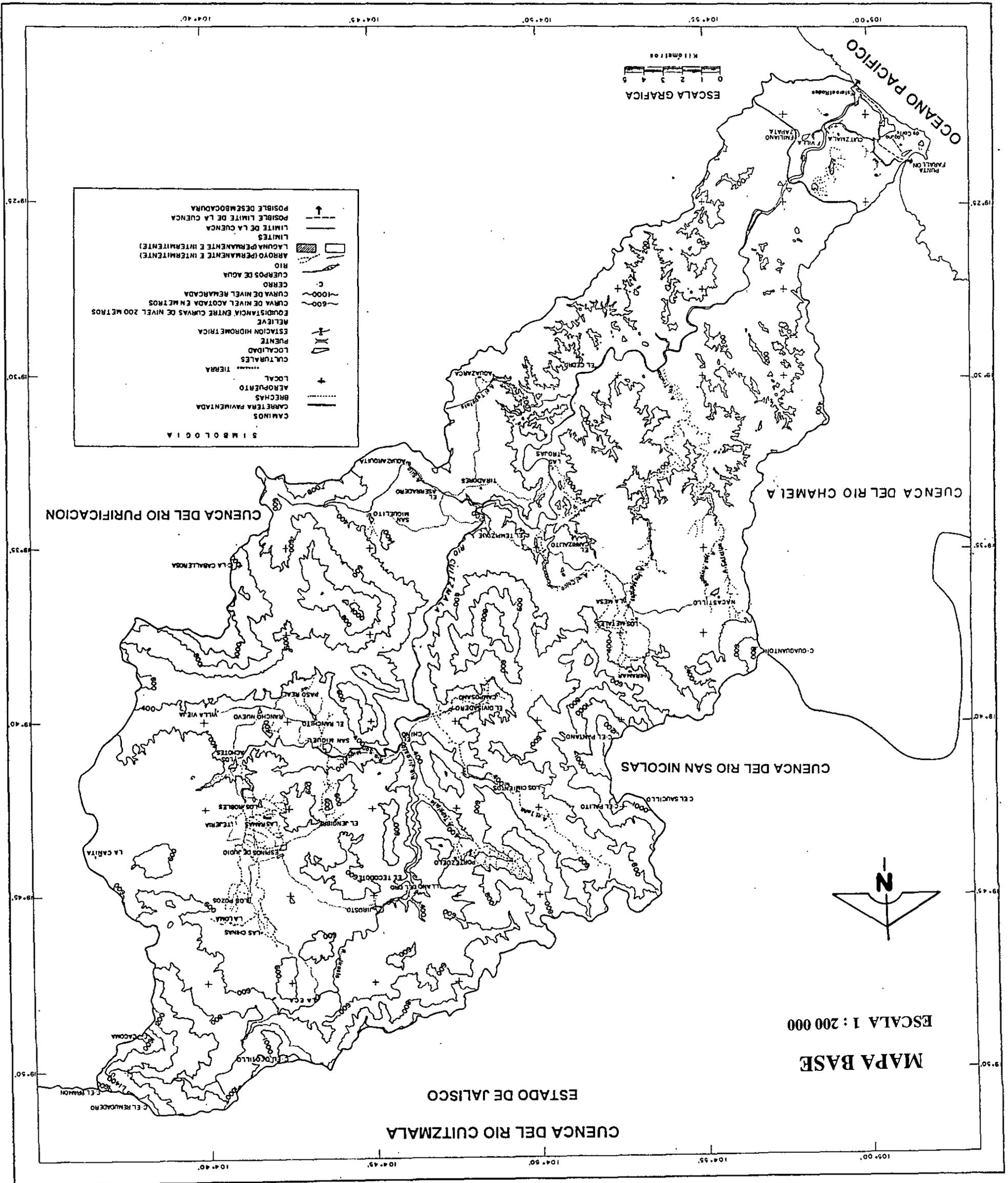
Se considera que hay tres posibles desembocaduras del río Cuitzmala en el mar (ver mapa base) y son las siguientes:

- En el estero El Rodeo próximo al litoral.
- En la ensenada Teopa frente a Punta Farallón.
- Ambos ramales anteriores funcionan como desembocadura.

Se considera que la delimitación de la cuenca hasta la estación hidrométrica Cuitzmala es adecuada ya que siguiendo el cauce aguas abajo por aproximadamente 6 km en línea recta se encuentra la línea litoral. A partir de este punto hay una serie de indefiniciones que se explican a continuación.

En la porción denominada fisiográficamente planicie costera con lagunas, de aproximadamente 45 km², existe cierta indefinición de la desembocadura, debido a que a la altura de la localidad Cuitzmala el cauce se bifurca en dos ramales. Uno de los ramales sigue al suroeste y constituye el estero El Rodeo, localizado a 5 km al suroeste de Punta Farallón y separado de la línea de litoral aproximadamente 100 metros. En este lugar pudo haber estado la antigua desembocadura, la cual está considerada como tal por la SARH, 1976.

El otro ramal se dirige inicialmente hacia el suroeste, siguiendo paralelamente 5 km el cauce anterior, después cambia de dirección y se dirige hacia el noroeste (y paralelo al litoral) dando la impresión que se vuelve a juntar con el cauce proveniente del estero El Rodeo y después llega hacia el litoral en la ensenada Teopa frente a Punta Farallón.



Por las condiciones de la planicie y de la carencia de relieve, existe una aparente indefinición de la dirección que sigue el relieve en la región costera.

Una tercera posibilidad se concreta cuando después de intensas tormentas o lluvias prolongadas, ambos lugares pueden verter sus aguas al mar. Sin constituir estos tres casos desembocaduras perfectamente definidas. Cabe indicar que se desconoce información concerniente a apertura de boca de los esteros. Es conveniente indicar que entre las tres posibles desembocaduras se encuentra una porción continental denominada Punta Farallón y en la cual se localizan pequeñas elevaciones, la más alta llega a 45 m.s.n.m. La mayor parte la constituye una planicie a nivel del mar donde se localizan ocho lagunas (6 de ellas estacionales), destacando la laguna de Corte.

Al analizar el sistema de drenaje fluvioigráfico de la costa hay una aparente indefinición de cauces, incluso en varios lugares la simbología (carta topográfica) indica que hay fronteras cuyas aguas se insumen, perdiéndose aparentemente el cauce. Ante este impase en el drenaje costero de lagunas, se ha inducido y trazado hacia los cauces de menor orden para la elaboración del mapa del orden de los cauces.

1.4 ÁREA DE LA CUENCA

El área de la cuenca del río Cuitzmala presentado por la SARH en el boletín hidrológico No. 41 y en la carta hidrológica de aguas superficiales del INEGI, es de 1,080 km². Esta área resulta de considerar como desembocadura del río Cuitzmala, el estero El Rodeo.

Sin embargo, si consideramos que la desembocadura del río se efectúa en la ensenada Teopa o la tercera opción, que exista eventualmente dos desembocaduras —como se explicó anteriormente— el área de la cuenca crecería en 16 km². Entonces, el área total de la cuenca sería de 1,096 km². Con base en lo explicado anteriormente para el análisis altimétrico, geomorfológico, fisiográfico, fluvioigráfico entre otros, se considera como área de la cuenca 1,096 km².

1.5 PUNTOS NOTABLES DE LA DIVISORIA DE AGUAS POR ALTITUD

Se definieron los límites de la cuenca según el criterio de cuenca hidrográfica, misma que está limitada por divisorias de aguas. Se trazó la línea divisoria de aguas sobre las cartas topográficas del INEGI a escala 1: 50 000. Teniendo como orientación general, la delimitación de la cuenca que aparece en la carta hidrológica de aguas superficiales del INEGI a escala 1: 250 000. Los puntos notables de la divisoria son los siguientes:

- **Cerro Guaguantón**

Es un punto trifinio a 1,025 m.s.n.m., siendo el límite de tres cuencas y son las siguientes: cuencas de los ríos Cuitzmala, Chamela y San Nicolás. En este cerro se forman las nacientes del arroyo Las Truchas que vierten sus aguas al río Cuitzmala por la margen derecha (ver mapa base y mapa de subcuencas). Según estudios de campo de

la Universidad de Guadalajara (1991) el cerro Guaguantón es un Monadnock, es decir, es una elevación residual de pequeñas dimensiones compuesta de rocas más resistentes al intemperismo y la denudación que las rodean (Lugo, 1989).

- **Cerro el Pantano**

Cerro que se ubica a 1,385 m.s.n.m., es el punto con mayor altitud de la divisoria por la margen derecha del río Cuitzmala (ver mapa base y mapa altimétrico). Asimismo, en este cerro se forman las nacientes de los arroyos Las Truchas y El Tene.

- **Cerros el Saucillo y el Palito**

Cerros que se ubican en una zona de inflexión de la línea divisoria de aguas. El cerro Saucillo se ubica a una altitud de 1,190 m.s.n.m. y el cerro el Palito a 1,125 m.s.n.m. También se localizan algunas nacientes del arroyo Tene por la margen derecha del río Cuitzmala.

- **Cerro la Caballerosa**

Punto notable de la divisoria de aguas por la margen izquierda del río Cuitzmala, se ubica a una altitud de 1,065 m.s.n.m., y se localizan algunas nacientes del arroyo Sila.

- **Cerro Cacoma**

Se ubica a una altitud de 1,690 m.s.n.m., forma parte de las estribaciones de la sierra Cacoma. Punto notable que inicia la divisoria de aguas de las dos principales subcuencas del río Cuitzmala; subcuencas de los ríos Jirosto y San Miguel.

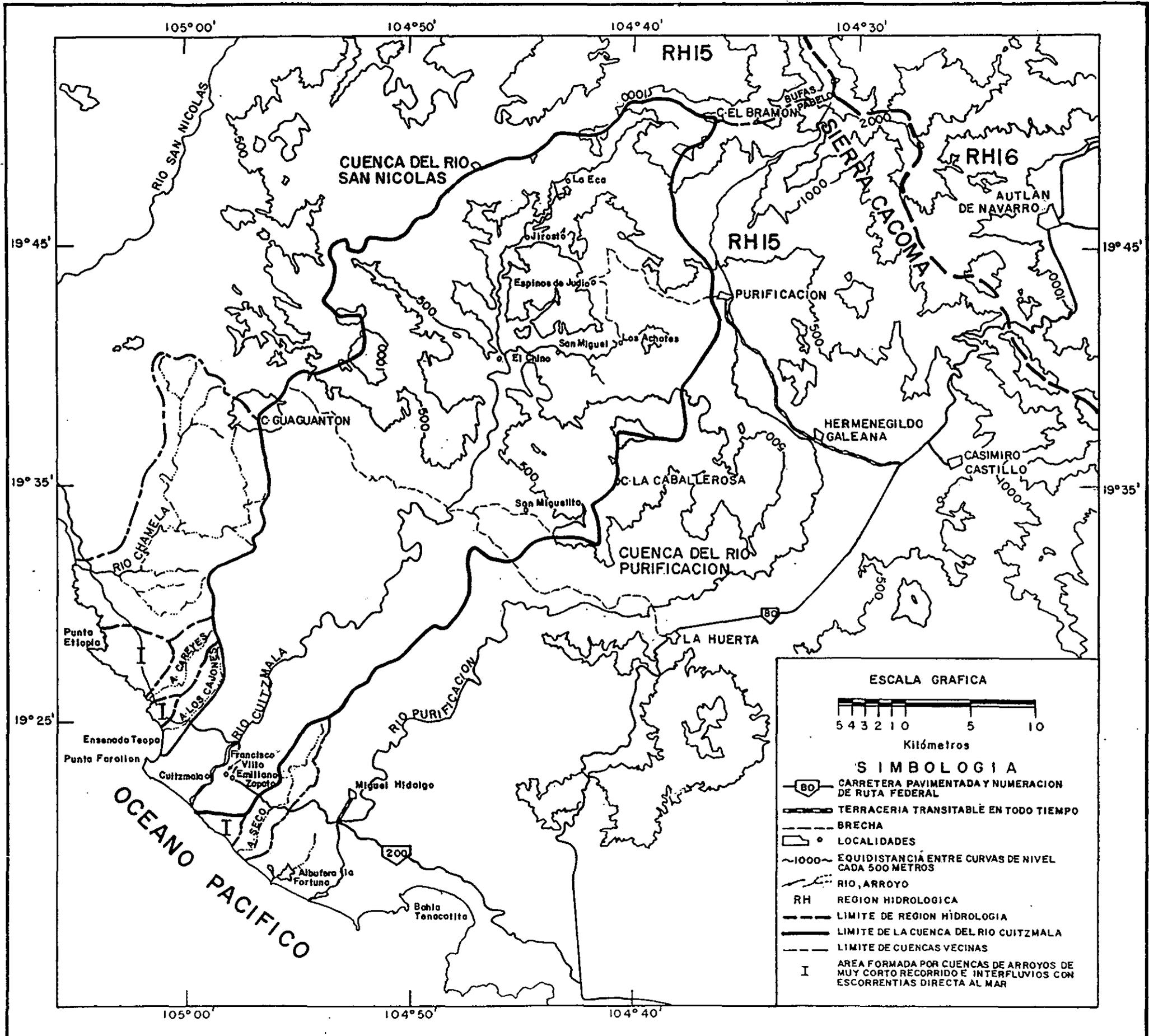
- **Cerro el Bramon**

Es el punto más alto de la cuenca del río Cuitzmala, ubicado a una altitud de 1,770 m.s.n.m. y en el flanco occidental de la sierra Cacoma. Es punto trifinio de límites de las siguientes cuencas: río Cuitzmala, río Purificación y río San Nicolás. Las estribaciones occidentales de este cerro sirven de formador del río Jirosto. Sector que destaca por la alta densidad de cauces de primer orden.

1.6 UBICACIÓN DE LA CUENCA EN LA REGIÓN HIDROLÓGICA 15

La cuenca del río Cuitzmala pertenece a la región hidrológica 15, de acuerdo a la división de la SRH denominada Costa de Jalisco. Según la división de la región hidrológica 15, el río San Nicolás y Cuitzmala forman una subunidad.

MAPA DE UBICACION REGIONAL



ESCALA GRAFICA

5 4 3 2 1 0 5 10

Kilómetros

SIMBOLOGIA

- CARRETERA PAVIMENTADA Y NUMERACION DE RUTA FEDERAL
- TERRACERIA TRANSITABLE EN TODO TIEMPO
- BRECHA
- LOCALIDADES
- EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL CADA 500 METROS
- RIO, ARROYO
- RH REGION HIDROLOGICA
- LIMITE DE REGION HIDROLOGIA
- LIMITE DE LA CUENCA DEL RIO CUITZMALA
- LIMITE DE CUENCAS VECINAS
- AREA FORMADA POR CUENCAS DE ARROYOS DE MUY CORTO RECORRIDO E INTERFLUVIOS CON ESCORRENTIAS DIRECTA AL MAR

Al analizar la carta hidrológica de aguas superficiales, escala 1: 250 000, se detectó que esta clasificación es muy general razón por la cual se omiten cuencas menores como por ejemplo la cuenca del río Chamela. Para conocer la totalidad de las cuencas vecinas, se tuvo que delimitar la cuenca del río Chamela así como las cuencas de pequeños arroyos vecinos al área de estudio.

1.7 VECINDAD CON OTRAS CUENCAS

Según la carta de aguas superficiales, la cuenca del río Cuitzmala limita al oeste con la cuenca del río San Nicolás (2,047 km²) y al este con la cuenca del río Purificación (2,318 km²). Como se señaló anteriormente la división hidrológica 15 es general, entonces las áreas de estas cuencas menores se han adicionado a las cuencas mayores. Para el caso de la cuenca del río Cuitzmala no ocurre esta situación y el área y límites de la cuenca se ajustan en general a lo real.

Por tanto, la cuenca del río Cuitzmala no sólo limita con las cuencas de los ríos San Nicolás y Purificación, también limita con pequeñas cuencas, las cuales se han tenido que delimitar sobre las cartas topográficas a escala 1: 50 000. Para la presentación de estos resultados se trasladó por analogía geográfica a escala 1: 250 000 y se pueden observar en el mapa de ubicación regional.

Las cuencas menores y vecinas que limitan con la cuenca del río Cuitzmala son las siguientes:

- **Cuenca del río Chamela**

Es la más importante de las cuencas menores por su singular importancia en biodiversidad en flora y fauna de selva baja tiene un área aproximada de 218 km². Se localiza al oeste de la cuenca del río Cuitzmala y también limita con la cuenca del río San Nicolás.

- **Cuenca del arroyo Careyes**

Corresponde a la cuenca de un arroyo cuyo cauce tiene aproximadamente 10 km de longitud y tiene un área aproximada de 16 km². Se localiza al sur del río Chamela y sólo la cabecera de esta pequeña cuenca limita con el área de estudio.

- **Cuenca del arroyo los Cajones**

También es la cuenca de un arroyo de corto recorrido de aproximadamente 10 km de longitud y tiene un área aproximada de 16 km². El litoral de esta pequeña cuenca lo constituye la ensenada Teopa. Parte de esta ensenada también forma parte del litoral de la cuenca del río Cuitzmala frente a Punta Farallón.

- **Cuenca del arroyo Seco**

La cuenca de este arroyo limita con el área de estudio por la margen izquierda del río Cuitzmala. Esta cuenca tiene un área aproximada de 24 km² y la longitud del arroyo es de 17 km. Se localiza entre las cuencas de los ríos Cuitzmala y Purificación.

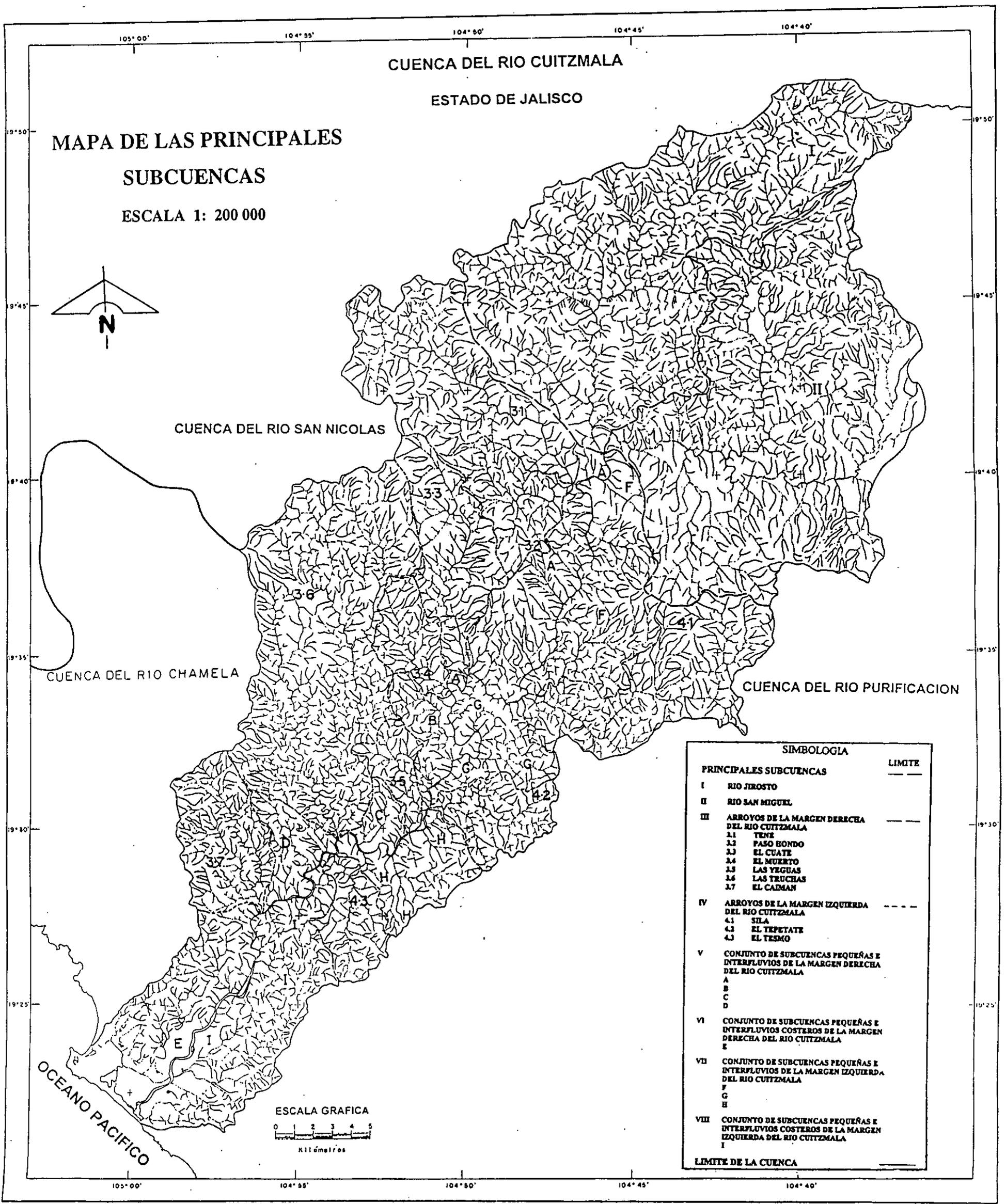
- **Área de interfluvio**

Cabe indicar que cerca a la desembocadura y entre la cuenca del río Cuitzmala y la cuenca del arroyo Seco se localiza un área muy pequeña de interfluvios, de aproximadamente 6 km². Esta área de interfluvios con arroyos de corto recorrido tienen escorrentía directa al mar sólo en épocas de lluvia. La ubicación de esta unidad se puede visualizar en el mapa de ubicación regional, escala 1: 250 000. El área más importante de interfluvios, aunque no contiguo al área de estudio, se localiza entre las cuencas vecinas de los arroyos cajones y careyes (ver mapa de ubicación regional). El litoral de esta pequeña área de interfluvio está dominada por la "salina Careyes". Es decir, es una superficie plana de tierra firme privada de vegetación, constituida por arcillas, limos o arenas, originada por la desecación de un lago (Lugo, 1989). Esta área tiene drenaje lagunar, los arroyos generalmente drenan sus aguas hacia una extensa laguna contigua a la carretera federal pavimentada No. 200.

No es objetivo de la presente investigación profundizar con las particularidades de las cuencas vecinas al área de estudio. Sin embargo, como estudio geográfico es necesario localizar a la totalidad de las cuencas vecinas al área de estudio, con la finalidad de quedar correctamente definida los límites del mismo.

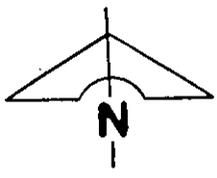
1.8 PRINCIPALES SUBCUENCAS

La cuenca del río Cuitzmala está formada por 5,452 cauces, entonces a cada uno le corresponde una subcuenca. Debido al extenso número de subcuencas se ha seleccionado a las principales según la importancia del orden del cauce y agrupándolas en subcuencas de la margen izquierda y derecha. En este grupo de las principales subcuencas destacan las subcuencas de los ríos Jirosto y San Miguel. La lista total de las principales subcuencas así como las áreas de cada una se presenta en el cuadro adjunto. Se puede observar que son doce las subcuencas que destacan, siendo las más importantes de la cuenca del río Cuitzmala. El resto de las subcuencas se han agrupado y denominados conjunto de subcuencas e interfluvios —esta clasificación se presenta en el cuadro y mapa adjunto. La delimitación de estas subcuencas es de suma importancia por ser subunidades básicas de la cuenca, información útil para los cálculos de balances hidrológicos —la misma que se presentará mas adelante.



CUENCA DEL RIO CUITZMALA
ESTADO DE JALISCO

MAPA DE LAS PRINCIPALES
SUBCUENCAS
ESCALA 1: 200 000



CUENCA DEL RIO SAN NICOLAS

CUENCA DEL RIO CHAMELA

CUENCA DEL RIO PURIFICACION

SIMBOLOGIA	
PRINCIPALES SUBCUENCAS	LIMITE
I RIO JIROSTO	---
II RIO SAN MIGUEL	---
III ARROYOS DE LA MARGEN DERECHA DEL RIO CUITZMALA	---
3.1 TENE	
3.2 PASO HONDO	
3.3 EL CUATE	
3.4 EL MUERTO	
3.5 LAS YEGUAS	
3.6 LAS TRUCHAS	
3.7 EL CADMAN	
IV ARROYOS DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO CUITZMALA	---
4.1 SULA	
4.2 EL TEPETATE	
4.3 EL TESMO	
V CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS DE LA MARGEN DERECHA DEL RIO CUITZMALA	---
A	
B	
C	
D	
VI CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS COSTEROS DE LA MARGEN DERECHA DEL RIO CUITZMALA	---
E	
VII CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO CUITZMALA	---
F	
G	
H	
VIII CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS COSTEROS DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO CUITZMALA	---
I	
LIMITE DE LA CUENCA	---



OCEANO PACIFICO

Cuadro 1
Principales subcuencas

<i>Principales subcuencas</i>	<i>Area en km²</i>
I RÍO JIROSTO	204.0
II RÍO SAN MIGUEL	219.0
III <i>PRINCIPALES ARROYOS DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO CUITZMALA</i>	
3.1 Tene	65.0
3.2 Paso Hondo	24.0
3.3 El Cuate	36.0
3.4 El Muerto	15.5
3.5 Las Yeguas	8.5
3.6 Las Truchas	128.0
3.7 El Caimán	33.0
IV <i>PRINCIPALES ARROYOS DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO CUITZMALA</i>	59.0
4.1 Sila	19.0
4.2 El Tepetate	17.5
4.3 El Tesmo	
V <i>CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLU- VIOS DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO CUITZMALA</i>	
A	37.5
B	14.5
C	7.5
D	14.0
VI <i>CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS COSTEROS DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO CUITZMALA</i>	
E	44.5
VII <i>CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO CUITZMALA</i>	47.5
F	22.0
G	24.0
H	
VIII <i>CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS COSTEROS DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO CUITZMALA</i>	
I	56.0
Total	1096.0

Observando este cuadro se encuentra que las principales subcuencas son las que forman los ríos Jirotto y San Miguel. Adicionalmente el mapa base se advierte que son las subcuencas con mayor densidad de localidades.

1.9 FACTORES ASOCIADOS CON LA CUENCA

Cada cuenca tiene una característica especial, debido a que es muy difícil que dos cuencas sean semejantes en los aspectos físicos como: topografía, hidrografía, geología, edafología, uso de suelo, etc. Se pueden señalar algunos factores que afectan los escurrimientos superficiales destacando el área, forma y declives del terreno.

• Área de la cuenca

El área de la cuenca influye en los escurrimientos superficiales, ya que al incrementarse el tamaño de la cuenca aumenta el volumen escurrido y los escurrimientos máximos. El área de la cuenca del río Cuitzmala es 1,096 km², y se localiza en la región hidrológica 15 (ver mapa de ubicación regional). Hay que tomar en cuenta el área de las principales subcuencas, siendo relevantes las subcuencas de los ríos Jirotto y San Miguel. También conviene considerar las áreas de las partes más amplias y angostas de la cuenca que influye en los escurrimientos.

• Forma de la cuenca

También influye en la magnitud del escurrimiento; de tal manera que las cuencas compactas (redondeadas) presentan un escurrimiento superficial mayor que aquellas de igual área pero de forma estrecha y alargada, ya que en estas últimas, los escurrimientos se concentran más lentamente. La fórmula de Gravelius es un parámetro que relaciona el perímetro de la cuenca con la circunferencia de igual área. Compara el valor mínimo que se obtiene, que es la unidad con el índice de la cuenca. Si éste resulta mayor que la unidad, será menos parecida a un círculo.

$$K \text{ (constante)} = 0.28 P/A$$

donde: P = Perímetro y A = Área de la cuenca

Los datos de la cuenca son:

$$P = 200 \text{ km y } A = 1,096 \text{ km}^2$$

$$\text{Raíz cuadrada de } A = 33.10$$

Reemplazando:

$$K = 0.28 \times 200 \text{ km} / 33.10 \text{ km}$$

$$K = 1.69$$

Al observar los mapas de la cuenca se nota que su forma es alargada. Esta situación ha sido comprobada con la fórmula de Gravelius. Asimismo, dicho resultado ($K = 1.69$) señala que en general, los escurrimientos se concentran lentamente, sin embargo, más

adelante en el análisis del mapa de orden de cauces y el mapa de distribución geográfica de cauces se identificarán mayores detalles.

- **Declive absoluto de la cuenca**

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

a) *Declive absoluto en línea recta*

$\text{tg } x = (\text{diferencia entre el punto alto y más bajo} / \text{distancia de la línea recta})$

Reemplazando con los datos de la cuenca:

$$\text{tg } x = (1,770 \text{ m} - 0\text{m}) / 78,000 \text{ m}$$

$$\text{tg } x = 0.021$$

$$\text{arctg } x = 1^\circ 12'$$

$$\text{Declive absoluto} = 1^\circ 12'$$

b) *Declive absoluto a lo largo del cauce principal*

Se considera la longitud total del río Cuitzmala desde su nacimiento en las estribaciones occidentales de la sierra la Cacoma hasta su desembocadura en el mar.

$\text{Declive} = \text{tg } x = \text{altitud máxima de la cuenca} / \text{longitud del cauce principal}$

$$\text{Declive} = \text{tg } x = 0.01685$$

$$\text{Declive} = \text{arctg } 0.01685$$

$$\text{Declive} = 0^\circ 1' 00''$$

Los resultados de los declives en línea recta y a lo largo del cauce principal indican en general que los declives en la cuenca son llanos. También indican, que la cuenca se encuentra en una fase “adulta” de erosión.

En resumen en este capítulo se han identificado algunas generalidades que serán útiles en el análisis de la hidrografía y de balance hidrológico de la cuenca. Por ejemplo, se seleccionaron tres factores asociados a las particularidades de la cuenca: área, forma y declives. Estos resultados de la forma y declives influyen en los escurrimientos como se comprobará más adelante en los capítulos de hidrografía y balance hidrológico. El declive absoluto de la cuenca es un parámetro general importante para estimar las características topográficas y útil para decidir los rangos más apropiados de declives en la elaboración del mapa de declives.

Se ha localizado la cuenca primero a nivel nacional y luego a nivel estatal para lo cual se presenta un croquis de ubicación general. En cuanto a la localización particular de la cuenca se presenta en el mapa de ubicación regional. En cuanto a la delimitación de la

cuenca se encontró cierta indefinición en los límites próximos al mar. Para lo cual se realizó un estudio de límites de cuencas incluyendo a las cuencas vecinas menores debido a que no existía tal delimitación. Posteriormente, se delimitaron las principales subcuencas, a fin de tener un panorama intrarregional del área de estudio. Los cifras de áreas de las subcuencas son valiosas para estimar los balances hidrológicos de la cuenca —el cual se presenta en el capítulo de balance hidrológico.

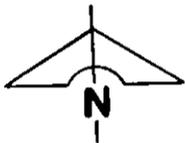
105° 00' 104° 55' 104° 50' 104° 45' 104° 40'

CUENCA DEL RIO CUITZMALA

ESTADO DE JALISCO

MAPA TOPOGRAFICO

ESCALA 1: 200 000



CUENCA DEL RIO SAN NICOLAS

CUENCA DEL RIO PURIFICACION

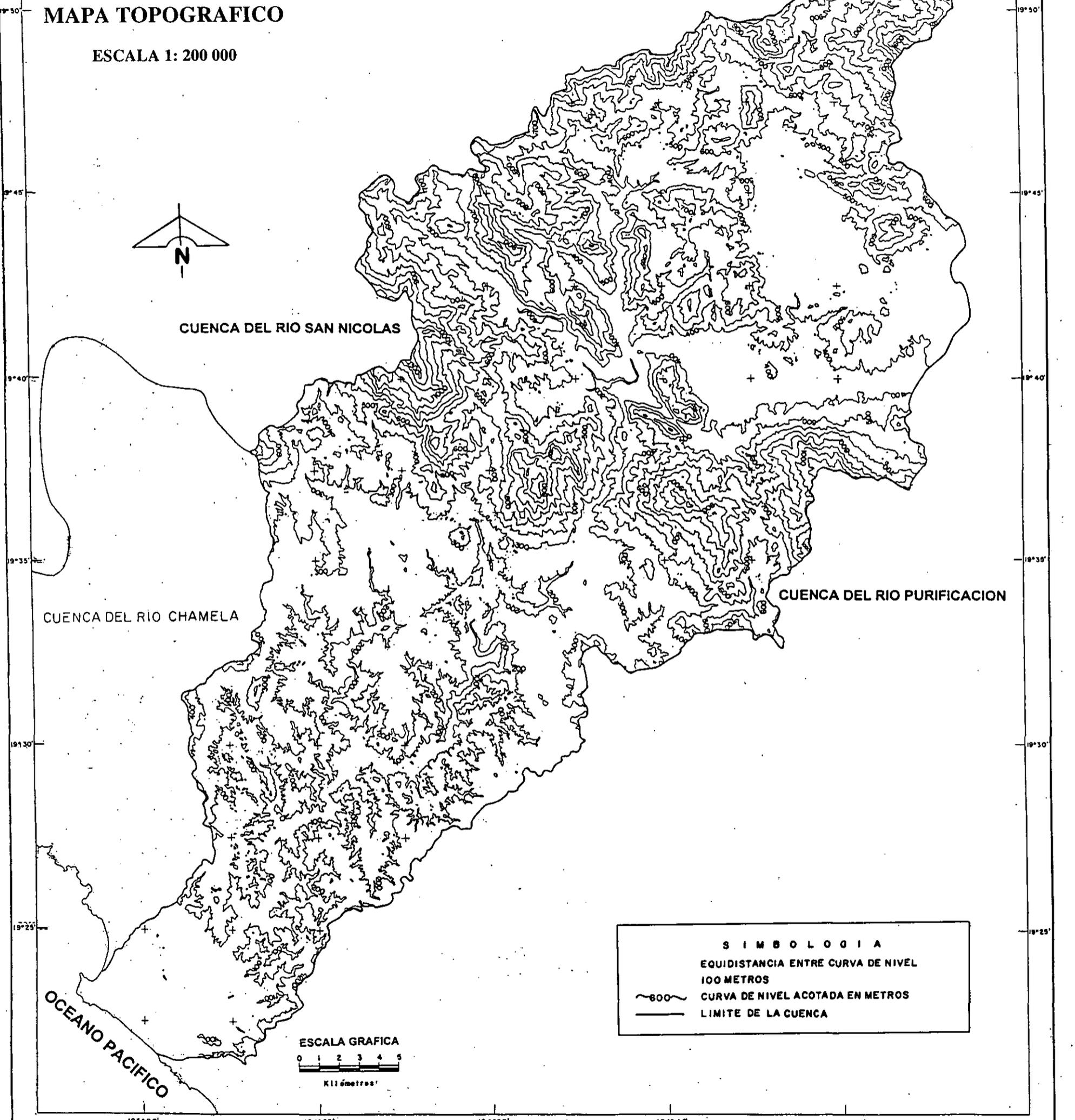
CUENCA DEL RIO CHAMELA

OCEANO PACIFICO



S I M B O L O G I A	
	EQUIDISTANCIA ENTRE CURVA DE NIVEL 100 METROS
~600~	CURVA DE NIVEL ACOTADA EN METROS
—	LIMITE DE LA CUENCA

105° 00' 104° 55' 104° 50' 104° 45' 104° 40'



CAPÍTULO II

OROALTIMETRÍA

El objetivo en esta parte es cuantificar las características topográficas de la cuenca, a través de las mediciones de las franjas altimétricas. Para lo cual se adjunta un cuadro de análisis oroaltimétrico y gráficas que derivan del mismo. Para facilitar este análisis se elaboró el mapa altimétrico de la cuenca, el cual también se adjunta.

2.1 ANÁLISIS OROALTIMÉTRICO

Se trata del análisis con alto grado de detalle, a través de franjas altitudinales con una amplitud de 100 metros y comparándolo con las áreas (de cada franja). Estas particularidades topográficas de la cuenca se sintetizan en el cuadro adjunto.

Cuadro 2
Análisis oroaltimétrico de la cuenca del río Cuitzmala

<i>Progre- sivo</i>	<i>Altimetría</i>			<i>Areas</i>		
	<i>Franjas altimétricas en metros</i>	<i>Diferencia altimétrica</i>	<i>Área franja altimétrica</i>	<i>Porcentaje franja altimétrica</i>	<i>Áreas acumuladas</i>	<i>Porcentaje áreas acumuladas</i>
1	1,770 - 1,700	70	0.36	0.005	0.06	0.005
2	1,700 - 1,600	100	0.31	0.028	0.37	0.033
3	1,600 - 1,500	100	0.40	0.036	0.77	0.069
4	1,500 - 1,400	100	2.56	0.233	3.33	0.302
5	1,400 - 1,300	100	2.66	0.243	5.99	0.545
6	1,300 - 1,200	100	4.16	0.380	10.15	0.925
7	1,200 - 1,100	100	8.53	0.778	18.68	1.703
8	1,100 - 1,000	100	14.40	1.314	33.08	3.017
9	1,000 - 900	100	29.16	2.661	62.24	5.678
10	900 - 800	100	35.28	3.219	97.52	8.897
11	800 - 700	100	56.52	5.157	154.04	14.054
12	700 - 600	100	97.74	8.918	251.78	22.972
13	600 - 500	100	124.92	11.398	376.7	34.370
14	500 - 400	100	186.00	16.971	562.7	51.341
15	400 - 300	100	130.00	11.861	692.7	63.202
16	300 - 200	100	207.26	18.911	899.96	82.113
17	200 - 100	100	119.00	10.858	1,018.96	92.971
18	100 - 0	100	77.04	7.029	1,096.00	100.000
Total			1,096.00	100.000		

105° 00'

104° 55'

104° 50'

104° 45'

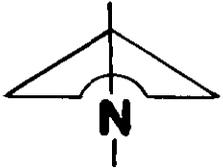
104° 40'

CUENCA DEL RIO CUITZMALA

ESTADO DE JALISCO

MAPA ALTIMETRICO

ESCALA 1: 200 000



CUENCA DEL RIO SAN NICOLAS

CUENCA DEL RIO PURIFICACION

CUENCA DEL RIO CHAMELA

OCEANO PACIFICO

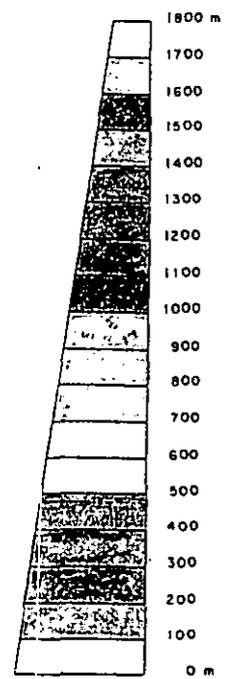
ESCALA GRAFICA



Kilómetros

SIMBOLOGIA

ALTIMETRIA



LIMITE DE LA CUENCA

CURVA DE NIVEL

EQUIDISTANCIA DE CURVAS DE NIVEL 100 M

105° 00'

104° 55'

104° 50'

104° 45'

104° 40'

19° 50'

19° 50'

19° 45'

19° 45'

19° 40'

19° 40'

19° 35'

19° 35'

19° 30'

19° 30'

19° 25'

19° 25'

Al relacionar las franjas altimétricas y sus respectivas áreas, se detectaron 3 grandes grupos. El primer grupo tienen una altitud entre los 1,000 hasta los 1,770 m.s.n.m., representando un área total de 33 km², siendo el 3% del área total de la cuenca. El segundo grupo tiene una altitud entre los 600 hasta los 1,000 m.s.n.m., tiene un área total de 218.7 km², siendo el 20% del área total de la cuenca. El tercer grupo tiene una altitud entre 0 hasta los 600 m.s.n.m., el área total es de 844 km² siendo el 77% del total de la cuenca. Dentro del último rango altimétrico señalado (0-600 m.s.n.m.) se localizan la totalidad de las localidades de la cuenca. El primer grupo representa a las principales cabeceras de la cuenca, el segundo a las montañas secundarias y el tercero el resto de las unidades de relieve. Con base en el cuadro 3 se elaboraron gráficas que se analizan a continuación.

2.2 ANÁLISIS GEOMORFOMÉTRICO DE LA CUENCA

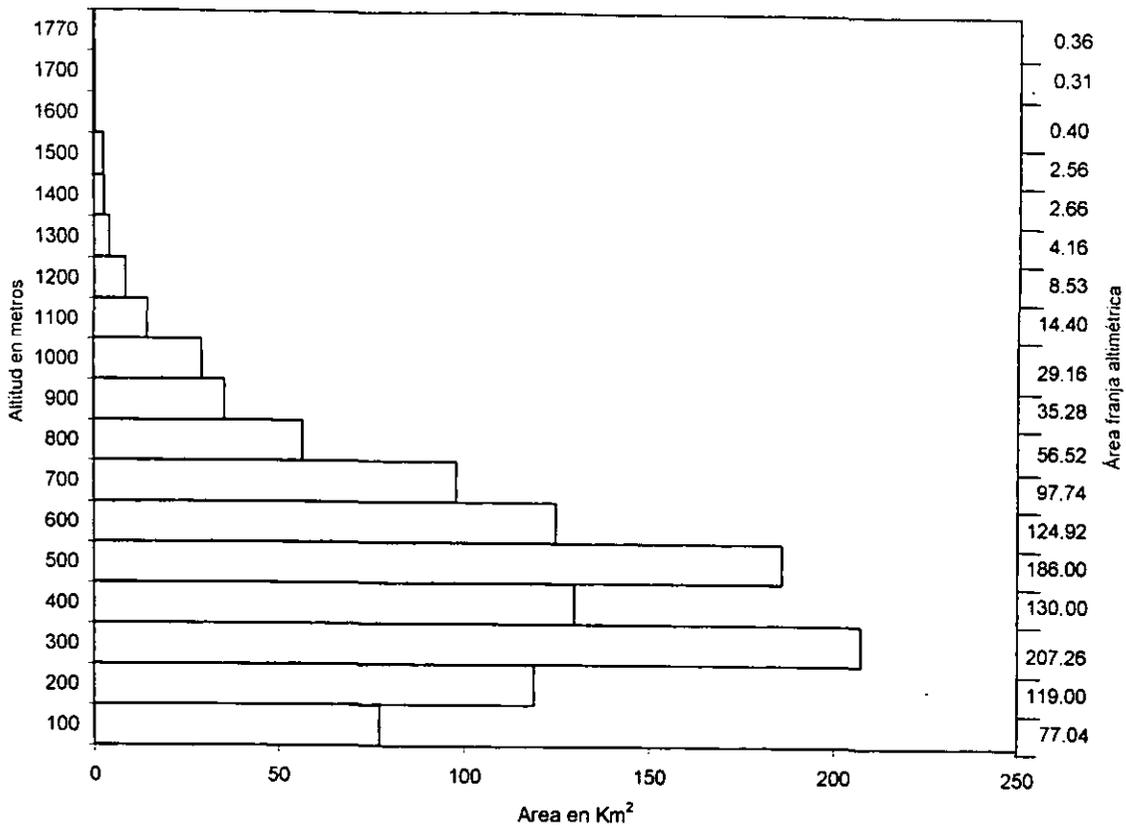
Al igual que la cuantificación de la orografía, se pueden realizar análisis de tipo identificativo del relieve con ayuda de gráficas —histograma de frecuencia altimétrica, curva hipsográfica y la curva integral hipsométrica—. Ambos tipos de análisis forman parte de la morfometría, que es la cuantificación de ciertos elementos del relieve. Este método matemático —aplicado a partir de la segunda mitad de nuestro siglo— sirve de base para estudios endógenos y exógenos.⁶

- **Histograma de frecuencia altimétrica**

Con el histograma de frecuencias altimétricas se puede visualizar proporcionalmente las franjas altimétricas, asimismo reforzar el análisis fisiográfico de la cuenca. También se observan las franjas altimétricas con mayor área; franja de 200 a 300 m.s.n.m. y franja de 400 a 500 m.s.n.m. Esta última muy representativa en la cuenca, por la presencia de cañones y barrancas, valles con lomeríos y laderas intermedias, las cuales se delimitarán en el capítulo de fisiografía.

Los valores en áreas de las franjas altimétricas es información complementaria para definir las gráficas hipsográfica e hipsométrica. Integrando los resultados de estas tres gráficas se pueden delimitar unidades por altitud las cuales al correlacionarse con otras temas como por ejemplo los declives se definen unidades espaciales de manera preliminar.

⁶ José Lugo. (1991). En su obra *Elementos de Geografía aplicada (métodos cartográficos)*, p. 26. Define la morfometría y agrega que los elementos principales posibles de cuantificar a partir de formas del relieve son: longitud, superficie, volumen, pendiente, etc.



Gráfica 1. Histograma de frecuencia altimétrica de la cuenca del río Cuitzmala.

• **Curva hipsográfica**

Representa el perfil topográfico de la cuenca, relacionando la altitud con las áreas de las franjas altimétricas. En esta gráfica destaca el punto de inflexión que se forma en la altitud de 900 m.s.n.m. Punto altimétrico en que terminan las montañas altas de la cuenca y empiezan las montañas secundarias.

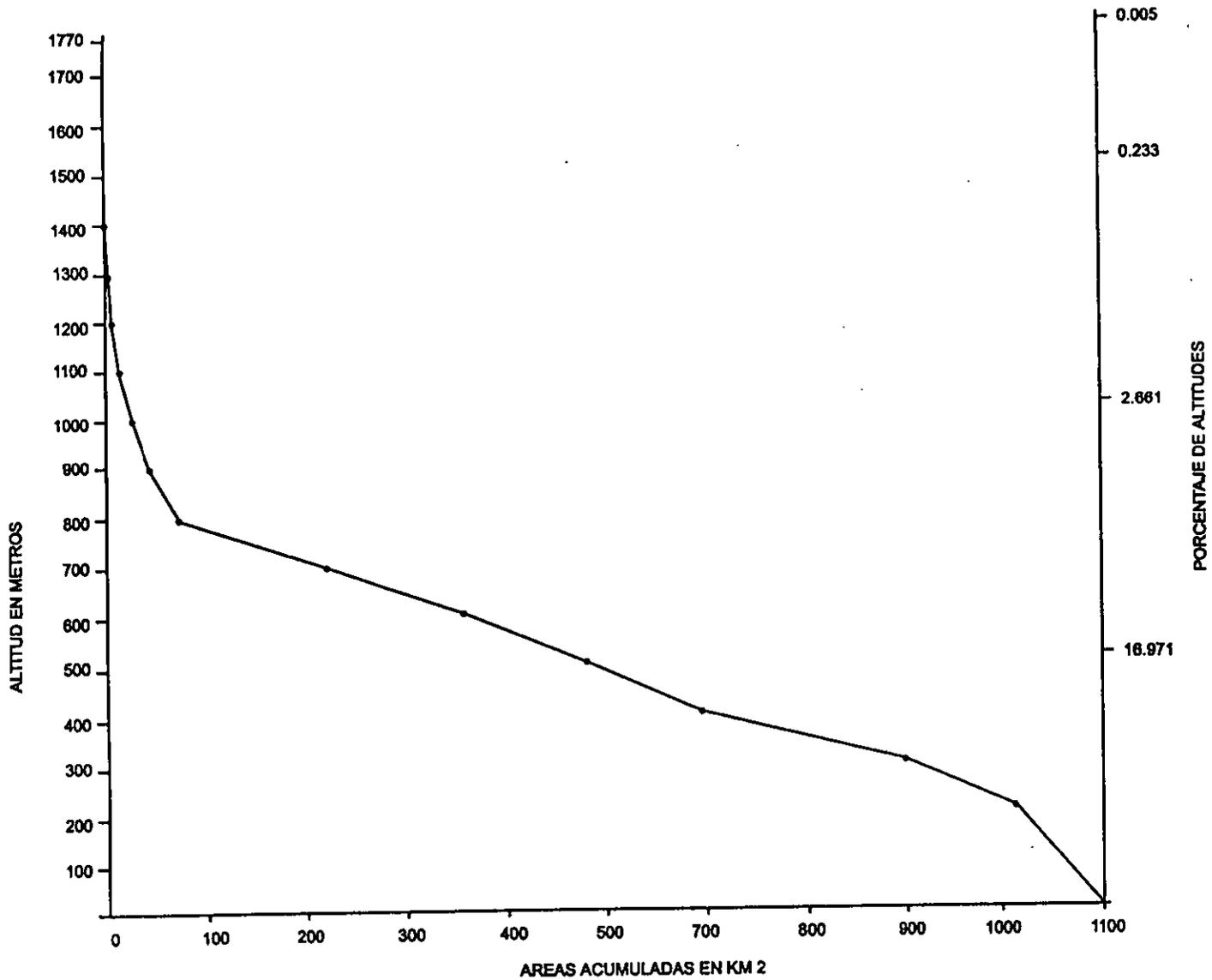
Entre las altitudes de 900 hasta los 300 m.s.n.m. la curva mantiene un mismo nivel de pendiente, pero muy inclinado, representando a un relieve que ha sufrido fuertes procesos de denudación. Desde este último punto de 300 m.s.n.m. hacia el mar, el cambio de pendiente es brusco, indica que la cuenca se angosta y que empiezan las llanuras de acumulación y la planicie costera.

Esta relación de cambios de pendiente bruscos en la gráfica indican cambios de formas del relieve, información que se utilizará como complemento para definir las unidades fisiográficas o de relieve.

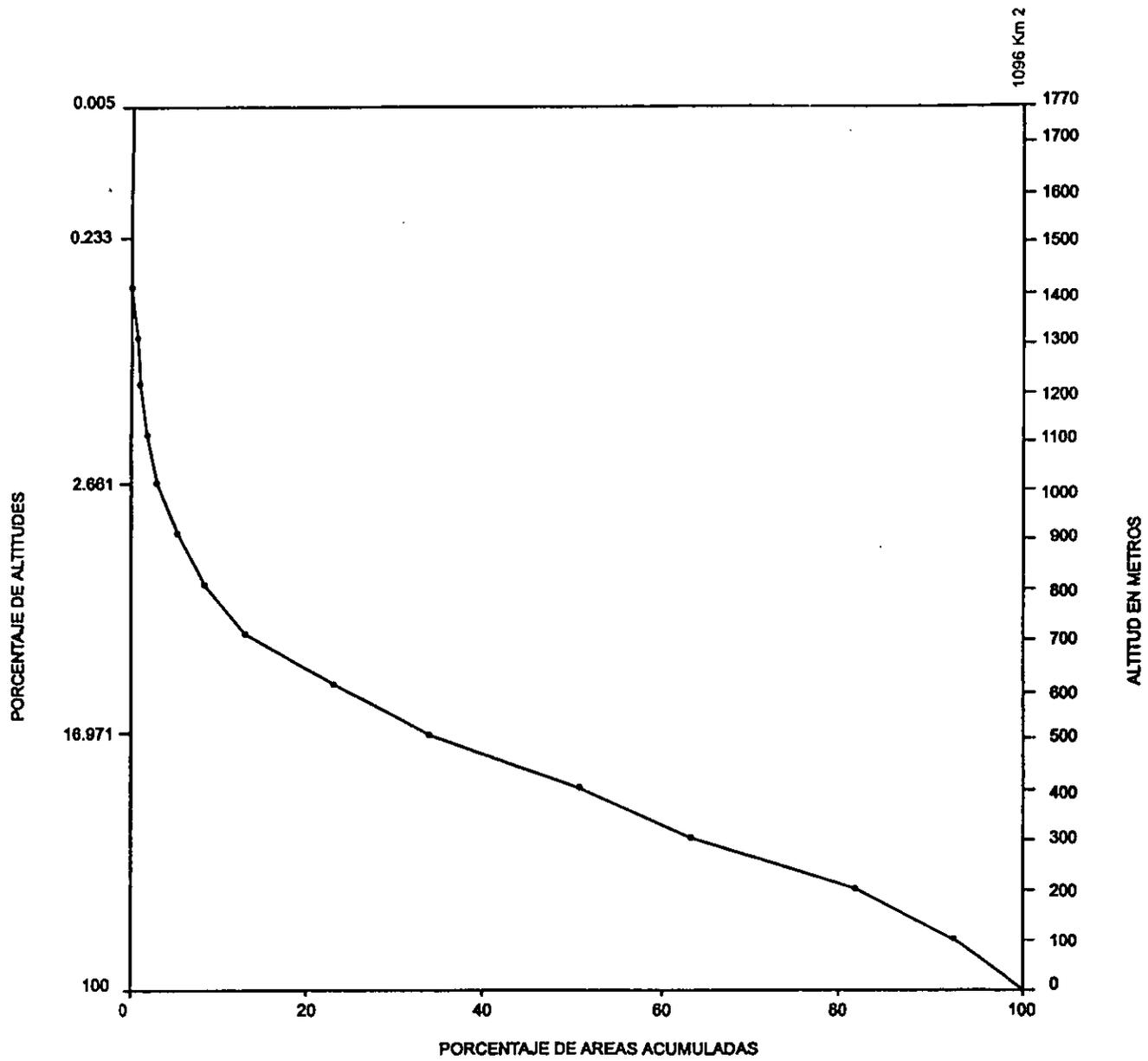
- **Curva integral hipsométrica**

Esta gráfica permite inferir el grado erosión que tiene el relieve de la cuenca. Para lo cual se está considerando las áreas acumulativas, la altitud y las franjas altimétricas. La gráfica que es un “cuadrado” y representa el 100% del volumen del relieve en la cuenca. El área abajo de la curva representa el volumen del relieve actual. Por tanto, el área encima de la curva representa el volumen total de roca que se ha perdido por erosión. Para la cuenca, el total de roca pérdida es del 61% y el volumen actual de roca es del 29%, este resultado indica que la cuenca está altamente erosionada. Entonces el relieve se encuentra en fase de “equilibrio” o “madurez”.

Esta gráfica tiene particular importancia para identificar probables unidades fisiográficas o de relieve y que deben ser correlacionadas con otros temas.



GRAFICA 2 CURVA HIPSOGRAFICA DE LA CUENCA DEL RIO CUITZMALA



GRAFICA 3 CURVA INTEGRAL HIPSOMETRICA DE LA CUENCA DEL RIO CUITZMALA

En resumen las particularidades oroaltimétricas graficadas en el mapa altimétrico y complementado con cuadros y gráficas coadyuvarán a definir unidades espaciales de otros temas como por ejemplo el fisiográfico. El análisis de esta información incluyendo cuadros y gráficas ha permitido también llegar a conclusiones generales de carácter geomorfológico; como por ejemplo, el nivel general de erosión la cuenca, las cuales se relacionan también con las unidades fisiográficas. El cálculo por franjas altimétricas fue importante para elaborar la curva hipsográfica —para definir el perfil topográfico de la cuenca. Asimismo con esa información se elaboro la curva integral hipsométrica.

CAPÍTULO III

DECLIVES

Los declives del terreno se han analizado a través del mapa del mismo —elaborado a escala 1 :50 000 y reducido a escala 1 :200 000. Las unidades de declives se delimitaron con base en la relación distancia vertical y horizontal y el ángulo que forman. Con base en el mapa topográfico, altimétrico y el análisis oroaltimétrico del capítulo anterior se escogió los rangos más apropiados a la topografía de la cuenca. La información de los declives, áreas totales y la distribución espacial es un indicador importante para interpretar los procesos exógenos en la cuenca. Asimismo, es una información importante para estimar los escurrimientos superficiales y un parámetro para estimar el uso potencial del suelo.

3.1 UNIDADES DE DECLIVES

Los rangos de declives utilizados así como las áreas totales de estas unidades y el porcentaje se sintetiza en el cuadro adjunto. Las denominaciones de declives que aparecen en el cuadro por ejemplo muy escarpado, escarpado, etc., se han adecuado a la topografía de la cuenca.

Cuadro 3
Unidades de declives por rango

<i>Unidades de declives (rango en grados)</i>	<i>Area en km²</i>	<i>Porcentaje</i>
> 45° Muy escarpado	7	0.64
45° - 24° Escarpado	74	6.76
24° - 12° Algo escarpado	484	44.16
12° - 6° Muy inclinado	183	16.69
6° - 3° Moderadamente ondulado	92	8.39
3° - 1° 30' Suave	134	12.22
< 1° 30' Llano	122	11.14
Total	1,096	100.00

- **Unidad de declive mayor a 45°**

Este rango de declives se presenta normalmente en las áreas de montañas, nacientes de arroyos y ríos. Esta unidad es poco representativa; 7 km² que es el 0.64% del área total de la cuenca. La denominación de esta unidad de declive es muy escarpado.

Indica que no es una cuenca con predominio de áreas montañosas con laderas altas. Un aspecto sobresaliente de esta unidad de declive es que, en general, éstos no se forman entre curvas de nivel de diferente altitud —por ejemplo entre altitudes de 1,600 a 1,700

m.s.n.m. Estas unidades se localizan entre curvas de nivel de igual altitud, entonces se encuentran en las nacientes de los ríos y arroyos donde forman "columpios" entre las laderas de las márgenes derecha e izquierda de estos cauces.

- **Unidad de declives entre 45° a 24°**

Estos declives se presentan generalmente en laderas de pequeños valles de montañas altas. Secundariamente se localizan en cañones y barrancas. La denominación de esta unidad de declive es escarpado. El área total de esta unidad es de 74 km², que es el 6.76 km² del área total de la cuenca.

- **Unidad de declives entre 24° a 12°**

Es el rango de declives predominante en la cuenca, con un área total de 484 km², que es el 44.16%. Proporcionalmente se distribuyen en toda la cuenca, son áreas algo escarpadas, destacando los que se localizan en laderas intermedias y en cañones y barrancas. Secundariamente se localizan en la región costera de la cuenca —en las nacientes de los arroyos.

- **Unidad de declives entre 12° a 6°**

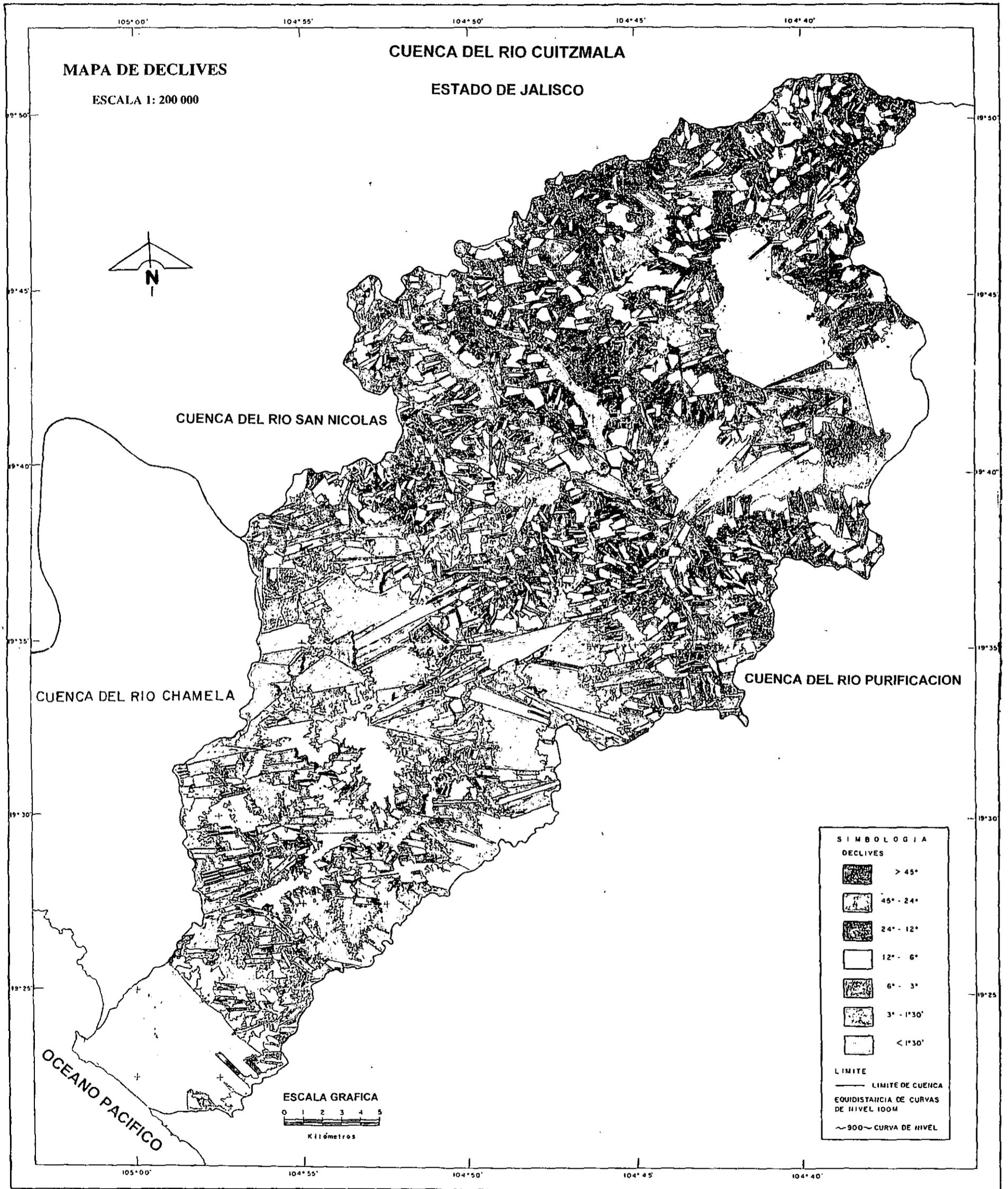
Estas unidades muy inclinadas se localizan normalmente en valles que tienen en promedio 1 kilómetro de amplitud. Estas unidades se distribuyen por toda la cuenca, y alcanzan mayores superficies cuando los valles tienen una amplitud entre uno y dos kilómetros. Estas últimas localizadas entre altitudes que van desde los 100 a 300 m.s.n.m., las cuales se distribuyen entre las latitudes de 19° 35' a 19° 25'. Es una unidad de declive muy representativa, con un área total de 183 km² que representa el 16.69% de la cuenca.

- **Unidad de declive entre 6° a 3°**

Son unidades de declives moderadamente onduladas y representan unidades de transición hacia valles más amplios. Estas unidades son importantes porque representa un parámetro útil para estimar posibles localizaciones de unidades agropecuarias. El área total de esta unidad es de 92 km² que representa el 8.39% del área total de la cuenca.

- **Unidad de declive entre 3° a 1° 30'**

Son unidades de declives suaves y se distribuyen por toda la cuenca, a excepción de las áreas de montañas. La amplia distribución de estas unidades, explica que los declives absolutos sean llanos en la cuenca (ver capítulo I, declives absolutos). Destacan la localización de unidades de declives en los alrededores de la latitud 19° 45' y otro en los alrededores de la latitud 19° 35', esta última localizada en la unidad de valle con lomeríos.



MAPA DE DECLIVES

ESCALA 1: 200 000

CUENCA DEL RIO CUITZMALA

ESTADO DE JALISCO

CUENCA DEL RIO SAN NICOLAS

CUENCA DEL RIO CHAMELA

CUENCA DEL RIO PURIFICACION

OCEANO PACIFICO



SIMBOLOGIA	
DECLIVES	
	> 45°
	45° - 24°
	24° - 12°
	12° - 6°
	6° - 3°
	3° - 1°30'
	< 1°30'
LIMITE	
	LIMITE DE CUENCA
	EQUIDISTANCIA DE CURVAS DE NIVEL 100M
	~ 900 ~ CURVA DE NIVEL

El área total de esta unidad de declive es de 134 km², que es el 12.22% del área total de la cuenca.

- **Unidad de declive menor a 1° 30'**

Son declives llanos, generalmente localizados en el valle con lomeríos —subcuenca del río San Miguel—, la planicie costera y en los amplios valles de suelos aluvial y residual al noreste de la cuenca (ver mapa de declives). En estas unidades de declives se localizan las principales unidades agrícolas de la cuenca. Es una unidad importante a tomar en cuenta para posibles localizaciones agrícolas de riego y de ganadería intensiva. El área total de esta unidad es de 122 km², que representa el 11.4% del área total de la cuenca.

3.2 GEOMORFOLOGÍA Y DECLIVES

En esta parte se asociarán las unidades geomorfológicas más importantes con las unidades de declives, debido a que se ha encontrado similitud espacial con algunas unidades de relieve. Estas correlaciones geográficas se han realizado con base a la información cartográfica extraída del “croquis geomorfológico” del municipio La Huerta.⁷

Entre las latitudes 19° 40' y 19° 35', se localizan la totalidad de los rangos de declives; desde los declives mayores a 45° hasta los menores 1° 30'. Esta mixtura de declives en esta franja de la cuenca se debe a que geomorfológicamente las unidades del relieve (ver mapa fisiográfico) se asocian al complejo de la sierra Cacoma (en especial las montañas altas, montañas secundarias y laderas intermedias). La unidad geomorfológica que es continuación al complejo de la sierra la Cacoma, es el piedemonte superior disectado con vertientes convexas. Siguiendo hacia el sur (con dirección al mar) sigue la antigua planicie costera del cretácico, aproximadamente sobre la latitud 19° 35', misma que tiene continuidad hasta las cuencas vecinas de los ríos Purificación y San Nicolás. Esta antigua planicie costera coincide con la unidad de valle de lomeríos entre los 200 y 300 m.s.n.m. Es una unidad localizada sobre la latitud 19° 35' —ver capítulo VIII, mapa fisiográfico—, en el cual se han encontrado restos fósiles marinos (Universidad de Guadalajara, 1992). Volviendo al piedemonte superior disectado con vertientes convexas, se estima que fueron disectados durante el pleistoceno. Esta unidad geomorfológica se localiza en las partes altas de la subcuenca del arroyo las Truchas y la subcuenca del arroyo Sila (ver mapa de subcuencas). También converge con áreas de cañones y barrancas (entre latitudes 19° 40' y 19° 25').

La franja comprendida entre las latitudes 19° 35' y 19° 30' predominan los rangos de los siguientes declives: 12°-6° y 3°-1° 30', es decir declives desde muy inclinado hasta

⁷ Universidad de Guadalajara. (1992). *Atlas del municipio de La Huerta*. México. De esta obra se ha utilizado el Croquis geomorfológico. En este documento cartográfico se zonifica las áreas de montañas que se correlaciona con las partes altas de la cuenca —subcuencas de los ríos Jirosto y San Miguel.

suaves. Fisiográficamente es un área de transición entre un valle con lomeríos y las llanuras de acumulación. Geomorfológicamente la unidad de llanuras de acumulación corresponde a las terrazas fluviales del río Cuitzmala —lecho menor, lecho mayor periódico o planicie de inundación y lecho mayor episódico—, y secundariamente la antigua planicie costera. Las partes bajas de la subcuenca del arroyo las Truchas corresponde a la unidad geomorfológica de piedemonte inferior disectado con vertientes rectilíneas.

La franja de la cuenca comprendida entre las latitudes $19^{\circ} 30'$ y $19^{\circ} 25'$ también predominan los rangos de declives; 12° - 6° , 6° - 3° y 3° - $1^{\circ}30'$ y se encuentran en las partes más angostas de la cuenca. Sobre la margen derecha del río Cuitzmala y contiguo a las terrazas fluviales se localiza el piedemonte inferior disectado con vertientes rectilíneas. Sobre la margen izquierda del río Cuitzmala hay un dominio virtual de las terrazas fluviales que están próximos a la divisoria de aguas con la cuenca del río Purificación. En este sector próximo a la divisoria se localizan pequeñas áreas de la antigua planicie costera (altitudes entre los 200 hasta 250 m.s.n.m.). La divisoria de aguas por este sector de la margen izquierda del río Cuitzmala, está dominada por residuos del piedemonte superior disectado con vertientes convexas.

Finalmente, entre la latitud $19^{\circ} 25'$ hasta el mar, predominan los rangos de declives 12° - 6° y menores a $1^{\circ} 30'$. En esta franja límite con el mar, se localiza las terrazas fluviales del río Cuitzmala y de arroyos de corto recorrido de la margen izquierda y derecha. Contiguo a esta unidad (de terrazas fluviales) se localiza el piedemonte inferior disectado con vertientes rectilíneas. En esta última unidad geomorfológica se localiza el poblado de Cuitzmala. A partir de la localidad de Cuitzmala ubicado a una altitud de 25 m.s.n.m. (ver mapa base) se inicia la planicie costera propiamente dicha, unidad de relieve virtualmente a nivel del mar. Sin embargo, en razón del trabajo de campo, no es una unidad plana, mayormente es ondulada y con abundante vegetación de selva baja y por la margen derecha con abundante vegetación hidrófila, de manglar, tular, etc. Es decir, la localidad de Cuitzmala indica el último punto hacia el sur de la unidad geomorfológica de piedemonte inferior disectado con vertientes rectilíneas.

En resumen el mapa de declives, representa la distribución espacial de las unidades de declives más apropiadas a la topografía de la cuenca. Este mapa es muy importante para estimar el uso potencial del suelo y estimar los coeficientes de escurrimiento —con base en la información de la carta hidrológica de aguas superficiales del INEGI— a las particularidades de la cuenca. En este capítulo se ha adelantado la correlación de aspectos: fisiográficos, algunos geomorfológicos y geológicos debido a que están interrelacionados entre sí y permitirá conocer el comportamiento hidrogeográfico de la cuenca.

En líneas generales, la geomorfología de la cuenca tiene dos aspectos sobresalientes. El primero, el complejo de la sierra la Cacoma compuesto endogenamente de intrusiones de granito que forman parte de los batolitos circumpacíficos emplazados a partir del cretácico. El segundo aspecto es el enorme piedemonte que se inicia aproximadamente a

partir de la latitud $19^{\circ} 40'$ y a partir de la unidad fisiográfica de montañas secundarias — ver capítulo VIII. Este enorme piedemonte que termina en la actual planicie costera, tiene tres grandes unidades bien definidas. El primero es el piedemonte superior disectado con vertientes convexas que se localiza aproximadamente sobre la latitud $19^{\circ} 40'$. El segundo es el piedemonte inferior disectado con vertientes rectilíneas que se inicia en las partes bajas de la subcuenca del arroyo las Truchas y continuando sobre la margen derecha del río Cuitzmala —contiguo a las terrazas fluviales— y limitando con la actual planicie costera. La tercera gran unidad geomorfológica se localiza entre las dos anteriores y corresponde a la antigua planicie costera del cretácico.

CAPÍTULO IV

GEOLOGÍA

Para el análisis de la geología de la cuenca se han utilizado dos mapas. El mapa litológico (escala 1: 200 000) denominado así porque sólo contiene información de tipos de las diferentes rocas por unidad delimitada. El segundo mapa a escala 1: 250 000 sí es propiamente geológico porque contiene información litológica y su posición en el tiempo geológico.

Cabe indicar que debido a las diferencias de escalas entre estos dos mapas —preparados con base en, cartas del INEGI— se justifica que existan algunas diferencias en las unidades delimitadas. Sin embargo, hay una unidad del mapa litológico de aproximadamente 43 km² que difiere mucho del mapa geológico. Esta unidad está localizada en la margen derecha del río Cuitzmalá. La ubicación de un punto de esta unidad es de 19° 40' de latitud y 104° 50' de longitud. En el mapa litológico aparece como Igea es decir una roca ígnea extrusiva ácida, sin embargo, en el mapa geológico aparece generalmente como granito.

4.1 ESTRATIGRAFÍA

Las unidades que afloran en la cuenca son rocas sedimentarias e ígneas (intrusivas y extrusivas). Ubicadas en el rango geocronológico comprendido entre el mesozoico y el cenozoico (ver simbología del mapa geológico).

Las unidades de rocas calizas del cretácico, corresponden a depósitos marinos desarrollados en la zona de plataforma. Durante el cretácico superior, se inicia un evento magmático intrusivo de tipo calco-alcálico, constituido por el granito, este evento intrusivo tiene migración en tiempo y espacio hasta el terciario inferior (Negendank, 1986).

Los derrames lávicos del cretácico, de composición andesítico-riolítica y depósitos volcánoclasticos se encuentran intercalados en la cuenca producto de la zona volcánica insular. Posteriormente, en el terciario inferior se produce un vulcanismo de tipo andesítico, el que se correlaciona con la secuencia volcánica inferior de la provincia petrológica sierra madre occidental.

Entre el terciario inferior y terciario superior, es decir, durante el oligoceno y mioceno se reactiva el vulcanismo dando origen a tobas de composición riolítico-riodacítica las que pueden correlacionarse con la secuencia volcánica superior ignimbrítica de la provincia petrológica de la sierra madre occidental. Este periodo está representado en la cuenca por las riolitas del terciario oligoceno-mioceno y las tobas.

Luego de un periodo de calma volcánica y fuerte erosión en los granitos (predominantemente) se depositaron secuencias clásticas continentales constituidas por arenisca y conglomerado del terciario superior.

Finalmente, durante el cuaternario se tiene el depósito de material conglomerado así como de origen aluvial, litoral, eólico y palustre.

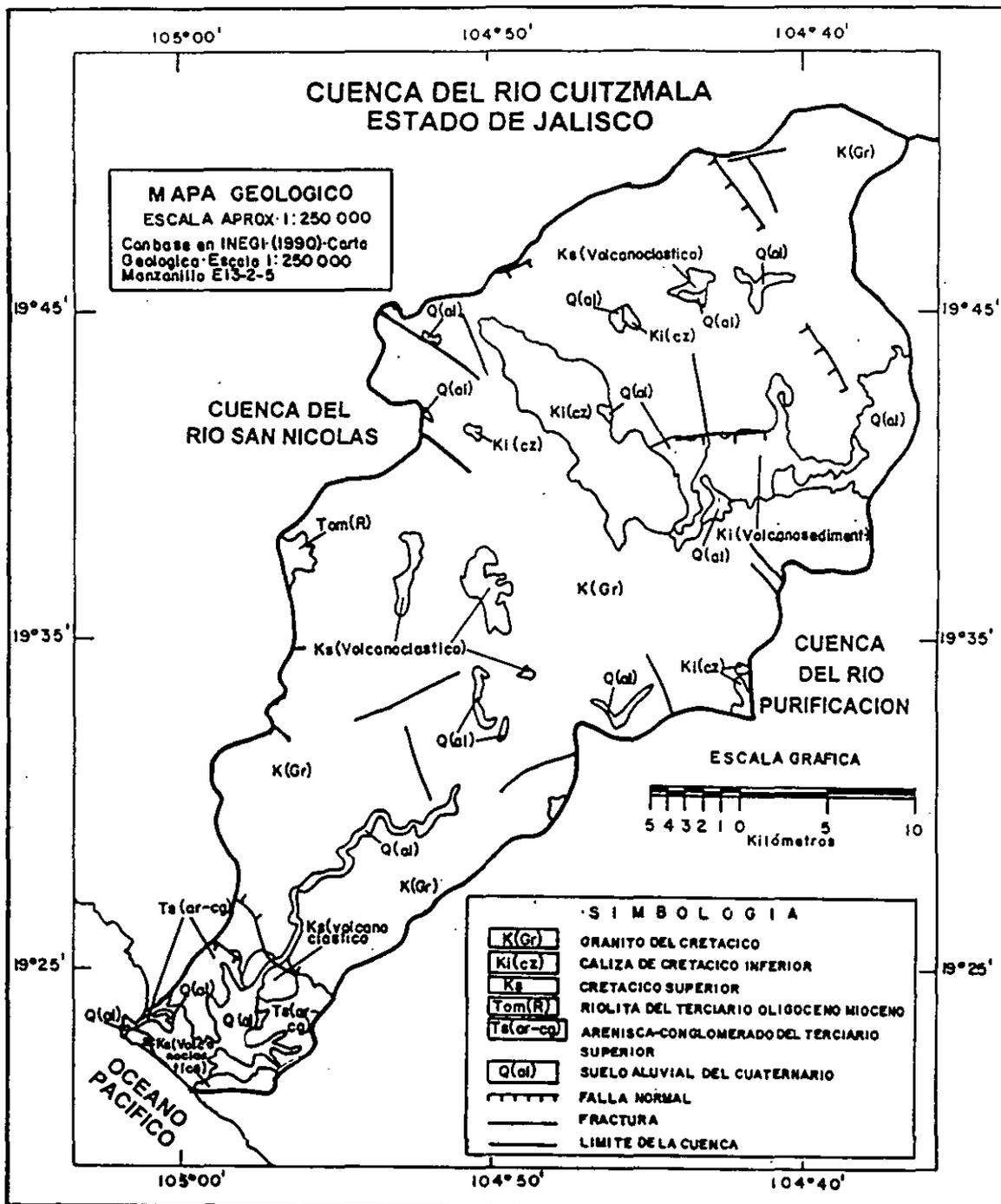
4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Se considera el desarrollo de un arco volcánico insular calcoalcalino en la zona del Pacífico Mexicano durante el jurásico superior-cretácico inferior y cuya declinación ocurrió en el cretácico superior y probablemente hasta el terciario inferior (Campa, 1979; Ferrusquía, 1978).

Se identifica a partir del cretácico inferior por las secuencias volcanosedimentarias, derrames andesíticos y depósitos volcanoclásticos, que vienen a conformar un dominio paleogeográfico interno, en oposición al desarrollo de facie marina de plataforma, representada en la cuenca por calizas, que constituyen un dominio paleogeográfico externo. Estos esfuerzos produjeron pliegues amplios simétricos que han sido fracturados y afallados por encontrarse hasta nuestros días en una zona tectónicamente activa y convergencia altamente sísmica (Corona, 1986; Medina, 1985).

Otro elemento estructural dominante en la cuenca lo constituyen las intrusiones de granito que forma parte de los batolitos circumpacíficos emplazados a partir del cretácico superior y que se extiende hasta el terciario inferior (Negendank, 1986). Muestran fracturas y fallas normales que constituyen un sistema principal con rumbo noroeste-sureste y otro secundario con rumbo noreste-suroeste (ver mapa litológico); los efectos de éstas hacen que se disloquen en bloques de dimensiones y altitudes diversas.

Las fases tectónicas de deformación identificadas en la cuenca pueden resumirse como sigue: fase finijurásica de tipo compresional que originó el desarrollo del arco volcánico insular; fase mesocretácica de tipo compresional, responsable del cambio de sedimentación marina a continental y la formación de batolitos, así como el plegamiento de las secuencias del arco. Fase paleocénica de tipo compresional que deformó nuevamente las rocas de la zona paleográfica externa, fase miocénica de tipo compresional causante de la ligera deformación de las ignimbritas; y por último, fase pliocuaternaria (neotectónica) de tipo convergente causante de fallamiento y ruptura de todas las secuencias litológicas, así como la formación de las terrazas, áreas de erosión y valles.



4.3 UNIDADES LITOLÓGICAS

La litología de la cuenca del río Cuitzmala, así como las áreas de las unidades que la componen se sintetiza en el siguiente cuadro:

Cuadro 4
Litología de la cuenca

<i>Grupo de roca</i>	<i>Tipo de roca</i>	<i>Area en km²</i>	<i>Porcentaje</i>
Ígneas	Granito (intrusiva)	910.64	83.10
	Ígneas extrusivas ácidas	47.25	4.31
	Ígneas extrusivas intermedias	2.93	0.26
	Riolita (extrusiva)	2.00	0.18
	Andesita (extrusiva)	0.50	0.05
	Basalto (extrusiva)	0.75	0.07
	Toba	4.93	0.45
Sedimentarias	Caliza	52.00	4.74
	Conglomerado	10.25	0.94
	Residual	14.00	1.28
Suelos	Aluvial	49.50	4.51
	Palustre	1.25	0.11
Total	-----	1,096.00	100.00

• Rocas ígneas

– Granito (Gr)

Roca extrusiva ácida (plutónica), mineralógicamente formada por cuarzo, feldespato, plagioclasa en cantidades variables. Es el tipo de roca predominante en la cuenca, con un área total de 910.64 km² que representa el 83% del área total de la cuenca.

– Extrusivas ácidas (Igea)

Es una roca ácida, es decir, contiene más del 63% de sílice (SiO₂). El área total de este tipo de roca en la cuenca es 47.25 km², que es 4.31% del área total de la cuenca.

– Extrusivas ácidas intermedias (Igei)

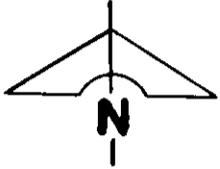
Se consideran como rocas ácidas intermedias porque contienen más del 52% y menos del 63% de SiO₂. El área de esta unidad es de 2.93 km², que representa el 0.26% del área total de la cuenca.

CUENCA DEL RIO CUITZMALA

ESTADO DE JALISCO

MAPA LITOLOGICO

ESCALA 1: 200 000



CUENCA DEL RIO SAN NICOLAS

CUENCA DEL RIO CHAMELA

CUENCA DEL RIO PURIFICACION

OCEANO PACIFICO



S I M B O L O G I A	
ROCAS IGNEAS	
	GRANITO
	EXTRUSIVA ACIDA
	RIOLITA
	EXTRUSIVA INTERMEDIA
	ANDESITA
	BASALTO
	TOBA
ROCAS SEDIMENTARIAS	
	CALIZA
	CONGLOMERADO
SUELOS	
	RESIDUAL
	ALUVIAL
	PALUSTRE
ESTRUCTURAS	
	FALLA NORMAL
	FRACTURAS
LIMITE	
	LIMITE DE LA CUENCA
CUERPOS DE AGUA	
	RIO
	LAGUNA

– Riolita (R)

Roca volcánica que consiste esencialmente en cuarzo y feldespato alcalino en mayor proporción que la plagioclasa sódica. Igual que el anterior, es una roca poco representativa en la cuenca con un área de 2 km², que es el 0.18%.

– Andesita (A)

Roca volcánica generalmente cálcica. Es una roca básica, de baja cantidad de sílice entre 45 y 52%. También es un área pequeña de 0.5 km², que es el 0.05% del área total de la cuenca.

– Basalto (B)

Roca extrusiva o volcánica que consiste en plagioclasa cálcica. Es decir, es una roca con contenido mayormente básico. Área pequeña de 0.75 km², que es el 0.07%.

– Toba (T)

Roca de origen explosivo, formada por material volcánico suelto o consolidado. Comprende fragmentos de diferente composición mineralógica y tamaños menores a 4 mm., el área total de esta unidad es de 4.93 km², que es el 0.45%.

• **Rocas sedimentarias**

– Caliza (cz)

Es una roca clástica o química originada por la precipitación de minerales en cuerpos de agua en ambientes marinos y/o continentales. La roca caliza es la más importante entre las rocas carbonatadas; constituida por carbonato de calcio (más de 80% CaCO₃), pudiendo estar acompañado de: aragonito, sílice, dolomita, siderita y con frecuencia la presencia de fósiles, por lo que son de gran importancia estratigráfica. El área total de esta unidad en la cuenca es de 52 km², que representa el 4.74%.

– Conglomerado (cg)

Es una roca epiclástica, es decir, originada a partir del intemperismo y erosión de rocas pre-existentes. Es una roca de grano grueso de forma poco esférica, ángulos de dimensiones de 2 hasta 256 mm. El área total de esta unidad es de 10.25 km², que es el 0.94% del área total de la cuenca.

• Suelos

En las cartas geológicas a escala 1: 50 000, están considerando los suelos desde el punto de vista geológico. Aquí conviene aclarar que los suelos propiamente dichos se presentan en el capítulo de edafología y que este tipo de clasificación geológica en realidad se refiere a material derivado de la meteorización y procesos erosivos además de que no forma parte del horizonte del suelo. Entonces, se ha considerado este tipo de clasificación del INEGI, a fin de no dejar sin información litológica a estas áreas. Por tanto, estas unidades de suelo desde el punto de visto geológico son:

- Suelo residual (re)

Es una capa de material intemperizado de rocas pre-existentes que no ha sufrido transporte alguno. Este tipo de suelo se localiza al noreste de la cuenca aproximadamente entre las latitudes 19° 45' y 19° 40'. El área total de este tipo de suelo es 14 km², que es el 1.28% del área total de la cuenca.

- Suelo aluvial (al)

Es el suelo formado por depósitos de materiales sueltos (gravas, arenas) provenientes de rocas pre-existentes, que han sido transportados por corrientes superficiales. Este tipo de suelo se localiza mayormente en los lechos de inundación de los ríos Cuitzmala, Jirosto y San Miguel. El área total de esta unidad es de 49.5 km², que es el 4.51%.

- Suelo palustre (pa)

Está formado por materiales no consolidados, ricos en materia orgánica que se han depositado en zonas pantanosas. En la cuenca, se localizan próximos al litoral y el área total es de 1.25 km² que representa el 0.11% del total de la misma.

En resumen este capítulo se inicia con una descripción y análisis de la geología histórica del Pacífico Mexicano relacionándolo con las características geológicas de la cuenca. En este análisis destacan como elemento estructural dominante, las intrusiones de granito que forman parte de los batolitos circumpacíficos emplazados a partir del cretácico superior y que se extienden hasta el terciario inferior. El granito es la roca dominante en la cuenca con 910.64 km² (83.1%). Dentro de los eventos más recientes destaca la fase o neotectónica causante del fallamiento y ruptura de todas las secuencias litológicas.

El cálculo de las áreas de los tipos de roca son importantes para correlacionarlo con otros temas como por ejemplo la edafología. Así, el dominio del granito se correlaciona con los suelos regosol de textura gruesa —se presenta en el siguiente capítulo. Otro ejemplo son las unidades de roca caliza que son áreas de recarga de acuíferos, por tanto es importante conocer el área de esas unidades.

CAPÍTULO V

CLIMAS

En este capítulo se van a tratar los climas actuales de la cuenca, teniendo presente que la morfología y edafología actual son el resultado de la acción de sucesivos climas anteriores —durante tiempos geológicos. Cabe indicar que las glaciaciones que más han influido en las formas actuales del relieve y del clima son las cuaternarias.

5.1 CLIMAS DE LA CUENCA

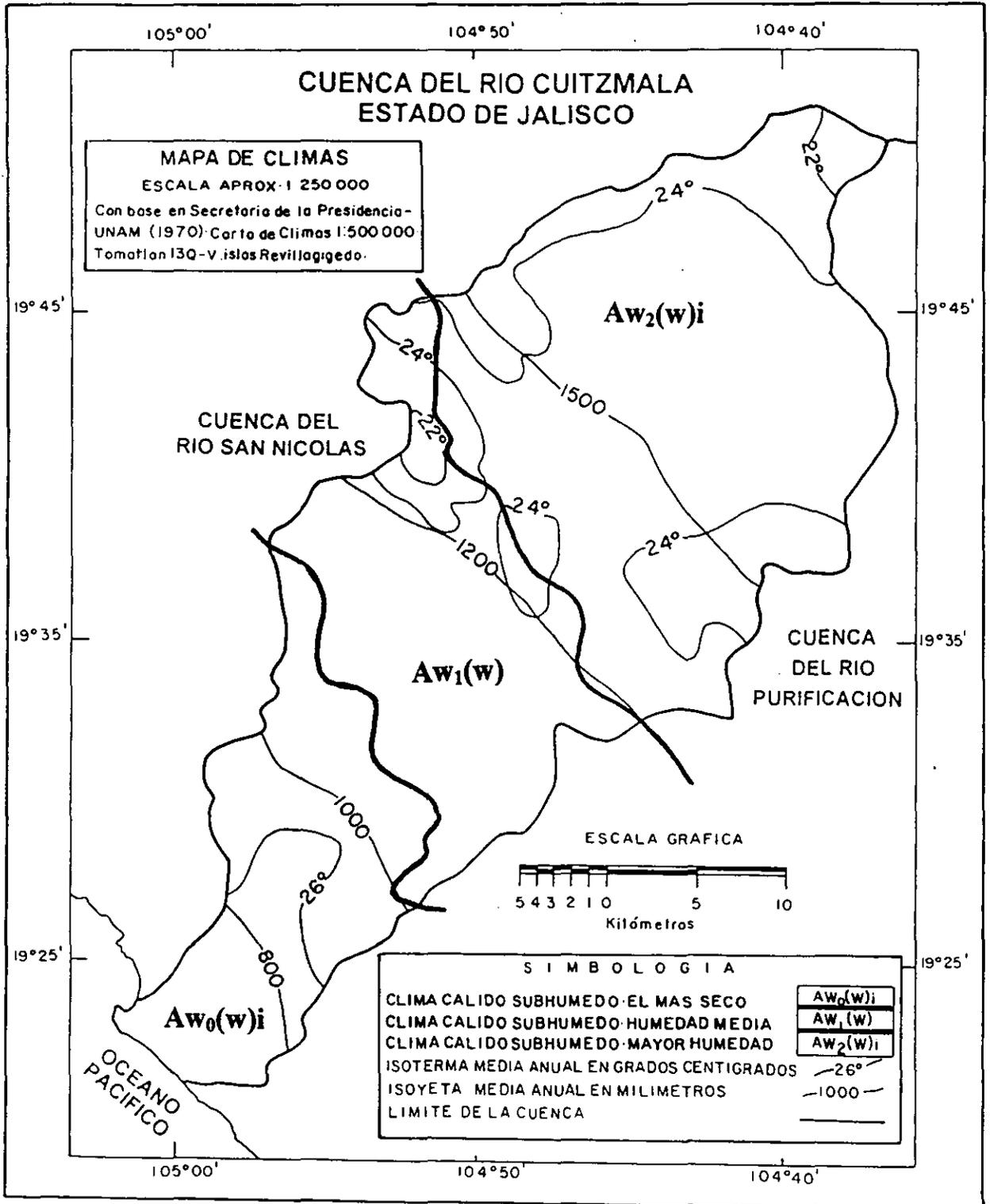
Para reconocer los climas se elaboró un mapa del mismo a escala 1: 250 000, con base en la carta de climas a escala 1: 500 000 de la Secretaría de la Presidencia y UNAM. A esta información de climas se añadieron las isoyetas e isotermas de la carta hidrológica de aguas superficiales (ver anexo I).

En la cuenca hay tres climas y pertenecen al grupo de climas A. En general, los climas A son tropicales lluviosos y con temperatura media del mes más frío, mayor a 18 °C. Los climas A se extienden a lo largo de las vertientes mexicanas tanto del Pacífico como del Atlántico. En la vertiente del pacífico se extienden desde el paralelo 24° norte hacia el sur y abarcando desde el nivel del mar hasta una altitud de unos 800 a 1,000 m.s.n.m. (García, 1974).

Por otro lado, si se comparan los porcentajes de lluvia de invierno de los lugares situados en la vertiente del Golfo con los lugares situados en la vertiente del Océano Pacífico se hallan diferencias muy notables, aun cuando dichos lugares pertenezcan al mismo subtipo climático; la costa del Golfo es más húmeda que la del Pacífico, principalmente debido a que en ésta hay una mayor concentración de lluvia en los cinco meses más lluviosos; la lluvia caída en estos meses excede al 95% de la anual en la vertiente del Pacífico (García, 1988).

Los climas de la cuenca del río Cuitzmala, según la clasificación climática de Köppen modificada por E. García en 1964 —para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana— pertenecen al grupo de los climas cálidos húmedos (temperatura del mes más frío, mayor a 18 °C).

Los climas de la cuenca se enmarcan en el subgrupo de climas Aw, cálido subhúmedo con lluvias en verano, entonces los climas de este subgrupo están determinados por el grado de humedad.



• **Clima Aw_o (w)i**

Es el clima más seco de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano, con un coeficiente P/T < 43.2 (precipitación/temperatura) y con oscilación de temperatura menor de 5 °C. En la cuenca, se localiza en la región costera, con una relación P/T de 31.7. En esta región, se localiza la única estación hidrométrica y climática de la cuenca, por lo cual se tiene información de temperatura y precipitación a nivel mensual y anual.

Según los datos de la estación climatológica Cuitzmala, las mayores temperaturas y mayores niveles de precipitación se efectúan en los meses de julio, agosto, septiembre y mediados de octubre, y en menor nivel en noviembre y diciembre. La temperatura media anual de 20 años de temperatura es de 25 °C y precipitación 795 mm. Esta información se ha utilizado para calcular los balances hidrológicos parciales, los cuales se presentan en el siguiente capítulo.

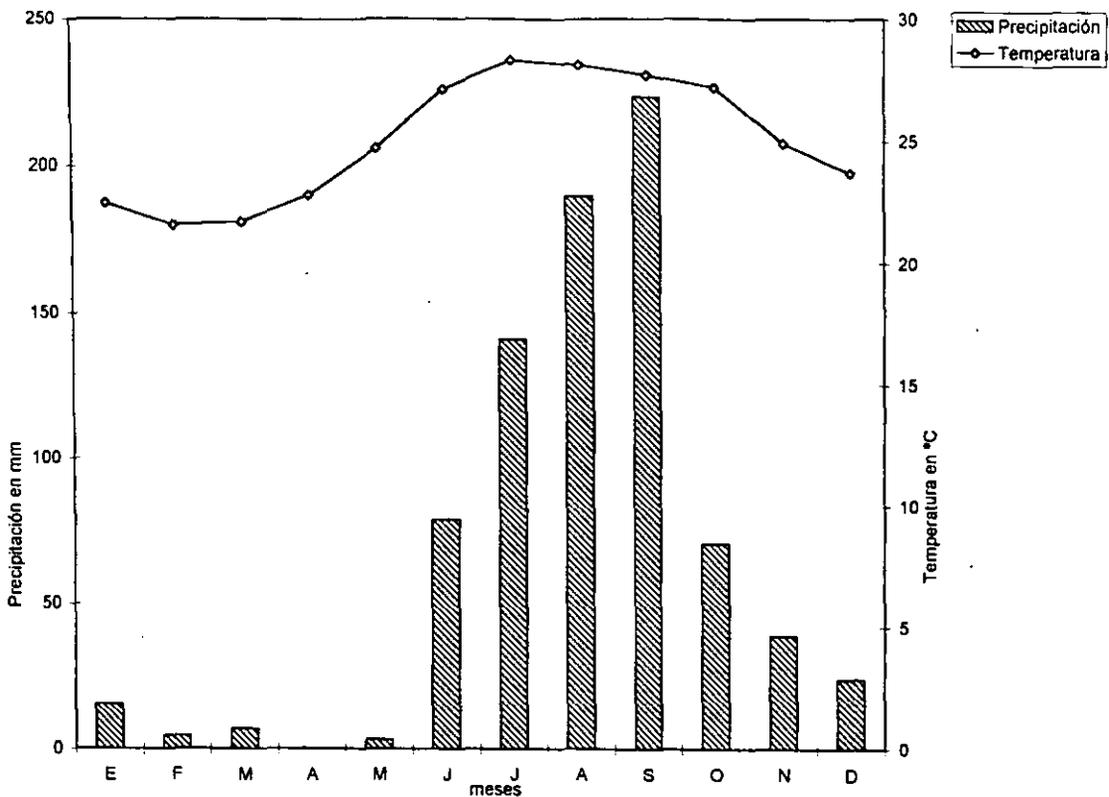
Cuadro 5
Promedios mensuales y anuales de temperatura y precipitación de la estación
Cuitzmala, periodo 1961-1980
clima cálido subhúmedo Aw_o (w)i región costera de la cuenca del río cuitzmala,
estado de Jalisco

<i>Años/ meses</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Anual</i>
T 20	22.5	21.6	21.7	22.8	24.7	27.1	28.3	28.1	27.7	27.2	24.9	23.7	25.0
P 20	15.3	4.4	6.8	.1	3.1	78.8	140.5	189.6	223.4	70.4	38.8	23.8	795.0

Coordenadas: Long. W.G. 104° 58' 00" donde: T = Temperatura
 Lat. N. 19° 23' 30" P = Precipitación

Fuente: Enriqueta García (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.

Volviendo al Cuadro 5, éste muestra con claridad el periodo de secas y lluvias en la cuenca. El periodo de secas empieza aproximadamente en enero y termina en mayo. El periodo de lluvias empieza en junio y termina aproximadamente en diciembre. Los meses con mayores precipitaciones son los meses de julio, agosto y septiembre (esta información de precipitación fue confirmada por fuentes orales, debido a que la estación hidrométrica y climática de Cuitzmala no ha operado normalmente en los últimos 18 años). En relación con la temperatura éstas son mayores precisamente durante el periodo de lluvias en la cuenca. Esta relación entre precipitación y temperatura se puede analizar a través de la Gráfica 4.



Gráfica 4. Precipitación y temperatura. Estación climatológica Cuitzmala, 1961-1980. Cuenca del río Cuitzmala.

El área aproximada de esta región climática es de 217 km², fisiográficamente se encuentran las siguientes unidades de relieve: planicie costera con lagunas, llanura de acumulación —en gran parte— y valle con lomeríos —sólo una pequeña proporción.

Las isoyetas que atraviesan esta región climática son 800 y 1,000 mm. Adicionalmente pasa la isoterma a 26 °C. Topográficamente los relieves muestran declives suaves con altitudes desde los 0 a 200 m.s.n.m. y con algunas elevaciones entre 300 a 400 m.s.n.m.

• **Clima Aw₁(w)**

Clima cálido húmedo. Es el clima intermedio en cuanto al grado de humedad entre el Aw₀ y Aw₂, con lluvias en verano, coeficiente P/T entre 43.2 y 55.3. En la cuenca, se localiza este clima contiguo al anterior (ver mapa de climas), las altitudes desde los 200 a 500 m.s.n.m. Fisiográficamente corresponden a áreas de valles con lomeríos y laderas intermedias y en menor proporción montañas secundarias. El área aproximada de esta región climática es de 269 km².

La precipitación promedio anual es de 1,100 mm y la temperatura anual promedio de 25 °C, entonces la relación P/T es 44 (confirmando que pertenece a este clima). Cabe indicar que la falta de una estación climática en esta región no permite delimitar microclimas en las unidades fisiográficas de montañas y laderas intermedias. Debido a que los declives en promedio son menores a 12° y tienen un nivel de humedad intermedio, los procesos de erosión y acumulación van a ser mayores que las unidades de climas anteriores.

- **Clima Aw₂ (w)i**

Es el clima más húmedo de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano y coeficiente P/T > 55.3.

En la cuenca, este clima se localiza en la parte media y alta, con altitudes promedios entre 500 y 1,770 m.s.n.m. La fisiografía es variada con unidades de cañones y barrancas, montañas altas y laderas altas. El área total de esta unidad climática es de 610 km².

Se reconoce que existen microclimas en las de montañas altas y montañas secundarias, debido al factor topográfico, pero la falta de información climática con promedios mensuales y anuales de temperatura y precipitación, no permite hacer las estimaciones del caso.

Con base en los datos promedios de las isoyetas e isotermas se tiene que la precipitación anual es de 1,500 mm y temperatura media de 24 °C. El coeficiente P/T para este clima es de 62.5. En las partes altas de la cuenca hay homogeneidad en cuanto a la precipitación que es de 1,500 mm, sin embargo, se estima que en algunos lugares (montañas altas) puede llegar a 1,550 mm. La temperatura promedio anual baja a 22 °C, siendo el promedio de temperatura más bajo de la cuenca. Considerando que este clima permite una oscilación de temperatura de 5 °C, entonces la temperatura mínima puede bajar hasta 17 °C.

5.2 RADIACIÓN SOLAR

Con base en los mapas de radiación solar del “Estudio del clima solar en la República Mexicana” SARH-UNAM (1979), la radiación solar en la cuenca es alta. En este estudio se consideran como regiones con radiación solar alta los mayores a 350 cal/cm²/ día. Se identificaron los niveles de radiación solar, trasladando las coordenadas extremas de puntos notables por altitud de la cuenca en dichos mapas de radiación solar.

Cuadro 6
Radiación solar total 1979, en la cuenca del río Cuitzmala, cal/cm²/día.

<i>Mes/unidad de relieve</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Media Anual</i>
Planicie costera	390	460	450	500	500	500	475	450	425	435	375	350	442.5
Montañas altas	375	450	425	475	490	485	435	425	390	400	360	340	420.8

Los datos del cuadro anterior indican que la radiación solar en la cuenca es alta. Se observa que no hay bajas de radiación solar notables por cambio de estaciones climáticas o en promedios mensuales, muestra una relativa homogeneidad tanto en la planicie costera como en las montañas altas —cabeceras de las subcuenas de los ríos Jirotto y San Miguel.

La radiación solar en el país está fuertemente influenciada por los sistemas montañosos. Una gradiente fuerte es observado en la Sierra Madre del Sur hacia la costa, aquí la orografía combina con la influencia de los ciclones tropicales que durante el verano son frecuentes en esta zona (Galindo, 1979). Estos ciclones en la costa del pacífico, precisamente se desarrollan durante el periodo de lluvias en la cuenca (verano).

En resumen, se considera que en la cuenca existe una relativa homogeneidad de climas, los cuales pertenecen al subgrupo de climas cálidos subhúmedos con lluvias en verano. Tienen relativa homogeneidad porque las temperaturas son similares en la cuenca con poca diferencia térmica, a excepción del litoral que en promedio anual tiene 26 °C y las unidades de montañas altas que tienen en promedio anual 22 °C. Esta relativa homogeneidad en los climas de la cuenca también se manifiesta en la topografía, predominando los declives menores a 24°.

En cuanto a las precipitaciones, el clima Aw₀ (w)_i de la región costera tiene en promedio 900 mm anuales, el clima Aw₁ (w) con humedad media tiene en promedio 1,100 mm anuales y el clima Aw₂ (w)_i con mayor humedad tiene en promedio 1,500 mm anuales. Es decir, la diferencia más notable se refiere en niveles de lámina precipitada, de allí derivan los tres climas por grado de humedad.

Observando el Cuadro 5 y la Gráfica 4 que representan los promedios anuales de temperatura y precipitación, se concluye que en la región costera de la cuenca, llueve entre seis a siete meses al año, es decir de junio a diciembre. Destacando los meses de julio, agosto y septiembre. Un indicador importante de esta situación, es el dominio de la vegetación de selva baja caducifolia.

Los resultados de alta radiación solar en la cuenca están interrelacionados con las altas temperaturas. Estos resultados se integrarán a aspectos hidrológicos y se presentarán en el capítulo de balance hidrológico.

CAPÍTULO VI

EDAFOLOGÍA

El suelo es una zona estrecha de la corteza terrestre en la que la litosfera, hidrosfera, atmósfera y biosfera se sobrelapan. Estos conocimientos tienen que integrarse a unidades del relieve y declives, entre otros, con fines, de ordenamiento territorial y aprovechamiento de recursos naturales. Para lo cual, la edafología de la cuenca se representa en un mapa, donde cada unidad está formada por asociaciones resaltando el suelo dominante, se incluye la definición de este último.

6.1 UNIDADES DE SUELO

A continuación se presenta un cuadro con información global de las unidades cartográficas de suelos en la cuenca, para luego ir detallando las particularidades de cada unidad.

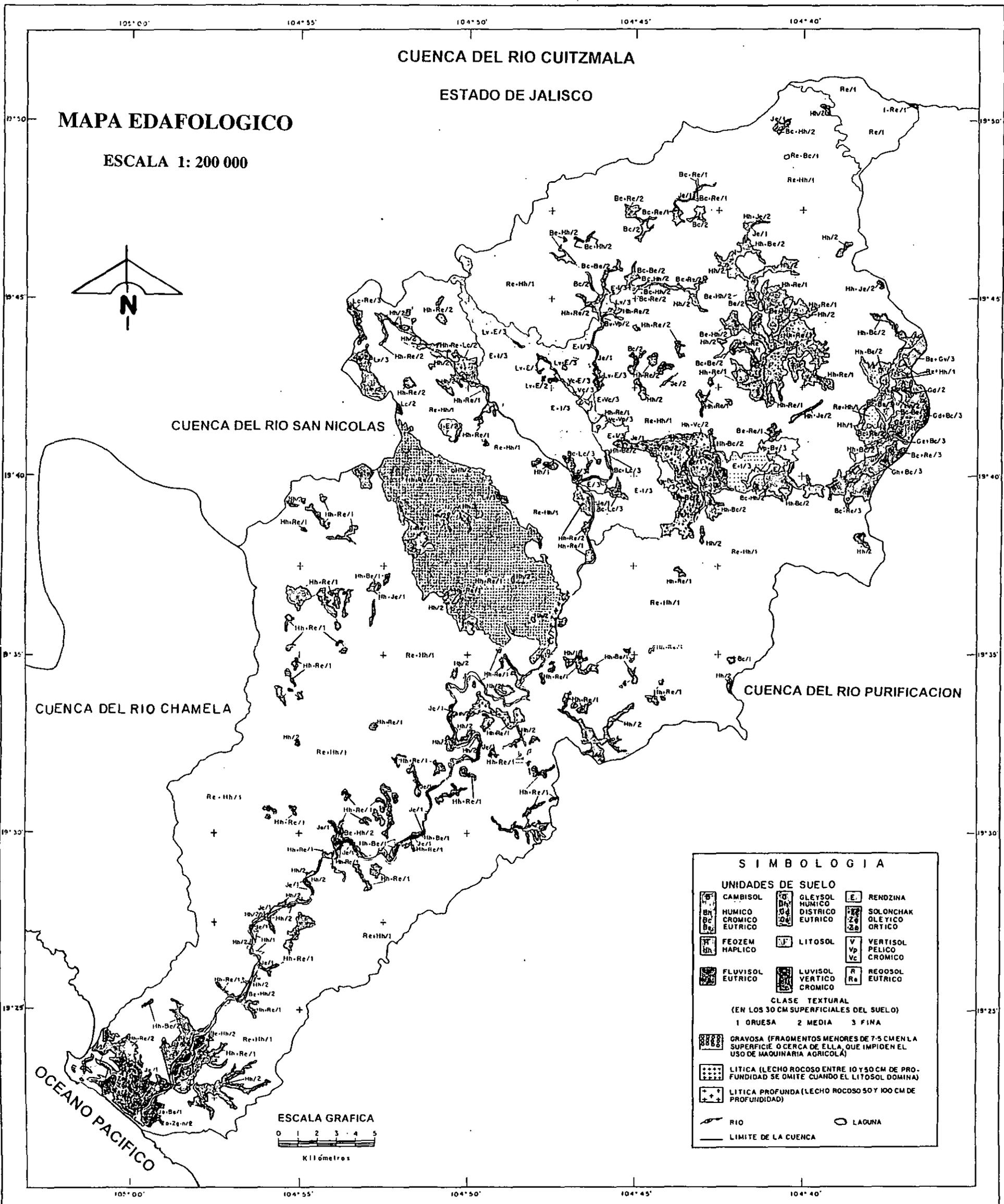
Cuadro 7
Unidades de Suelo

<i>Unidad de suelo</i>	<i>Area en km²</i>	<i>Porcentaje</i>
Cambisol (B)	13.2	1.20
Feozem (H)	88.0	8.03
Fluvisol (J)	5.0	0.46
Gleysol (G)	1.4	0.13
Litosol (I)	2.5	0.23
Luvisol (L)	2.0	0.18
Rendzina (E)	53.0	4.84
Solonchak (Z)	4.0	0.36
Vertisol (V)	3.0	0.27
Regosol (R)	923.9	84.30
Total	1096.0	100.00

Observando el cuadro, hay diez unidades cartográficas de suelo, destacando por su elevada superficie con respecto a los demás, el regosol. Las particularidades de cada unidad de suelo se explican a continuación:

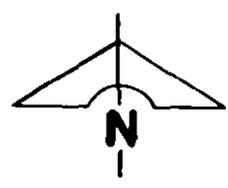
- **Cambisol (B)**

Suelo que indica cambios de color, estructura y consistencia que resulta de la intemperización *in situ*. En la cuenca se encuentran dos tipos de cambisol. Cabe indicar que las principales unidades de suelo cambisol se localizan en las terrazas fluviales del río Cuitzmala próximos al mar.



MAPA EDAFOLOGICO

ESCALA 1: 200 000



CUENCA DEL RIO CUITZMALA

ESTADO DE JALISCO

CUENCA DEL RIO SAN NICOLAS

CUENCA DEL RIO CHAMELA

CUENCA DEL RIO PURIFICACION

OCEANO PACIFICO



SIMBOLOGIA

UNIDADES DE SUELO					
	CAMBISOL		GLEYSOL HUMICO		RENDZINA
	HUMICO CROMICO EUTRICO		DISTRICO EUTRICO		SOLONCHAK OLEYICO ORTICO
	FEOZEM HAPLICO		LITOSOL		VERTISOL PELICO CROMICO
	FLUVISOL EUTRICO		LUVISOL VERTICO CROMICO		REGOSOL EUTRICO

CLASE TEXTURAL (EN LOS 30 CM SUPERFICIALES DEL SUELO)
 1 GRUESA 2 MEDIA 3 FINA

	GRAVOSA (FRAGMENTOS MENORES DE 7.5 CM EN LA SUPERFICIE O CERCA DE ELLA QUE IMPIDEN EL USO DE MAQUINARIA AGRICOLA)
	LITICA (LECHO ROCOSO ENTRE 10 Y 50 CM DE PROFUNDIDAD SE OMITI CUANDO EL LITOSOL DOMINA)
	LITICA PROFUNDA (LECHO ROCOSO 50 Y 100 CM DE PROFUNDIDAD)

RIO LAGUNA
 LIMITE DE LA CUENCA

– Cambisol eútrico

Con horizonte A ótrico y una saturación de bases de 50% o más, con un espesor entre 20 y 50 cm de superficie. El área de esta unidad es de 5.5 km². Generalmente localizada en la región costera, próximo al litoral de la margen izquierda y derecha del río Cuitzmalá. Gran parte de estos suelos están localizados en áreas de terrazas fluviales.

– Cambisol crómico

Con horizonte A ótrico y una saturación de bases de 50% o más, a una profundidad de 20 a 50 cm de la superficie. Tiene un horizonte B cámbrico de color pardo oscuro a rojo. El área de esta unidad en la cuenca es de 7.7 km².

Las unidades cartográficas de cambisol en la cuenca tienen textura media y fina, sin pedregosidad y fases líticas. Hidrológicamente estos cambisoles se forman en condiciones aeróbicas con movimiento rápido y libre de agua, cuando menos en las partes superior y media del suelo. Topográficamente estas unidades de cambisol se localizan en terrenos suaves de la cuenca. Los cambisoles son muy apreciados debido a que tienen una fertilidad inherente bastante elevada. Actualmente, en la cuenca se localizan, sobre estos suelos, algunas unidades agrícolas de temporal.

• Feozem (H)

Suelos que tienen un horizonte A mólico; carentes de un cálcico, B nátrico y un horizonte B ótrico y sin salinidad elevada. Carentes de propiedades hidromórficas dentro de los 50 cm de profundidad cuando hay presente un horizonte B argílico. En la cuenca se localizan el feozem háplico (Hh) que tienen un horizonte A mólico. Hidrológicamente los feozem se desarrollan en condiciones aeróbicas a través del libre movimiento del agua en el suelo. Estos suelos se desarrollan donde la evapotranspiración excede la precipitación, muestra falta de humedad durante la parte media o final de la estación de crecimiento, desarrollándose las gramíneas. Es característica de estos suelos su gran porosidad, permitiendo con ello la penetración de las raíces y la humedad y al mismo tiempo, una elevada capacidad para retener agua.

En la cuenca, estos suelos tienen textura media y se localizan generalmente en áreas de aluviones. El gran problema para localizar actividades agrícolas en estas unidades es el hecho que estos suelos de feozem contienen lechos rocosos con gravas y fases líticas entre los 10 y 50 cm de profundidad. El área total aproximada de estos suelos con gravas es de 63 km², que es el 71.5% del total del área de suelos feozem en la cuenca. Quedando aproximadamente 25 km² de estos suelos con fertilidad media y alta y localizados en declives moderadamente ondulados, suaves y llanos.

Los suelos feozem producen buenas cosechas, las cuales a menudo pueden aumentarse con la aplicación de fósforo y cuando se practican cultivos intensivos es necesario aportar otros fertilizantes y cal (FitzPatrick, 1984).

- **Fluvisol (J)**

Son suelos relacionados directamente con las planicies de inundación de los ríos y depósitos aluviales. Suelos desarrollados en depósitos aluviales recientes que no tienen más horizontes de diagnóstico que un horizonte A ócrico o úmbrico, un horizonte H hístico o un horizonte sulfúrico.

En la cuenca, estos suelos tienen un origen fluvial y se localizan normalmente en los lechos de inundación de los ríos Cuitzmala, Jirosto, San Miguel. Estos suelos contienen materia orgánica que disminuye en forma irregular en la profundidad, el promedio del perfil es de 125 cm. Recibe material fresco a intervalos regulares y presenta una estratificación fina.

En la cuenca, se localizan los suelos fluvisoles éutricos. Éstos tienen una saturación de bases mayor a 50% con una profundidad de 20 a 50 cm de la superficie. Para la localización de unidades agrícolas en estos suelos se debe previamente impedir su inundación. Los fluvisoles son desde muy fértiles hasta infértiles, los cultivos en suelos fértiles dependen más del clima que de las características del suelo (Aguilera, 1989). El área total de estos suelos es de 5 km² y representa sólo el 0.45% del área total de la cuenca.

- **Gleysol (G)**

Son suelos formados de materiales no consolidados, excluyendo depósitos aluviales recientes, que muestran propiedades hidromórficas dentro de los 50 cm de profundidad. En la cuenca se localizan los siguientes tipos de gleysol.

- Gleysol húmico

El horizonte principal es un horizontes medio B cámbico, moteado de color gris u olivo, que se forma como resultado de periodos prolongados de anaerobismo. Por tanto, estos suelos se desarrollan en condiciones de humedad. En la cuenca, hay una pequeña unidad de este tipo de suelo y tiene 0.5 km² y próximo a la divisoria de aguas con la cuenca del río Purificación.

- Gleysol dístico

Tiene una saturación de bases menor a 50%, cuando menos entre 20 y 50 cm de la superficie, no tiene más horizonte diagnóstico que un horizonte A ócrico y un horizonte H cámbico. También es una unidad pequeña de 0.5 km².

- Gleysol eútrico

Tiene una saturación de bases menor a 50%, entre los 20 y 50 cm de la superficie, sin más horizontes diagnóstico que un horizonte A ótrico y un horizonte B cámbrico. Es otra unidad de gleysol muy pequeña en área: 0.5%. Todas las unidades de gleysol antes señaladas se localizan en la subcuenca del río San Miguel, con dominio de materiales residuales.

El total de las unidades de gleysoles en la cuenca están fuertemente influenciados por el agua subterránea, en áreas con declives suave y llano. El gran problema de utilizar estos suelos para actividades agrícolas es la gran cantidad de agua que se necesita remover instalando un drenaje adecuado, puede ser a través de zanjas abiertas aunque resulta más efectivo por medio de tubos. Cuando se logra dar un drenaje adecuado, estos suelos pueden ser adaptados a los sistemas agrícolas de sitios adyacentes y pudiendo ser en forma de cultivos anuales y de ganadería intensiva (FitzPatrick, 1984). Aunque estos suelos tienen un área total de 1.4 km² y que representa sólo el 0.13% del área total de la cuenca, no dejan de ser unidades potenciales de suelo.

• Litosol (I)

Son suelos limitados en profundidad por la roca continua y dura dentro de los 10 cm de profundidad de la superficie. Son suelos que se localizan, en las montañas secundarias de la cuenca. Definitivamente son áreas no aptas para actividades agropecuarias. En la cuenca se localizan unidades pequeñas de este tipo de suelo y en total tienen 2.5 km².

• Luvisol (L)

Son suelos con horizonte B que tienen una saturación de bases de 50% o más. Los tipos de luvisoles localizados en la cuenca son:

- Luvisol vértico

Con un horizonte B argílico muestra propiedades vérticas, pero carece de horizonte E albico. El área de este tipo de luvisol es de 1.5 km².

- Luvisol crómico

Tiene un horizonte B argílico de color pardo a rojo, sin horizonte E albico. El área en la cuenca de este tipo de luvisol es de 0.5 km².

Los luvisoles se forman en condiciones aeróbicas, con movimiento libre de agua cuando menos a través de las partes superior y media del suelo y, para el desarrollo de éstos se requiere una estación seca definida. Los declives varían desde algo escarpados a muy inclinados. Se localizan en áreas de laderas intermedias y con escasa accesibilidad.

Como se puede observar en el mapa edafológico estas unidades de luvisol están complementadas con suelos rendzina. Los suelos luvisoles en la cuenca se localizan mayormente en la subcuenca del río San Miguel.

- **Regosol (R)**

Son suelos procedentes de material no consolidado, excluyendo depósitos aluviales recientes, sin horizontes diagnóstico, carentes de propiedades hidromórficas y sin salinidad elevada. Entonces, los regosoles son suelos formados por material suelto que no es aluvial reciente como: dunas, cenizas volcánicas, playas, etc. y sin ningún horizonte diagnóstico.

En la cuenca predominan los regosoles con textura gruesa, por lo cual, carecen de laminillas de acumulación de arcilla. A estos suelos se les encuentra asociados con suelos feozem, y escasamente hay una unidad de regosol eútrico. Los regosoles eutricos tienen un horizonte A ócrico y una saturación de bases de 50% entre los 20 y 50 cm de profundidad a partir de la superficie.

Los suelos regosoles se distribuyen por toda la cuenca, son predominantes con 939.9 km², siendo el 84.30% del área total de la cuenca. Las características de estos suelos no permite la localización de actividades agrícolas. Estos suelos sólo permiten el desarrollo de vegetación natural de selva baja y mediana, así como de bosques.

- **Rendzina (E)**

Son suelos con horizonte A mólico o que está de inmediato sobre material calcáreo con un equivalente de carbonato de calcio de más del 40% carentes de propiedades hidromórficas dentro de los primeros 50 cm de profundidad. Son suelos de fertilidad alta en actividades agropecuarias con cultivos de raíces someros.

Se forman en la cuenca debido a la presencia de roca caliza como material parental. En la cuenca predominan las rendzinas con textura fina, el área total es de 53 km² de los cuales 4 km², tienen gravas que impiden el uso de maquinaria agrícola.

El principal proceso que se efectúa en las rendzinas es la solución y remoción de carbonato en las aguas de drenaje. El color oscuro característico es debido al complejo de calcio-humus. Son suelos delgados y tienen poca capacidad para almacenar humedad, aunque la precipitación excede a la evapotranspiración. Los declives son variados y por lo general, predominan los declives algo escarpados.

Las características físicas más importantes de estos suelos son: su escasa profundidad, la textura fina y la estructura de granular a bloques pequeños subangulares y bien desarrollada. Permite la infiltración rápida del agua, lo cual puede ocasionar secamiento. Por lo cual, no es recomendable que en estas unidades se realicen actividades agrícolas.

- **Solonchak (Z)**

Son suelos altamente salinos con CE (conductividad eléctrica) mayor de 15 mmhos/cm. Se localizan en el litoral de la cuenca. Los acuíferos pueden llegar a tres metros de la superficie, por lo cual hay mayor acceso de sales por evaporación. La permeabilidad de estos suelos es de media a alta. El área total de éstos suelos es de 4 km². Por lo expuesto, son suelos que en forma natural no son recomendables para realizar actividades agrícolas, porque requieren de un lavado intenso y además porque estas áreas están consideradas como reserva de la biosfera, lo cual se explicará más adelante.

- **Vertisol (V)**

Son suelos que tienen 30% más de arcilla en todos los horizontes, a una profundidad no menor de 50 cm, desarrollan grietas de un centímetro a menos que se riegue. Son suelos de color oscuro que tienen textura uniforme fina o muy fina y un contenido bajo de materia orgánica, pero tal vez su propiedad más importante es la disminución de arcilla, por lo general, montmorillonita que ocasiona que estos suelos al secarse se encojan y agrieten. En la cuenca se localizan los vertisoles pélicos y crómicos.

- Vertisol pélico

Son de textura arcillosa y pesada, tienen color negro o gris oscuro y profundidad hasta de 60 cm y horizonte AC. Es decir, dominan las características del horizonte A, horizonte mineral de superficie que muestra una acumulación de materia orgánica humificada. En la cuenca, el área de esta unidad es de 2 km², la mitad de la cual tiene fase lítica profunda.

- Vertisol crómico

Tienen horizonte AC, profundidad mayor a 60 cm y color rojo. El área total de esta unidad es de 1 km².

Se estima que en la cuenca, estos suelos vertisoles se han formado por hidrólisis profunda progresiva de la roca subyacente, favoreciendo constantemente la mezcla de los horizontes superiores.

Para la utilización de estos suelos como unidades agrícolas, es esencial la conservación de la humedad mediante el mejoramiento de la infiltración y la reducción de pérdidas de evapotranspiración. El elevado contenido de arcillas de los vertisoles es un fuerte limitante para su utilización, si se intenta el cultivo cuando están en su nivel de humedad, se ensanchan si están muy mojados o resultan muy difíciles de manejar si están muy secos. Se recomienda su utilización para actividades pecuarias y menor grado para agricultura de temporal.

En resumen en este capítulo se pueden obtener conclusiones de la siguiente manera: si se considera como evaluación de los suelos exclusivamente las áreas, sería una cuenca con suelos poco desarrollados en cuanto a profundidad y destacando los suelos regosoles, rendzina y feozem. Tomando en cuenta exclusivamente los suelos con alta calidad productiva, serían escasos en la cuenca, localizándose por lo general en áreas contiguas al río Cuitzmala y en el valle con lomeríos de la subcuenca del río San Miguel — contiguo a la cuenca del río Purificación. A estos suelos con alta productividad, se les tienen que descartar las unidades que se localizan en áreas de inundación de los ríos y arroyos. Ante esta realidad física, los suelos con alta calidad se deben aprovechar elevando su rendimiento a través de agricultura de riego y ganadería intensiva, sin embargo, el actual nivel de desarrollo económico de la cuenca no lo permite. Entonces, estas pequeñas unidades de suelos quedan como unidades potenciales, las cuales se podrán explotar a mediano y largo plazo. Estas unidades potenciales del suelo se explican mas adelante en el capítulo síntesis geográfica.

Considerando la geología, topografía, declives y climas, se estima que este último influyó en la formación de la mayoría de los tipos de suelos de la cuenca. Es decir el factor dominante de formación de suelos es la climosecuencia debido a la relativa homogeneidad de los climas que ha influido en la formación de los suelos solonchack, rendzina, cambisol y fluvisol.

CAPÍTULO VII

HIDROGRAFÍA

Para el análisis hidrográfico de la cuenca se utilizó como método la morfometría fluvial. Con el objetivo de cuantificar las propiedades superficiales de los segmentos de cauces en la cuenca. Al igual que en anteriores capítulos se ha explotado la morfometría a través de mediciones: de áreas, lineales de cauces, topografía, declives.

7.0 HIDROGRAFÍA GENERAL

A nivel general, la hidrografía de la cuenca se presenta en el mapa a escala 1: 250 000, se presenta a mayor detalle en el mapa a escala 1: 200 000. Este último se complementa con el mapa de principales subcuencas, también a escala 1: 200 000. Dentro de las cuales destacan las subcuencas de los ríos Jirosto, San Miguel y arroyos Tene, las Truchas y Sila.

Los mapas señalados anteriormente permiten tener una visión regional de los fenómenos hídricos desde el punto de vista superficial. Este análisis se aprecian con mayor detalle en el apartado de los patrones de drenaje y en el análisis del orden de cauces.

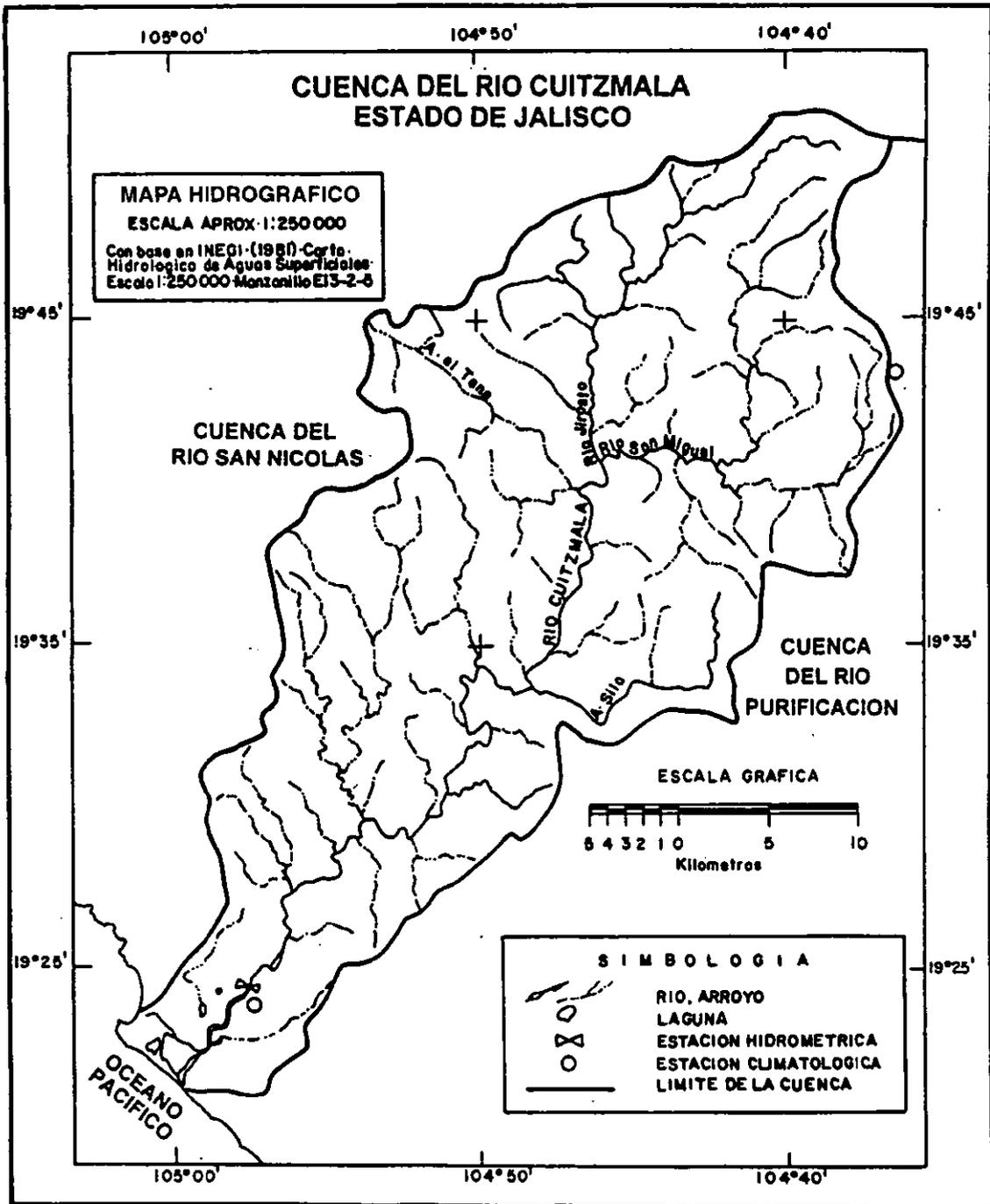
7.1 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las unidades geohidrológicas que se explicará a continuación fueron estimadas por el INEGI (Carta hidrológica de aguas subterráneas). Las unidades geohidrológicas están constituidas por la agrupación de una o varios tipo de roca o materiales granulares, cuya característica común es que pueden o no funcionar como acuíferos (INEGI, 1981). Se identificaron dos tipos de unidades geohidrológicas en la cuenca:

- **Unidad de material consolidado con posibilidades altas**

Los materiales consolidados están firmemente unidos ya sea por proceso de enfriamiento, los correspondientes a la litificación, o por proceso de metamorfismo (INEGI, 1981). En la cuenca se localizan en dos partes una próximo al litoral y la otra en la subcuenca del río San Miguel. La primera unidad, cerca al litoral, está constituida por las unidades de suelo aluvial y secundariamente por conglomerados, los cuales se observan en el mapa litológico. El área de esta unidad es de 49.5 km² (ver cuadro 5). Está considerada como una unidad con altas posibilidades de contener acuíferos de agua dulce. Al estar localizada próxima al litoral, si se explota más allá de su capacidad real, permitirá la intrusión salina.

La otra unidad está localizada en las nacientes del río San Miguel —limita con la cuenca del río Purificación—, entre las latitudes 19° 45' y 19° 40' y es de material residual y aluvial. Esta unidad se puede observar en el mapa litológico y tiene 23 km² de área.



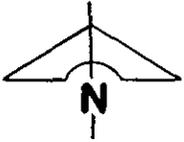
105° 00' 104° 55' 104° 50' 104° 45' 104° 40'

CUENCA DEL RIO CUITZMALA

ESTADO DE JALISCO

MAPA HIDROGRAFICO

ESCALA 1: 200 000



CUENCA DEL RIO SAN NICOLAS

CUENCA DEL RIO CHAMELA

CUENCA DEL RIO PURIFICACION

OCEANO PACIFICO

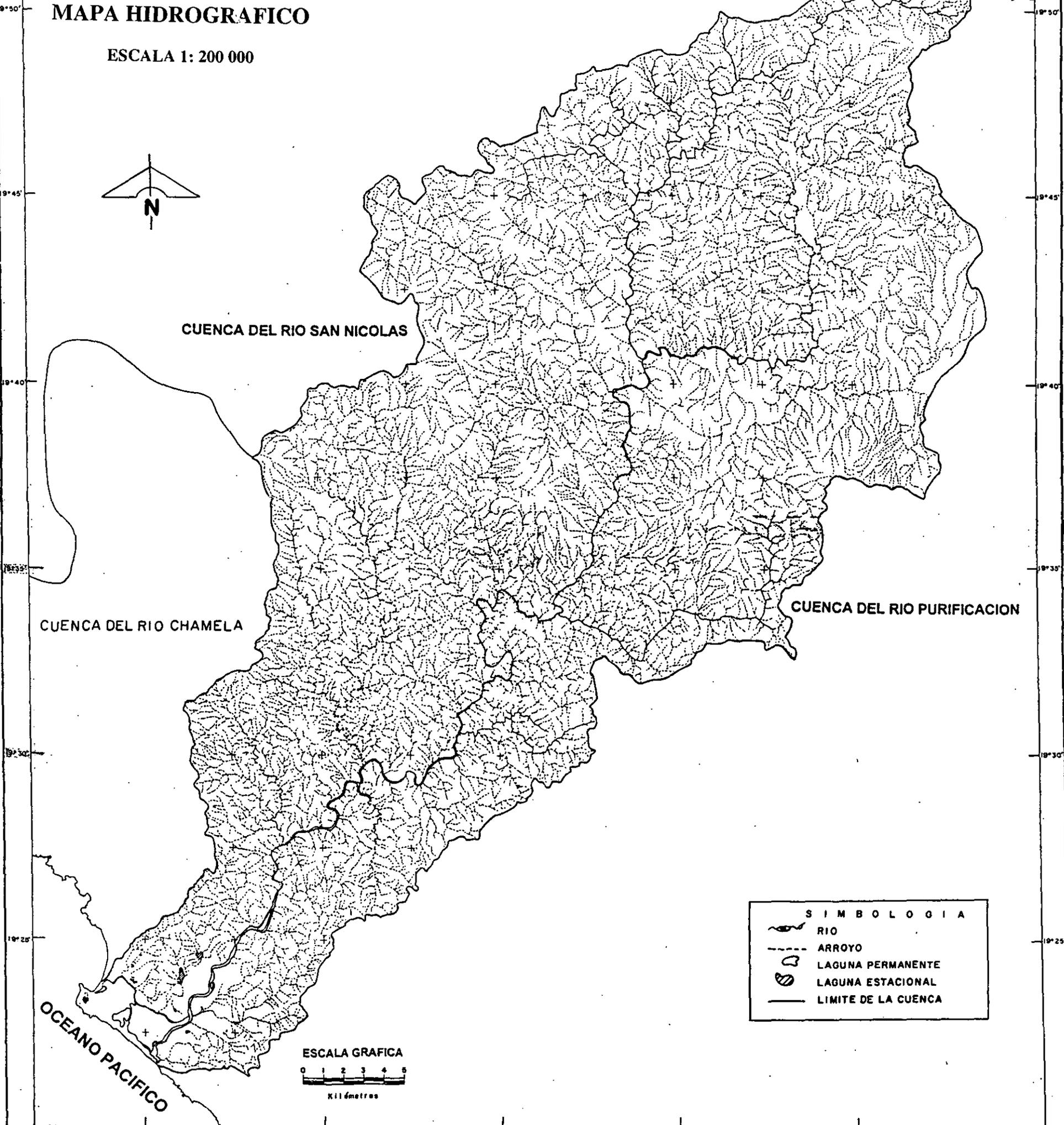
ESCALA GRAFICA



Kilómetros

SIMBOLOGIA	
	RIO
	ARROYO
	LAGUNA PERMANENTE
	LAGUNA ESTACIONAL
	LIMITE DE LA CUENCA

105° 00' 104° 55' 104° 50' 104° 45' 104° 40'



El área total de esta unidad geohidrológica, considerando la parte que corresponde a la cuenca del río Purificación es de 242 km², siendo un área muy importante de acuíferos y favorece a la cuenca del río Cuitzmala. Estas unidades geohidrológicas tienen altas posibilidades de contener acuíferos y pueden ser la reserva natural de agua para los poblados de la cuenca.

- **Unidad con material consolidado con posibilidades medias**

Los materiales no consolidados son aquellos cuyo origen se debe a los procesos de intemperismo y erosión, sus constituyentes son heterogéneos en su tamaño, en su composición, y en la disposición de sus partículas (INEGI, 1981). Esta unidad geohidrológica se localiza también en dos lugares que son contiguos a las dos unidades mencionadas anteriormente. La primera se localiza en los alrededores de la localidad de San Miguel, es la segunda localidad más poblada de la cuenca con 559 habitantes (censo 1990). Es una unidad de material aluvial de aproximadamente 13 km² de área, se puede ver en el mapa litológico entre las unidades litológicas de caliza e ígnea extrusiva intermedia (Ígea) y que tiene como otro límite el río San Miguel por la margen izquierda y coincide con una falla normal (ver mapa litológico). Se estima que el agua subterránea de esta unidad proviene de agua infiltrada de las calizas.

La segunda se encuentra próxima al anterior —1.5 km al este— y contiguo a la “unidad geohidrológica con posibilidades altas (material residual) y próximo a la localidad de Villa Vieja (ver mapa base)”. Esta unidad con posibilidades medias tiene suelo aluvial con área aproximada de 5 km².

7.2 PATRONES DE DRENAJE

El patrón de drenaje como conjunto de ríos y arroyos que cubren un área y que se caracteriza por su forma, orientación, densidad y uniformidad, indica las características físicas del material parental, formas de erosión, precipitación, etc.

El clima está indirectamente relacionado con los tipos de drenaje porque la densidad y tipo de vegetación influyen en la velocidad y profundidad de los cauces. El clima además influye en los procesos de meteorización y determina también los tipos de drenaje.

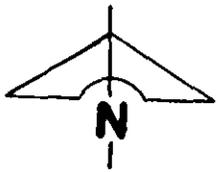
Los patrones de drenaje tienen un origen, que está en función de la relación infiltración-declive, la cual depende del material parental. Los tipos de drenaje se pueden observar en el mapa de patrones de drenaje de la cuenca. Se adjunta el cuadro resumen de los patrones de drenaje.

CUENCA DEL RIO CUITZMALA

ESTADO DE JALISCO

MAPA DE PATRONES DE DRENAJE

ESCALA 1: 200 000



CUENCA DEL RIO SAN NICOLAS

CUENCA DEL RIO CHAMELA

CUENCA DEL RIO PURIFICACION

OCEANO PACIFICO

ESCALA GRAFICA



SIMBOLOGIA	
PATRONES DE DRENAJE	
D	DENDRITICO
SD	SUBDENDRITICO
P	PARALELO
SP	SUBPARALELO
R	RADIAL
A	ANASTOMOSADO
L	LAGUNAR
LIMITE	
LOCALIZACION DE UNIDADES DE PATRONES DE DRENAJE EN LA CUENCA	
J1	SUBCUENCA RIO JIROSTO Y NUMERO DE LA UNIDAD
SM1	SUBCUENCA RIO SAN MIGUEL Y NUMERO DE LA UNIDAD
CM01	MARGEN DERECHA DEL RIO CUITZMALA Y NUMERO DE LA UNIDAD
CM11	MARGEN IZQUIERDA DEL RIO CUITZMALA Y NUMERO DE LA UNIDAD
LIMITE DE LA CUENCA	

- **Patrón dendrítico**

Es el más común de los patrones de drenaje. Se desarrolla libremente en todas direcciones y está caracterizado por los ramales irregulares de los cauces afluentes. Está considerado como un patrón de drenaje erosional. Se desarrolla en suelos heterogéneos y aparece en rocas sedimentarias blandas, antiguas planicies costeras, declives suaves. En general, en la cuenca se presenta sobre material moderadamente fino, permeable y en declives variados, sobre suelos regosoles (con textura de suelo gruesa) y de material parental granito. Ejemplos de estas correlaciones en la cuenca se presentan en las subcuencas de los arroyos el Tesmo y Tepetate, ambos por la margen izquierda del río Cuitzmala. El primero localizado en áreas de llanuras de acumulación y el segundo sobre áreas de valle con lomeríos y virtualmente en áreas de la antigua llanura aluvial costera (Universidad de Guadalajara, 1992). En ambas subcuencas predominan el granito, los suelos regosol con textura gruesa y declives menores a 6°. En la cuenca, el área total del patrón de drenaje dendrítico es de 387 km², que es el 35.3%.

Cuadro 8
Patrones de drenaje

<i>Patrones de drenaje</i>	<i>Area en km²</i>	<i>Porcentaje</i>
Dendrítico	387	35.31
Subdendrítico	479	43.70
Paralelo	58	5.30
Subparalelo	114	10.40
Radial	36	3.29
Anastomosado	12	1.09
Lagunar	10	0.91
Total	1,096	100.00

- **Patrón subdendrítico**

Es una modificación del patrón dendrítico, el cual es una forma transicional al tipo paralelo. Esta situación de transición se puede observar con claridad en la margen izquierda y derecha del río San Miguel.

Son factores determinantes los declives moderadamente ondulados a llanos así como las fallas y fracturas. En general, estos patrones de drenaje se localizan en las planicies inclinadas de la cuenca. El patrón subdendrítico es el predominante en la cuenca con 479 km², que es el 43% del área total de la cuenca.

- **Patrón paralelo**

Se caracteriza por presentar cauces paralelos o casi paralelos. Se considera que en la cuenca los controles estructurales como fracturas y fallas han conducido a cauces paralelos. Aquí los cauces encuentran el camino más corto en lechos perpendiculares al rumbo del escarpe. Este tipo de patrón de drenaje se encuentra sobre materiales jóvenes como residuales y aluviones y con declives suaves y llanos, localizados sobre la subcuenca del río San Miguel, próximo a la divisoria de aguas con la cuenca del río Purificación.

Ejemplos de este tipo de drenaje en la cuenca coinciden con la unidad geohidrológica con altas posibilidades de tener acuíferos —son de material aluvial y residual— localizados en la subcuenca del río San Miguel. En ese sentido sería ideal que en estas áreas se inicien estudios geofísicos para estimar el volumen de agua subterránea que se pueden aprovechar para beneficiar a los poblados de la subcuenca. El área total de este patrón de drenaje es de 58 km², siendo el 5.3% del área total de la cuenca.

- **Patrón subparalelo**

Es el tipo intermedio entre paralelo y el dendrítico y presenta declives variables. El área total de este tipo de drenaje es de 114 km², siendo el 10.40% del área total de la cuenca. Las unidades de patrones de drenaje subparalelo se localizan contiguos a los patrones de drenaje paralelo y en su mayor parte en la subcuenca del río San Miguel.

- **Patrón radial**

En la cuenca, hay cauces que fluyen radialmente hacia afuera y de tipo centrífugo. Sin embargo, no corresponden a un cono volcánico, pueden tratarse de huellas de antiguos derrames lávicos del cretácico porque se localizan en áreas de colinas similares a cumbres cónicas o subcónicas aisladas. Pueden ser anticlinales de rocas graníticas y volcánicas. Es otro patrón de drenaje erosional. El área total de este patrón de drenaje es de 36 km², que es el 3.29% del área total de la cuenca.

- **Patrón anastomosado**

Es un patrón de drenaje típico de acumulación. En la cuenca se localizan en amplias planicies de inundación del río Cuitzmala —próximos al litoral. Este tipo de patrón de drenaje tiene dos características relevantes: el primero en general predominan los aluviones gruesos y el segundo las corrientes se dividen tomando canales diferentes y originando grandes variaciones de caudal. Esta última es precisamente la que ha originado la indefinición de la desembocadura del río Cuitzmala en el mar, la cual fue expuesta en el capítulo I.

También gran parte de esta unidad corresponde a áreas con altas probabilidades de tener agua subterránea. Son áreas con suelos de material aluvial y secundariamente con suelos palustres. El área total de esta unidad de patrón de drenaje es de 12 km², siendo el 1.09% del área total de la cuenca.

- **Patrón lagunar**

Es otro patrón de drenaje de tipo acumulativo, por lo general con cauces de corto recorrido que llegan a una laguna en forma radial. En la cuenca, se localizan en la margen derecha del río Cuitzmala próximos al mar. El área total de este patrón de drenaje es de 10 km², que es el 0.91% del área total de la cuenca. Se considera que en las toposformas de las lagunas costeras no hay posibilidades de uso agrícola porque hay inundaciones en más de seis meses del año.⁸ Este resultado es a nivel estatal, sin embargo, para el caso de la cuenca del río Cuitzmala, con base en la información climática de 20 años de la estación Cuitzmala (ver capítulo Climas), se considera que las inundaciones en esta unidad de patrón lagunar se efectúa durante los meses de julio, agosto y septiembre (tres meses). Por lo tanto, no tienen posibilidades de uso agrícola. Por otro lado, gran parte de esta unidad de patrón de drenaje lagunar está considerada como parte de la reserva de la biosfera "Chamela-Cuixmala". Es decir, parte de la biodiversidad de especies animales y vegetales es generado por este patrón de drenaje lagunar.

7.3 ORDEN DE LOS CAUCES

Al comenzar con las propiedades lineales de un sistema fluvial, la primera consideración a tener en cuenta es analizar la composición de los sistemas de cauces (Strahler, 1990). Para lo cual, se ha elaborado el mapa de orden de cauces, en él se muestra la jerarquía de los órdenes de cauces. Se observa en este mapa que el río Cuitzmala tiene el mayor número de orden del sistema fluviográfico (séptimo orden). Las cifras obtenidas del mapa de orden de cauces se presenta en el cuadro adjunto:

⁸ Información extraída de la *Síntesis geográfica del estado de Jalisco* (1981), p. 162. En ésta se describe la provincia fisiográfica de la sierra madre del sur y haciendo énfasis en la vegetación por sistema de topoformas.

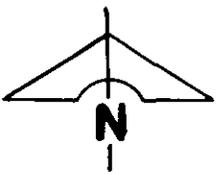
105° 00' 104° 55' 104° 50' 104° 45' 104° 40'

CUENCA DEL RIO CUITZMALA

ESTADO DE JALISCO

MAPA DE ORDEN DE CAUCES

ESCALA 1 : 200 000



CUENCA DEL RIO SAN NICOLAS

CUENCA DEL RIO PURIFICACION

CUENCA DEL RIO CHAMELA

OCEANO PACIFICO



S I M B O L O G I A	
CAUCE DE ORDEN	
1	—————
2
3	— · — · — ·
4	— · — · — ·
5	— · — · — ·
6	— · — · — ·
7	— · — · — ·
LIMITE DE LA CUENCA	—————
LAGUNA ; PERMANENTE	□
Y ESTACIONAL	▨

105° 00' 104° 55' 104° 50' 104° 45' 104° 40'

Cuadro 9
Características de la cuenca de drenaje del río Cuitzmala

<i>Número de orden de cauces (U)</i>	<i>Relación de confluencia (Rc)</i>	<i>Número de segmentos cauces (Nu)</i>	<i>Longitud número segmento km (Lnu)</i>	<i>Logaritmo de (Nu)</i>	<i>Promedio de longitud de cauces (Plu)</i>	<i>Plu Acumulativa</i>	<i>Relación de longitud (Rl)</i>
1	-----	4,274	1,795	3.63	0.41	0.41	1.60
2	4.65	919	608	2.96	0.66	1.07	1.92
3	4.39	209	266	2.32	1.27	2.34	3.55
4	5.50	38	172	1.57	4.52	6.86	1.27
5	4.75	8	46	0.90	5.75	12.61	1.04
6	2.66	3	18	0.47	6.00	18.61	10.5
7	3.00	1	63	0	63.00	81.61	-----
Total		5,452	2,968				

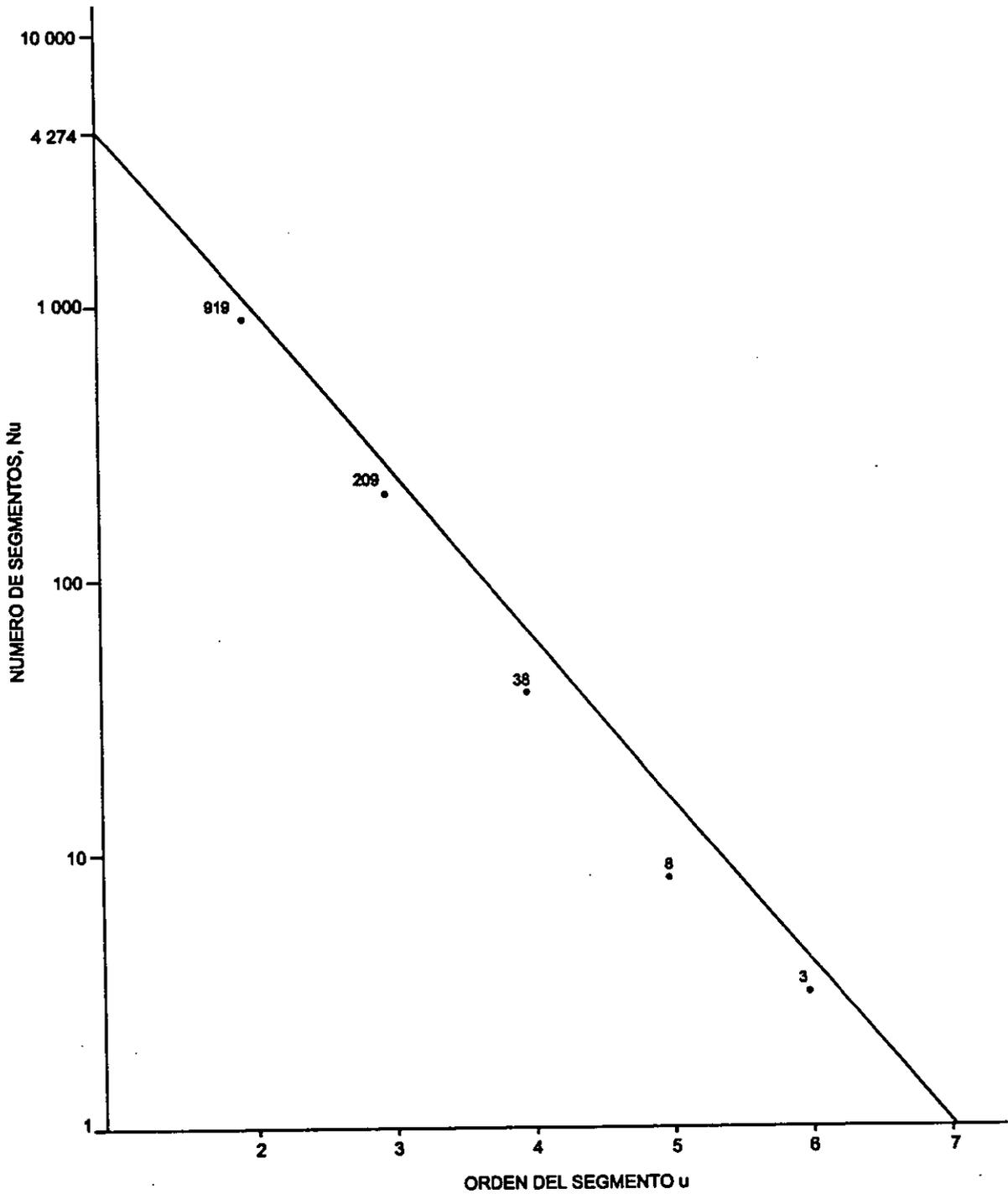
7.3.1 RELACIÓN DE CONFLUENCIA Y RELACIÓN DE LONGITUD DE CAUCES

• Relación de confluencia

Observando el cuadro 10, los segmentos de cauces de segundo orden le llegan en promedio 4.65 segmentos de cauces, a los segmentos de cauces de tercer orden le llegan en promedio 4.39 segmentos de cauces, al segmento de cauce de séptimo orden —río Cuitzmala— le llegan 3 segmentos de cauces de sexto orden. La relación de confluencia más alta está en los segmentos de cauces de cuarto orden que le llegan en promedio 5.5 segmentos de cauces de tercer orden.

Con respecto a los números de segmentos de cauces según el orden, hay casi cinco veces más segmentos de cauces de primer orden que de los de segundo orden; los segmentos de cauces de segundo orden son cuatro veces más que los segmentos de cauces de tercer orden; éstos son cinco veces y medio más que los segmentos de cauces de cuarto orden; los segmentos de cauces de cuarto orden son casi cinco veces más que los segmentos de cauces de quinto orden, éstos son casi tres veces más que los segmentos de cauces de sexto orden; y éstos últimos, tres veces más que el segmento de cauce de séptimo orden (río Cuitzmala). La media de las seis relaciones de confluencia es de 4.1, que es un valor alto para la hidrografía de la cuenca del río Cuitzmala.

Con base en la información del cuadro 10, se han elaborado dos gráficas: relación de confluencia y relación de longitud. En la gráfica de confluencia se relaciona el número de segmentos de cauces de un orden determinado con el número de orden inmediato. Esta gráfica es una progresión geométrica basada en un modelo matemático que se conoce con el nombre de función exponencial negativa.



Gráfica 5. Relación de confluencia. Cuenca del río Cuitzmala.

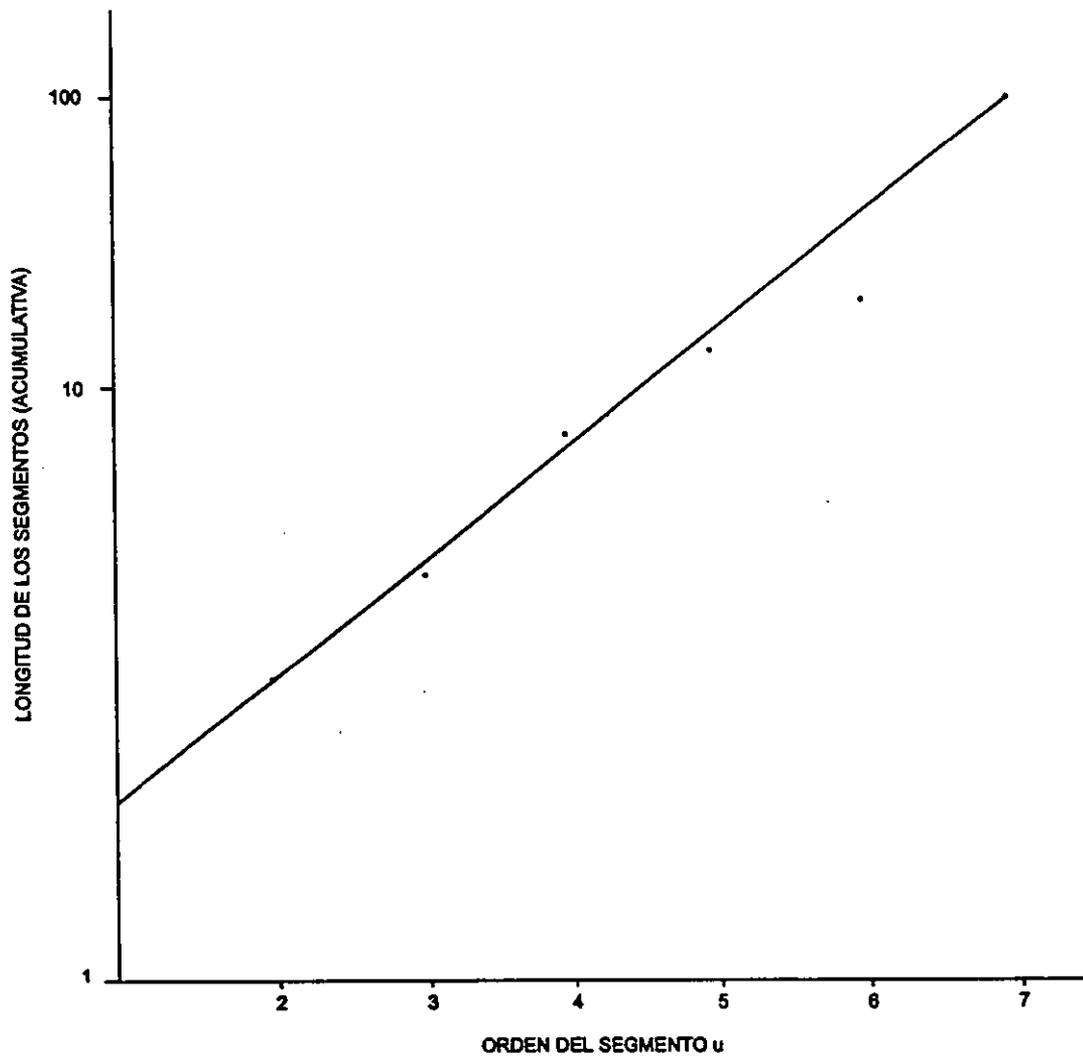
Observando esta Gráfica de confluencia la línea trazada no coincide con la totalidad de los puntos, las desviaciones son pequeñas. No se forma una línea recta perfecta por las siguientes razones: la cuenca del río Cuitzmala es de tamaño mediano, —en base a los criterios de área, largo y ancho de la cuenca, número de orden del río principal, distribución y configuración de las subcuencas, geomorfología, altitud, etc— es de forma alargada e irregular que no permite homogeneidad en el número y longitud de los órdenes de segmentos de cauces, particularmente en los segmentos de cauces de cuarto y quinto orden. El número de segmentos de cauces de cuarto orden es de 48 y se estima que requiere mayor cantidad de cauces y llegar a 50 segmentos de cauces. Para el caso del quinto orden de segmentos de cauces, que tiene un número total de 8 y de acuerdo a la gráfica serían ideal 12 cauces. Éstas son interpretaciones teóricas que permiten estimar qué áreas de la cuenca pueden tener déficits de cauces, sin embargo, para el resto de la serie el número de segmentos de cauces es alto. Sin embargo considerando que este déficit teórico de número de segmentos de cauces de cuarto y quinto orden en total 16 segmentos, es un número pequeño considerando que el total de número de segmentos de cauces en la cuenca es de 5,452. Entonces se pueden realizar múltiples interpretaciones permutando los valores que aparecen en el cuadro 10, pues dependen de los objetivos del estudio y el grado de detalle que requiere el mismo.

• **Relación de longitud**

Como se observar en el mapa de orden de cauces, los de primer orden son los de menor longitud, incrementándose con el número de orden de los cauces. El cauce principal de la cuenca, es de séptimo orden y tiene una longitud de 63 km (siguiendo la sinuosidad del río). La razón de incremento de la longitud cada vez que aumenta el número de orden se denomina relación de longitud. Volviendo al cuadro de las características de drenaje, la relación de longitud muestra algunas irregularidades que es de esperarse de acuerdo con la forma de la cuenca. Esta forma hace que las longitudes de los segmentos de cauces de menor orden y a la vez más numerosos sean menos densos y de menor longitud. Para profundizar este análisis de relación de longitud se ha elaborado una Gráfica del mismo, el cual se presenta a continuación.

Esta Gráfica se obtiene relacionando la longitud media de los segmentos de cauces de un orden determinado (acumulativo) con el número de orden, se obtiene una recta de regresión que corresponde a funciones exponenciales positivas. La ley de Horton de longitudes de cauces es “la longitud media acumulada de orden sucesivo tiende a formar una progresión geométrica cuyo primer término es la longitud media de los segmentos de cauces de primer orden y tiene por razón una relación de longitud constante”⁹.

⁹ Strahler, Arthur (1982), cita en su obra *Geografía Física*, p. 525, a Robert E. Horton a quien se le atribuye la formulación de la ley del número de cauces.



Gráfica 6. Relación de longitud. Cuenca del río Cuitzmala.

Observando la gráfica de relación de longitud también se observan irregularidades en los segmentos de cauces de cuarto y quinto orden, por los factores antes señalados.

7.4 FRECUENCIA DE CAUCES

La frecuencia de cauces en la cuenca se puede analizar de dos maneras. Una general, por la cual se utilizan datos globales y otra particular, la cual se presenta en el mapa de distribución geográfica de cauces. En esta última, se considera como unidad de análisis un kilómetro cuadrado de área, siendo la figura un cuadrado.

• Frecuencia absoluta de cauces

Se empleó la siguiente fórmula y se reemplazó con los datos globales de la cuenca:

$$\text{Frecuencia absoluta de cauces} = \frac{\text{Número total de cauces de la cuenca}}{\text{Área de la cuenca}}$$

Reemplazando con los datos de la cuenca:

$$\text{Frecuencia absoluta de cauces} = 5,452 \text{ cauces} / 1,096 \text{ km}^2$$

$$\text{Frecuencia absoluta de cauces} = 4.97 \text{ cauces} / \text{km}^2$$

Este resultado nos da una idea general del promedio de cauces por cada km^2 . El resultado de $4.97 \text{ cauces}/\text{km}^2$, es alto desde el punto de vista de los escurrimientos superficiales, sin embargo, se requiere conocer esta frecuencia de cauces de manera particular.

• Frecuencia de cauces particular

Considerando como unidad de análisis un km^2 , sin importar la longitud y jerarquía de los cauces, se cuantifica el número de cauces en estas pequeñas áreas. Estos resultados se presentan en el mapa de distribución geográfica de frecuencia de cauces.

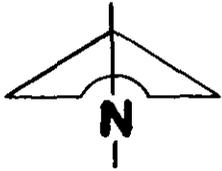
Observando el mapa de distribución geográfica de frecuencia de cauces, predominan las unidades con frecuencia "alta" de cauces entre 8 y 11, frecuencia "intermedia" entre 4 y 7. La frecuencia de cauces "muy alta" entre 12 y 15 está distribuida en toda la cuenca, localizada en gran parte en las nacientes de algunos arroyos como: Hondo y las Truchas.

Es relevante la localización de frecuencia "alta" de cauces en las márgenes izquierda y derecha del arroyo, Sila cerca a la confluencia con el río Cuitzmala. La frecuencia de cauces "baja" entre 1 y 3, es escasa en la cuenca, a excepción de la región de litoral. Este tipo de frecuencia "baja" de cauces se localiza en áreas con altas probabilidades de tener acuíferos, los cuales se localizan en el litoral (margen derecha del río Cuitzmala) y en la subcuenca del río San Miguel. Esta situación de escasez de frecuencia de cauces "baja" es un indicador no sólo de un alto número de cauces en la cuenca, también lo es de una alta densidad de drenaje en la cuenca.

CUENCA DEL RIO CUITZMALA

ESTADO DE JALISCO

MAPA DE DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE
FRECUENCIA DE CAUCES



CUENCA DEL RIO SAN NICOLAS

CUENCA DEL RIO CHAMELA

CUENCA DEL RIO PURIFICACION

OCEANO PACIFICO

ESCALA GRAFICA



SIMBOLOGIA		
SEGMENTOS DE CAUCE	FRECUENCIA	COLOR
15-12	MUY ALTA	[Dotted pattern]
11-8	ALTA	[White]
7-4	INTERMEDIA	[Cross-hatched pattern]
3-1	BAJA	[White]
0	NULA	[White]
CUERPOS DE AGUA		
[Wavy line]	RIO	
[Dashed line]	ARRÓYO	
[White box]	LAGUNA PERMANENTE	
[Cross-hatched box]	LAGUNA ESTACIONAL	
LIMITE		
[Solid line]	LIMITE DE LA CUENCA	

El total de cauces en la cuenca es de 5,452, donde hay cinco veces más segmentos de cauces de primer orden que los de segundo orden. La conclusión relevante es la alta densidad de cauces de cuarto y quinto orden (ejemplo arroyo Tene) en los alrededores del punto de confluencia entre el río Cuitzmala (séptimo orden) y sus principales formadores: los ríos Jirosto y San Miguel (ambos de sexto orden). Sector localizado en un área de cañones, en el cual sería ideal que se localice una estación hidrométrica a fin de conocer los volúmenes de escurrimiento mensuales y anuales. Teniendo esta información hidrométrica se puede recomendar la localización de una presa de almacenaje de agua a fin de compensar los seis a siete meses de secas en la cuenca y promover actividades agropecuarias en forma planeada.

La frecuencia absoluta de cauces es de 4.97 cauces/ km², indica de manera general, una alta frecuencia de cauces. De forma particular, los resultados se presentan en el mapa de distribución geográfica de cauces (número de cauces por km²), indicando también una alta frecuencia de cauces en la cuenca.

En resumen el mapa hidrográfico a escala 1: 250 000, indica el panorama general de la cuenca, resaltando los principales formadores del río Cuitzmala (ríos Jirosto y San Miguel). El mapa hidrográfico escala 1: 200 000 representa alta densidad de cauces. Sin embargo, es a través del mapa de orden de cauces por el cual se puede diferenciar y analizar la composición de los sistemas de cauces. Esta información de cauces se sintetiza en el Cuadro 10 con las características de la cuenca de drenaje del río Cuitzmala y complementado en las Gráficas 7 y 8.

Las unidades geohidrológicas con altas probabilidades de contener acuíferos, localizados en el litoral y en la subcuenca del río San Miguel requieren ser confirmadas con estudios geofísicos a nivel de factibilidad. En especial, las unidades localizadas en la subcuenca del río San Miguel, a fin de conocer los volúmenes de agua que se pueden explotar sin degradar el recurso de agua subterránea. Las unidades geohidrológicas próximas al mar, en gran parte pertenecen a la reserva de la biosfera "Chamela-Cuixmala", las cuales no deben ser explotadas.

También se detectaron algunas áreas de la cuenca que tienen "déficits de cauces", siendo áreas de las partes más angostas, comprobando la eficacia de las gráficas de confluencia y relación de longitud de cauces. Resultados que implican que la forma alargada de la cuenca influye en bajos niveles de escurrimientos a través del bajo número de cauces de cuarto y quinto orden.

CAPÍTULO VIII

FISIOGRAFÍA O UNIDADES DEL RELIEVE

Como se menciona anteriormente, la cuenca se localiza al noreste de la sierra madre del sur y pertenece a la subprovincia de las sierras de la costa de Jalisco y Colima. Localmente la cabecera principal de la cuenca pertenece a las estribaciones occidentales de la sierra Cacoma. A continuación se presenta el cuadro de las unidades de relieve, las cuales pueden visualizarse en el mapa fisiográfico de la cuenca.

Cuadro 10
Principales unidades del relieve o unidades fisiográficas

<i>Unidades de relieve</i>	<i>Area en km²</i>	<i>Porcentaje</i>
Montañas altas y laderas altas	62	5.66
Montañas secundarias	192	17.51
Laderas intermedias	253	23.08
Cañones con barrancas	38	3.47
Valles con lomeríos	323	29.47
Llanuras de acumulación	183	16.70
Planicie costera con lagunas	45	4.11
Total	1,096	100.00

8.1 UNIDADES FISIOGRÁFICAS O DEL RELIEVE

Se han encontrado siete unidades fisiográficas o de relieve elaborado con base en los siguientes mapas: topográfico, altimétrico, declive e hidrográfico. Los criterios para delimitar las montañas altas y secundarias, se basaron en el croquis geomorfológico¹⁰, en el mapa de declives que implican cambios en las formas del relieve y finalmente en la altitud. Adicionalmente se utilizó la Gráfica 2 (curva hipsográfica) que refleja el perfil topográfico de la cuenca. Las laderas intermedias, cañones y barrancas se identificaron con ayuda de los mapas: topográfico, hidrográfico y de declives. Las unidades de valle con lomeríos se definieron con base en el mapa fisiográfico a escala 1: 1 000 000 elaborado por el INEGI (ver Anexo I). La llanura de acumulación se definió correlacionando el mapa de declives y el croquis geomorfológico antes citado. Este ultimo considera que son áreas amplias de terrazas fluviales del río Cuitzmala y arroyos afluentes. La planicie costera con lagunas se delimitó con base en el mapa altimétrico y de declives, superficie que se encuentra relativamente inclinada hacia el océano. Estas unidades se describen y analizan a continuación:

¹⁰ Universidad de Guadalajara, *o.p. cit.*

105° 00'

104° 55'

104° 50'

104° 45'

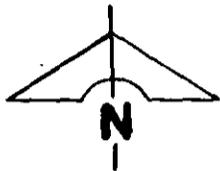
104° 40'

CUENCA DEL RIO CUITZMALA

ESTADO DE JALISCO

MAPA FISIOGRAFICO

ESCALA 1: 200 000



CUENCA DEL RIO SAN NICOLAS

CUENCA DEL RIO CHAMELA

CUENCA DEL RIO PURIFICACION

OCEANO PACIFICO



SIMBOLOGIA	
UNIDADES DE RELIEVE	
	MONTAÑAS ALTAS Y LADERAS ALTAS
	MONTAÑAS SECUNDARIAS
	LADERAS INTERMEDIAS
	CAÑONES CON BARRANCAS
	VALLES CON LOMERIOS
	LLANURA DE ACUMULACION
	PLANICIE COSTERA CON LAGUNAS

105° 00'

104° 55'

104° 50'

104° 45'

104° 40'

- **Montañas altas y laderas altas**

Son sierras altas y complejas que pertenecen a la sierra madre del sur. Están representadas por elevaciones mayores a 900 m.s.n.m. Esta unidad está cubierta predominantemente por un enorme cuerpo de granito (batolito) del cretácico y secundariamente por rocas extrusivas del terciario. Son sierras de mediana altitud con escaso relleno aluvial y consecuentemente con altos niveles de declives; destacando los mayores a 24°. También dominan las laderas altas y áreas escarpadas, los bosques de encino y las nacientes de los cauces de primer orden. El área total de esta unidad es de 62 km², que es el 5.65% del área total de la cuenca. Geomorfológicamente estas montañas forman parte del complejo de la sierra Cacoma.

- **Montañas secundaria**

Esta unidad también está asociada con las estribaciones occidentales de la sierra madre del sur pero con menores niveles de declives al anterior, entre 12° a 24°, entonces algo escarpadas. También son áreas de menor altitud con respecto a la anterior, entre 600 a 900 m.s.n.m. La litología es similar a la anterior, es decir con predominio del granito. El área total de esta unidad es de 192 km², que es el 17.52% del área total de la cuenca. La dirección predominante de estas montañas es Sureste, manteniendo la dirección de las montañas altas.

- **Laderas intermedias**

En general, son laderas formadas en pequeños valles de arroyos de segundo y tercer orden en la cuenca. Son áreas con declives entre los 12° a 24° y 6° a 12°. Se distribuyen en las partes medias de la cuenca. Son unidades muy inclinadas insertadas con pequeñas unidades llanas. Generalmente son áreas contiguas a cañones y valles con lomeríos. Un ejemplo típico de esta unidad en la cuenca, son las laderas que forma el arroyo Tene, el cual es uno de los principales arroyos del río Cuitzmala por la margen derecha. El área total de esta unidad es de 253 km², que es el 23.08% del área total de la cuenca.

- **Cañones con barrancas**

Geomorfológicamente son unidades fluvio-denudatorias con perfiles en V. En la cuenca se localizan en la confluencia del río Cuitzmala con sus principales afluentes, de la margen derecha como de la margen izquierda. Los cañones de la cuenca no son muy profundos, altimétricamente entre los 300 y 400 m.s.n.m., sin embargo, son estrechos y dan lugar a procesos erosivos.

Son unidades de transición entre las montañas secundarias y los valles con lomeríos. Como es un área en que el río Cuitzmala recepciona a sus principales afluentes, puede permitir la localización de una presa que solucionaría problemas de agua a los poblados de la parte baja de la cuenca. Como se señaló anteriormente, se requiere previamente la

instalación de una estación hidrométrica y luego si el caso lo amerita recomendar iniciar un estudio de factibilidad para la construcción de una presa de almacenaje de agua. El área total de estas unidades es de 38 km², que es el 3.47% del área total de la cuenca.

- **Valles con lomeríos**

Es la unidad fisiográfica con mayor área en la cuenca, 323 km², que es el 29.47% del total de la misma. Los valles con lomeríos están constituidos en dos grandes unidades en la cuenca. La primera se localiza casi en su totalidad en la subcuenca del río San Miguel, con altitudes promedios entre 400 y 500 m.s.n.m. Está formada por materiales aluviales y residuales y limita con la cuenca del río Purificación. El declive de esta unidad es menor a 1° 30', el área de esta es de 135 km².

La otra unidad de valle con lomeríos se encuentra mayormente en la selva baja de la cuenca límite con la selva mediana —ver mapa de uso de suelo, o el de uso potencial del suelo. Es un área de baja altitud entre 200 y 400 m.s.n.m. A diferencia de la anterior unidad no hay importantes áreas de materiales residuales o aluviales —sólo pequeñas unidades material aluvial en las riberas del río Cuitzmala. Otra diferencia son los declives dominantes de 3° a 6°. Esta unidad de valle con lomeríos es una amplia franja transversal que limita con las cuencas vecinas de los ríos Purificación y de Chamela. El área aproximada de esta segunda unidad es de 188 km².

- **Llanuras de acumulación**

Esta unidad fisiográfica es de baja altitud entre los 100 y 200 m.s.n.m., con algunas elevaciones entre 300 y 400 m.s.n.m. cerca de las divisorias de aguas. Presentan un desarrollo incipiente de valles y llanuras y por el sur limita con la planicie costera con lagunas.

La erosión fluvial del río Cuitzmala y sus afluentes —en esta unidad fisiográfica— ha originado acumulaciones de grandes volúmenes de materiales desagregados complejos, es decir, aluviones. Entonces el factor geomorfológico dominante es la erosión fluvial.

Por tanto son áreas de acumulación de los materiales erosionados, que han sido depositados en estas áreas durante eventuales tormentas. Es una franja transversal y paralela al litoral, tiene un área de 183 km², que es el 16.7% de la cuenca. A diferencia de los valles con lomeríos, las llanuras de acumulación presentan heterogeneidad en sus declives debido a que varían entre los 3° y los 24°.

- **Planicie costera con lagunas**

Esta unidad fisiográfica está sujeta a la influencia del mar, puede sufrir inundaciones periódicas y, por lo tanto, tiene problemas de drenaje en épocas de fuertes tormentas. Esto se puede comprobar por la abundancia de lagunas, ocho en total —dos lagunas

permanentes y seis estacionales. En esta red de drenaje lagunar destaca la laguna Corte de 30 hectáreas de área. Cabe indicar que estas lagunas costeras nacieron en la última glaciación hace aproximadamente 18 mil años. La elevación del nivel del mar ocasionó que el océano invadiera depresiones costeras, valles y deltas de los ríos, y generó la actual línea costera (Contreras, 1985).

En cuanto a la topografía de esta unidad fisiográfica hay dos particularidades bien definidas. Una de ellas, la franja litoral propiamente dicha de aproximadamente 12 km² y con altitudes entre los 0 y los 20 m.s.n.m., virtualmente a nivel del mar. Los límites de esta pequeña unidad van desde la margen derecha del río Cuitzmala, el estero El Rodeo, Punta Farallón, la ensenada Teopa y el mar. La segunda unidad tiene un área de 33 km² con elevaciones que van desde los 20 hasta los 100 m.s.n.m. El área total de la planicie con lagunas es de 45 km², que es el 4.11% del área total de la cuenca.

Cabe indicar que sobreponiendo el mapa fisiográfico y el mapa de declives se puede delimitar la cuenca baja y alta del río Cuitzmala, límite que pasa aproximadamente sobre los 400 m.s.n.m. Es decir, desde el punto de vista geomorfológico, la cuenca baja del río Cuitzmala inicia en el norte desde el límite entre el valle con lomeríos, las laderas intermedias y cañones con barrancas. Este límite de cuenca baja y alta coincide con el límite entre el piedemonte superior disectado con vertientes convexas y la antigua planicie costera del cretácico —explicada en el capítulo III.

8.2 FRECUENCIA DE CAUCES POR UNIDADES FISIOGRÁFICAS Y DECLIVES

Desde el punto de vista geomorfológico se han realizado sobreposiciones del mapa de declives con el mapa fisiográfico y el mapa de distribución geográfica de frecuencia de cauces. Para llegar a resultados adicionales útiles para alcanzar los objetivos de la presente investigación. Esta se plasmará en el capítulo de síntesis geográfica, en la cual se relacionará con los demás temas del marco físico de la investigación.

• Montañas altas y laderas altas

Predominan la frecuencia de cauces alta e intermedia y los declives algo escarpados mayores a 24°. El aporte de los segmentos de cauces de primer y segundo orden son elevados, en especial en las nacientes de los ríos y arroyos principales de la cuenca; ríos Jirosto y San Miguel y los arroyos el Tene, las Truchas y Sila. En estas áreas, las frecuencias mínimas de cauces por km² es de 5 cauces.

• Montañas secundarias

En esta unidad de relieve predominan las frecuencias intermedias, entre 4 y 7 cauces por km², los declives son variados: muy inclinados, algo escarpados y escarpados —entre 12° a 45°. La presencia de segmentos de cauces de primer y segundo orden se mantienen

constantes. El predominio de frecuencias de cauces intermedias indica que esta unidad se mantiene una alta densidad de cauces por km².

- **Laderas intermedias**

La unidad de frecuencia de cauces "intermedia" se intercala con frecuencia "alta" de cauces. En esta unidad, a diferencia de las dos anteriores, los declives son generalmente muy inclinados; entre 6° y 12°. Correspondiendo a laderas de valles intermedios, son áreas despobladas, inapropiadas para realizar actividades socioeconómicas,

- **Cañones y barrancas**

Esta unidad tiene predominio casi absoluto de frecuencia "intermedia" de cauces entre 4 y 7 cauces por km². Los declives son muy inclinados, algo escarpado y escarpado, es decir entre 12° y 45° de declives. Es una unidad con topografía irregular por la localización de cañones y barrancas poco profundas. En estas se incluyen pequeñas áreas llanas, correspondiendo normalmente a áreas de inundación del río Cuitzmala.

- **Valle con lomeríos**

Desde el punto de vista de frecuencia de cauces esta unidad es homogénea en el número de cauces por km². En esta predominan las frecuencias "alta" y "muy alta" de cauces. Los declives son llanos menores a 1° 30'. Por tanto, son áreas potenciales para la localización de unidades agropecuarias.

- **Llanura de acumulación**

La frecuencia de cauces en esta unidad, es predominantemente intermedia y alta. Sin embargo, es una unidad fisiográfica donde la cuenca reduce su anchura considerablemente. Como se detectó en las gráficas de confluencia y de longitud, en esta parte de la cuenca el número de cauces por número de orden es irregular. Esto facilita la formación de áreas de acumulación y los declives son variados desde suave (3°-1° 30'), moderadamente ondulado (6°-3°), muy inclinado (12°-6°) y algo escarpado (24°-12°).

- **Planicie costera con lagunas**

En esta unidad predominan las frecuencias "intermedia" y "baja" y están próximas al litoral. Los patrones de drenaje lagunar y anastomosado, no permite una densa localización de cauces. Son áreas de acumulación y predominan los materiales aluviales y material conglomerado y los declives son suaves menores a 1° 30'.

En resumen en este capítulo se han delimitado las principales unidades de relieve de la cuenca, los cuales se utilizarán como base para correlacionarlo con otros temas. El estudio fisiográfico de la cuenca se elaboró con base en los mapas: topográfico, base, altimétrico y de subcuencas. Entre las diferentes unidades de relieve destacan las unidades de valles con lomeríos y la planicie costera, siendo las áreas más pobladas de la cuenca. Como conclusión la unidad de valle con lomeríos localizado en la subcuenca del río San Miguel —que se extiende hasta la margen derecha del río Purificación—, es importante por su aptitud agropecuaria y forestal y con declives menores a $1^{\circ} 30'$. La planicie costera es importante por su alta biodiversidad en flora y fauna. En especial la parte que corresponde a la margen derecha del río Cuitzmala, el cual está dominado por el drenaje lagunar y forma parte de la reserva de la biosfera “Chamela-Cuixmala”.

CAPÍTULO IX

BALANCE HIDROLÓGICO

La geografía del agua no deja de plantear problemas para una buena administración del mismo, por ejemplo; el uso del agua para la irrigación de la cuenca. Una buena administración del agua es esencial para la estructuración del espacio y específicamente para los procesos de planeación. Para lo cual es importante cuantificar el ciclo del agua a través del balance hídrico.

9.1 CARACTERÍSTICAS DEL BALANCE HIDROLÓGICO EN LA CUENCA

Una cuenca hidrográfica es un espacio geográfico cuyos aportes hídricos son alimentados exclusivamente por las precipitaciones (Llamas, 1989). Considerando este criterio y tomando en cuenta que la distribución espacial de las precipitaciones que entran a la cuenca son diferentes, y dependen generalmente del factor topográfico, razón por la cual la subunidad de análisis es la subcuenca.

9.1.2 MÉTODO UTILIZADO PARA LOS CÁLCULOS DEL BALANCE HIDROLÓGICO

Con base en el concepto de cuenca fluvial, delimitada por líneas divisorias de aguas, donde queda comprendida una corriente principal y todos sus afluentes (Lugo, 1989), se han estimado balances hidrológicos a nivel de subcuenca. Para los fines que se tiene se ha considerado los límites de subcuencas.

Entonces el análisis del balance hidrológico se inicia a nivel de subcuenca y en base al cuadro 1 de principales subcuencas —que incluye información de áreas por cada subcuenca y conjunto de subcuencas pequeñas. En éstas se seleccionaron a las principales según el criterio de orden de cauces y agrupando al resto —ver mapa de subcuencas. En la cuenca hay una estación hidrométrica y climática —información de precipitación y temperatura de 20 años—, localizada en la región costera. Con los datos de esta estación se ha elaborado el balance hidrológico para esta unidad espacial —conjunto de subcuencas pequeñas e interfluvios de la margen derecha del río Cuitzmala— y al estar localizado cerca de la desembocadura del río Cuitzmala se pueden hacer correlaciones, en razón de que la desembocadura es un reflejo de lo que pasa en las partes medias y altas de la cuenca. Para el resto de la superficie de la cuenca se han estimado los balances hidrológicos a través del cálculo de precipitación media por el método de isoyetas, el cual se presenta en el mapa de climas. Entonces, para obtener el volumen de agua de lluvia en cada área se determinó a partir de los valores medios de una subcuenca o conjunto de subcuencas de áreas pequeñas con menores números de orden. Se complementó con la información de isotermas y porcentajes de escurrimiento a escala 1: 250 000 —ver mapa de escurrimientos. Los coeficientes de escurrimiento para las subcuencas se ajustaron siguiendo los criterios de declives, tipo de roca y

cobertura vegetal. Los datos de temperaturas utilizados en los balances hidrológicos, son el resultado de los ajustes realizados a las isotermas mediante el cálculo de temperaturas, usando el método de gradiente térmico.

De esta manera, se han elaborado 21 balances hidrológicos que pueden considerarse hasta cierto punto regionales y con un resultado aproximado al comportamiento medio reflejado en el escurrimiento registrado en la estación hidrométrica Cuitzmala. Entonces el balance de agua de toda la cuenca tiene un carácter general y se ha correlacionado estos resultados con la información de volúmenes de escurrimientos de la estación hidrométrica Cuitzmala.

El balance hidrológico global de la cuenca es un aproximado y producto de la sumatoria de los balances hidrológicos elaborados para cada subcuenca.

- **Ecuaciones, fórmulas y parámetros empleados**

Para el cálculo de los balances hidrológicos se han utilizado las siguientes fórmulas:

$$\text{PRECIPITACIÓN (P)} = \text{EVAPOTRANSPIRACIÓN (ET)} + \text{ESCURRIMIENTO (R)} + \text{INFILTRACIÓN (I)}$$

Volumen de la precipitación (VP) = Área de la unidad x lámina de lluvia en mm

ESCURRIMIENTO (R) = Porcentaje de escurrimiento

Volumen del escurrimiento (VR) = Área de la unidad x lámina de escurrimiento en mm

EVAPOTRANSPIRACIÓN (ET): Se utilizó la fórmula de Turc:

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

$$\text{Parámetro térmico (L)} = 300 + 25 T + 0.05 T^3$$

donde: ET = Evapotranspiración
P = Precipitación
L = Parámetro térmico
T = Temperatura en °C

Volumen de Evapotranspiración = Área de la unidad x lámina de evapotranspiración en mm

INFILTRACIÓN (I) = $P - (ET + R)$

Volumen de infiltración = Área de la unidad x lamina de infiltración en mm

9.2 BALANCE HIDROLÓGICO

En base a la información anteriormente descrita se ha preparado balances hidrológico, previamente se ha cuantificado las variable del balance a nivel de subcuenca. Es decir, la precipitación, escurrimiento, evapotranspiración e infiltración. A continuación se presenta el análisis de cada variable del balance hidrológico:

Cuadro 11
Precipitación por subcuencas

<i>Subcuencas</i>	<i>Area en km²</i>	<i>Precipitación en mm (2)</i>	<i>Volumen de precipitación en miles de m³</i>
	<i>(1)</i>		<i>(1) x (2)</i>
I. Río Jirosto	204.0	1,350	275,400
II. Río San Miguel	219.0	1,350	295,650
III. <i>PRINCIPALES ARROYOS M.D.</i>			
3.1 Tene	65.0	1,375	89,375
3.2 Paso Hondo	24.0	1,370	32,880
3.3 El Cuate	36.0	1,125	40,500
3.4 El Muerto	15.5	1,100	17,205
3.5 Las Yeguas	8.5	1,050	8,925
3.6 Las Truchas	128.0	1,000	128,000
3.7 El Caimán	33.0	890	29,370
IV <i>PRINCIPALES ARROYOS M.I.</i>			
4.1 Sila	59.0	1,170	69,030
4.2 El Tepetate	19.0	1,130	21,470
4.3 El Tesmo	17.5	970	16,975
V <i>CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS M.D.</i>			
A	37.5	1,125	42,188
B	14.5	1,120	16,240
C	7.5	1,000	7,500
D	14.0	940	13,160
VI <i>CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS COSTEROS M.D.</i>			
E	44.5	*795	35,378
VII <i>CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS M.I.</i>			
F	47.5	1,200	57,000
G	22.0	1,100	24,200
H	24.0	1,000	24,000
VIII <i>CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS COSTEROS M.I.</i>			
I	56.0	*795	44,520
Total	1,096.0	22,965	1'288,966

* Dato de la Estación hidrométrica Cuitzmala

M.D = Margen derecha del río Cuitzmala
M.I = Margen izquierda del río Cuitzmala

Cuadro 12
Escurreimientos

<i>Subcuencas</i>	<i>Area en km²</i> <i>(1)</i>	<i>Precipitación en mm</i> <i>(2)</i>	<i>Coef. de R en mm</i> <i>(3)</i>	<i>Lámina R en mm</i> <i>(4)</i>	<i>Volumen de escurrimiento en miles de m³</i> <i>(1) x (4)</i>
I Río Jirosto	204.0	1,350	20.0	270.00	55,080.0
II Río San Miguel	219.0	1,350	18.6	251.50	55,080.0
<i>III PRINCIPALES ARROYOS M.D.</i>					
3.1 Tene	65.0	1,375	20.0	275.00	17,875.0
3.2 Paso Hondo	24.0	1,370	20.0	274.00	6,576.0
3.3 El Cuate	36.0	1,125	12.0	135.00	4,860.0
3.4 El Muerto	15.5	1,100	12.0	133.20	2,064.6
3.5 Las Yeguas	8.5	1,050	10.0	105.00	892.5
3.6 Las Truchas	128.0	1,000	8.0	80.00	10,240.0
3.7 El Caimán	33.0	890	7.5	66.75	2,202.75
<i>IV PRINCIPALES ARROYOS M.I.</i>					
4.1 Sila	59.0	1,170	10.0	117.00	6,903.00
4.2 El Tepetate	19.0	1,130	10.0	113.00	2,147.00
4.3 El Tesmo	17.5	970	8.0	77.60	1,358.00
<i>V CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS M.D.</i>					
A	37.5	1,125	15.0	168.75	6,328.12
B	14.5	1,120	8.0	89.60	1,299.20
C	7.5	1,000	8.0	80.00	600.00
D	14.0	940	6.5	61.10	855.40
<i>VI CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS M.D.</i>					
E	44.5	*795	3.0	23.85	1,061.33
<i>VII CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS M.I.</i>					
F	47.5	1,200	15.0	180.0	8,550.00
G	22.0	1,100	10.0	110.0	2,420.00
H	24.0	1,000	7.5	75.0	1,800.00
<i>VIII CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS COSTEROS M.I.</i>					
I	56.0	*795	3.0	23.85	1,335.60
Total	1,096.0	22,965		3,437.3	189,528.5

* Dato de la Estación hidrométrica Cuitzmala

M.D = Margen derecha del río Cuitzmala

M.I = Margen izquierda del río Cuitzmala

R = Escurreimientos

Coef. = Coeficiente

Cuadro 13
Evapotranspiración

<i>Subcuencas</i>	<i>Area en km²</i> <i>(1)</i>	<i>Precipitación en mm</i> <i>(2)</i>	<i>Temperatura en °C</i> <i>(3)</i>	<i>Evapotranspiración en mm</i> <i>(4)</i>	<i>Volumen de evapotransp. en miles de m³</i> <i>(1) x (4)</i>
I Río Jirosto	204.0	1,350	24.0	1,060.72	216,386.88
II Río San Miguel	219.0	1,350	24.0	1,062.72	232,297.68
<i>III PRINCIPALES ARROYOS M.D.</i>					
3.1 Tene	65.0	1,375	24.6	1,091.59	70,953.35
3.2 Paso Hondo	24.0	1,370	24.6	1,089.33	26,144.16
3.3 El Cuate	36.0	1,125	25.2	978.14	35,213.04
3.4 El Muerto	15.5	1,100	25.2	969.21	15,022.75
3.5 Las Yeguas	8.5	1,050	25.8	943.34	8,018.39
3.6 Las Truchas	128.0	1,000	25.8	910.07	116,488.96
3.7 El Caimán	33.0	890	25.0	822.07	27,128.31
<i>IV PRINCIPALES ARROYOS M.I.</i>					
4.1 Sila	59.0	1,170	25.2	1,004.26	59,251.34
4.2 El Tepetate	19.0	1,130	25.2	981.10	18,640.90
4.3 El Tesmo	17.5	970	25.08	889.48	15,565.90
<i>V CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFL. M.D.</i>					
A	37.5	1,125	24.0	950.84	35,656.50
B	14.5	1,120	25.2	975.18	14,140.11
C	7.5	1,000	25.8	910.07	6,825.52
D	14.0	940	26.0	874.37	12,241.18
<i>VI CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFL. M.D.</i>					
E					
<i>VII CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS M.I.</i>					
F	44.5	*795	25.0	752.18	33,472.01
G	47.5	1,200	24.9	1,013.61	48,146.47
H	22.0	1,100	25.8	975.34	21,457.48
<i>VIII CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS COSTEROS M.I.</i>					
I	56.0	*795	25.0	752.18	42,122.08
Total	1,096.0	22,965		19,913.88	1'077,014.69

* Dato de la Estación hidrométrica Cuitzmala

M.D = Margen derecha del río Cuitzmala

M.I = Margen izquierda del río Cuitzmala

Cuadro 14
Infiltración

<i>Subcuencas</i>	<i>Área en km² (1)</i>	<i>Evapotrans- piración en mm (3)</i>	<i>Lámina de R en (4)</i>	<i>Infiltraci- ón en mm</i>	<i>Volumen de infiltración en miles m³</i>
I Río Jirosto	204.0	1,060.72	270.0	19.28	3,933.12
II Río San Miguel	219.0	1,062.72	337.5	19.28	4,222.32
III <i>PRINCIPALES ARROYOS M.D.</i>					
3.1 Tene	65.0	1,91.59	275.0	8.41	546.65
3.2 Paso Hondo	24.0	1,089.33	274.0	6.67	160.08
3.6 El Cuate	36.0	978.14	135.0	11.86	426.96
3.7 El Muerto	15.5	969.21	133.2	7.59	117.64
3.8 Las Yeguas	8.5	943.34	105.0	1.66	14.11
3.9 Las Truchas	128.0	910.07	80.0	9.93	1,271.04
3.7 El Caimán	33.0	822.07	66.75	1.18	38.94
IV <i>PRINCIPALES ARROYOS M.I.</i>					
4.1 Sila	59.0	1,004.26	117.0	48.74	2,875.66
4.2 El Tepetate	19.0	981.10	113.0	35.90	682.10
4.3 El Tesmo	17.5	889.48	77.6	2.92	51.10
V <i>CONJUNTO DE SUBCUENC. PEQUEÑAS E INTERFL. M.D.</i>					
A					
B	37.5	950.84	168.75	5.41	202.87
C	14.5	975.18	89.6	55.22	800.69
D	7.5	910.07	80.0	9.93	74.47
VI <i>CONJUNTO DE SUBCUENC. PEQUEÑAS E INTERFL. M.D.</i>	14.0	874.37	61.1	4.53	63.42
E					
VII <i>CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS M.I.</i>	44.5	752.18	23.85	18.97	844.16
F					
G	47.5	1,013.61	180.0	6.39	303.52
H	22.0	975.34	110.0	14.66	322.52
VIII <i>CONJUNTO DE SUBCUENC. PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS COSTEROS M.I.</i>	24.0	910.07	75.0	14.93	358.32
I	56.0	752.18	23.85	18.97	1,062.32
Total	1,096.0	19,913.88	3,437.30	322.43	18,372.01

* Dato de la Estación hidrométrica Cuitzmala

M.D = Margen derecha del río Cuitzmala R = Escurrimiento

M.I = Margen izquierda del río Cuitzmala

Cuadro 15
Balance hidrológico por subcuenca en porcentaje

<i>Subcuencas</i>	<i>Area en km²</i>	<i>P %</i>	<i>ET %</i>	<i>R %</i>	<i>I %</i>
I Río Jirosto	204.0	100.00	78.57	20.0	1.43
II Río San Miguel	219.0	100.00	78.57	20.0	1.43
<i>III PRINCIPALES ARROYOS M.D.</i>					
3.1 Tene	65.0	100.00	79.39	20.0	0.61
3.2 Paso Hondo	24.0	100.00	79.51	20.0	0.49
3.3 El Cuate	36.0	100.00	86.95	12.0	1.05
3.4 El Muerto	15.5	100.00	87.32	12.0	0.68
3.5 Las Yeguas	8.5	100.00	89.84	10.0	0.16
3.6 Las Truchas	128.0	100.00	91.00	8.0	1.00
3.7 El Caimán	33.0	100.00	92.37	7.5	0.13
<i>IV PRINCIPALES ARROYOS M.I.</i>					
4.1 Sila	59.0	100.00	85.83	10.0	4.17
4.2 El Tepetate	19.0	100.00	86.82	10.0	3.18
4.3 El Tesmo	17.5	100.00	91.70	8.0	0.30
<i>V CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFL. M.D.</i>					
A	37.5	100.00	84.52	15.0	0.48
B	14.5	100.00	87.07	8.0	4.93
C	7.5	100.00	91.00	8.0	1.00
D	14.0	100.00	93.01	6.5	0.49
<i>VI CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFL. M.D.</i>					
E	44.5	100.00	94.61	3.0	2.39
<i>VII CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS M.I.</i>					
F	47.5	100.00	84.47	15.0	0.52
G	22.0	100.00	88.67	10.0	1.33
H	24.0	100.00	91.00	7.5	1.50
<i>VIII CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS COSTEROS M.I.</i>					
I	56.0	100.00		3.0	2.39
Total	1,096.0				

* Dato de la Estación hidrométrica Cuitzmala

M.D = Margen derecha del río Cuitzmala

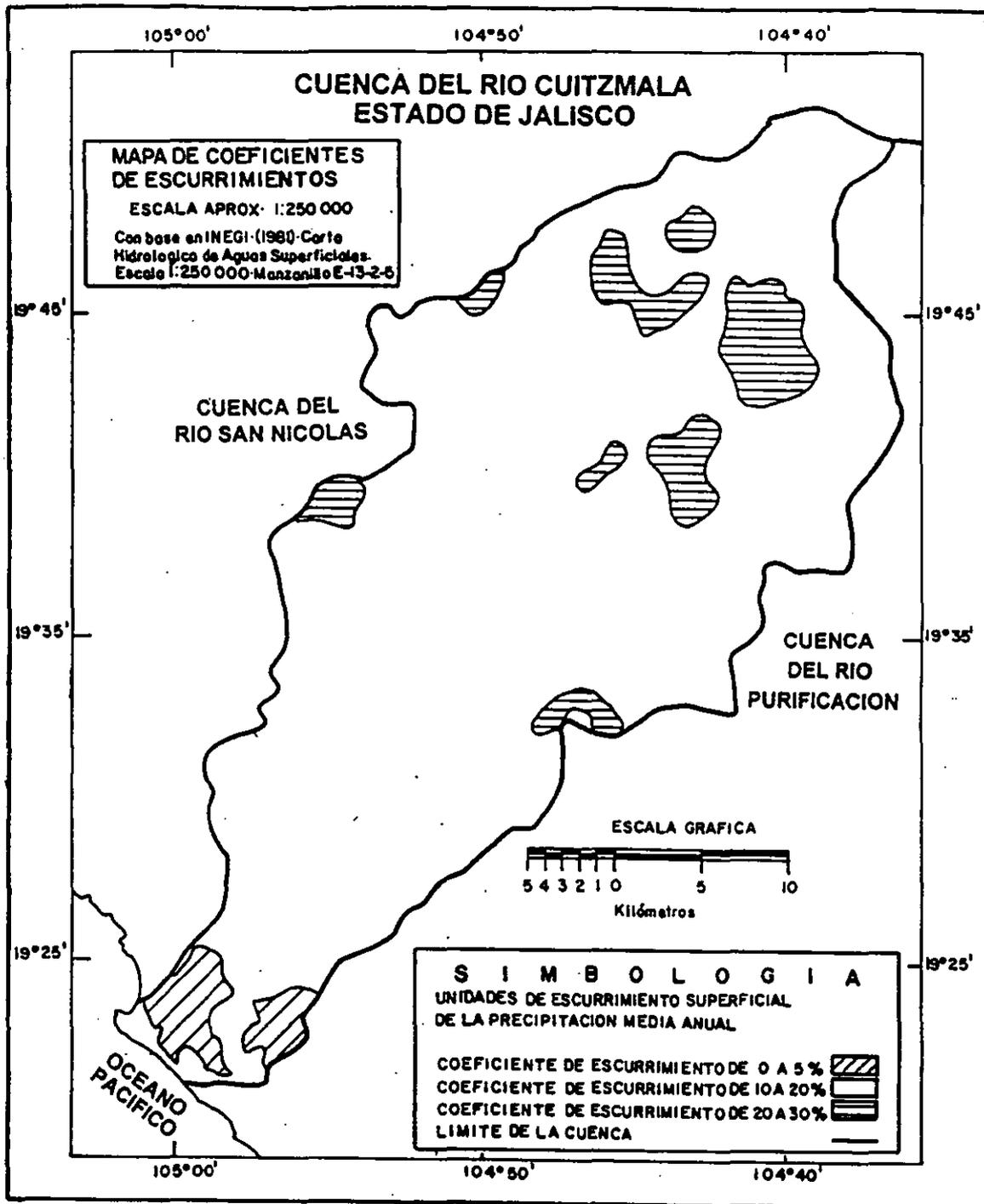
M.I = Margen izquierda del río Cuitzmala

P = Precipitación

ET = Evapotranspiración

I = Infiltración

R = Escurrimiento



Cuadro 16
Balance hidrológico global de la
cuenca del río Cuitzmala

	<i>Lámina en mm</i>	<i>Volumen en miles m³</i>	<i>Porcentaje</i>
Precipitación	22,965.00	1'288,966	100.00
Evapotranspiración	19,913.88	1'077,014.64	83.70
Escurrimiento	3,477.30	189,528.50	14.80
Infiltración	322.43	18,372.01	1.50

Comparando el resultado del volumen de escurrimiento del balance global para la cuenca, $189,528.50 \times 10^3 \text{ m}^3$, con el dato global de escurrimiento registrado por la estación hidrométrica Cuitzmala — $263,305 \times 10^3 \text{ m}^3$ para el periodo 1972-1981— se tiene una diferencia del 28%. Esta diferencia se explica de la siguiente manera: los periodos de registro utilizados en la elaboración de la carta de aguas superficiales del INEGI deben de ser diferentes al período de registro de la estación.

Con base en el balance hidrológico global de la cuenca se tiene que en el sector de la desembocadura —ubicado en el conjunto de subcuencas pequeñas e interfluvios costeros— recepciona el 14.8% de los escurrimientos totales de la cuenca.

Los balances hidrológicos indican que domina la alta evapotranspiración — 83.70 %. La alta evapotranspiración se debe básicamente a las altas temperaturas y alta radiación solar (ver capítulo de climas) virtualmente en toda la cuenca. La variable que marca la diferencia en los niveles de evapotranspiración es la precipitación. Conforme se incrementa los niveles de lámina precipitada disminuye la evapotranspiración, sin embargo, se mantiene la alta evapotranspiración.

El suelo de cuenca se humecta debido a dos factores fundamentales, el primero debido a que en la cuenca llueve siete meses al año, de junio a diciembre aproximadamente, y con mayor intensidad los meses de julio, agosto y septiembre. Un indicador importante de esta situación física de la cuenca es el dominio de la vegetación de selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia.

El segundo factor es la localización de importantes áreas de acuíferos en la —subcuenca del río San Miguel— y el litoral que permiten humectar el suelo por capilaridad. Conviene recordar que hay una importante unidad de calizas, en las partes altas de la cuenca, correspondiendo a un área de recarga siendo de particular importancia el área con altas probabilidades de agua subterránea de material residual (ver capítulo hidrografía, aguas subterráneas). Esta última es una unidad geohidrológica de 242 km^2 , localizada mayormente en la cuenca del río Purificación (cuenca vecina). Sólo 23 km^2 de esta unidad se localiza en la cuenca del río Cuitzmala, sin embargo, es homogénea en topografía con áreas contiguas de la cuenca del río Purificación. Esta unidad

geohidrológica se localiza en una enorme área de valle con lomeríos (ver unidades fisiográficas de la cuenca) y de material residual.

El área total aproximada de acuíferos en la cuenca y áreas vecinas es de 300 km², de los cuales 58.5 km² se localizan en la cuenca. Se considera que esta enorme recarga de acuíferos abastece de agua por infiltración a los suelos de la parte baja de la cuenca. Conviene recordar que hay una época de secas en la región costera (en general en toda la cuenca), empieza en el mes de enero y termina en mayo. Un indicador importante de esta estación seca permanente es el predominio de la selva baja caducifolia.

Los estudios realizados por SARH, UNAM y Fundación Ecológica Cuixmala, en el área de lagunas —ver patrones de drenaje— confirman la existencia de abundante vegetación (acuática) e hidrófila y es refugio de fauna en extinción —Reserva de la Biosfera “Chamela-Cuixmala”—. Confirmando a su vez, la alta factibilidad de haber acuíferos en la margen derecha del río Cuitzmala próximo al mar.

La temperatura tiene en general un comportamiento homogéneo, en promedio 24 °C a 26 °C en la mayor parte de la cuenca. Sólo en las áreas de montañas altas las temperaturas disminuyen a 22 °C.

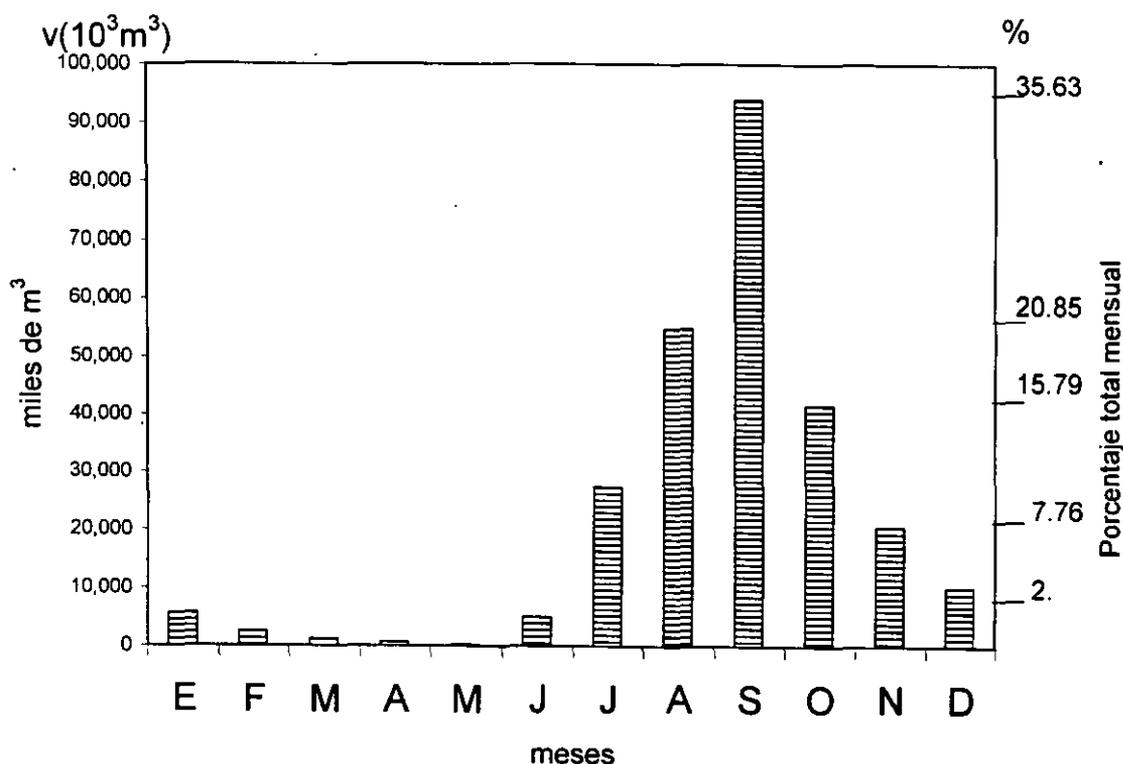
La alta radiación solar en la cuenca y durante todo el año, explican la alta evapotranspiración. Asimismo, representa un potencial de energía solar que puede ser aplicado al medio rural para su aprovechamiento en actividades productivas. Es muy importante este recurso porque se puede adecuar esta energía a tecnologías de bajo costo y sería muy útil para las localidades rurales de la cuenca.

9.3 RELACIÓN ENTRE RADIACIÓN SOLAR, TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN Y ESCURRIMIENTOS

La radiación solar es un proceso físico por medio del cual se transmite la energía en forma de ondas electromagnéticas. Es decir, hay una relación directa entre temperatura y radiación solar, las cuales se pueden comparar a través del Cuadro 8 de radiación solar total y la Gráfica 4 de temperatura y precipitación. La temperatura promedio anual de la planicie costera es de 25 °C y es alta, siendo los meses con mayores temperaturas; junio, julio, agosto, septiembre y octubre. Los mayores niveles de radiación solar también se efectúan durante esos meses y son mayores a 425 cal/cm²/día. De igual modo, los mayores niveles de lámina precipitada se efectúan durante esos meses, ver Gráfica 4, es decir, durante junio, julio, agosto, septiembre, octubre y decayendo en los meses de noviembre y diciembre. Si observamos la Gráfica 8 de gastos medio mensuales de escurrimiento, también éstos son mayores en los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre. Los volúmenes de escurrimiento medio mensual, Gráfica 7, también siguen similar comportamiento durante esos meses. En los meses de noviembre y diciembre, siempre en la planicie costera, también las normales de temperatura, radiación solar, precipitación, escurrimientos y gastos siguen similar comportamiento, pero en forma secundaria, es decir, en menor grado.

Entonces, se puede afirmar que aproximadamente durante seis a siete meses del año hay precipitaciones en la región costera. Se estima, según las isoyetas e isotermas, igual comportamiento para las demás partes de la cuenca. Es decir, desde enero hasta mayo, es temporada de secas en la región costera.

Esta integración de resultados de temperatura, radiación solar, precipitación y escurrimientos explican la alta evapotranspiración en la región costera. En las demás partes de la cuenca también la evapotranspiración es alta, por tanto, deben seguir similar comportamiento. En estas áreas se desconoce los meses con mayores niveles de precipitación, debido a ausencia de una estación hidrométrica o climática. Esta situación de escasez de estaciones hidrométricas que se explicó en la metodología, impiden realizar análisis de detalles en las partes medias y altas de la cuenca.



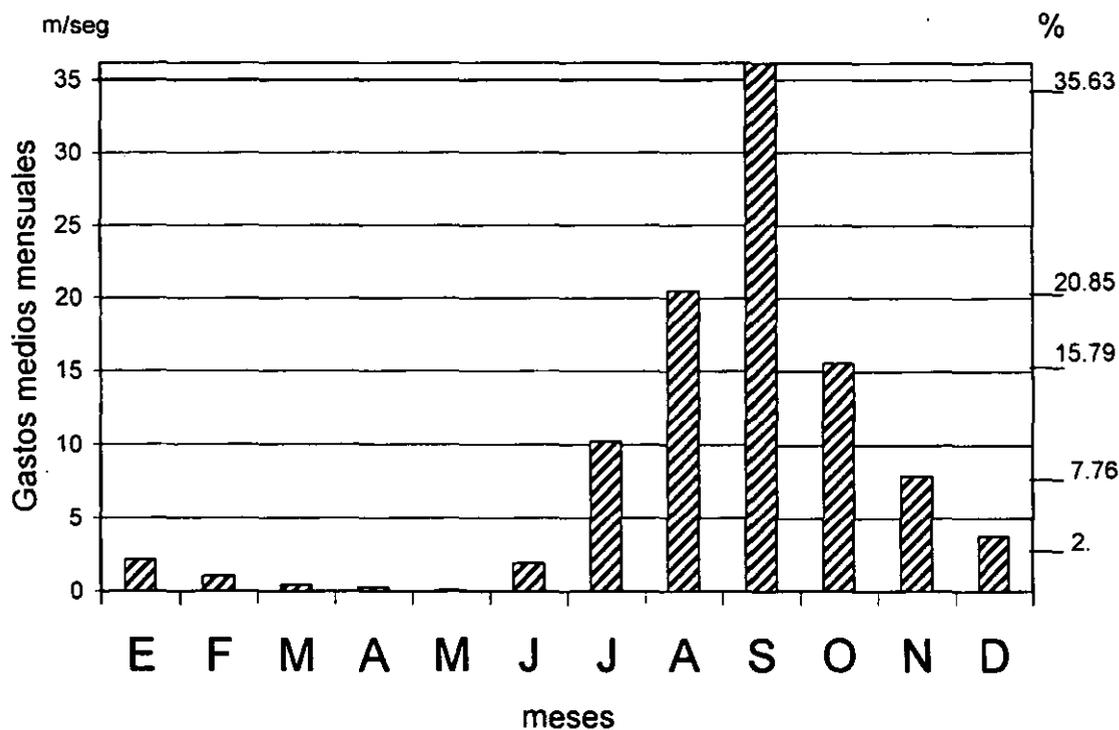
Fuente: Comisión Nacional del Agua. SRH 1994.

Gráfica 7. Volúmenes de escurrimiento medio mensual, Estación hidrométrica Cuitzmala, 1972-1981.

Cuadro 17.
Volúmenes de escurrimiento medio mensual y anual (10^3 m^3), Estación Hidrométrica Cuitzmala

<i>Año/mes</i>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
1972	9.911	4.047	1.542	754	258	10.397	18.258	25.068	51.894	26.993	45.331	19.081	213.533
1973	8.099	4.752	3.287	1.743	891	2.349	15.761	78.132	98.985	87.427	41.861	12.397	355.684
1974	5.638	2.497	1.338	399	422	6.949	9.851	55.360	158.439	38.524	13.375	9.791	302.581
1975	7.136	2.578	1.001	488	193	7.039	30.692	65.774	93.455	27.263	12.541	6.588	254.748
1976	2.664	833	284	40	0	6.021	47.861	47.549	58.587	32.849	25.920	22.775	245.384
1977	7.857	3.178	1.785	2.092	316	10.064	32.991	94.985	62.985	45.556	16.269	9.858	287.936
1978	3.748	1.895	876	175	0	5.424	51.144	41.997	135.532	51.407	13.403	6.827	312.429
1979	3.225	1.468	682	239	14	0	27.588	30.598	83.085	11.117	3.863	2.133	164.012
1980	1.343	707	38	0	0	1.021	11.630	50.588	98.149	35.532	13.762	3.656	216.426
1981	7.281	2.201	803	146	0	0	28.369	58.956	97.027	58.961	18.096	8.475	280.316
Media	5.670	2.416	1.164	608	209	4.926	27.414	54.901	93.814	41.563	20.442	10.158	263.305
%	2.16	0.92	0.44	0.23	0.08	1.87	10.41	20.85	35.63	15.79	7.76	3.86	100%

Fuente: Comisión Nacional del Agua. SRH 1994.



Gráfica 8. Gastos medios mensuales de escurrimientos, Estación Hidrométrica Cuitzmala, 1972-1981.

CAPÍTULO X

POBLACIÓN

En las últimas dos décadas, la tendencia en los sistemas urbanos de México es hacia la dispersión y redistribución del crecimiento de la población de las áreas urbanas. El rasgo principal de estos cambios es la tendencia a la desconcentración urbana (Aguilar y Grazbord, 1992). Los estudios sobre desconcentración urbana en México se basan en análisis comparativos de datos de población y empleo, tomados de los censos de población de 1970 y 1990, para el conjunto de localidades mayores de 15 mil habitantes.

Estos estudios concluyen que hay una pérdida de capacidad de empleo en el sector industrial de las grandes ciudades y una creciente importancia de este sector económico en las ciudades medianas y pequeñas.

Las localidades de la cuenca son muy pequeñas, en total con 6,000 habitantes y por lo tanto, es una región eminentemente rural. Sin embargo, estas localidades están influenciadas económicamente por el subsistema urbano Guadalajara-Ciudad Guzmán-Manzanillo. Específicamente a través de la cercanía de las ciudades intermedias de Autlán de Navarro, Manzanillo y Puerto Vallarta.

10.1 SUBSISTEMA URBANO

Según el sistema de ciudades y distribución espacial de la población en México (1991) preparado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), incluye en este subsistema —Guadalajara-Ciudad Guzmán-Manzanillo— a las ciudades intermedias de Puerto Vallarta, Manzanillo y Autlán de Navarro. Las localidades de la cuenca están relacionadas directamente con estas ciudades por su relativa cercanía y acceso de regular a bueno a través de la carretera federal No. 80 y la carretera federal No. 200 —ambas pavimentadas, ver mapa de ubicación regional. Se considera que las localidades de la cuenca se comunican con éstas ciudades para cubrir los déficits en equipamiento de salud, educativo, servicios, etc. Se presenta la totalidad de los municipios de este subsistema urbano a fin de conocer la totalidad de los flujos económicos que pueden tener las localidades de la cuenca —por ejemplo, la población de localidades de la costa de la cuenca se pueden transportar por carretera hasta Guadalajara en seis horas. Los municipios y población de este subsistema, según el censo de 1990, son los siguientes:

Cuadro 19
Subsistema urbano Guadalajara-Ciudad Guzmán-Manzanillo

<i>Municipio</i>	<i>Población 1990</i>	<i>Porcentaje</i>
Ameca	54,555	2.32
Autlán de Navarro	46,747	2.00
Ciudad Guzmán	74,068	3.16
Colima	116,505	4.97
Guadalajara	1'650,205	70.37
Lagos Moreno	106,157	4.53
Manzanillo	92,863	3.96
Puerto Vallarta	111,457	4.75
Tepatitlan	92,395	3.94
Población total	2'344,952	100.00

Este cuadro permite conocer la distribución territorial de la población de este subsistema urbano, el cual es el principal del estado de Jalisco, e incluye a los municipios de Manzanillo y Colima, ambos pertenecientes al estado de Colima. Las localidades de las partes medias y altas de la cuenca, tienen influencia económica más fuerte con el municipio de Autlán Navarro, básicamente por accesibilidad y relativa cercanía. Los poblados de la cuenca localizados en la región costera tienen mayor influencia económica con los municipios de Manzanillo y Puerto Vallarta, también por cercanía y accesibilidad.

Según el Plan Estatal de Desarrollo para el estado de Jalisco 1995-2001, la atracción migratoria hacia la zona metropolitana de Guadalajara ha comenzado a declinar. Este fenómeno se ha visto acompañado por el crecimiento de las ciudades de tamaño intermedio, y particularmente las ciudades del subsistema. Uno de los objetivos de este plan es precisamente desacelerar el crecimiento de la zona metropolitana de Guadalajara. Una de sus líneas de acción es la reasignación regional de la inversión pública hacia las ciudades del subsistema concernientes a mejoras en el equipamientos urbano.

Lamentablemente la información estadística de migración se encuentra a nivel de municipio y no es recomendable hacer estimaciones de migración para las localidades de la cuenca. Asimismo, es secundaria la información de migración de acuerdo con los objetivos de la investigación. Se considera que la migración de la población de la cuenca hacia la zona metropolitana de Guadalajara no es relevante debido al desempleo y los altos costos de vivienda y transporte. Por lo cual, se induce que esta población opta por migrar hacia el resto de los municipios del subsistema. No se está descartando la migración hacia la zona metropolitana de la Ciudad de México, otras áreas metropolitanas o el exterior, se está considerando la migración más factible en una región poco desarrollada.

Se considera que la población que emigra hacia ciudades intermedias antes enunciadas, se localizan en las partes medias y altas de la cuenca. De acuerdo con el trabajo de campo realizado en junio de 1999, no se considera que la emigración sea elevada y se estima que el factor principal sea el educativo (nivel medio-superior y superior). Esto se debe a que actualmente, las localidades de la costa están mostrando un significativo dinamismo, asimismo, las localidades de la subcuenca del río San Miguel tienen mercados cercanos donde ofertan sus mercancías.

Desde 1990 las localidades de la costa muestran un importante dinamismo caracterizado por la inmigración de población de estados contiguos a Jalisco. A raíz del auge del turismo en playas contiguas o cercanas al área de estudio —ejemplo: playa Careyes, Melaque, entre otros—, las cuales han generado empleos para actividades secundarias —como la construcción— y en servicios. La creación de la reserva de la biosfera “Chamela-Cuixmala” en diciembre de 1993, a cargo de la Fundación Cuixmala y la UNAM, también ha generado empleos para mano de obra no calificada y calificada. La instalación de estas instituciones requiere de la construcción de viviendas y oficinas, mantenimiento de vehículos y equipos diversos, demanda de alimentos, vigilancia, mantenimiento de aeropuertos locales, mantenimiento de las brechas de acceso, etc.

Otro ejemplo de la inmigración hacia las localidades costeras de la cuenca —Emiliano Zapata, Francisco Villa y Cuitzmala—, según fuentes orales, fue el conflicto de tierras que se produjo a principios de los noventa, entre nuevos y antiguos colonos. Estos inmigrantes requerían de tierras para construcción de viviendas y áreas agrícolas de temporal. Actualmente, un indicador importante del dinamismo de estas localidades es el incremento de la demanda para rentar viviendas, habitaciones o “posadas” a trabajadores inmigrantes.

No es objetivo de esta investigación profundizar en estas conclusiones de la situación socioeconómica de las localidades vecinas de la cuenca y de inmigración de población de localidades lejanas. Sin embargo, los conocimientos general y regional son útiles para estimar las perspectivas de desarrollo económico.

10.2 LOCALIDADES VECINAS A LA CUENCA

Como se señaló anteriormente, la cuenca del río Cuitzmala colinda con dos grandes cuencas: la cuenca del río San Nicolás y la del río Purificación. Las localidades de la cuenca del río San Nicolás se encuentran alejadas de las localidades del área de estudio, y con el único acceso bueno por el litoral a través de la carretera federal pavimentada. Por lo cual, es muy débil la conexión entre las localidades de estas dos cuencas. Todo lo contrario sucede entre los poblados de la cuenca con las localidades de cuenca del río Purificación. La accesibilidad entre estas localidades es de regular a buena —ver mapa de ubicación regional— y próximo a poblados importantes en las márgenes del río Purificación.

Esta distribución de localidades de la cuenca “vecina” del río Purificación y la cercanía con las localidades de la cuenca se visualizan en el mapa de ubicación regional. También se observa la infraestructura vial que permite el acceso hacia la cabecera municipal de Villa Purificación (cuenca del río Purificación) la cual se localiza relativamente cerca a las localidades de la subcuenca del río San Miguel. A través de esta infraestructura vial hay acceso hacia la ciudad intermedia de Autlán de Navarro, la cual también se puede observar en el mapa de ubicación regional.

Estas localidades vecinas pertenecen a los municipios de La Huerta, Villa Purificación y Casimiro Castillo. Se está considerando a las localidades de mayor población y con equipamiento urbano y que representan mercados para las localidades medias y altas de la cuenca —en especial los localizados en la subcuenca del río San Miguel, por su relativa cercanía con la vecina cuenca del río Purificación. La relación y población total de estas localidades se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 20
Principales localidades vecinas a la cuenca

<i>Municipio</i>	<i>Localidad</i>	<i>Población 1990</i>
La Huerta	La Huerta	5,892
La Huerta	Miguel Hidalgo	538
Casimiro Castillo	Casimiro Castillo	10,540
Casimiro Castillo	Hermenegildo Galeana	3,889
Villa Purificación	Purificación	4,297

Observando el cuadro, el tamaño de población de estas localidades es mucho mayor que las localidades de la cuenca del río Cuitzmala. Comparando el total de la población de la cuenca que es 6,000 habitantes con el total de población de las localidades vecinas, encontramos grandes diferencias, por ejemplo la localidad de Casimiro Castillo (cabecera municipal) con 10,540 habitantes es mayor que el total de la población de la cuenca.

Lo positivo de esta realidad es que las localidades de la cuenca tienen mercados potenciales donde ofertar sus excedentes de producción agropecuaria, asimismo, permiten el acceso hacia la ciudad intermedia de Autlán de Navarro. Lo negativo es por ejemplo, la sobreexplotación forestal por parte de unidades productivas de estas localidades vecinas, debido a su mayor desarrollo.

10.3 LOCALIDADES DE LA CUENCA

Como se mencionó en capítulos anteriores, los poblados de la cuenca pertenecen a los municipios de la Huerta —municipio costero— y Villa Purificación. Los límites de estos dos municipios en la cuenca no siguen una línea natural como una divisoria de aguas, o algún límite territorial por vegetación, unidades del relieve, etc. Para evitar que este

límite político no permita realizar las correlaciones geográficas se presenta este límite en el mapa de uso potencial del suelo en capítulo de síntesis geográfica. Como se mencionó en la metodología de la investigación, la accesibilidad a la cuenca en general es mala, la comunicación interna es a través de brechas. Asimismo, la escasa población y muy pequeñas áreas de agricultura de riego, indican que el área de estudio es poco desarrollada.

En el cuadro adjunto se presenta la relación de localidades de la cuenca y se agrupan por municipio. Este cuadro sintetiza los aspectos socioeconómicos de la cuenca, con lo cual se llega a las siguientes conclusiones. Las localidades más importantes son Emiliano Zapata con 722 habitantes, Francisco Villa con 627 y San Miguel con 559. Las dos primeras, son localidades que están conurbadas, localizadas próximas al litoral y en la margen izquierda del río Cuitzmala (juntos tienen 1,379 hab.). Se localizan contiguas a la única carretera pavimentada (federal No. 200). Otro indicador importante es que son poblaciones con mayor PEA ocupada en el sector secundario y terciario, sin embargo, — al igual que las demás localidades de la cuenca— la PEA en el sector primario es alta — aproximadamente 30%. Próximo a estas localidades se encuentra el poblado de Cuitzmala, sobre la margen derecha del río Cuitzmala y con 159 habitantes. Con base en el trabajo de campo, esta población costera combina actividades primarias con terciarias. Es decir, la mayor parte de las familias tienen un área de cultivo de temporal contiguo a su vivienda. Destacando los siguientes cultivos: papaya, tomate, maíz, mango y en menor grado frijol. Adicionalmente, tienen ganado para autoconsumo. Se ha notado déficit en equipamiento educativo y de salud, indicando el incremento espontáneo de la inmigración. Este déficit en equipamiento urbano, en parte está superado por la relativa cercanía de ciudades intermedias como Puerto Vallarta, Manzanillo y Autlán de Navarro.

La última localidad importante —por el tamaño de población y la PEA con respecto a las demás— es San Miguel, se localiza sobre la margen izquierda del río San Miguel y próxima a la confluencia con los ríos: Cuitzmala y Jirosto. San Miguel es un pequeño centro motriz, que integra a pequeños poblados localizados en las márgenes del río del mismo nombre y el río Jirosto —con poblaciones en promedio entre 200 a 350 habitantes. Se puede decir que es un “micro-sistema” de localidades rurales. Estas pequeñas localidades se encuentran próximas a algunas de mayor desarrollo como la cuenca del río Purificación. Son localidades que se comunican con la cabecera municipal de Villa Purificación, a través de una brecha de aproximadamente 20 km. Desde aquí y a través de una carretera de terracería de aproximadamente 25 km, se llega a la carretera pavimentada número 80. Contiguas a esta carretera, la actividad ganadera y agrícola son importantes y están próximas a las cabeceras municipales de Casimiro Castillo y La Huerta.

Cuadro 21.
Población total por localidad según principales características de la cuenca del río
Cuitzmala, estado de Jalisco

<i>Municipio y Localidad</i>	<i>Población total</i>	<i>PEA</i>	<i>PEA inactiva</i>	<i>Población ocupada</i>	<i>Población ocupada sector primario</i>	<i>Población ocupada sector secundario</i>	<i>Población ocupada sector terciario</i>
<i>La Huerta</i>							
Aguazarquita, La	157	43	53	43	38	1	2
Cedro, El	99	21	32	21	21	-	-
Cuitzmala	159	111	14	111	16	19	70
Emiliano Zapata	752	216	242	204	90	27	72
Francisco Villa	627	199	198	196	23	42	118
Guaybal, El	24	4	9	4	4	-	-
Higuerillas, Las	17	2	11	2	2	-	-
Higuerita, La	22	7	3	7	6	-	-
Juntas, Las	225	67	83	59	57	-	1
Mesa, La	164	29	57	27	23	-	1
Metales, Los	12	-	8	-	-	-	-
Nacastillo	228	60	82	60	48	-	-
<i>Villa Purificación</i>							
Achotes, Los	214	49	91	45	41	1	3
Calera, La	8	4	4	4	4	-	-
Camposano	68	19	26	16	15	-	1
Chino, El	45	11	21	11	10	1	-
Chinas, Las	73	21	26	21	21	-	-
Cimientos, Los	115	29	41	28	24	-	1
Divisadero, El	75	19	34	19	18	-	1
Eca, La	359	71	165	70	61	4	3
Espinos de Judío	355	105	134	104	93	10	1
Guasimas, Las	33	12	11	12	12	-	-
Huista	153	32	46	32	31	-	-
Jengibre, El	42	10	19	10	10	-	-
Jirosto	335	73	137	71	61	-	10
Llano de Higo	100	24	29	24	24	-	-
Llano de Judío	183	40	51	40	35	3	1
Paso Real	123	30	42	30	29	-	1
Pozos, Los	41	10	14	10	9	-	-
Ranchitos, Los	15	5	8	5	5	-	-
Rancho Nuevo	65	14	23	14	14	-	-
Robles, Los	46	15	18	15	13	-	-
San Miguel	559	128	220	128	85	14	29
Tecolote, El	19	4	10	4	4	-	-
Telpitita	132	36	43	36	33	1	2
Tene	39	8	14	8	8	-	-
Trojas, Las	35	7	9	7	7	-	-
Villa Vieja	168	45	65	44	40	2	2
Localidades de una y dos viviendas (estimada)	114						
Total	6,000	1,580	2,093	1,542	1,035	124	319

Fuente: INEGI. Jalisco. Resultados definitivos. Datos por localidad Integración territorial, XI Censo general de población y vivienda, 1990.

El resto de las localidades de la cuenca son muy pequeñas, con poblaciones en promedio menores a 200 habitantes, las cuales se encuentran dispersas localizadas próximas a arroyos y, comunicándose entre sí a través de extensas brechas sobre áreas onduladas de selva baja y mediana. La más importante de estas brechas, parte de la cabecera municipal de La Huerta, atraviesa la cuenca próxima a los límites entre la selva baja y la mediana, y llega hasta las cuencas vecinas de los ríos San Nicolás y Chamela.

Por último, hay 24 localidades con una y dos viviendas, las cuales no han sido consideradas individualmente en cuanto a su población por el censo del INEGI de 1990. El tamaño de población de estas pequeñas localidades se encuentra agrupado, en el censo, como localidades de una y dos viviendas y por municipio. Al estar éstas, agrupadas por municipio, no se puede precisar qué cantidad de población pertenece a la cuenca, sin embargo, considerando como número familiar —en cada vivienda— entre cuatro y seis habitantes, se ha estimado en 114 el total de esta población.

En resumen las localidades de la cuenca son muy pequeñas y rurales, en total hay 6,000 habitantes (censo de 1990). En general, la densidad de la cuenca es de 5 hab/km², sin embargo, se ha notado un importante dinamismo en las localidades costeras de la cuenca, derivado de la inmigración debido al auge del turismo en playas contiguas o cercanas así como los empleos que han generado la creación de la reserva de la biosfera “Chamela-Cuixmala”. La tendencia a mediano y largo plazo es el poblamiento en mayor grado de esta región costera, la cual requerirá de equipamiento urbano a través de la inversión pública estatal con planeación.

Las localidades de las subcuencas del río San Miguel y del río Jirosto son eminentemente rurales. Predominan las actividades primarias, basado en una economía agropecuaria de autoconsumo y menor grado de economía abierta. Las actividades agropecuarias se desarrollan a costa del desmonte de áreas forestales y de selva mediana. Estas localidades tienen como mercados potenciales para ofertar sus mercancías las cabeceras municipales de Villa Purificación, Casimiro Castillo y la ciudad intermedia de Autlán de Navarro.

CAPÍTULO XI

USO DE SUELO

La cobertura vegetal terrestre es un ambiente natural y el uso del suelo (o uso de la tierra) se define como un ambiente artificial creado por el hombre y que está ocupando. El uso del suelo va a depender de factores sociales y físicos. El factor social está determinado por condiciones económicas y los factores físicos determinados por condiciones naturales (ejemplo, agua y suelo). En otras palabras, el uso del suelo es el resultado o respuesta de la acción del hombre sobre la tierra para satisfacer sus necesidades.

11.0 USO DEL SUELO

Las unidades delimitadas de uso del suelo se pueden observar en el mapa relativo a ese tema, el cual contiene unidades delimitadas de agricultura, vegetación natural en su estado actual y los usos pecuario y forestal. Cabe indicar que la información del INEGI de uso de suelo en cuanto al uso pecuario y forestal, está considerando en primer término a la unidad natural predominante. En este capítulo también se utilizará el mapa forestal a escala 1: 250 00, el cual se mencionó en la metodología. El cuadro resumen de las unidades de suelo se presenta a continuación:

Cuadro 22
Unidades de uso de suelo

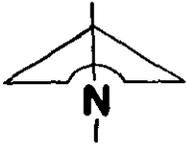
<i>Unidad de uso de suelo</i>	<i>Área en km²</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Uso agrícola</i>		
• Agricultura de riego anual (Ara)	12.00	1.09
• Agricultura de temporal permanente (Atp)	39.00	3.56
<i>Uso pecuario</i>		
• Pastizal inducido (Pi)	11.50	1.05
• Pastizal cultivado (Pc)	7.50	0.68
• Pastizal inducido con selva secundaria mediana subcaducifolia	82.00	7.48
<i>Uso forestal</i>		
• Bosque natural latifoliado de encino [FBL (Q)]	141.00	12.86
• Bosque mesófilo de montaña	7.00	0.64
• Selva baja [Fsb]	273.00	24.91
• Selva secundaria mediana subcaducifolia [F(S)m(sc)]	417.30	38.08
• Áreas perturbadas	103.00	9.40
<i>Asociaciones especiales de vegetación</i>		
• Manglar (Ma), matorral subinerme (Ms), vegetación halófila (H), tular (Tu) y dunas costeras (Du)	2.70	0.25
Total	1,096.00	100.00

CUENCA DEL RIO CUITZMALA

ESTADO DE JALISCO

MAPA DE USO DE SUELO

ESCALA 1: 200 000



CUENCA DEL RIO SAN NICOLAS

CUENCA DEL RIO CHAMELA

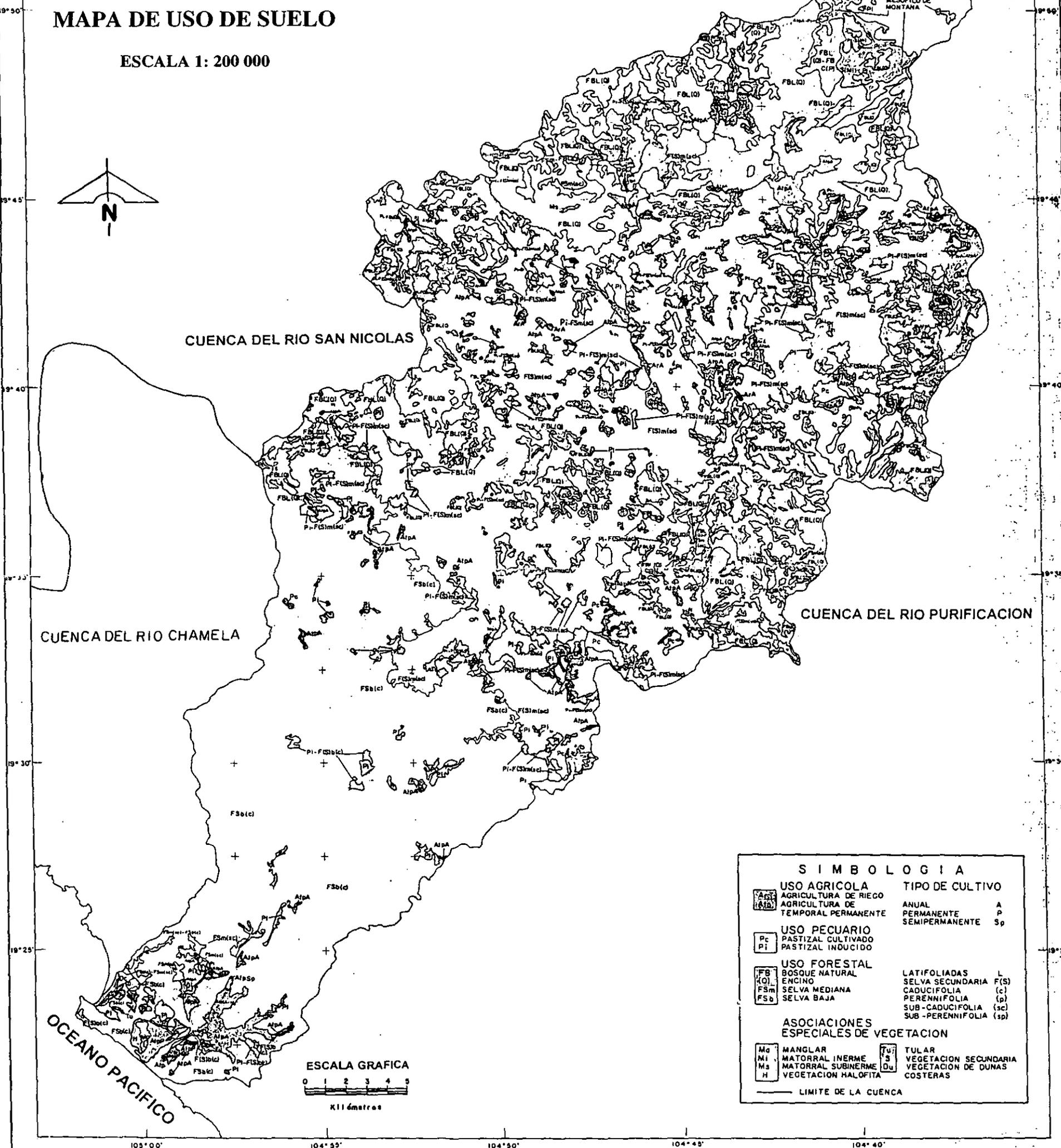
CUENCA DEL RIO PURIFICACION

OCEANO PACIFICO



SIMBOLOGIA	
USO AGRICOLA	TIPO DE CULTIVO
AGRICULTURA DE RIEGO	ANUAL A
AGRICULTURA DE TEMPORAL	PERMANENTE P
AGRICULTURA DE PERMANENTE	SEMIPERMANENTE Sp
USO PECUARIO	
PASTIZAL CULTIVADO	
PASTIZAL INDUCIDO	
USO FORESTAL	
BOSQUE NATURAL	LATIFOLIADAS L
ENCINO	SELVA SECUNDARIA F(S)
SELVA MEDIANA	CADUCIFOLIA (c)
SELVA BAJA	PERENNIFOLIA (p)
	SUB-CADUCIFOLIA (sc)
	SUB-PERENNIFOLIA (sp)
ASOCIACIONES ESPECIALES DE VEGETACION	
MANGLAR	TULAR
MATORRAL INERME	VEGETACION SECUNDARIA
MATORRAL SUBINERME	VEGETACION DE DUNAS
VEGETACION HALOFITA	COSTERAS
— LIMITE DE LA CUENCA	

105° 00' 104° 55' 104° 50' 104° 45' 104° 40'



11.1 UNIDADES DE USO DE SUELO

USO AGRÍCOLA

- **Agricultura de riego anual (Ara)**

Terrenos donde el ciclo vegetativo de los cultivos está asegurado totalmente mediante agua de riego, por lo menos en el 80% de los años de un periodo dado, bien sea por gravedad, bombeo, aspersión, goteo o por cualquier otra técnica. Este tipo de agricultura se practica en la cuenca con cultivos anuales. Estos cultivos son aquellos que pertenecen en el terreno un tiempo variable, pero no mayor de un año. Ejemplo de este tipo de cultivo: maíz, frijol.

Este tipo de agricultura se encuentra generalmente al sureste de la cuenca entre las latitudes 19° 45' y 19° 40'. Fisiográficamente localizada en el valle con lomeríos próxima a la localidad de Purificación (cuenca del río Purificación) y en la subcuenca del río San Miguel. Secundariamente hay pequeñas unidades de este tipo de suelo próximos al arroyo Tene (noroeste), entre las latitudes 19° 45' y 19° 40'.

El área total de este tipo de agricultura es de 12 km² (1.09 %), tiene poco desarrollo por los elevados costos de producción de estas técnicas agrícolas.

- **Agricultura de temporal permanente (Atp)**

Este tipo de cultivo depende del agua de lluvia. Las áreas correspondientes pueden dejarse de sembrar algún tiempo, pero deberían estar dedicadas a esa actividad por lo menos el 80% de los años de un periodo dado.

En la cuenca predominan los cultivos permanentes, que son los que permanecen en el terreno por un periodo de varios años, generalmente más de 10 años como árboles frutales, nopales, maguey, cocotero, etc. Secundariamente hay pequeñas unidades de cultivos semipermanentes. Se llaman así los que permanecen en el terreno por un periodo que varía entre dos y diez años. Ejemplos: piña, plátano, papaya y otros. En el litoral destacan los plantíos de mango y cítricos.

Uso pecuario

Corresponden a las áreas de pastizales, son aquellas cuya vegetación dominante es la graminoides, pudiéndose encontrar asociada con otros tipos de vegetación. Los tipos de pastizales localizados en la cuenca son:

- **Pastizal inducido**

Es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original que la domina. En la cuenca se estima que el desarrollo de este tipo de vegetación ha surgido a raíz de la eliminación de bosques naturales de encino y selva secundaria mediana subcaducifolia y en áreas agrícolas de temporal abandonadas. También existe la posibilidad que estos pastizales hayan surgido producto de incendios forestales.

Por lo tanto, se localizan en áreas contiguas a bosques naturales y de selva secundaria mediana subcaducifolia. Secundariamente este tipo de cultivo se localiza en el litoral y en la selva baja. Es decir, este tipo de vegetación se localiza en todos los sectores de la cuenca. El área total es de 11.5 km² (1.05%).

- **Pastizal cultivado**

Es aquel que se ha introducido intencionalmente en una región y para su establecimiento y conservación se realizan labores de cultivo y manejo. En la cuenca, este tipo de cultivo está dispersado en pequeñas unidades de selva mediana secundaria subcaducifolia. Se localizan mayormente en las localidades que están muy próximas a la localidad de San Miguel. El área total es de 7.5 km² (0.68%).

- **Pastizal inducido con selva secundaria mediana subcaducifolia**

En esta unidad predomina el pastizal inducido y en segundo término la vegetación de selva secundaria mediana subcaducifolia. Es la unidad de pastizal más abundante con un área de 82 km² (7.48%).

La actividad ganadera es importante en algunas localidades de la cuenca, principalmente la comercialización del ganado bovino. De acuerdo con estimaciones realizadas en 1992 y con base en información del INEGI de 1990; las localidades: Emiliano Zapata, Francisco Villa y Cuitzmala produjeron en total 1,000 cabezas de ganado (generalmente para autoconsumo). Las localidades de El cedro, Aguazarca, Tiradores, Aguazarquita, el Aserradero y San Miguelito, al noreste de Emiliano Zapata —entre las latitudes de 19° 35' y 19° 30'—, se estimó la producción anual en 2,200 cabezas de ganado. En las localidades de El Carrizalito, La Mesa, el Tempizque y Las Trojas se estimó la producción de cabezas de ganado en 800 —se localizan en la margen derecha del río Cuitzmala contiguos al anterior grupo de localidades. La producción ganadera de la localidad de Nacastillo, localizado al sureste del cerro Guaguantón, se estima en 1,780 cabezas de ganado.

Como se mencionó en el capítulo de población, la localidad de San Miguel es importante porque funciona como un pequeño centro motriz. Las localidades próximas a esta última se encuentran: Los Achotes, Los Robles, Las Ramas, Espinos de Judío, entre otros (ver mapa base).

Se estima que el total de producción bovina para este "microsistema rural" fue de 3,500 cabezas de ganado (1990). De lo anterior, la actividad ganadera es importante en la cuenca, y es incentivado por los mercados localizados en la cuenca del río Purificación. Esta actividad ganadera es normalmente extensiva y al no existir pastizales naturales se tiende a la eliminación de vegetación de selva mediana y bosques naturales. Esta situación está generando procesos de erosión y desertificación. Lo ideal sería promover la ganadería intensiva que incrementaría la productividad y por lo tanto, mayores ingresos para la población. Sin embargo, se requiere de inversión de capitales con asistencia técnica y créditos.

USO FORESTAL

• Bosque natural latifoliado de encino

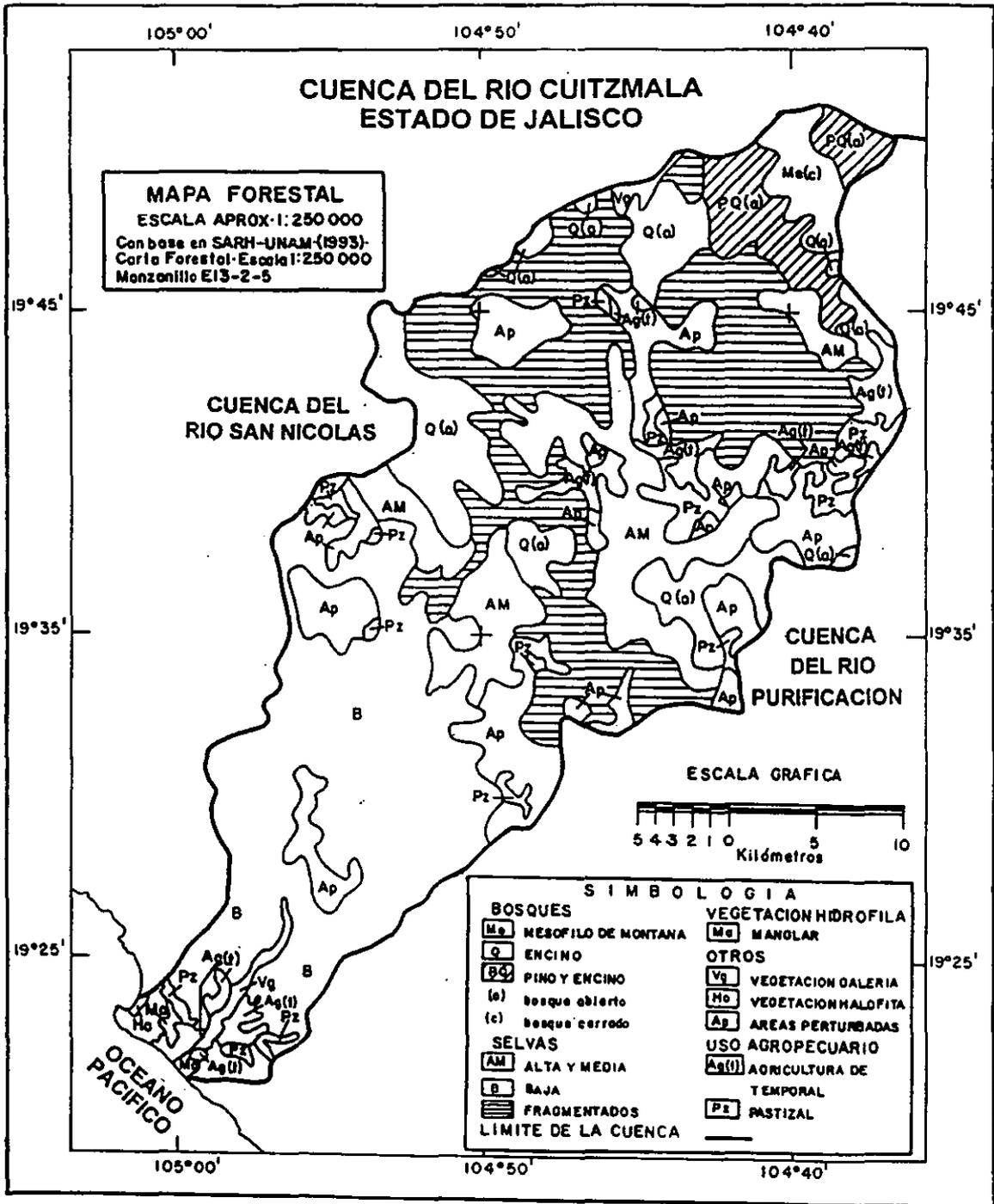
Es un bosque natural porque dependen del clima del suelo. Los bosques de encinos se localizan normalmente en las unidades de montañas altas y montañas secundarias. El área total es de 141 km² (12.86%).

Se comparó el mapa de uso de suelo con el mapa forestal (escala 1: 250 000 de la SARH-UNAM de 1993). Considerando las diferencias de escala, se estimó la reducción de bosques de encino en 10% (aproximadamente). Es decir, en 1975 el área total de este tipo de bosques era de 157 km², y en 1993, 141 km², siendo la pérdida de bosques de encino —o altamente perturbada— en este periodo de 16 km². En el mapa forestal aparecen los bosques de encino asociados con bosques de pino, los cuales están contiguos a los bosques mesófilos de montaña. En las cartas de uso de suelo a escala 1: 50 000 no hay bosques de pinos. Sin embargo según el mapa forestal a escala 1: 250 000 hay bosques de encino en las partes altas de la subcuenca del río Jirosto. Al respecto se considera que la información de las cartas a escala 1: 50 000, es correcta por ser documentos cartográficos de mayor detalle. Con respecto a las áreas fragmentadas del mapa forestal —localizadas próximas a la latitud 19° 45'— confirma el avance de áreas de pastizal intercaladas con agricultura de temporal y selva mediana.

• Bosques mesófilos de montaña

Es la vegetación arbórea densa que se localiza en las laderas de montañas, barrancas y otros sitios protegidos, en condiciones de humedad más favorables que las que tiene el resto de la vegetación que la rodea. Por lo general se localizan entre altitudes superiores a 800 m.s.n.m. y limitada por los bosques de encino.

Esta unidad de uso del suelo se localiza en la cabecera principal de la cuenca, en las estribaciones próximas a la sierra la Cacoma, entre los 800 y 1,100 m.s.n.m. Es un área con declives entre 24° a 45° y no hay poblados cercanos ni brechas de acceso, por lo cual es el área con mayor protección natural de la cuenca. El área de esta unidad es de 7 km² (0.64%).



- **Selva baja**

Son comunidades vegetales formadas por vegetación arbórea favorecidas por el clima cálido subhúmedo. La altura arbórea de esta selva se encuentra entre los 4 y 15 metros de altura. Las selvas son comunidades muy complejas en cuanto a la composición de su flora, son frecuentes las lianas y plantas epífitas y árboles espinosos.

El área total de esta unidad es de 273 km² (24.91%). Es una unidad natural poco perturbada como se observa en el mapa de uso de suelo y el mapa forestal. Sin embargo, hay una ligera tendencia de cambio de uso de suelo a pastizales en las riberas del río Cuitzmala. El cual es practicado por pequeñas poblaciones localizados entre las latitudes 19° 35' y 19° 30'.

- **Selva secundaria mediana subcaducifolia**

En esencia es una unidad enorme de selva mediana, entonces con altura arbórea entre 15 y 30 metros de altura. Predomina la vegetación secundaria originado por la destrucción de la vegetación primaria tendiendo al estado original en algunos casos, en otros presenta un aspecto y composición florística diferente. La selva mediana subcaducifolia tiene entre el 50 y 75% de las especies que tiran la hoja en la época más seca del año, aproximadamente entre los meses de enero y mayo. Es la unidad del suelo con mayor área 417.3 km² (38.08%).

Es la unidad con mayor perturbación debido a las actividades de ganadería extensiva y agricultura de temporal. Se explica esta realidad por la alta densidad de localidades alrededor de la localidad de San Miguel. Gran parte de esta unidad ha sido perturbada utilizando el método de roza-tumba-quema y secundariamente para la obtención de leña y carbón.

- **Asociaciones especiales de vegetación**

A continuación se presenta una serie de asociaciones especiales de vegetación, localizadas en la región litoral de la cuenca.

– Manglar

Vegetación arbórea muy densa, con altura de hasta 25 metros y raíces parcialmente aéreas en forma de zancos; crece en zonas bajas y fangosas de la costa, en esteros y lagunas. Las plantas que lo forman reciben el nombre de mangles: “mangle rojo”, “mangle prieto” y “mangle blanco”.

– Matorral subinermes

Comunidad compuesta por plantas espinosas o inermes cuya proporción de unas a otras es mayor del 30% y menor del 70%. Algunos elementos que forman este tipo de matorral son: “la barreta” y el “granjeno”.

– Vegetación halófila

Agrupaciones vegetales que se desarrollan en suelos salinos. Son comunes las asociaciones de “Chamizos”, “jauja” ó “saladillos”. Algunas especies se pueden usar como alimento para el ganado. En la cuenca se localizan en áreas con patrón de drenaje lagunar.

– Tular

Asociación de plantas herbáceas enraizadas en el fondo del agua y cuyos tallos sobresalen de la superficie, se localizan en la orilla de las lagunas. Comúnmente reciben el nombre de tules. En esta clasificación se incluyen los llamados carrizales.

– Vegetación de dunas costeras

Comunidad vegetal localizada a lo largo de la costa. En muchas ocasiones, la vegetación de la duna es eliminada y en su lugar se establecen algunos cultivos agrícolas como la sandía y pastos. En la cuenca, el área total de estas asociaciones especiales de vegetación es de 2.7 km², (0.25%). Actualmente forman parte de la reserva de la biosfera “Chamela-Cuixmala”.

• **Áreas perturbadas**

Son áreas que han sido deforestadas y selvas desmontadas. Estas áreas se grafican en el mapa forestal escala 1: 250 000 —áreas perturbadas y fragmentadas— como se señaló anteriormente, se comparó el mapa de uso de suelo elaborado con cartas del INEGI de 1975 y a escala 1: 50 000 con el mapa forestal de la SARH-UNAM de 1993 y a escala 1: 250 000 y se llegó a las siguientes conclusiones:

En 18 años, de 1975 a 1993, se ha alterado fuertemente la siguiente vegetación:

- Selva baja, se alteró aproximadamente 31 km² que es el 2.8% del área total de la cuenca.
- Selva mediana, se alteró 56 km² que es el 5.1% del área total de la cuenca.
- Bosques naturales de encino, se alteró 16 km² que es el 1.5% del área total de la cuenca.

Entonces, la pérdida total de vegetación natural en 18 años es aproximadamente de 103 km², representando el 9.39% del área total de la cuenca. De acuerdo con fuentes orales obtenidas de entrevistas a investigadores que han realizado trabajos de campo en

diversas partes de la cuenca y que han complementado con inspecciones aéreas. Se estima que en el periodo 1993-1999, la deforestación en la cuenca se ha incrementado en 10%. Adicionando el resultado de arriba, la deforestación y pérdida de vegetación natural en el periodo 1975-1993 es del 20%. Por lo tanto, se han perdido en 24 años, 219 km² de bosques naturales y vegetación de selva baja y selva mediana.

En resumen predominan en la cuenca los bosques naturales de encino, selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia, representando estas unidades de vegetación natural el 75% del área total de la cuenca. Por tanto, la vocación natural de los suelos son el forestal y vegetación el de selva baja y mediana.

La agricultura de riego es muy escasa (1.09%) y la agricultura de temporal representa apenas el 3.56% del área total de la cuenca. Entonces, son la ganadería extensiva y la extracción de madera para leña, las actividades económicas que generan los altos niveles de deforestación. La agricultura de temporal pueden abandonarse en años en que se extiende la época de secas y también por la baja productividad de estos suelos con vegetación natural. Entonces, no sólo la actividad ganadera en partes medias y altas, son errantes también lo son las áreas de agricultura de temporal. Debido a la importancia de las unidades de bosques naturales de encino, por su localización estratégica en las unidades de montañas secundarias y montañas altas —para el normal funcionamiento del ciclo del agua y ecológico de la cuenca—, se están recomendando la protección de algunas de estas unidades. La cercanía de localidades vecinas de mayor desarrollo, contiguas a la subcuenca del río San Miguel, también demandan el recurso maderero. Esta situación a largo plazo puede terminar con el recurso forestal de la cuenca. Prueba de esta situación es que las partes altas de la cuenca del río Purificación contiguo a la subcuenca del río San Miguel están virtualmente deforestadas.

CAPÍTULO XII

EL AGUA COMO RECURSO

12.1 CONFIABILIDAD DE LA EVALUACIÓN POTENCIAL DEL AGUA

A fin de poder efectuar una estimación inicial de las posibilidades del aprovechamiento del agua para las actividades agropecuarias y para uso doméstico, en algunos casos, se tomaron en cuenta las grandes unidades de suelo, el declive del terreno y la evaluación potencial de la disponibilidad del agua. Esta última se obtuvo por medio de los resultados obtenidos de los balances hídricos efectuados por subcuencas, como unidades internas de la cuenca del río Cuitzmala; dichas subcuencas constituyen las unidades básicas de estudio, de acuerdo con el criterio hidrogeográfico. Asimismo las subcuencas constituyen subregiones geomorfológicas de una cuenca mayor, lo cual son de utilidad para estudios de este tipo.

Esta evaluación de la potencialidad del agua disponible es de semi-detalle, para su uso independientemente de los aprovechamientos que puedan surgir —la cual se resume en el cuadro 23 adjunto. Es de semi-detalle porque se obtuvo con base en los valores medios de precipitación y escurrimiento y en la cartografía empleada de esta investigación —escala 1: 50 000. Para alcanzar resultados a mayor precisión respecto a la utilización del agua en la cuenca, se requeriría de cartografía con escalas más grandes —1: 25 000— y complementados con estudios agronómicos locales —en este caso a nivel de subcuenca—, específicamente los referidos a la construcción de pequeñas obras de irrigación, implicando la planeación del abastecimiento de agua por medio de acueductos independientemente de la calidad de agua. También se requieren evaluaciones de avenidas máximas —estimaciones de precipitaciones máximas— para construcción de presas de almacenaje. Estos estudios son de ingeniería y centrados en el diseño de embalses de conservación —para el abastecimiento de agua— requieren de información de cantidad y sincronización de los flujos del río o arroyos que se puede esperar lleguen al embalse. Con el objetivo de pronosticar la cantidad, tasa y confiabilidad del agua que pueda suministrar el embalse. De esta manera se podría preparar un modelado de recursos hidráulicos —ecuaciones que presenten aproximaciones a la relación entre precipitación y escurrimiento.¹²

El aprovechamiento del agua que se propone se ha adecuado al nivel de desarrollo económico actual y sus potenciales a largo plazo, destacando los usos para actividades agropecuarias y secundariamente para el uso doméstico. Por lo tanto se utilizarán información del capítulo de población y el uso de suelo a fin de relacionarlo con el aprovechamiento del agua. Los volúmenes de escurrimiento pueden suministrar pequeñas partes de agua que serán demandadas, en especial en las áreas propuestas para la realización de actividades agrícolas de irrigación. La ejecución con éxito de estas obras hidráulicas, depende de consideraciones económicas.¹³

¹² Helweg, Otto J. (1993). Conceptos extraídos en su obra *Recursos hidráulicos planeación y administración*, capítulo 6: Modelos hidráulicos, p. 175.

¹³ B.J. Knap. (1979). Con base en la obra *Elements of geographical hidrology*, water resource, p. 67.

Cuadro 23
Características del recurso agua por subcuenca¹⁴

<i>Subcuencas</i>	<i>Area en km²</i>	<i>Area en %</i>	<i>Volumen de escurrimiento(R) en miles de m³</i>	<i>Volumen de R en %</i>
I Río Jirotto	204.0	18.61	55,080.00	29.06
II Río San Miguel	219.0	19.98	55,080.00	29.06
III <i>PRINCIPALES ARROYOS M.D.</i>				
3.1 Tene	65.0	5.93	17,875.00	9.43
3.2 Paso Hondo	24.0	2.19	6,576.00	3.47
3.7 El Cuate	36.0	3.29	4,860.00	2.56
3.8 El Muerto	15.5	1.41	2,064.60	1.09
3.9 Las Yeguas	8.5	0.78	892.50	0.47
3.10 Las Truchas	128.0	11.68	10,240.00	5.40
3.7 El Caimán	33.0	3.01	2,202.75	1.16
IV <i>PRINCIPALES ARROYOS M.I.</i>				
4.1 Sila	59.0	5.38	6,903.00	3.64
4.2 El Tepetate	19.0	1.74	2,147.00	1.13
4.3 El Tesmo	17.5	1.60	1,358.00	0.72
V <i>CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS M.D.</i>				
A	37.5	3.42	6,328.12	3.34
B	14.5	1.32	1,299.20	0.69
C	7.5	0.61	600.00	0.32
D	14.0	1.28	855.40	0.45
VI <i>CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS M.D.</i>				
E	44.5	4.06	1,061.33	0.56
VII <i>CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS M.I.</i>				
F	47.5	4.33	8,550.00	4.51
G	22.0	2.01	2,420.00	1.28
H	24.0	2.19	1,800.00	0.95
VIII <i>CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS COSTEROS M.I.</i>				
I	56.0	5.11	1,335.60	0.71
Total	1,096.0	100.00	189,528.50	100.00
* Dato de la Estación hidrométrica Cuitzmala	R	= Escurrimiento		
M.D = Margen derecha del río Cuitzmala	M.I	= Margen izquierda del río Cuitzmala		

¹⁴ Se elaboró con base en el cuadro 12 del capítulo de balance hidrológico, p. 71.

12.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS SUBCUENCAS DE LA CABECERA. SUBCUENCAS DE LOS RÍOS JIROSTO Y SAN MIGUEL

- Río Jirotto

Esta subcuenca de 204 km² tiene un escurrimiento global de 55,080 x 10³ m³. Las asociaciones de suelo vertisol y rendzina con declives entre 3° a 1° 30' localizados próximos a la confluencia con el río San Miguel y el río Cuitzmala (colector principal) pueden ser aprovechados con la construcción de una presa de almacenaje. Se estima en base a los resultados del capítulo de hidrografía que en estas áreas se efectúan los mayores escurrimientos en la cuenca. Sólo la construcción de una presa de almacenaje permitiría el desarrollo de la actividad agrícola de riego y la ganadería intensiva y consecuente desarrollo económico para la población. Los suelos cambisol crómico asociados con feozem haplico de textura media y con declives de 3° a 1°30' favorece la actividad pecuaria extensiva, localizados sobre la margen izquierda del río Jirotto y próximos a la latitud 19° 45'. En este sector de la subcuenca se localiza el poblado de Jirotto que es el principal —tiene 335 habitantes— y a una altitud de 400 m.s.n.m. A largo plazo la población de esta localidad demandaría por mayor equipamiento para uso doméstico del agua, lo cual se debe tener en cuenta en la posible construcción de una obra de almacenaje.

- Río San Miguel

Esta subcuenca es el más importante desde el punto de vista del aprovechamiento de los recursos naturales por su mejor accesibilidad a los mismos. Los recursos naturales se componen de bosques naturales de encino, suelos de mediana y alta calidad de feozem y cambisol —considerando la textura, pedregosidad, declives y disponibilidad del agua— y algunas áreas llanas propicias para actividades pecuarias. El volumen global de escurrimiento de esta subcuenca es de 55,080 x 10³ m³ que pueden ser aprovechadas para actividades de agricultura de riego sobre la margen izquierda del río San Miguel. Este sector tiene declives menores a 1° 30' se localiza próximo a los poblados de El Ranchito y Los Achotes. En dicho sector de a 4 km de longitud en línea recta se puede construir una presa de almacenaje de los escurrimientos potenciales. Aguas arriba del río San Miguel y a 2.5 km en línea recta del poblado del mismo nombre, el río cambia de dirección siendo de norte-sur y de 5 km de longitud en línea recta, en la cual se puede desarrollar actividades pecuarias extensivas. Este sector también es importante por la alta densidad de poblados destacando; Espinos de Judío, Las Ramas y Los Robles. En este último sector se puede construir una pequeña presa de almacenaje de agua a fin de permitir el desarrollo de la actividad agrícola de riego —de esta manera se aprovecharía los aportes de cauces de tercer, cuarto y quinto orden que recibe el río San Miguel en este sector. Al igual que en la subcuenca anterior se debe tener presente antes de la construcción de obras de irrigación, el estimar el volumen de agua para uso doméstico.

En resumen, estas subcuencas de los ríos Jirosto y San Miguel son las más grandes en áreas y con mayores volúmenes de escurrimiento, debido a que reciben los mayores niveles de lámina precipitada de la cuenca —en promedio 1,350 mm anuales—. Si juntamos los volúmenes de escurrimiento de ambas subcuencas se tiene el 58.12% del total de la cuenca. Sin embargo los coeficientes de infiltración de ambas subcuencas es de 2.86% para cada una, del total del mismo. Entonces estas subcuencas tienen áreas potenciales para aprovechamiento del agua con fines agropecuarios, sin embargo se debe considerar que la localización de unidades productivas en estas subcuencas —por ejemplo agroindustrias forestales—, por los consumos de agua que estos tienen, repercutirán en menores niveles de escurrimientos en las partes más bajas de la cuenca.

Como se mencionó en el capítulo de hidrografía se puede aprovechar las aguas subterráneas de la subcuenca del río San Miguel —sin embargo se requieren de estudios geofísicos, a fin de estimar los volúmenes del mismo que se pueden aprovechar sin degradar el recurso. Por último, en la proximidad de la confluencia ríos Jirosto y San Miguel con el río Cuitzmala sería ideal la localización de una estación hidrométrica y climatológica —termo-pluviométrica.

12.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES ARROYOS SOBRE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO CUITZMALA

- Arroyo Tene

Este arroyo de cuarto orden forma una subcuenca de 65 km² con un volumen global de escurrimiento de 17,875 x 10³ m³. Es una subcuenca escasamente poblada, en las partes altas se pueden desarrollar actividades de agricultura de temporal y de pecuaria extensiva. Se pueden desarrollar sobre suelos feozem haplico con declives de 3° a 1°30'. Esta subcuenca destaca por tener el 9.43% de los volúmenes de escurrimiento en la cuenca, siendo el principal arroyo afluente de la cuenca del río Cuitzmala. —ver cuadro 23. Es decir, la subcuenca del arroyo Tene, es el tercero en importancia en razón a los volúmenes globales de escurrimiento. También esta subcuenca es el tercero en importancia tomando el criterio del área. Con base en el análisis de los volúmenes de escurrimiento, las áreas y los números de orden de cauces de los ríos Jirosto, San Miguel y el arroyo Tene, se llega a la siguiente conclusión: en la cuenca se pueden correlacionar los volúmenes de escurrimiento con el área para cada subcuenca. Por lo tanto la subcuenca del arroyo Tene, tiene áreas potenciales para el aprovechamiento del agua con fines agropecuarios.

- Arroyo Paso Hondo

Es una subcuenca pequeña con 24 km² y con un volumen global de escurrimiento de 6,756 x 10³ m³. Sobre la margen derecha de este arroyo de cuarto orden existen importantes áreas con bosques naturales de encino del cual se pueden explotar comercialmente con manejo, los declives dominantes son 24° a 12°. Sin embargo no es

recomendable el aprovechamiento del agua para otros usos debido a la escasez de suelos de mediana o alta calidad —predominan los suelos con alta pedregosidad.

- Arroyo El Cuate

Este arroyo de cuarto orden forma una subcuenca de 36 km² esta despoblada y tiene un volumen global de escurrimiento de 4,860 x 10³ m³. Generalmente los suelos son feozem con alta pedregosidad y puede ser considerada como una subcuenca de amortiguamiento. La única posibilidad de aprovechamiento recomendable sería los bosques comerciales con manejo.

- Arroyo El Muerto

Este arroyo de cuarto orden forma una subcuenca de 15.5 km², también esta despoblado, tiene un volumen global de escurrimiento de 2,064.6 x 10³ m³. El dominio del suelo regosol impide el uso del agua con fines de aprovechamiento. Los declives son menores a 3° y forman valles llanos. Esta subcuenca es un área de transición entre las selvas mediana y baja de la cuenca. Definitivamente no es una subcuenca propicia para el asentamiento de poblados y por lo tanto para el aprovechamiento del agua con fines agropecuarios.

- Arroyo Las Yeguas

Este arroyo forma la subcuenca más pequeña sobre la margen del río Cuitzmala tiene 8.5 km² de área y con volumen global de escurrimiento de 892.5 x 10³ m³. En las partes medias de esta subcuenca y sobre la margen derecha de dicho arroyo se pueden desarrollar la actividad pecuaria extensiva —suelos feozem. Por lo tanto, la utilización del agua es adecuada para realizar actividades de autoconsumo y conservación del mismo.

- Arroyo Las Truchas

Es un arroyo de quinto orden, es un importante afluente sobre la margen derecha del río Cuitzmala, debido a que tiene 5.40% de volúmenes de escurrimiento. Esta formado por dos arroyos de cuarto orden; Ceferina y Los Metales (ver mapa base). En las cabeceras de estos dos formadores esta regularmente poblado —destacan las localidades de Nacastillo y La Mesa. Con fines de favorecer los estudios de escurrimiento en la cuenca se debería instalar una estación hidrométrica complementado con una estación climatológica en la desembocadura de este arroyo —Las Truchas— en el río Cuitzmala —río de séptimo orden. Esta es una subcuenca de 128 km² y un volumen global de escurrimiento de 10,240 x 10³ m³ —5.40%. La disponibilidad de agua en esta subcuenca se pueden aprovechar para actividades de pecuaria extensiva en las partes altas sobre suelos feozem haplico asociados a cambisoles eutricos con poca pedregosidad. En este sector los declives son de 3° a 1° 30' —sector localizado aproximadamente sobre la

latitud 19° 36'. En este sector se pueden instalar pequeñas presas de almacenaje a fin de aprovechar estas áreas llanas propicias para el desarrollo pecuario.

- Arroyo El Caimán

Este arroyo es el último afluente importante sobre la margen derecha del río Cuitzmala y es de quinto orden. Las vertientes de la margen derecha de este arroyo forman parte de la reserva de la biosfera "Chamela-Cuixmala". Es decir, virtualmente la mitad de esta subcuenca pertenece a dicha reserva de la biosfera —el área total de esta subcuenca es 22 km². Se estima que las vertientes de la margen izquierda de este arroyo también deben tener singular importancia en biodiversidad. Entonces los 2,202.75 x 10³ m³ en volumen de escurrimiento de esta subcuenca se sugiere sean protegidas o conservadas.

12.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES ARROYOS SOBRE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO CUITZMALA

- Arroyo Sila

Es un arroyo de quinto orden y el más importante sobre la margen izquierda del río Cuitzmala. Esta subcuenca tiene 59 km² de área y 6,903 x 10³ m³ en volumen globales de escurrimiento, es decir, el 3.64% del total de la cuenca. Es una subcuenca regularmente poblada y las partes altas del mismo deben ser protegidas —bosques naturales de encino—. Las partes bajas de este arroyo, específicamente la margen izquierda tienen posibilidades para el desarrollo de la actividad pecuaria intensiva, por lo cual requeriría de la construcción de una presa de almacenaje —próximo al poblado de Aguazarquita—. En este último sector los suelos son feozem haplico con textura media y declives menores a 3°. Debido a la importancia de este arroyo en los aportes de escurrimiento al colector principal —río Cuitzmala— sería ideal que se instale una estación hidrométrica complementado con una estación climatológica en su desembocadura —desembocadura del arroyo Sila en el río Cuitzmala.

- Arroyo El Tepetate

Este arroyo de cuarto orden forma una subcuenca de 19 km² y con un volumen global de escurrimiento de 2,147 x 10³ m³. Es una subcuenca escasamente poblada, en la cabecera sobre la margen izquierda y contiguo al poblado de Aguazarcas se pueden desarrollar actividades pecuarias extensivas favorecidos por los declives menores a 3° y suelos feozem haplico.

- Arroyo El Tesmo

Es el último arroyo importante, de cuarto orden, sobre la margen izquierda del río Cuitzmala y tiene $1,358 \times 10^3 \text{ m}^3$ en volumen de escurrimiento. Es una subcuenca despoblada con suelos regosoles, por lo cual se recomienda su protección o la conservación del mismo.

12.5 CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO CUITZMALA

Denominados con las letras "A", "B", "C" y "D" —ver mapa de subcuencas. Este conjunto de subcuencas tiene 73.5 km^2 y los volúmenes globales de escurrimiento ascienden a $79,088 \times 10^3 \text{ m}^3$. Generalmente estas pequeñas subcuencas se encuentran en extensas áreas de aluviones y con riesgos constantes de inundaciones. Por lo tanto no se recomienda aprovechar el agua para fines productivos, porque son áreas típicas para conservación.

12.6 CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS COSTEROS DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO CUITZMALA

Este conjunto de subcuencas denominado con la letra "E" —ver mapa de las principales subcuencas— tiene 44.5 km^2 de área y $35,378 \times 10^3 \text{ m}^3$ en volumen global de escurrimiento. Esta formado por los patrones de drenaje lagunar y anastomosado. Contiguo a la reserva de la biosfera "Chamela-Cuixmala", se pueden desarrollar la agricultura de riego y de temporal en áreas próximas a la localidad de Cuitzmala —único poblado localizado en este conjunto de subcuencas—, para lo cual requeriría de la construcción de obras de irrigación. En este sector se encuentran suelos cambisoles, feozem y fluvisoles.

En este subconjunto de subcuencas se debe considerar un estudio de impacto ambiental para la utilización del recurso agua en las lagunas para fines de recreación y turismo. Como se señaló en el capítulo de hidrografía gran parte de este patrón de drenaje lagunar forman parte de la Reserva de la biosfera "Chamela-Cuixmala".

12.7 CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO CUITZMALA

Los denominados con las letras "F" y "H" —ver mapa de las principales subcuencas. En conjunto tienen 71.5 km^2 y $81,000 \times 10^3 \text{ m}^3$ en volúmenes globales de escurrimiento. Estos también se localizan en áreas de aluviones, por lo cual no se recomienda su aprovechamiento.

El conjunto de subcuencas pequeñas denominado con la letra "G" tiene 22 km² de área y con 24,200 x 10³ m³ en volúmenes de escurrimiento, los cuales pueden permitir el desarrollo de actividades pecuarias extensivas.

12.8 CONJUNTO DE SUBCUENCAS PEQUEÑAS E INTERFLUVIOS COSTEROS DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO CUITZMALA

Denominado con la letra "I" —ver mapa de las principales subcuencas— tiene 56 km² y 44,520 x 10³ m³ en volúmenes globales de escurrimiento. Esta disponibilidad de agua se debe administrar para uso doméstico —crecimiento acelerado de esta población costera—, agricultura de riego, de temporal y pecuaria intensiva y extensiva. A fin de aprovechar los suelos feozem en declives menores a 1° 30'. Sin embargo se debe cuidar que las obras de irrigación o nuevos poblados se localicen en áreas de inundación del río Cuitzmala. Cabe señalar que los poblados de estas pequeñas subcuencas al igual que la subcuenca del río San Miguel a largo plazo se convertirán en áreas urbanas, implicando demandas en equipamiento específicamente para la dotación de agua para uso doméstico familiar —con plantas potabilizadoras— y de pequeñas unidades productivas. Esta situación puede generar la contaminación de aguas derivadas de desechos y requerirán medidas que deben prevenirse en los planes urbanos —planes a largo plazo para la cuenca.

En resumen, no se consideró el aprovechamiento del agua para uso industrial debido a que no existe potencialidad en la cuenca para industrias de gran envergadura como; grandes obras de irrigación, plantas generadoras de energía hidroeléctrica, industrias para productos de bienes intermedios o para producción de capital, etc. Sin embargo los resultados presentados implican usos del agua para pequeñas industrias como construcción para viviendas, industrias de productos alimenticios —por ejemplo embotelladoras de agua y sólo es factible en la región costera—, agroindustrias forestales, comunicaciones, entre otros. Aquí cabe señalar que para aprovechar el recurso agua en la parte alta de la cuenca se necesitaría la construcción de una carretera pavimentada que llegue hasta la subcuenca del río San Miguel y que se enlace con la carretera pavimentada No 80 —que pase por la cabecera municipal de Villa Purificación.

También se considera que los resultados de este capítulo se correlaciona con el de hidrografía. En el sentido que las subcuencas aquí detectadas con altos potenciales para aprovechamiento del agua coinciden con los cauces con mayores números de orden. Es decir, las subcuencas de los ríos Jirosto, San Miguel y los arroyos; Tene, Las Truchas y Sila.

La escasez de información hidrométrica en la cuenca —explicada en la introducción de la investigación— impiden realizar mediciones más precisas para los volúmenes de escurrimiento a nivel de subcuenca. En ese sentido con base en los resultados del capítulo de hidrografía se sugiere la instalación de tres estaciones hidrométricas complementadas con registros termo-pluviométricos.

Adicionalmente, como se mencionó arriba se requieren de estudios previos — principalmente agronómica— para ser más específicos en la relación del agua como recurso para el aprovechamiento agropecuario y otros usos en la cuenca del río Cuitzmala.

Esa problemática se puede superar a largo plazo, para lo cual la presente investigación será valiosa para la ejecución de proyectos a nivel de factibilidad que impliquen el aprovechamiento con planeación de los recursos naturales de la cuenca.

CAPÍTULO XIII

SÍNTESIS GEOGRÁFICA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

13.1 SÍNTESIS GEOGRÁFICA

La síntesis geográfica de la cuenca del río Cuitzmala se elaboró de dos maneras, la primera de carácter general siguiendo un criterio geomorfológico; el segundo fue con base en un criterio hidrogeográfico considerando las subcuencas internas como regiones integrantes de una cuenca mayor.

La primera síntesis consideró las características del relieve, su estructura geológica, el declive de las laderas, las grandes unidades de suelo (asociaciones cartográficas de suelo), los cambios de la vegetación —secundariamente las variaciones climáticas—, la distribución geográfica de cauces así como los patrones de drenaje. Este criterio geomorfológico permite apreciar las grandes unidades del relieve de toda la cuenca, considerándola como una unidad fisiográfica, cuyos aspectos se pueden correlacionar con la síntesis efectuada con base en las subcuencas que la integran.

La síntesis geográfica obtenida con base en las subcuencas permite apreciar la distribución espacial de las unidades naturales con su respectiva red fluvial y sus características fisiográficas particulares que contribuyen con su escurrimiento a la formación del cauce principal y sus respectivos caudales, cuyo comportamiento se registra finalmente en los datos hidrométricos de la estación Cuitzmala.

Este enfoque hidrogeográfico también permite conocer las cantidades de agua aportada desde la parte alta hasta las proximidades de la desembocadura, aspecto que se manifiesta en los balances hidrológicos parciales. Esta síntesis de carácter hidrogeográfico puede servir de base para un trabajo posterior en el cual se empleen sistemas de información geográfica y asociado con las características climáticas, pueden crear modelos de comportamiento y de predicción del escurrimiento aunque para ello también se necesitarían un mayor número de datos meteorológicos, en particular la dirección del viento y duración e intensidad de las lluvias.

A continuación se presenta cinco matrices de síntesis geográfica; tres de ellos con base en las unidades de relieve y las dos restantes siguiendo el criterio hidrogeográfico:

Cuadro 24
Matriz 1, síntesis geográfica por unidades de relieve

<i>Unidades de relieve/</i>	<i>Declives por rangos</i>	<i>Geología</i>	<i>Edafología</i>	<i>Clima</i>	<i>Patrones de drenaje</i>
Montañas altas y laderas altas	Predominan declives > 45° y 45°-24°. De muy escarpado a escarpado	Granito del cretácico	Predomina el suelo regosol con textura gruesa	Cálido subhúmedo Aw ₂ (w)i, el más húmedo del subgrupo	Dentritico
Montañas secundarias	Predominan declives 45°-24°, 24°-12°, secundariamente 12°-6°	Granito del cretácico	Predomina el regosol, en menor proporción feozem de textura gruesa	Cálido subhúmedo Aw ₂ (w)i, el más Húmedo	Dendritico y subdendritico
Laderas intermedias	Predominan declives 12°-6°, 6°-3°, secundariamente 24°-12°	Granito del cretácico, secundariamente calizas del cretácico inferior	Predomina el regosol, en menor proporción feozem de textura gruesa	Cálido subhúmedo Aw ₂ (w)i, el más Húmedo	Dendritico y subdentritico.
Cañones y barrancas	Predominan declives 45°-24°, 24°-12°, secundariamente 6°-3°	Granito del cretácico, secundariamente calizas del cretácico inferior	Predomina el regosol, en menor proporción feozem, fluvisol, vertisol	Cálido subhúmedo Aw ₂ (w)i, el más Húmedo	Dendritico, secundariamente el subdentritico
Valle con lomeríos	Predominan declive < 1° 30' y 3°-1° 30'	Granito del cretácico, secundariamente material aluvial y residual del cuaternario	Predomina suelo regosol y feozem de textura media y gruesa	Cálido subhúmedo Aw ₂ (w)i, el más húmedo y Aw ₁ (w) con humedad media	Subdentritico, secundariamente paralelo y dentritico
Llanuras de acumulación	Predominan declives 6°-3°, 3°-1°30', secundariamente 24°-12°	Granito del cretácico, secundariamente aluvial del cuaternario, tobas del cretácico superior y conglomerado del terciario superior	Predomina el regosol y feozem con textura gruesa	Cálido subhúmedo Aw ₁ (w), con humedad media	Dentritico y subdentritico
Planicie costera	Declive < 1° 30'	Predomina el material aluvial del cuaternario, secundariamente conglomerado del terciario superior.	Cambisol, fluvisol, solonchak, regosol y feozem	Cálido subhúmedo Aw ₀ (w)i, el más seco	Lagunar y anastomosado secundariamente subdentritico

Cuadro 25
Matriz II, síntesis geográfica por unidades de relieve

<i>Unidades de relieve/</i>	<i>Uso de suelo o vegetación</i>	<i>Uso potencial del suelo</i>	<i>Poblamiento actual</i>	<i>Perturbación</i>
Montañas altas y laderas altas	Predominio de bosque natural de encino. Bosque mesófilo de montaña	Predominio de bosques de protección	Actualmente despoblada e inadecuada para poblamiento	Regularmente perturbada o deforestada (bosques naturales de encino y selva mediana)
Montañas secundarias	Predominio de bosque natural de encino. En menor grado selva mediana subcaducifolia y pastizal	Bosque de protección, selva mediana subcaducifolia. Secundariamente bosque para protección	Actualmente despoblada e inadecuada para poblamiento	Regularmente perturbada ó deforestada (bosques naturales de encino y selva mediana)
Laderas intermedias	Selva mediana subcaducifolia y bosques de encino. Secundariamente pastizal y agricultura de temporal	Bosque de encino de protección y selva mediana subcaducifolia. Secundariamente ganadería extensiva y agricultura de temporal	Actualmente despoblada e inadecuada para poblamiento	Altamente deforestada (bosques naturales de encino y selva mediana)
Cañones y barrancas	Selva mediana subcaducifolia. Secundariamente agricultura de temporal	Predominio de vegetación de selva mediana subcaducifolia	Escasamente poblado	Regularmente deforestada (selva mediana subcaducifolia)
Valle con lomeríos	Agricultura de temporal, pastizal, selva mediana subcaducifolia y selva baja caducifolia. Secundariamente bosque natural de encino	Selva mediana subcaducifolia. Secundariamente agricultura de temporal y de riego, ganadería extensiva y bosque comercial con planeación	Muy poblado en el valle con lomeríos de la subcuenca del río San Miguel. Regularmente poblado en el valle con lomeríos contiguo a la llanura de acumulación	Altamente deforestada (bosques naturales de encino y selva mediana)
Llanuras de acumulación	Predominio de vegetación de selva baja caducifolia. Secundariamente pastizal y agricultura de temporal	Selva baja caducifolia, reserva de la biosfera "Chámela-Cuixmala". Secundariamente agricultura de temporal y ganadería extensiva	Escasamente poblado	Poco alterado o deforestado (vegetación selva baja caducifolia)
Planicie costera	Agricultura de temporal, selva baja caducifolia. Secundariamente pastizal, manglar, tular, etc.	Reserva de la biosfera "Chámela-Cuixmala", selva baja caducifolia. Secundariamente agricultura de temporal y de riego	Muy poblado, en especial el sector de la margen izquierda del río Cuitzmala	Margen derecha del río Cuitzmala poco alterada mayormente forma parte de la reserva de la biosfera "Chámela-Cuixmala. Margen izquierda muy alterada

Cuadro 26
Matriz III, síntesis geográfica por unidades de relieve

<i>Unidades de relieve/</i>	<i>Uso de suelo o vegetación natural</i>	<i>Uso potencial del suelo</i>	<i>Frecuencia de cauces</i>
Montañas altas y laderas altas	Predominio de bosque natural de encino. Bosque mesófilo de montaña	Predominio de bosques de protección	Frecuencia de cauces alta. Predominio de cauces de primer orden
Montañas secundarias	Predominio de bosque natural de encino. Secundariamente selva mediana subcaducifolia y pastizal	Bosque de protección, selva mediana subcaducifolia. Secundariamente bosque para explotación comercial en forma planeada	Frecuencia de cauces alta y muy alta. Predominio de cauces de segundo orden
Laderas intermedias	Selva mediana subcaducifolia y bosques de encino. Secundariamente pastizales y agricultura de temporal	Bosques de encino de protección y selva mediana subcaducifolia. Secundariamente ganadería extensiva y agricultura de temporal.	Frecuencia de cauces alta e intermedia. Predominio de cauces de segundo y tercer orden
Cañones y barrancas	Selva mediana subcaducifolia, en menor grado agricultura de temporal	Predominio de vegetación de selva mediana subcaducifolia	Frecuencia de cauces alta e intermedia. Otros cauces de primer orden hasta cauces de séptimo orden
Valle con lomeríos	Agricultura de temporal, pastizal, selva mediana subcaducifolia y selva baja caducifolia. Secundariamente bosque natural de encino	Selva mediana subcaducifolia. Secundariamente agricultura de temporal y de riego, ganadería extensiva y bosque comercial con planeación	Predominio de frecuencia de cauces intermedia. Cauces de segundo, tercer y cuarto orden
Llanuras de acumulación	Predominio de vegetación de selva baja caducifolia. Otros, pastizal y agricultura de temporal	Selva baja caducifolia, reserva de la biosfera, "Chamela-Cuixmala". Secundariamente agricultura de temporal y ganadería extensiva	Predominio de frecuencia de cauces alta, en menor grado intermedia y muy alta. Predominio cauces de primer y segundo orden. Secundariamente tercer, cuarto y quinto orden
Planicie costera	Agricultura de temporal, selva baja caducifolia. Secundariamente pastizal, manglar, tular, hidrófila y dunas costeras	Reserva de la biosfera "Chamela-Cuixmala", selva baja caducifolia. Secundariamente agricultura de temporal y de riego	Predominio de frecuencia de cauces intermedia, baja y nula. Cauces de primer y segundo orden Secundariamente, tercer y cuarto orden

Cuadro 27
Matriz I, síntesis geográfica por principales subcuencas

<i>Subcuenca *</i>	<i>Declives por rangos</i>	<i>Geología</i>	<i>Edafología</i>	<i>Clima</i>	<i>Patrones de drenaje</i>
I Río Jirosto	> 45°, 45°-24° y 24°-12°	Granito cretácico y caliza del cretácico inferior	Regosol y feozem con textura gruesa	Aw ₂ (w)i	Subdendrítico y dendrítico
II Río San Miguel	12°-6°, 6°-3°, 3°-1°-30' y <1° 30'	Granito del cretácico y material aluvial del cuaternario	Regosol, feozem, cambisol y gleysol	Aw ₂ (w)i	Subdendrítico, paralelo, subparalelo y radial
III Principales Arroyos M.D.					
3.1 Tene	12°-6°, 24°-12° y 3°-1°30'	Granito del cretácico	Regosol y feozem	Aw ₂ (w)i y Aw ₁ (w)	Dendrítico
3.2 Paso Hondo	12°-6° y 3°-1°30'	Granito del cretácico	Regosol y feozem litica	Aw ₂ (w)i	Radial y dendrítico
3.3 El Cuate	24°-12° y 12°-6°	Granito del cretácico y volcanoclastico del cretácico superior	Regosol y feozem litica	Aw ₁ (w)	Subdendrítico
3.4 El Muerto	12°-6° y 3°-1°30'	Granito del cretácico	Regosol y feozem haplico con textura gruesa	Aw ₁ (w)	Subdendrítico
3.5 Las Yeguas	24°-12° y 12°-6°	Granito del cretácico	Regosol y feozem haplico con textura gruesa	Aw ₁ (w)	Subdendrítico
3.6 Las Truchas	24°-12°, 12°-6°, 6°-3°	Granito del cretácico	Regosol y feozem haplico con textura gruesa	Aw ₁ (w) y Aw ₀ (w)i	Subdendrítico
3.7 El Caimán	24°-12°, 12°-6°, 6°-3°	Granito del cretácico	Regosol y feozem haplico con textura gruesa	Aw ₀ (w)i	Subdendrítico
IV Principales arroyos M.I.					
4.1 Sila	24°-12°, 12°-6°, 6°-3°	Granito del cretácico	Regosol y feozem haplico con textura gruesa	Aw ₂ (w)i y Aw ₁ (w)	Dendrítico y subparalelo
4.2 El Tepetate	12°-6°, 6°-3°, 3°-1°-30'	Granito del cretácico	Regosol y feozem haplico con textura gruesa	Aw ₁ (w)	Subdendrítico
4.3 El Tesmo	12°-6°, 6°-3°, 3°-1°-30'	Granito del cretácico	Regosol y feozem haplico	Aw ₀ (w)i	Dendrítico

M.D. = Margen derecha del río Cuitzmala

M.I. = Margen izquierda del río Cuitzmala

* Estas subcuencas se visualizan en el mapa de las principales subcuencas

continuación ...

<i>Subcuenca *</i>	<i>Declives por rangos</i>	<i>Geología</i>	<i>Edafología</i>	<i>Clima</i>	<i>Patrones de drenaje</i>
V Conjunto de subcuencas pequeñas e interfluvios de la M.D.					
A	24°-12°, 12°-6°, 6°-3°	Granito del cretácico	Regosol y feozem haplico litica	Aw ₂ (w)i y Aw ₁ (w)	Subparalelo y dendrítico
B	45°-24°, 12°-6° y 3°-1°30'	Granito del cretácico y material aluvial del cuaternario	Regosol, feozem haplico litica profunda y fluvisol con textura gruesa	Aw ₁ (w)	Subdendrítico
C	12°-6° y 6°-3°	Granito del cretácico y material aluvial del cuaternario	Regosol, feozem haplico litica profunda	Aw ₀ (w)i	Dendrítico
D	24°-12°, 12°-6°	Material aluvial del cuaternario y granito del cretácico	Regosol, feozem haplico con textura media	Aw ₀ (w)i	Subdendrítico
VI Conjunto de subcuencas pequeñas e interfluvios costeros M.D.					
E	12°-6° y <1°30'	Material aluvial del cuaternario y granito del cretácico	Regosol, feozem haplico, cambisol y solonchak	Aw ₀ (w)i	Subdendrítico
VII Conjunto de subcuencas pequeñas e interfluvios M.I.					
F	12°-6°, 6°-3°, 3°-1°-30'	Granito del cretácico	Regosol, feozem haplico con textura gruesa	Aw ₂ (w)i y Aw ₁ (w)	Dendrítico y subparalelo
G	24°-12° y 1°30'	Granito del cretácico y material aluvial del cuaternario	Regosol, feozem haplico litica profunda	Aw ₁ (w)	Dendrítico y subparalelo
H	12°-6°, 6°-3°, 3°-1°-30'	Granito del cretácico	Regosol, feozem haplico y fluvisol	Aw ₁ (w) y Aw ₀ (w)i	Subdendrítico y dendrítico
VIII Conjunto de subcuencas pequeñas e interfluvios costeros M.I.					
I	12°-6° y < 1°30'	Volcanoclastico del terciario superior, material aluvial del cuaternario	Regosol, feozem haplico, fluvisol y cambisol eutrico	Aw ₀ (w)i	Subdendrítico y dendrítico

Cuadro 28
Matriz II, síntesis geográfica por principales subcuencas

<i>Subcuenca *</i>	<i>Uso de suelo o vegetación</i>	<i>Uso potencial del suelo o política territorial</i>	<i>Frecuencia de cauces</i>	<i>Poblamiento actual</i>	<i>Grado de perturbación</i>
I Río Jirosto	Bosque natural de encino, bosque mesófilo de montaña y agricultura de temporal	Protección de algunos bosques de encino, conservación de la selva mediana y agricultura de temporal	Alta e intermedia	Regularmente poblado en las partes bajas	Muy alta
II Río San Miguel	Pecuaría extensiva, agricultura de temporal y bosques de encino	Conservación de selva mediana, agricultura de temporal y de riego y protección de algunos bosques	Intermedia, alta	Muy poblado en áreas contiguas a este río	Muy alta
III Principales Arroyos M.D.					
3.1 Tene	Selva mediana, pecuaría extensiva y bosque natural de encino	Conservación de selva mediana, protección de algunos bosques y agricultura de temporal	Intermedia y alta	Escasamente poblado	Alta
3.2 Paso Hondo	Selva mediana y bosque natural de encino	Conservación de la selva mediana y protección y aprovechamiento de algunos bosques de encino	Alta e intermedia	Escasamente poblado	Regular
3.3 El Cuate	Selva mediana y bosque natural de encino	Conservación de selva mediana y protección de algunos bosques de encino	Intermedia y alta	Despoblado	Baja
3.4 El Muerto	Selva mediana y selva baja caducifolia	Conservación de selva mediana y selva baja	Alta	Despoblado	Baja
3.5 Las Yeguas	Selva baja caducifolia	Conservación de selva baja, agricultura de temporal y pecuaría extensiva	Alta	Despoblado	Baja
3.6 Las Truchas	Selva baja caducifolia y pecuaría extensiva	Conservación de selva baja y protección de algunos bosques de encino, agricultura de temporal y pecuaría extensiva	Alta e intermedia	Regularmente poblado en las partes altas	Regular
3.7 El Caimán	Selva baja caducifolia	Conservación de selva baja y actual reserva de la biosfera	Alta y muy alta	Despoblado	Baja

M.D. = Margen derecha del río Cuitzmala

M.I. = Margen izquierda del río Cuitzmala

- Estas subcuencas se visualizan en el mapa de las principales subcuencas

continuación ...

<i>Subcuenca *</i>	<i>Uso de suelo o vegetación</i>	<i>Uso potencial del suelo o política territorial</i>	<i>Frecuencia de cauces</i>	<i>Poblamiento actual</i>	<i>Grado de perturbación</i>
IV Principales arroyos M.I.					
4.1 Sila	Pecuaría extensiva y agricultura de temporal	Conservación de selva mediana, protección de algunos bosques de encino, pecuaría intensiva y extensiva	Intermedia y alta	Regularmente poblado	Alta
4.2 El Tepetate	Selva baja, selva mediana y pecuaría extensiva	Conservación de selva baja	Alta y muy alta	Escasamente poblado	Alta
4.3 El Tesmo	Selva baja	Conservación de selva baja	Alta e intermedia	Despoblado	Baja
V Conjunto de subcuencas					
A	Bosque natural de encino y selva mediana	Conservación de selva mediana y baja y algunos bosques de encino	Intermedia y alta	Escasamente poblado	Regular
B	Selva mediana y selva baja	Conservación de selva mediana y selva baja caducifolia	Alta	Escasamente poblado	Baja
C	Selva baja caducifolia	Conservación de selva baja y pecuaría intensiva	Alta	Despoblado	Baja
D	Selva baja caducifolia	Conservación de selva baja	Alta y muy alta	Despoblado	Regular
VI Conjunto de subcuencas					
E	Selva baja caducifolia y agricultura de temporal	Reserva de la biosfera "Chamela-cuixmala, agricultura de riego y de temporal	Alta e intermedia	Regularmente poblado	Baja
VII Conjunto de subcuencas					
F	Selva mediana, bosque natural de encino y selva baja caducifolia	Protección de algunos bosques y conservación de selvas	Intermedia y alta	Despoblado	Alta
G	Selva baja y pecuaría extensiva	Conservación de selva baja y pecuaría extensiva	Alta	Escasamente poblado	Alta
H	Selva baja, agricultura de temporal y pecuaría extensiva	Conservación de selva baja, agricultura intensiva y de temporal	Intermedia	Escasamente poblado	Baja
VIII Conjunto de subcuencas					
I	Selva baja y agricultura de temporal	Conservación de Selva baja, agricultura de riego y de temporal y pecuaría extensiva	Intermedia y alta	Muy poblado	Regular
Subcuencas:	V = Conjunto de subcuencas pequeñas e interfluvios de la margen derecha del río Cuitzmala				
	VI = Conjunto de subcuencas pequeñas e interfluvios costeros de la margen derecha del río Cuitzmala				
	VII = Conjunto de subcuencas pequeñas e interfluvios de la margen izquierda del río Cuitzmala				
	VIII = Conjunto de subcuencas pequeñas e interfluvios costeros de la margen izquierda del río Cuitzmala				

* Estas subcuencas se visualizan en el mapa de las principales subcuencas

En la matriz I, hay similitud en características físicas entre las unidades de montañas altas y montañas secundarias, con dominio de rocas graníticas. Los declives mayores a 24° y el clima más húmedo de los tres climas de la cuenca, así como el patrón de drenaje dendrítico. Estas dos unidades de montañas representan las principales características del complejo de la sierra Cacoma, vertiente occidental. La complejidad de esta sierra puede generar algunos microclimas que se desconoce por la falta de información climática a nivel mensual y anual. El suelo dominante en estas dos unidades es el regosol con textura gruesa, entonces es un suelo de baja calidad para desarrollar actividades agrícolas y ganaderas. Los declives escarpados y muy escarpados impiden el poblamiento de estas unidades del relieve. Las laderas intermedias así como los cañones y barrancas, tienen similares características a las dos anteriores, debido a que corresponden a unidades de piedemonte que han sido disectadas. Los declives son más suaves que los dos anteriores pudiendo encontrarse unidades entre 6°-3°. Se prolonga el dominio del granito y del suelo regosol y en menor grado el feozem con textura gruesa, fluvisol y vertisol. Sobresalen las áreas de cañones (de poca profundidad) y barrancas de los ríos Cuitzmala y Jirotto. Sobre las márgenes derecha e izquierda de este último río se localizan algunas localidades como el Llano del Oro y Jirotto (declives entre 6°-3°).

En los valles con lomeríos destacan los declives 3°-1° 30' y los menores a 1° 30', así como los suelos feozem con textura media y generalmente de clima cálido subhúmedo (con humedad media). Estas condiciones naturales son propicias para el desarrollo de actividades agropecuarias en unidades de suelo de calidad media y alta, las cuales se localizan próximas al río San Miguel (subcuenca del río San Miguel). Hay otra gran unidad de valle con lomeríos sobre la latitud 19° 30', la cual presenta algunas áreas muy inclinadas con los suelos de mediana calidad, sin embargo dominan la vegetación de las selvas baja y la mediana. En esta unidad hay poca población que paulatinamente están desmontando las áreas de selva con declives menores a 1° 30' para el desarrollo de la ganadería extensiva, sin embargo, son áreas con predominio de suelos regosol y feozem con alta pedregosidad que impiden el desarrollo de estas actividades.

La llanura de acumulación es un área de transición hacia la planicie costera de la cuenca. Ésta es un área prácticamente despoblada, con dominio de selva baja caducifolia y hacia la margen derecha del río Cuitzmala —entre la latitud 19° 25' y 19° 30' se encuentra parte de la reserva de la biosfera "Chamela-Cuixmala". Se considera que esta enorme unidad de relieve con 183 km² es un área prácticamente inaccesible y probable refugio de fauna migrante y en extinción.

En la planicie costera los declives dominantes son los menores a 1° 30', predominan el material aluvial del cuaternario, los suelos cambisol, fluvisol, solonchak, regosol y feozem. El clima es el menos húmedo de los climas cálidos subhúmedos. Destaca sobre la margen derecha del río el patrón de drenaje lagunar, el cual en su mayor parte pertenece a la reserva de la biosfera "Chamela-Cuixmala". Sobre la margen izquierda del río Cuitzmala y contiguo a la carretera federal pavimentada se localizan los dos poblados más importantes de la región costera de la cuenca: Emiliano Zapata, Francisco Villa —actualmente conurbados. Estos poblados están localizados sobre terrazas

fluviales del río Cuitzmala con declives menores a $1^{\circ} 30'$ y con dominio de suelos cambisoles y feozem de calidad media y alta. Actualmente, sobre estos suelos se localizan pequeñas unidades de cultivo de temporal, con posibilidades, a largo plazo, de convertirse en unidades de cultivo de riego.

En la matriz II, destacan las unidades del relieve más perturbadas o deforestadas y coinciden, en general, con las áreas con mayor población. En la matriz III, en las montañas altas y montañas secundarias predominan los bosques naturales de encino, en menor proporción hay vegetación de selva mediana subcaducifolia y pastizal. Asimismo, la frecuencia de cauces es alta siendo normalmente cauces de primer orden. A fin de evitar que la deforestación altere el ciclo del agua y el equilibrio ecológico en la cuenca, se está recomendando la protección de los bosques de estas unidades del relieve. También se sugiere la explotación de algunos bosques con planeación, de lo contrario (a largo plazo) quedarán sólo algunos bosques con protección natural próximos a la divisoria de aguas como por ejemplo, los bosques mesófilo de montaña.

En las laderas intermedias y cañones y barrancas, la vegetación dominante es la selva mediana subcaducifolia. También se localizan los bosques de encino en las laderas intermedias. Próximo al área de cañones y barrancas se localizan algunas unidades de agricultura de temporal. La frecuencia de cauces es de alta a intermedia, siendo relevante la aglomeración de los segmentos de cauces de orden cuarto, quinto, sexto y séptimo próximo a la confluencia del río Cuitzmala —séptimo orden. Destacando sus principales formadores: el río Jirosto y el río San Miguel.

En el valle con lomeríos también domina la vegetación de selva mediana subcaducifolia y próximas a los arroyos se localizan unidades de cultivo de agricultura de temporal y pastizal. Un ejemplo de esta mixtura de vegetación natural y cambios de uso de suelo se observa en las subcuencas de los ríos San Miguel y Jirosto.

Como se adelantó en el análisis de la matriz anterior, la unidad de llanura de acumulación está prácticamente despoblada y con vegetación de selva baja caducifolia. En esta unidad se localizan algunos cultivos de temporal y pastizales próximos al río Cuitzmala. Las frecuencias de cauces son altas y muy altas y en menor proporción intermedias. Predominan los segmentos de cauces de primer y segundo orden debido a que es el sector en que la cuenca se “angosta”. También hay segmentos de cauces de tercer, cuarto y quinto orden. Se estima que en la llanura de acumulación existe una alta biodiversidad, porque una parte de este territorio pertenece a la reserva de la biosfera “Chamela-Cuixmala” y como se mencionó arriba es una unidad del relieve prácticamente despoblada.

En la planicie costera predomina la selva baja caducifolia, la frecuencia de cauces es intermedia, baja y nula. Siendo más frecuentes los segmentos de cauces de primer y segundo orden y secundariamente, los segmentos de cauces de tercer y cuarto orden.

Para la síntesis geográfica por principales subcuencas se ha elaborado dos matrices. La primera de las cuales se destacan las principales características físicas de cada subcuenca. En la matriz II, se destacan las potencialidades de suelo o políticas territoriales también para cada subcuenca —o conjunto de pequeñas subcuencas. Asimismo la población actual que se puede relacionar con el grado de perturbación. Complementando con los resultados que se presentan en las tres matrices anteriores — síntesis por unidades de relieve— se puede inducir el potencial en recursos naturales para cada subcuenca o conjunto de ellas y por tanto, las posibilidades de poblamiento. Integrando los resultados de las cinco matrices conoceremos a nivel general y a la vez particular, las principales características hidrogeográficas de la cuenca del río Cuitzmala.

13.2 USO POTENCIAL DEL SUELO

El uso potencial del suelo está asociado con el uso posible del suelo desde el punto de vista agropecuario, forestal, industrial, urbano, minero, etc. Los mapas de uso potencial del suelo tienen múltiples aplicaciones, pero para el caso particular de la cuenca del río Cuitzmala tiene tres aplicaciones importantes:

- Localización de áreas potencialmente agrícolas, pecuarias y forestales.
- Localización de áreas con posibilidades de irrigación.
- Localización de áreas que son recomendables para protección o conservación.

El mapa de uso potencial de suelo es una síntesis geográfica, por lo cual se presenta en este capítulo. A la información convencional de uso de suelo se han añadido particularidades de la cuenca, como las áreas perturbadas (ver mapa forestal 1: 250 000). En el mapa de uso potencial del suelo se agregó el área natural protegida “Chamela-Cuixmala” y una propuesta de áreas protegidas para la cuenca. Asimismo, se añadió el límite municipal entre los municipios de La Huerta y Villa Purificación. Se ha elaborado un mapa de uso potencial tomando en cuenta el nivel de desarrollo de las localidades. La población de la cuenca (6,000 habitantes en total) se dedica mayormente a actividades de ganadería extensiva y agricultura de temporal, en una mixtura de economías abierta y cerrada. En el capítulo de población, se llegó a la conclusión que existen mercados potenciales como las localidades de la cuenca del río Purificación y la ciudad intermedia de Autlán de Navarro. Esta realidad incentivó a preparar un mapa de uso potencial del suelo que sintetice las perspectivas de desarrollo de la cuenca a mediano y largo plazo.

13.2.1 METODOLOGÍA

Se realizaron sucesivas sobreposiciones de los siguientes mapas: altimétrico, declives, base, edafológico, geológico, uso de suelo y forestal. También se utilizaron las cartas de uso potencial del INEGI a escala 1: 50 000. Las cuales presentan la capacidad de uso de suelo (uso potencial) para ser utilizadas en actividades agrícolas, ganaderas y forestales con base en el grado de intensidad del uso. En estas cartas se representa de manera cualitativa la potencialidad del uso del suelo a través de ocho clases jerárquicas que muestran la intensidad variable del aprovechamiento. Indicando los factores limitantes

como: la insuficiencia de agua, profundidad efectiva del suelo, declives, grados de erosión, obstrucciones, posibilidades de inundación, drenaje interno, salinidad, acidez, fijación de fósforo e inestabilidad del terreno. Cabe indicar que en el mapa edafológico es relevante la información de la clase textural en los 30 cm superficiales del suelo y grados de obstrucción del suelo. Asimismo, se utilizó la información general de uso de suelo de la "Síntesis geográfica de Jalisco" (1981), específicamente los siguientes mapas: Frontera agrícola, posibilidades de uso forestal y posibilidades de uso agrícola, todos a escala 1: 1 000 000. Adicionalmente, se ha preparado un cuadro con los factores limitantes para estimar el uso de suelo potencial, el cual se adjunta.

Cuadro 23
Parámetros utilizados para estimar unidades de uso potencial de suelo

Unidades de uso potencial	Climas	Factores limitantes					
		Declives en grados	Profundidad en cm de suelo	Pedregosidad en % cobertura superficial	Drenaje calidad del suelo	Inundación % daños	Erosión % pérdida de suelo
Agrícola intensiva Infraest. de riego	En todos los climas	< 1° 30'	> 25	0 - 35	De normal a muy lento	0 - 50 Fuertes	Imperceptible hasta pérdida horizonte "A"
Agrícola de temporal	De húmedo a semisecos Húmedos	1° 30' - 6°	25 - 100	0 - 35	De lento a muy lento	De mínimos hasta 50 (Fuertes)	De incipiente hasta pérdida horizonte "A"
Pecuario intensiva	En todos los climas	< 1° 30'	25 - 100	0 - 35	Muy lento	Afectación de nula a ligera ocasional	De severa a muy severa
Pecuario extensiva	Subhúmedo semiárido	< 1° 30' - 12°	10 - 25	35 - 90	No afecta	De leve a severa	De severa a muy severa
Forestal comercial	De húmedo a subhúmedo secos	6° - 45°	10 - 25	35 - 90	No afecta	Inundado con vegetación aprovechable	De severa a muy severa según relieve
Forestal de protección (propuesta)	Cálido subhúmedo	6° - 45°	10 - 25	35 - 90	No afecta	Inundado con Vegetación Aprovechable	De severa a muy severa según relieve
Selva baja y selva mediana. Vida silvestre	Favorable en todos los climas excepto los muy áridos	Favorable según la vegetación y fauna	Suelos regosoles y otros improductivo	35 - 90	No afecta	Inundado con vegetación aprovechable	De severa a muy severa según relieve

Parámetros adaptados a la realidad de la cuenca del río Cuitzmala. Con base en: UNAM (1991). Mapa de capacidad de uso de la tierra, Escala 1: 4 000 000.

13.2.2 UNIDADES DE USO DE SUELO POTENCIAL

- **Agrícola intensiva de riego**

Con obras de infraestructura para riego, se incluyen suelos de calidad muy alta, media, regular. El suelo predominante es el feozem y en menor proporción vertisol, fluvisol y cambisol. Son áreas aptas para la agricultura productiva con limitaciones leves. En estas

áreas se deben seleccionar los cultivos a fin de obtener mayor productividad y rentabilidad. En la cuenca son escasas las unidades (de uso de suelo potencial) para la agricultura intensiva con riego, en total el área propuesta para este tipo de actividad es 17 km² (1.5 %). Los factores principales que impiden que se desarrolle este tipo de uso agrícola son: declives mayores a 1° 30' y la alta pedregosidad en muchos lugares de la cuenca. Observando el mapa de uso potencial, las unidades propuestas como agrícola con riego, se localizan en las siguientes unidades de relieve: planicie costera con lagunas y valle con lomeríos. Esta última localizada entre las latitudes 19° 45' y 19° 40'.

Por otro lado, estas unidades potenciales se localizan próximas a localidades importantes de la cuenca y con accesibilidad hacia localidades de mayor desarrollo como son las que pertenecen a la cuenca del río Purificación. No se descarta la posibilidad que en estas unidades se puedan combinar con ganadería intensiva. Es indudable que el desarrollo de estas actividades agrícolas requiere de inversión de capitales privados o créditos gubernamentales y obras de infraestructura hidráulica —las cuales se explicaron en el capítulo XII El agua como recurso.

• **Agrícola de temporal**

Se han seleccionado los suelos de calidad media con aptitud para agricultura de temporal. Corresponden a terrenos inclinados con declives de 6° y 12°. La aplicación de paquetes tecnológicos debe ser básica o indispensable para la producción y suprimir algunas prácticas tecnológicas, como la aplicación de sustancias agroquímicas, que resulta antieconómico por localizarse próximos a localidades menores a 200 habitantes.

Son unidades con problemas de inundación en condiciones extremas del clima, se recomienda complementar con ganadería doméstica para evitar el abandono de la tierra. Como se vio anteriormente, el uso de suelo actual es de 39 km², se han identificado como unidades potenciales para este tipo de usos en 5 km². Cabe señalar, la alta pedregosidad en los suelos feozem, localizados próximos a la localidad de San Miguel.

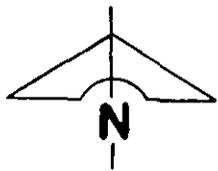
• **Pecuaría intensiva**

Son unidades de suelo de calidad alta con limitaciones leves, pudiéndose obtener mayor productividad por unidad de superficie. El área total de esta unidad potencial es de 6.5 km² (0.6%). En la cuenca, existen pocas unidades dedicadas a la ganadería intensiva, particularmente dedicados a la cría y engorda de ganado. En las localidades próximas a los ríos San Miguel y Jirosto, se transporta el ganado a los bosques de encino durante la temporada de lluvias (meses de julio a octubre) con el fin de aprovechar los pastos naturales de esos bosques. En la temporada de secas, el ganado lo trasladan a las parcelas agrícolas para ser alimentadas con forrajes. Es decir, prácticamente no existe en la cuenca la ganadería intensiva. A fin de elevar el rendimiento de estos suelos se sugiere que estas unidades se localicen próximas a unidades de agricultura de riego.

CUENCA DEL RIO CUITZMALA ESTADO DE JALISCO

MAPA DE USO POTENCIAL

ESCALA APROXIMADA 1: 200 000



CUENCA DEL RIO
SAN NICOLAS

CUENCA DEL
RIO CHAMELA

RESERVA DE
LA BIOSFERA
CHAMELA -
CUIXMALA

OCEANO PACIFICO

CUENCA DEL RIO PURIFICACION

SIMBOLOGIA

**POLITICAS TERRITORIALES*
Y UNIDADES DE USO POTENCIAL**

* **APROVECHAMIENTO:**

- Ar AGRICOLA INTENSIVA DE RIEGO
- At AGRICOLA DE TEMPORAL
- PI PECUARIA INTENSIVA
- PE PECUARIA EXTENSIVA
- Fc FORESTAL COMERCIAL

* **PROTECCION:**

- Fp FORESTAL DE PROTECCION

* **CONSERVACION:**

- FSb SELVA BAJA CADUCIFOLIA
- F(S)m SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA
- RESERVA DE LA BIOSFERA
- LIMITE MUNICIPAL
- LIMITE DE LA CUENCA



- **Pecuario extensiva**

Son suelos con calidad alta, media y regular, pero con alto porcentaje de pedregosidad y lecho rocoso entre 10 y 50 cm de profundidad. Son terrenos ligeramente ondulados (6° a 12°) y con escasa accesibilidad. Son áreas propicias para el desarrollo de la ganadería extensiva. Producción ganadera destinada a la producción exclusivamente de carne, tienen como mercado natural las localidades de la cuenca del río Purificación. Es decir, es una ganadería sustentada por el ganado vacuno y es extensiva —principalmente hacia áreas de bosques. El área potencial de ganadería extensiva es de 56 km². Se ha encontrado que gran parte de estas unidades por su alta pedregosidad y poca profundidad del suelo no son propicias para la agricultura —ya sea de temporal o intensiva. Son unidades que fácilmente pueden ser abandonadas por su baja productividad y altos factores limitantes que impiden su desarrollo.

- **Selva baja**

La selva baja en la cuenca es particularmente importante por su biodiversidad en flora y fauna. Ésta es importante por ser refugio de mamíferos, similar a Chamela. La riqueza florística de la selva baja también se considera que es similar a la selva baja de Chamela, destacando la diversidad de epifitas. Las especies arbóreas más importantes son: *Cordia alliodora*, *Caesalpinia eriostachys*, *Lysiloma divaricata*, *Lonchocarpus spp*, *Heliocarpus pallidus*, *Jatropha chamelensis*, *Guapira spp*, *Trichilia trifolia* y *Croton spp*.

Las unidades delimitadas como selva baja (al igual que la selva mediana subcaducifolia), en el mapa de uso potencial, indican que no es recomendable el cambio de uso de suelo. Se sugiere mantener la vegetación natural sin alterarse, es decir para conservación.

- **Selva secundaria mediana subcaducifolia**

Vegetación que se desarrolla en áreas con precipitación pluvial entre 1,200 a 1,500 mm anuales. Las especies arbóreas importantes son: *Brosimum alicastrum*, *Sciadodendrom excelsum*, *Astronium graveolens*, *Covepia polyandra*, *Xenomys nelsoni*, entre otros.

Como se mencionó anteriormente es una región natural muy alterada por el avance de actividades de ganadería extensiva y agricultura de temporal con carácter de subsistencia. Es preocupante esta situación porque los procesos erosivos se incrementan y por tanto, los procesos de erosión y desertificación. Sólo es recomendable la utilización de algunos suelos medianamente productivos próximos a ríos y arroyos y con declives suaves. Estas unidades son áreas de acumulación y pueden utilizarse para actividades agrícolas. Sin embargo, en general se debe mantener sin usos productivos a fin de no alterar el equilibrio natural de los ecosistemas y evitar procesos erosivos y provisión de agua a las partes bajas de la cuenca (selva baja). Por lo tanto, también se sugiere que sean áreas de acumulación.

- **Forestal comercial**

Se han considerado algunas unidades forestales de encino para la explotación comercial de madera. Son unidades próximas a localidades de las subcuencas de los ríos Jirosto y San Miguel. Lo ideal sería una explotación con manejo de estos bosques, a fin de evitar el proceso de desertificación. No se está recomendando la explotación forestal industrial por el nivel de poco desarrollo en que se encuentran las localidades de la cuenca. El área total propuesta para este tipo de actividad es de 27 km².

- **Forestal de protección**

Son unidades de bosques naturales de encino propuestas como nuevas áreas de protección a fin de evitar el fuerte proceso de deforestación en la cuenca. Las mismas que se localizan en las cabeceras, específicamente en las unidades de relieve de montaña alta con laderas altas y montañas secundarias y en las subcuencas de los ríos Jirosto y San Miguel. También se observa que el límite político entre los municipios La Huerta (municipio costero) y Villa Purificación divide en algunos casos estas unidades. El área total propuesta como área protegida es de 114 km² y por lo tanto, no se recomienda que se realice ninguna actividad económica en estas unidades.

- **Reserva de la biosfera “Chamela-Cuixmala”**

Es un área declarada por Decreto Federal como Reserva de la biosfera con fecha 30 de diciembre de 1993. Localizada en las selvas bajas de la cuenca del río Cuitzmala y la cuenca del río Chamela. Tiene una extensión de 131.4 km² (13,142.4 has). De las cuales, 88.4 km² (63.7 %), pertenecen a la cuenca del río Chamela y 43 km² (32.7%) a la cuenca del río Cuitzmala.

Con base en el texto “Considerando” del Decreto: En la región conocida como “Chamela-Cuixmala” ubicada en el municipio de La Huerta en el estado de Jalisco, existen ecosistemas tropicales frágiles representativos de áreas selváticas con gran diversidad biológica, endemismo y riqueza de especies, como son la selva baja caducifolia, la selva mediana subperennifolia, manglar, vegetación acuática de lagunas y esteros, vegetación riparia, dunas costeras y matorral xerófito. Que en dicha región habitan especies que se identifican con la región biogeográfica neotropical y particular con la provincia biótica Nayarit-Guerrero, consideradas como endémicas, raras, amenazadas o en peligro de extinción, tales como el jaguar, el puma, el yaguarundi, el ocelote, el tigrillo, la nutria, el murciélago de Harrison, el loro cabeza amarilla, la guacamaya verde, la catarinita, la espátula, el águila pescadora, el escorpión, la iguana verde y el cocodrilo americano. En esta región existe un gran número de especies vegetales de importancia económica, medicinales o de ornato, como la primavera, el guayacán, el mangle, el ébano, el mojote, el zacate conejo, la verdolaga, el huizacache, el cuastecomate, la cola de caballo, el bonete, el achiote, la pitaya, el copal y el cascalote, que constituyen un patrimonio nacional por su biodiversidad y potencial

productivo, para enriquecer el acervo genético de la nación. Siendo necesario controlar su aprovechamiento y procurar su conservación. En esta área se localiza el río Cuitzmala y una serie de frágiles lagunas, venas y esteros asociados, que representan un hábitat único en la región y que albergan comunidades vegetales como el manglar, la vegetación acuática, la selva mediana subperennifolia y la selva de manzanilla, que sirven como refugio para un número considerable de especies animales migratorias, endémicas, raras, amenazadas o en peligro de extinción. Desde el punto de vista hidrológico, las lagunas costeras asociadas al río Cuitzmala, constituyen fuente de obtención de agua para las especies de flora y fauna de la región. Que la Secretaría de Desarrollo Social, en coordinación con las Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de Reforma Agraria, el gobierno del estado de Jalisco y el Ayuntamiento del Municipio de La Huerta, la Universidad Nacional Autónoma de México y la Fundación Ecológica de Cuixmala, A.C., realizaron estudios técnicos en el área geográfica que comprende la región de "Chamela-Cuixmala". Que de dichos estudios técnicos se desprende la necesidad de establecer el área natural protegida con carácter de Reserva de la Biosfera, denominada "Chamela-Cuixmala" a fin de preservar los hábitats naturales de la región y los ecosistemas más frágiles; asegurar el equilibrio y la continuidad de sus procesos evolutivos ecológicos; aprovechar racional y sostenidamente sus recursos naturales; salvaguardar la diversidad genética de las especies existentes, particularmente las endémicas, amenazadas y en peligro de extinción y proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio.

Estas consideraciones de creación de esta reserva de la biosfera, señaladas en el Decreto Federal, muestran la amplitud de la riqueza en biodiversidad. Observando el mapa de uso potencial, esta reserva de la biosfera se muestra como un polígono irregular. Dicho polígono tiene 67 puntos representados por coordenadas UTM, entonces con 66 lados. Esta información de coordenadas UTM se trasladó a las cartas topográficas a escala 1: 50 000 (INEGI), dibujando el polígono en mención. Posteriormente, para efectos de presentación se redujo a escala 1: 200 000 (ver mapa de uso potencial del suelo).

En el área que corresponde a la cuenca del río Cuitzmala, los lados del polígono corta las aguas de los arroyos de la margen derecha del río Cuitzmala, localizados aproximadamente entre las latitudes 19° 30' y 19° 25'. Hacia el sur y cerca de la desembocadura limita con áreas agrícolas (actual).

Se representa esta área de reserva de la biosfera en el mapa de uso potencial, a fin que no sea considerado como unidad de aprovechamiento (actividades productivas). Debido a su riqueza paisajista, en especial en el área de lagunas tiene potencial turístico, sin embargo, se requiere de un estudio de impacto ambiental para recomendar que se realicen dichas actividades.

En resumen respecto al uso potencial del suelo se han detectado 17 km² con posibilidades para actividades de agricultura de riego —con declives menores a 1° 30'— en la planicie costera y en el valle con lomeríos —localizado normalmente en la subcuenca del río San Miguel. En relación con el potencial de agricultura de temporal y

ganadería extensiva, se está recomendando que se localice en pequeñas áreas contiguas a cauces, a fin de evitar el abandono de los cultivos, evitar el desmonte y deforestación en áreas donde predominan la escorrentía por gravedad. Se han identificado 6.5 km² con posibilidades de ganadería intensiva contiguos a unidades con posibilidades para agricultura de riego.

13.2.3 POLÍTICAS TERRITORIALES

Con base en el mapa de uso potencial y las matrices de síntesis geográfica se presentan a manera propuesta (o sugerencia) las siguientes políticas territoriales para la cuenca del río Cuitzmala:

- **Protección**

Se propone la protección de algunos bosques naturales de encino de las partes medias y altas de la cuenca (ver mapa de uso potencial). Considerando como parte alta de la cuenca del río Cuitzmala —según el criterio para delimitar subcuencas y ordenes de cauces— a las subcuencas de los ríos: Jirotto y San Miguel. Estas áreas propuestas como áreas de protección son susceptibles de integrarse al sistema nacional de áreas naturales protegidas, de acuerdo con las modalidades que marca la ley general del equilibrio ecológico y la protección.¹⁵

- **Conservación**

Se propone la conservación de algunas unidades de selva mediana subcaducifolia y gran parte de la selva baja caducifolia (ver mapa de uso potencial), como áreas de amortiguamiento para mitigar la deforestación de las partes altas, medias —según el criterio anterior hacia el sur incluyendo a las subcuencas de El Caimán y El Tesmo— y algunas partes bajas de la cuenca.

Sin embargo se puede permitir la localización de pequeños poblados menores a 200 habitantes, como los que actualmente existen en dichas áreas. La conservación esta dirigida a aquellas áreas que cumplen una función ecológica relevante, pero que no merecen ser preservadas en el SINAP.¹⁶ Por estar contiguo a la reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala puede favorecer extender los estudios de campo y vigilancia a estas áreas.

- **Aprovechamiento**

Las áreas de aprovechamiento se presentan en el mapa de uso potencial, son las áreas para agricultura de riego y temporal, actividades pecuarias y de forestal comercial.

¹⁵ Las políticas territoriales según el *Manual de ordenamiento ecológico del territorio* (1988), p. 42, de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

¹⁶ *Ibid.*, p. 43

Como se mencionó anteriormente debido al poco desarrollo económico de la cuenca son áreas potenciales de suelo.

13.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados más relevantes de la investigación son los siguientes: predominan en la cuenca, las altitudes entre 0 hasta 600 m.s.n.m., siendo el 77% del área total de la cuenca. Destacando entre estas altitudes, la planicie costera, la llanura de acumulación, los valles con lomeríos, cañones y barrancas y laderas intermedias. Los declives dominantes en estas áreas son los llanos y suaves. La selva baja se localiza entre los 0 a 200 m.s.n.m., y en algunas áreas entre los 200 a 400 m.s.n.m. La selva mediana se localiza predominantemente entre los 400 a 600 m.s.n.m., secundariamente hay áreas de selva mediana entre los 200 a 400 m.s.n.m. y entre los 600 a 900 m.s.n.m.

Próximo al litoral, sobre la margen derecha del río Cuitzmala, destaca el patrón de drenaje lagunar y anastomosado, con asociaciones de vegetación especial como: manglar, tular, hidrófilo. Este ecosistema lagunar y la vegetación contigua de selva baja permiten el desarrollo de una alta biodiversidad de especies tanto de vegetales como animales —destacando las especies en extinción. Esta área pertenece a la reserva de la biosfera “Chamela-Cuixmala”. Contiguas a esta reserva, sobre la margen izquierda del río Cuitzmala se encuentran dos localidades en promedio con 600 habitantes y unidades agrícolas de temporal y en menor grado de riego —Francisco Villa y Emiliano Zapata. Destacando en esta región costera la carretera federal pavimentada la cual se localiza próxima al mar. La selva mediana subcaducifolia está altamente perturbada por la población al realizar tareas de ganadería extensiva.

Entre las altitudes de 600 m.s.n.m. y hasta el punto más alto 1,770 m.s.n.m. (23% del área total de la cuenca) se localizan las montañas altas con laderas altas y montañas secundarias. Predominan en estas unidades de relieve los bosques de encino y en segundo término las áreas de pastizal y de bosque mesófilo. Entre estas altitudes destacan los declives mayores a 45° y 24°-45°, de muy escarpado a escarpado, son áreas que pertenecen al complejo sierra la Cacoma y con predominio de bosques naturales de encino y algunos bosques mesófilos de montaña. Entre estas altitudes no hay localidades, siendo áreas con dominios de cauces de primer y segundo orden. Es decir, son áreas de nacientes de arroyos que vierten sus aguas generalmente al río Jirotto (subcuenca del río Jirotto). Por lo tanto, no son áreas óptimas para la localización de poblados o el desarrollo de actividades productivas, a excepción de la subcuenca del río San Miguel. En ese sentido, se está sugiriendo a través del mapa de uso potencial, la protección de gran parte de los bosques naturales de encino que se localizan entre estas altitudes (600 a 1,770 m.s.n.m.).

Se considera que la cuenca se encuentra en un fuerte proceso de desertificación, debido a los resultados alcanzados comparando la cartografía existente: cartas de uso de suelo a escala 1: 50 000 (1975) y la carta forestal a escala 1: 250 000 (1993). Estos resultados son los siguientes:

En 18 años, 1975-1993, se alteró y perdió la siguiente vegetación:

- Selva baja, se alteró 31 km². Esta área está actualmente perturbada en cuanto a vegetación natural.
- Selva mediana, se alteró 56 km². Esta área está actualmente perturbada en cuanto a su vegetación natural.
- Bosques de encino, se alteró aproximadamente 16 km². Son áreas altamente perturbadas, actualmente son áreas de pastizal.

Como se explicó en el capítulo de uso de suelo, se estima que en el periodo 1993-1999, la pérdida de vegetación natural por desmonte y deforestación es de 10% del área total de la cuenca. Entonces durante el periodo 1975-1999, se han perdido o altamente perturbado aproximadamente 219 km² (20% del área total de la cuenca). Indudablemente, esta cifra de 10% adicional, durante el periodo 1993-1999, tiene que ser ajustada con un mapa actual elaborado con base en fotografías aéreas o imágenes de satélite a escala 1: 50 000. Cabe recordar que esta limitante de la antigüedad de la cartografía se explicó en la introducción de la investigación.

La cuenca del río Cuitzmala tiene en total 5,452 cauces, la frecuencia absoluta de cauces es alta 4.96 cauces / km², el análisis particular de la frecuencia de cauces por cada km² también indica la alta frecuencia de los mismos. Sin embargo, debido a la forma alargada de la cuenca, se han detectado “déficits” de segmentos de cauces de cuarto y quinto orden en las partes más angostas.

El declive absoluto de la cuenca es llano, es decir, menor a 1° 30', sin embargo en el análisis particular destacan los declives menores a 1° 30' hasta los declives de 24°. Entonces, los declives dominantes son: los llanos, suaves, moderadamente ondulado, muy inclinado y algo escarpado. Sin embargo, para el desarrollo de actividades de agricultura de riego y ganadería intensiva se requieren de declives menores a 1° 30', los cuales se presentan en el valle con lomeríos y la planicie costera con lagunas.

El clima de la cuenca es el cálido subhúmedo con lluvias en verano, con temperaturas de mínima 22 °C y como la máxima de 26 °C. Es decir, con poca amplitud térmica, la distribución de las lluvias determina por grado de humedad tres climas dentro del grupo de los climas cálidos subhúmedos. La radiación solar en la cuenca es alta: 442.5 cal/cm²/día en la planicie costera y 420.8 cal/cm²/día en las montañas altas.

En la cuenca, hay importantes áreas de acuíferos —alta probabilidad— destacando la unidad geohidrológica localizada en la subcuenca del río San Miguel y la cuenca vecina del río Purificación. Esta unidad tiene un área de 242 km², de los cuales sólo 23 km²

pertenecen a la cuenca del río Cuitzmala. Sin embargo, esta unidad geohidrológica, se localiza en un área homogénea de valle con lomeríos —que comparten la cuenca del río Cuitzmala con la del río Purificación— y generalmente con material residual. Es un área particularmente similar por topografía, fisiografía, geología y declives con la cuenca del río Cuitzmala.

De acuerdo con los resultados de los balances hidrológicos, destacan la alta evapotranspiración. Se explica esta alta evapotranspiración por las altas temperaturas en la cuenca con poca amplitud térmica y relativamente homogéneas, inclusive en las áreas de montañas. Asimismo, influye la alta radiación solar y la abundante vegetación natural. El periodo de lluvias aproximadamente entre junio a diciembre y la presencia de acuíferos, particularmente el mencionado arriba, permiten abastecer de humedad al suelo en las partes bajas y medias de la cuenca y el desarrollo de la vegetación de selva baja y mediana.

Con base en los resultados del capítulo de balance hidrológico, el marco físico y siguiendo el criterio hidrogeográfico se presenta una propuesta de aprovechamiento del agua —capítulo el agua como recurso— a nivel de subcuenca y desde el punto de vista potencial. Destacando las subcuencas de los ríos Jirosto, San Miguel y la región costera sobre la margen izquierda del río Cuitzmala. En estas subcuencas se sugiere la explotación intensiva de los recursos naturales de la cuenca, es decir para actividades agropecuarias y en menor grado para aprovechamiento de la madera —esta última con manejo. Este análisis hidrogeográfico de la cuenca, se plasma en el capítulo de síntesis geográfica y gráficamente en el mapa de uso potencial del suelo.

Se han detectado un total de 17 km² de unidades de suelo con potenciales para realizar actividades de agricultura de riego y 6.5 km² con potenciales para actividades pecuarias intensivas, localizadas contiguas a los dos núcleos rurales anteriormente señalados. Asimismo, son áreas con accesibilidad de muy buena y de regular a buena hacia localidades de mayores desarrollo, siendo estos mercados potenciales donde pueden ofertar sus productos agropecuarios.

La cuenca es potencialmente forestal, se pueden realizar actividades de forestal comercial, sin embargo, tendría que desarrollarse de manera planificada. No se descarta la posibilidad de reforestar la cuenca para fines comerciales y de equilibrio ecológico. Tarea que sería ideal porque se considera que el principal recurso natural de la cuenca es el forestal. Inclusive las áreas desmontadas de selva mediana subcaducifolia pueden ser reemplazadas con bosques de encino, porque los suelos regosol y feozem —ambos con textura media y gruesa y en general con pedregosidad media y alta— son compatibles para el desarrollo forestal.

En especial en las subcuencas de los ríos Jirosto, San Miguel y Tene que tienen clima Aw₂(w)_i el más húmedo de los cálidos subhúmedos y en general con precipitaciones entre 1200 y 1500 mm anuales. Entonces el área potencial para reforestación con fines de conservación y aprovechamiento es de 188 km². Este último resultado se obtiene

restando el área total altamente perturbada —219 km²— con los 31 km² de selva baja altamente perturbada. Tomando en cuenta que el factor clima no es propicio para el desarrollo de bosques de encino en la selva baja de la cuenca.

La cuenca está escasamente poblada con un total de 6,000 habitantes y una densidad aproximada de 5 habitantes/km². Población distribuida en pequeñas localidades rurales. Destacando dos núcleos de localidades; una de las cuales se localiza en el litoral contiguo a la carretera federal pavimentada, en particular las localidades conurbadas de Emiliano Zapata y Francisco Villa con 1,379 habitantes. El otro núcleo se localiza alrededor de la localidad de San Miguel, a una altitud aproximada de 400 m.s.n.m., el cual funciona como un pequeño centro motriz rural y tiene 559 habitantes. Este último grupo de poblados se localiza contiguo a la cuenca del río Purificación, los cuales tienen localidades con mayor nivel de desarrollo y enlazados a través de una carretera pavimentada con la ciudad intermedia de Autlán de Navarro. Secundariamente hay un pequeño grupo de localidades, cada uno con población menor a 200 habitantes, se trata de los poblados de Jirosto, Llano de Oro, la Eca, entre otros, localizados próximos al río Jirosto (subcuenca del río del mismo nombre) y a una altitud promedio de 400 m.s.n.m.

CAPÍTULO XIV

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

14.1 CONCLUSIONES

Las conclusiones se han ordenado con base en los objetivos particulares de la investigación, las cuales se presentan en la introducción.

En general, con respecto a los dos primeros objetivos que se refieren, el primero al análisis de las características hidrogeográficas y el segundo a las potencialidades en recursos naturales de la cuenca, se llega a las siguientes conclusiones —las mismas que están muy relacionadas entre sí. La disponibilidad de agua superficial es alta, de acuerdo con el resultado de frecuencia absoluta, los resultados de balances hidrológicos y particularmente los relativos a los volúmenes de escurrimiento por subcuenca. Se han identificado a las subcuencas con mayores potenciales para el aprovechamiento del agua, en especial para el desarrollo de actividades agropecuarias y secundariamente para uso doméstico. Éstos se asocian con el potencial de uso del suelo, en especial en las áreas para agricultura de riego.

En la discusión de los resultados se explicó y sustentó que el principal recurso natural de la cuenca es el forestal. Se cuantifico las áreas deforestadas por vegetación natural — selva baja, selva mediana y bosques naturales de encino. De la misma manera se cuantifico el área posible para reforestar, teniendo en cuenta el tipo de suelo y el clima. Este es otro aporte particular al estudio hidrogeográfico de las vertientes mexicanas hacia el Océano Pacífico.

Otra conclusión destacable —explicada también en la discusión de resultados— es que se identificó las subcuencas con mayores potenciales para aprovechamiento del agua, destacando las subcuencas de los ríos San Miguel, Jirosto y el conjunto de subcuencas pequeñas de la margen izquierda del río Cuitzmala. Se identificaron sectores de cada subcuenca con mayores potenciales para el aprovechamiento del agua, este es otro particular acorde a los objetivos de la investigación.

Cabe indicar que el aprovechamiento intensivo de los recursos naturales en las subcuencas con mayores potenciales de agua sin planeación incrementaría la deforestación y la formación de abanicos coluviales con escurrimiento torrencial y perjudicaría a los poblados de las partes bajas de la cuenca. Se considera que es un fenómeno que deteriora el ambiente y que perjudicaría a largo plazo las partes bajas de la cuenca, implicando el avance de la desertificación. El cual a largo plazo puede dejar a su mínima expresión al recurso forestal —quedando con protección natural las áreas de altas montañas y laderas altas. En este sentido, también se debe considerar a las localidades vecinas a la cuenca —con mayor desarrollo principalmente en equipamiento urbano— debido a la cercanía como las cabeceras municipales de Villa Purificación y

Casimiro Castillo y la ciudad intermedia de Autlán de Navarro. Entonces la explotación forestal con carácter comercial queda condicionada a la acción planificada a fin de evitar los procesos de desertificación.

En razón a lo anterior destacan en la cuenca, el potencial forestal y la alta biodiversidad de flora y fauna en la selva baja y las subcuencas con mayores potenciales para el aprovechamiento del agua. La selva baja caducifolia de la margen derecha del río Cuitzmala próxima al mar —forma parte de la reserva de la biosfera “Chamela-Cuixmala”— tiene potencial turístico, en especial por la riqueza paisajista del patrón de drenaje lagunar, para lo cual se requeriría de un estudio de impacto ambiental.

Esta investigación se ha preparado con base en la cartografía a escala 1: 50 000, razón por la cual se considera que el estudio es de semi-detalle. El principal aporte de esta investigación es su originalidad, no hay otro estudio similar a ese nivel de precisión en la cuenca del río Cuitzmala. El análisis espacial de la fisiografía, declives, geología, edafología, climas, hidrografía, balance hidrológico, población, entre otros, ha permitido presentar propuestas de planeación presentadas en el capítulo de síntesis geográfica. Estas propuestas son de posible aplicación y coadyuvarían a mejorar la administración del agua a mediano y largo plazo, teniendo en cuenta el virtual poblamiento de la cuenca. Este es otro aporte particular, que se suman a los dos señalados anteriormente.

Con respecto al tercer objetivo de cuantificar la situación actual de la cuenca. Se han elaborado una serie de cuadros, relativos a temas de geografía física, considerando el total de las áreas de las unidades que la componen. Destacando la cuantificación de las principales unidades litológicas, aguas subterráneas, los declives, las unidades de relieve, edafología y la topografía. Esta última se cuantificó a través del cuadro de análisis orométrico. El análisis fluvigráfico utilizando el método de Horton-Strahler, permitió cuantificar las principales características fluvigráficas de la cuenca.

El análisis de los climas, las subcuencas y la distribución espacial de la precipitación permitió comprender los resultados del balance hidrológico. En el capítulo de balance hidrológico se cuantificaron los volúmenes de precipitación, escurrimientos, infiltración y evapotranspiración en la cuenca, teniendo como unidad espacial básica de estudio la subcuenca. La alta evapotranspiración se interpretó a través de la correlación de la temperatura, radiación solar total, precipitación, escurrimientos y gastos. La abundante vegetación natural principalmente selva baja y selva mediana a pesar de la alta evapotranspiración se debe básicamente a que existe en la cuenca un periodo de lluvias estable aproximadamente entre los meses de junio a diciembre. Asimismo, la alta probabilidad de tener acuíferos en la subcuenca del río San Miguel y el litoral —son las áreas más pobladas de la cuenca— y la probable sobre-explotación de este recurso implican la necesidad de aplicación de políticas de planeación a mediano plazo y largo plazo.

Se elaboraron cinco matrices denominadas “síntesis geográfica”, para alcanzar el tercer objetivo. Esta información se aprovechó para elaborar el mapa potencial de uso del suelo, el cual sintetiza las perspectivas de desarrollo de las actividades agropecuarias y forestales.

El último objetivo relativo a los resultados a fin de que sirva para una eventual planeación física de la cuenca. Este objetivo se alcanzó básicamente con la elaboración de la cartografía básica y temática, la misma que está compuesta por 21 mapas —ver la relación de mapas—, la elaboración de cuadros y gráficos y una propuesta de políticas territoriales. La metodología utilizada en esta investigación se puede aplicar a las dos cuencas vecinas a fin de tener un panorama regional y ejecutar un plan de ordenamiento ecológico territorial. Este plan se puede ejecutar con base en el Plan de Desarrollo Urbano de Jalisco 1995-2001, en la cual se hace hincapié en la superación de las desigualdades urbano-regionales del estado.

La propuesta de políticas territoriales para la cuenca —mencionada anteriormente— es indispensable para la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales, a fin de evitar el desequilibrio en el ciclo del agua. Los recursos naturales de la cuenca se componen básicamente en: selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y bosques naturales de encino. La perspectiva a largo plazo en cuanto a la conservación de recursos es preocupante debido a la alta deforestación por desmonte de vegetación natural, por parte de la población de la cuenca y por las unidades productivas o población de localidades vecinas —las cuales tienen mayor desarrollo.

Otra necesidad de iniciar procesos de planeación en la cuenca se debe al auge del poblamiento, a través de la inmigración debido principalmente al turismo e implicando cambios bruscos de uso de suelo en la cuenca que a largo plazo puede alterar el ciclo del agua por deforestación o por sobre-explotación de los acuíferos. Esta situación puede generar problemas de agua en la cuenca e incrementar demandas de inversión pública sin planeación; —por ejemplo, para infraestructura en presas de almacenaje de agua que no existen actualmente. Cabe añadir que la creación de la reserva de la biosfera “Chamela-Cuixmala” ha impedido el poblamiento de una unidad espacial con alta biodiversidad. También impide que los acuíferos del litoral sean sobre-explotados, y que son muy frágiles, en caso contrario, los suelos de la costa ya se hubieran salinizado. En los estudios de planeación se deben incluir recomendaciones para la localización de poblados, tomando en cuenta que la región litoral de la cuenca, —incluyendo las cuencas vecinas— son áreas con riesgos de inundación fluvial y marina. Se observó que las localidades de Emiliano Zapata y Francisco Villa, están localizadas en áreas de terrazas fluviales del río Cuitzmala y con riesgos de inundación por localizarse virtualmente a nivel del mar. Se tiene conocimiento —de acuerdo al trabajo de campo— que la localidad de Cuitzmala está muy bien ubicada. Este poblado está asentado geomorfológicamente sobre piedemonte inferior con vertientes rectilíneas, es decir, en una parte relativamente elevada desde donde se pueden observar las terrazas fluviales del río Cuitzmala. Por lo tanto, ante el virtual poblamiento de la cuenca del río Cuitzmala y cuencas vecinas, es imprescindible que se realice en forma planeada.

14.2 SUGERENCIAS

A fin de conocer la situación actual del uso de suelo, en especial de vegetación natural —como selva baja y mediana y bosques— se recomienda preparar un mapa de uso de suelo actual con apoyo de imágenes de satélite ó fotografías aéreas. Se sugiere que la escala de este nuevo mapa sea de 1: 50 000, con el objetivo de comparar y cuantificar pérdidas en vegetación natural de las cuencas vecinas y detectar áreas contiguas a la cuenca también con problemas de deforestación. Con base en el mapa de uso potencial, no se recomienda el incremento de unidades de agricultura de temporal y de ganadería extensiva, a fin de evitar el incremento de áreas perturbadas por cambios de uso de suelo. En ese sentido, se deben proteger los bosques de encino, de las áreas de montañas secundarias y montañas altas, considerándolas como reservas de la biosfera, a fin de compensar las pérdidas de bosques y de selvas medianas en la cuenca e indispensable para facilitar la recarga de agua subterránea.

Se requiere de estudios de fauna y flora en áreas contiguas a la reserva de la biosfera “Chamela-Cuixmala”. En especial en la unidad fisiográfica de llanura de acumulación (ver mapa fisiográfica), en el cual predomina la vegetación de selva baja caducifolia que está prácticamente despoblada. A fin de encontrar áreas con similares características de alta biodiversidad, tomando en cuenta los límites naturales. El límite de divisorias de aguas es aquel que puede aproximarse a las fronteras de fauna migrante, pero no lo consideramos así a las líneas geodésicas o “polígonos” —delimitación de la reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala. Es difícil identificar líneas o lados de polígonos (que sólo existen en el papel) y que en el terreno son líneas geodésicas en áreas onduladas de la cuenca —con abundante vegetación de selva baja caducifolia e incluyendo especies arbóreas. Como se mencionó arriba en la unidad de llanura de acumulación se requiere de estudios similares a los realizados en “Chamela-Cuixmala”, resultados que ayudarían a conocer las particularidades de esta parte de la selva baja, el cual es actualmente un área inaccesible.

Se requiere de una estación hidrométrica en la confluencia de los Jirosto y San Miguel —principales formadores del río Cuitzmala—, localizada en una unidad de cañones de poca profundidad y contiguo a la localidad de El Chino. Permitiría tener conocimiento del volumen total de escurrimientos, en el punto de máxima concentración de escurrimientos. Estos resultados pueden recomendar iniciar estudios de factibilidad para la localización de una presa de almacenaje de agua, a fin de contrarrestar el déficit de agua en épocas de secas en las partes bajas y la subcuenca del río San Miguel. Asimismo, coadyuvaría al aprovechamiento, actualmente potencial de las unidades de suelo con calidad media y alta de la cuenca. De la misma manera también se sugiere la instalación de otras dos estaciones hidrométricas —las cuales se explicaron en el capítulo del agua como recurso. Como complemento sería ideal iniciar un estudio de aguas subterráneas en la unidad geohidrológica localizada en la subcuenca del río San Miguel y la cuenca vecina del río Purificación, con un área aproximada de 242 km².

Estos resultados permitirían cuantificar los volúmenes de agua de los acuíferos, óptimos para su aprovechamiento. En dicho trabajo, se puede incluir un estudio de humedad del suelo en puntos de la selva baja y selva mediana subcaducifolia para cuantificar la evaporación desde el suelo y la transpiración de las plantas, con el fin de ampliar la explicación de la infiltración y evapotranspiración en la cuenca.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, ADRIÁN, Y RODRÍGUEZ, F. (1991). *La política urbano regional en México, 1978-1990*. México: El Colegio de México.

AGUILERA HERRERA, NICOLÁS. (1989). *Tratado de edafología de México tomo I*. México: UNAM.

BARKIN, DAVID PETER, KING, TIMOTHY. (1970). *Desarrollo económico regional: enfoque por cuencas hidrológicas de México*. México: Siglo Veintiuno.

BETHEMONT, J. (1980). *Geografía de la utilización de las aguas continentales*. Barcelona: Oikos-Tau.

BROWN, E.H. (1985). *Geografía pasado y futuro*. México: Fondo de Cultura Económica.

CEBALLOS, GERARDO, MIRANDA, ÁLVARO. (1986). *Los mamíferos de Chamela, Jalisco manual de campo*. México: UNAM.

CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN (CONAPO). (1991). *Sistemas de ciudades y distribución espacial de la población en México*. México D.F.

CONTRERAS, FRANCISCO. (1985). *Las lagunas costeras mexicanas*. México: Secretaría de Pesca.

CUSTODIO E., M.R. LLAMAS. (1983). *Hidrología subterránea*. Barcelona: Ediciones Omega.

FITZPATRICK, E.A. (1984). *Suelos su formación, clasificación y distribución*. México: Compañía Editorial Continental.

GALINDO, IGNACIO, Y CHAVEZ, ADOLFO. (1979). *Estudio del clima solar en la República Mexicana I Radiación solar total*. México: SARH-UNAM.

GARCÍA, ENRIQUETA. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática Köppen*. México D.F.

———. (1989). *Apuntes de climatología*. México D.F.

GARZA VILLAREAL, GUSTAVO. (1996). *Cincuenta años de investigación urbana y regional en México 1940-1990*. México: El Colegio de México.

GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO. (1995). *Plan Estatal de Desarrollo Urbano de Jalisco 1995-2001*. Guadalajara, Jalisco.

HELWEG, OTTO J. (1993). *Recursos hidráulicos planeación y administración*. México: Limusa.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. (1996). *Atlas Estadístico del Estado de Jalisco*. México D.F.

———. (1993). *Guías para la interpretación de cartografía geología*. México D.F.

———. (1981). *Guías para la interpretación de cartografía hidrología*. México D.F.

———. (1990). *Guías para la interpretación de cartografía uso de suelo*. México D.F.

———. (1991). *Jalisco Atlas Agropecuario, VII censo agropecuario*. México D.F.

———. (1990). *Resultados definitivos datos por localidad (Integración territorial) XI censo general de población y vivienda*. México D.F.

KNAPP, B.J. (1979). *Elements of geographical hidrology*. London: George Allen & Unwin Ltd.

LABASSE, JEAN. (1973). *La organización del espacio, elementos de geografía aplicada*. Malvar.

LUGO HUBP, JOSÉ. (1989). *Diccionario geomorfológico*. México: UNAM.

———. (1991). *Elementos de geomorfología aplicada (métodos cartográficos)*. México - UNAM.

LLAMAS, JOSÉ. (1989). *Hidrología general*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.

MARTÍNEZ LUNA, VÍCTOR MANUEL. (1982). *Estudio comparativo de las cuencas de los ríos Tlaxcalilla y arroyo Grande, Guanajuato*. Tesis de Maestría en Geografía, México - UNAM.

———. (1980). *Los factores geomorfológicos que rigen el comportamiento de la presa "Ignacio Allende", Guanajuato*. México: UNAM.

MARTÍNEZ-ALVAREZ, J.A. (1981). *Mapas geológicos*. Madrid: Paraninfo.

RAISZ, ERWIN. (1985). *Cartografía general*. Barcelona: Ediciones Omega.

SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA. (1988). *Manual de ordenamiento ecológico del territorio*. México: SEDUE.

RODRÍGUEZ PÉREZ, MARÍA GUADALUPE. (1984). Estudio geográfico del recurso agua en el estado de Michoacán. Tesis de Licenciatura en Geografía, México-UNAM.

SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS. (1977). *Actualización al boletín hidrológico No. 41 regiones hidrológicas Nos 13, 14, 15, 16, 17 - zona Pacífico centro*. México D.F.

SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. (1981). *Síntesis geográfica de Jalisco*. México D.F.

———. (1981). *Guías para la interpretación de Cartografía, uso potencial del suelo*. México D.F.

SIERRA ALVAREZ, JAVIER. (1993). *Aspectos sobresalientes del ordenamiento territorial del municipio de La Huerta, Jalisco*. Tesis de Licenciatura en Geografía, México - Universidad de Guadalajara.

STRAHLER, ARTHUR. (1990). *Geografía Física*. Barcelona: Omega.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. (1992). *Atlas del municipio de La Huerta*. México - Universidad de Guadalajara.

VERLAG HERDER KC. (1974). *Diccionarios Rioduero Geografía*. Madrid: Ediciones Rioduero.

ANEXO I

BIBLIOGRAFÍA-CARTOGRAFÍA

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA.
(1977). *Carta topográfica 1: 250 000 Manzanillo E13-2-5*. México D.F.

———. (1981). *Carta hidrológica de aguas superficiales 1: 250 000 Manzanillo E13-2-5*. México D.F.

———. (1990). *Carta geológica 1: 250 000 Manzanillo E13-2-5*. México D.F.

———. (1981). *Carta hidrológica de aguas subterráneas 1: 250 000 Manzanillo E13-2-5*. México D.F.

———. (1981). *Carta hidrológica de aguas superficiales 1: 1 000 000 Guadalajara*. México D.F.

———. (1981). *Carta fisiográfica 1: 1 000 000 Guadalajara*. México D.F.

———. (1974). *Carta topográfica 1: 50 000 Miguel Hidalgo E13B31*. México D.F.

———. (1973). *Carta topográfica 1: 50 000 San Miguel E13B21*. México D.F.

———. (1973). *Carta topográfica 1: 50 000 Casimiro Castillo E13B22*. México D.F.

———. (1973). *Carta topográfica 1: 50 000 Zapotán E13B11*. México D.F.

———. (1973). *Carta topográfica 1: 50 000 Autlán E13B12*. México D.F.

———. (1976). *Carta uso del suelo 1: 50 000 Miguel Hidalgo E13B31*. México D.F.

———. (1975). *Carta uso del suelo 1: 50 000 San Miguel E13B21*. México D.F.

———. (1976). *Carta uso del suelo 1: 50 000 Casimiro Castillo E13B22*. México D.F.

———. (1975). *Carta uso del suelo 1: 50 000 Zapotán E13B11*. México D.F.

———. (1975). *Carta uso del suelo 1: 50 000 Autlán E13B12*. México D.F.

———. (1975). *Carta edafológica 1: 50 000 Miguel Hidalgo E13B31*. México D.F.

———. (1975). *Carta edafológica 1: 50 000 San Miguel E13B21*. México D.F.

———. (1975). *Carta edafológica 1: 50 000 Casimiro Castillo E13B22*. México D.F.

- . (1976). *Carta edafológica 1: 50 000 Zapotán E13B11*. México D.F.
- . (1976). *Carta edafológica 1: 50 000 Autlán E13B12*. México D.F.
- . (1975). *Carta geológica 1: 50 000 Miguel Hidalgo E13B31*. México D.F.
- . (1975). *Carta geológica 1: 50 000 San Miguel E13B21*. México D.F.
- . (1975). *Carta geológica 1: 50 000 Casimiro Castillo E13B22*. México D.F.
- . (1975). *Carta geológica 1: 50 000 Zapotán E13B11*. México D.F.
- . (1975). *Carta geológica 1: 50 000 Autlán E13B12*. México D.F.
- . (1977). *Carta uso potencial 1: 50 000 Miguel Hidalgo E13B31*. México D.F.
- . (1976). *Carta uso potencial 1: 50 000 San Miguel E13B21*. México D.F.
- . (1977). *Carta uso potencial 1: 50 000 Casimiro Castillo E13B22*. México D.F.
- . (1976). *Carta uso potencial 1: 50 000 Zapotán E13B11*. México D.F.
- . (1977). *Carta uso potencial 1: 50 000 Autlán E13B12*. México D.F.
- SECRETARÍA DE LA PRESIDENCIA-UNAM. (1970). *Carta de climas 1: 500 000 Tomatlan 13Q-V islas Revillagigedo*. México D.F.
- SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO, ESTADO DE JALISCO. (1981). *Carta estatal de frontera agrícola 1: 1 000 000*. México D.F.
- . (1981). *Carta estatal de posibilidades de uso agrícola 1: 1 000 000*. México D.F.
- . (1981). *Carta estatal de posibilidades de uso forestal 1: 1 000 000*. México D.F.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS-UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. (1993). *Carta forestal 1: 250 000 Manzanillo E13-2-5*. México: SARH-UNAM.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (1991). *Mapa de capacidad de uso de la tierra 1: 4 000 000*. México D.F.

ANEXO II

RELACIÓN DE MAPAS

CUENCA DEL RÍO CUITZMALA

ESTADO DE JALISCO

1. Croquis de ubicación general
2. Mapa base, 1: 200 000
3. Mapa de ubicación regional, 1: 250 000
4. Mapa de las principales subcuencas, 1: 200 000
5. Mapa topográfico, 1: 200 000
6. Mapa fisiográfico, 1: 200 000
7. Mapa altimétrico, 1: 200 000
8. Mapa de declives, 1: 200 000
9. Mapa geológico, 1: 250 000
10. Mapa litológico, 1: 200 000
11. Mapa edafológico, 1: 200 000
12. Mapa de climas, 1: 250 000
13. Mapa hidrográfico, 1: 250 000
14. Mapa hidrográfico, 1: 200 000
15. Mapa de patrones de drenaje, 1: 200 000
16. Mapa de orden de cauces, 1: 200 000
17. Mapa de distribución geográfica de frecuencias de cauces, 1: 200 000
18. Mapa de escurrimientos, 1: 250 000
19. Mapa de uso del suelo, 1: 200 000
20. Mapa forestal, 250 000
21. Mapa de uso potencial del suelo, 1: 200 000