



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS
DE HIDALGO**

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOBRE LOS RECURSOS NATURALES

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN LIMNOLOGÍA Y ACUICULTURA**

**DEGRADACIÓN DE LA RED HIDROGRÁFICA
DE LA CUENCA DE COINTZIO Y ALTERNATIVAS DE MANEJO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS
EN LIMNOLOGÍA Y ACUICULTURA**

PRESENTA

BIOL. BRENDA SALVIERA UTRILLA SÁNCHEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. ALBERTO FRANCISCO GÓMEZ-TAGLE ROJAS

MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO; ENERO DEL 2007.

CONTENIDO



DEDICATORIA

A mi Mamá Inés

Inés Trujillo,

Por todo su amor y cariño a lo largo de mi vida.

A mi Madre

Ma. Leticia Sánchez,

Por su dedicación y ser la que me motiva a seguir adelante.

A mi Papá

Javier Utrilla,

Por su cariño, confianza y por estar en mi vida.

A mis Tías

Tere, Yuyi, Frans, Mari, Inés,

Por creer en mí, por sus consejos y por estar conmigo aún en la distancia.

Amis hermanitos

Mari, Adriana y Daniel

Por su compañía, cariño y por darme la alegría de tenerlos cerca.

A Jesús

Por su amor y por ser mi mejor amigo.

AGRADECIMIENTOS

En este trabajo colaboraron varias personas de las cuales agradezco su apoyo, primeramente agradezco al Instituto de Investigaciones Sobre los Recursos Naturales y a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por la oportunidad para continuar con mis estudios y por el apoyo económico para la realización del presente trabajo.

De manera especial agradezco al Dr. Alberto F. Gómez-Tagle Rojas por permitirme ser parte de su equipo de trabajo, por su asesoría, paciencia y por transmitirme algo de su experiencia como investigador.

También agradezco a la Dra. Isabel Israde Alcántara por su apoyo para el análisis de carbono orgánico, por sus aportaciones, y sugerencias en el presente trabajo.

Agradezco a la M.C. Martha Beatriz Rendón López por su accesibilidad para los análisis de laboratorio, sus consejos y recomendaciones.

Además agradezco al Dr. Fernando Bernal Broks por el interés que demostró a mi investigación, por sus sugerencias y consejos.

Gracias al Dr. Arturo Chacón torres por sus enseñanzas en el campo de la limnología y por impulsarme en la investigación.

Agradezco al Biol. Alejandro García por facilitarme la información climática y a la Comisión Nacional del Agua, por el acceso a esta información.

Además agradezco al M.C. Alberto Gómez-Tagle Chávez por su asesoría en la parte de Sistemas de Información Geográfica, por sus consejos, recomendaciones y por su amistad.

También agradezco de manera especial al M.C. Heriberto Medina Romero por el apoyo en los análisis de laboratorio, su compañía en el trabajo de campo y sobre todo por su amistad.

Gracias al equipo de trabajo: Pera, Jimena, Rafa, Hugo y Fabricio, por el apoyo, acompañarme en el trabajo de campo y por su sincera amistad.

Agradezco también a mis amigos: Ana Bel, Yola, Miriam, Roberto, Claudia y David por todo lo que compartimos en este tiempo y por su amistad.

Finalmente agradezco Dios por permitirme terminar esta etapa en mis estudios y por todas las oportunidades que se me presentan y que el permite.

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. ANTECEDENTES.....	6
2.1 Estudios en el extranjero.....	6
2.1.1 Hidrológicos.....	6
2.1.2 De ecosistemas riparios.....	7
2.3 Estudios en México.....	9
2.3.1 Hidrológicos.....	9
2.3.2 De ecosistemas riparios.....	11
2.4 Estudios en Michoacán.....	12
2.4.1 Hidrológicos.....	12
2.4.2 De ecosistemas riparios.....	13
2.5 Estudios en la subcuenca de Cointzio.....	14
III. OBJETIVOS.....	16
3.1 Objetivo general.....	16
3.2 objetivos particulares.....	16
IV HIPOTESIS.....	16
V. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	17
5.1 Localización geográfica.....	17
5.2 Geología.....	18
5.3 Hidrografía.....	18
5.4 Clima.....	19
5.5 Suelo.....	19
5.6 Aspectos sociales de Cointzio.....	20

VI. MATERIALES Y METODOS.....	21
6.1 Aplicación de Sistemas de Información Geográfica.....	22
6.2 Establecimiento del diseño experimental.....	22
6.3 Probabilidad y los periodos de retorno de lluvias.....	23
6.4 Ubicación de los sitios de muestreo	24
6.5 Clasificación de la red hidrográfica por el método Rosgen (1994).....	24
6.6 Evaluación del ecosistema ripario por el método rápido de Zepeda <u>et. al.</u> (2002).....	30
6.7 Análisis del suelo.....	36
6.7.1 Determinación de textura.....	36
6.7.2 Determinación de porosidad por relación de densidades.....	37
6.7.3 Contenido de carbono orgánico en el suelo.....	38
6.8 Análisis de variables físicas y químicas de las aguas del cauce.....	40
6.8.1 En campo.....	40
6.8.2 En laboratorio.....	40
6.9 Modelo conceptual para simular la degradación de la Subcuenca de Cointzio.....	41
VII RESULTADOS.....	42
7.1 Análisis de precipitación.....	42
7.1.1 Probabilidad de lluvia en los mese más lluviosos.....	42
7.1.2 Retorno de lluvia en los meses más lluviosos.....	44
7.2 Sistemas de Información Geográfica.....	48
7.3 Clasificación de cauces por el método Rosgen (1994).....	50
7.4 Evaluación del ecosistema ripario por el método rápido de Zepeda <u>et. al.</u> , (2002).....	56
7.5 Análisis físico y químico del suelo del banco de orilla.....	64
7.6 Datos obtenidos en campo con el potenciómetro OAKTON y potenciómetro PC 18.....	64
7.7 Comparación en la evaluación del contenido de carbono orgánico en los suelos de rivera.....	67

7.8 Datos de análisis físicos y químicos del agua, obtenidos en laboratorio.....	69
7.9 INTEGRACIÓN DE RESULTADOS.....	73
7.9.1 Análisis de correlación de Pearson.....	73
7.10 MODELO CONCEPTUAL PARA SIMULAR LA DEGRADACIÓN DE LA SUBCUENCA DE COINTZIO.....	77
VIII. DISCUSIÓN.....	79
IX. CONCLUSIONES.....	81
X. ALTERNATIVAS DE RECUPERACIÓN Y MANEJO DE LA RED HIDROGRAFICA.....	83
10.1 Alternativas de recuperación.....	83
10.2 Alternativas de manejo.....	84
XI. BIBLIOGRAFIA.....	86
XII. ANEXOS.....	97
ANEXO 1. Análisis de precipitación.....	97
1.1 Obtención de la probabilidad de lluvia en los mese más lluviosos...97	
1.2. Obtención de los periodos de retorno de lluvia en los meses más lluviosos.....	101
ANEXO 2. Datos de ubicación geográfica de los sitios de muestreo.....	106
ANEXO 3. SIG.....	107
ANEXO 4. Análisis de agrupamiento con datos del método Rosgen.....	113
ANEXO 5. Secciones transversales de algunos cauces estudiados.....	115

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Balance hídrico en México.....	2
2. Clasificación jerárquica de Horton.....	4
3. Ubicación geográfica de la subcuenca de Coitzio.....	17
4. Integración de factores a analizar.....	21
5. Medición de la sinuosidad.....	26
6. Ubicación de las variables tomadas en cada sección transversal de los cauces.....	27
7. Clave para clasificación de ríos (Rosgen 1994).....	28
8. Ubicación topográfica de los tipos de ríos.....	28
9. Determinación de textura, método del hidrómetro de Bouyoucos.....	36
10. Toma de muestra para determinar densidad aparente.....	37
11. Determinación de carbono orgánico, método de Walkley y Black.....	38
12. Coulómetro marca UIC ing., modelo 5014.....	39
13. A) Potenciómetro OAKTON Waterproof, B) Potenciómetro PC18.....	40
14. Probabilidad de lluvias en el mes de junio, (1940-2003).....	42
15. Probabilidad de lluvia en el mes de junio (1961-2003).....	43
16. Probabilidad de lluvia en el mes de Junio (1954-2003).....	44
17. Periodo de retorno de lluvia en el mes de junio, (1940-2003).....	45
18. Periodo de retorno de lluvia en el mes de Junio, (1940-2003).....	46

19. Periodo de retorno de lluvia en el mes de junio, (1954-2003).....47

20. Subdivisión de la subcuenca de Cointzio Michoacán en Microcuencas.....48

21. Ubicación de los sitios de muestreo de la subcuenca de Cointzio.....49

22. Modelo de Elevación Digital de la subcuenca de Cointzio, microcuencas y
sitios de muestreo.....50

23. Relación tipo de cauce-pendiente.....51

24. Agrupamiento de sitios de la subcuenca de Cointzio de acuerdo al tipo de
cauce.....54

25. Agrupamiento con datos de pendiente e índice de estrechamiento.....55

26. Zonificación de la degradación de la red hidrográfica de la subcuenca de
Cointzio Michoacán.....61

27. Agrupamiento con calificaciones del ecosistema ripario de cauces de la
subcuenca de Cointzio.....62

28. Muestra la ubicación de la agrupación de los sitios evaluados, el sitio más
conservado en la microcuenca VII, uno de nivel medio de la microcuenca III y
uno de los más degradados de la microcuenca IV.....62

29. Variación espacial del estado de conservación del ecosistema ripario, con las
variables principales.....63

30. Gráfica con los parámetros fisicoquímicos del agua de los cauces.....72

31.. Modelo conceptual de simulación de la degradación de la subcuenca de
Cointzio.....78

32. Variables analizadas en el modelo de simulación.....78

INDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINAS
1. Número de orden evaluados y longitud total de cada orden.....	22
2. Estaciones climáticas analizadas (SICLIM ver. 1 2000, CNA 2004).....	23
3. Tamaño y clase de partícula (Rosgen, op. Cit.; Israde, 2006 com. Per.)....	26
4. Descripción General y Criterios Determinantes Para Clasificación de Ríos (Rosgen 1994).....	29
5. Vegetación.....	31
6. Agua y morfología.....	32
7. Suelo.....	33
8. Disturbios.....	35
9. Características de los suelos según su clase textural.....	37
10. Clasificación de los suelos por su contenido de materia orgánica en suelos minerales y volcánicos (NOM-021-RECNAT-2000).....	39
11. Métodos utilizados en la determinación de las variables químicas (APHA, 1995).....	40
12. Clasificación de cauces por el método Rosgen	52
13. Matriz de correlación, datos método Rosgen, 1994.....	53
14. Datos de evaluación del ecosistema ripario.....	57
15. Zonificación de la degradación de la red hidrográfica de la Subcuenca de Cointzio en base a la evaluación del ecosistema ripario.....	61
16. Matriz de correlación de los parámetros utilizados para evaluar el ecosistema ripario.....	63

17. Datos de análisis físicos y químicos del suelo.....	65
18. Comparación de dos métodos para la determinación de carbono total en suelos de ribera.....	67
19. Datos obtenidos con potenciómetros en campo.....	68
20. Datos de análisis físicos químicos del agua obtenidos en laboratorio.....	71
21. Correlación entre parámetros físicos y químicos de suelo y de la evaluación del ecosistema ripario.....	73
22. Correlación entre parámetros físicos y químicos del agua	74
23. Matriz de variables analizadas en la red hidrográfica de la Subcuenca de Cointzio.....	76

DEGRADACIÓN DE LA RED HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA DE COINTZIO Y ALTERNATIVAS DE MANEJO

Brenda Salviera Utrilla Sánchez

Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA-UMSNH)

Correo electrónico: utrisab@yahoo.com.mx

RESUMEN

La subcuenca de Cointzio Michoacán, presenta impactos ambientales, derivados de problemas sociales, que traen como consecuencia deforestación, cambio del uso del suelo erosión y azolvamiento de cuerpos de agua. En particular en la presencia de cultivos adyacentes a la red hidrológica, establecimiento de ladrilleras y el pastoreo excesivo constituyen los factores claves de degradación que inciden directamente sobre los bancos de orilla al eliminar la cobertura vegetal, ocasionar la degradación del cauce y utilizar incluso la red hidrográfica para drenaje de aguas domésticas y agroindustriales. Los ecosistemas riparios, presentan una alta sensibilidad a la degradación destaca la falta de conocimiento tanto de los propietarios y ejidos como de las autoridades para administrar adecuadamente la subcuenca. La evaluación de la degradación de la red hidrográfica en la subcuenca de Cointzio parte de la aplicación, del método de clasificación de cauces (Rosgen 1994), el método rápido para evaluar ecosistemas riparios (Zepeda *et. al.* 2002) y análisis físicos y químicos del agua de los cauces. Los resultados indican la existencia de cauces de tipo A, B, G y E. Para el área de estudio las variables de pendiente y estrechamiento, permitieron diferenciar los tipos de cauces encontrados, el método Rosgen debe ser adaptado a la República Mexicana debido a la accidentada topografía que presenta. Las zonas mas degradadas están en áreas de bajo gradiente altitudinal, son accesibles al pastoreo y con actividades antrópicas, lo que da lugar a propuestas y alternativas para la recuperación y manejo racional y sustentable para una conservación a largo plazo.

Palabras clave: Subcuenca, red hidrográfica, azolve, degradación, banco de orilla, clasificación, ecosistemas riparios.

I. INTRODUCCIÓN

Las cuencas funcionan como grandes colectores que reciben las precipitaciones y las transforman en escurrimientos o alimentación a acuíferos, hasta llegar a un río, corriente principal o depósito subterráneo. Esta es una función bastante compleja de numerosos factores físicos y bióticos, entre los que predominan clima, suelo, topografía y vegetación. A partir de estos, se desarrolla principalmente el ciclo hidrológico (Hernández, 2002). El cual presenta pérdidas y ganancias que en función de la demanda hídrica entre diversos sectores del ecosistema determinan el régimen de caudales hacia los ríos. La precipitación en forma de lluvia, nieve o granizo, es la principal entrada de agua en una cuenca, alrededor del 75% permanece congelada en los polos, en campos de hielo y en glaciares, y no está disponible en el corto plazo. Alrededor de un 24% se infiltra en el suelo para dar origen a aguas subterráneas, o alternatively conforma grandes cuerpos o corrientes freáticas. Cerca del 1% de las precipitaciones llega a formar ríos y por último llega al mar. Esta es el agua que puede aprovechar la fauna dulceacuícola y el hombre para realizar sus actividades (González del Tánago *et. al.* 1998).

En México la precipitación anual es de $1\,570\text{ km}^3$. De esta cifra, el 26.1% se escurre por la superficie hacia los ríos, al mar llega el 16.8% y existen extracciones en un 9.3%. Por el contrario, 71.4% se evapotranspira y el 2.5% se infiltra para la recarga de acuíferos, de los cuales el 1.7% se extrae y el 0.8% no se utiliza. (CONABIO-SEMARNAT, 2003) (Fig. 1).

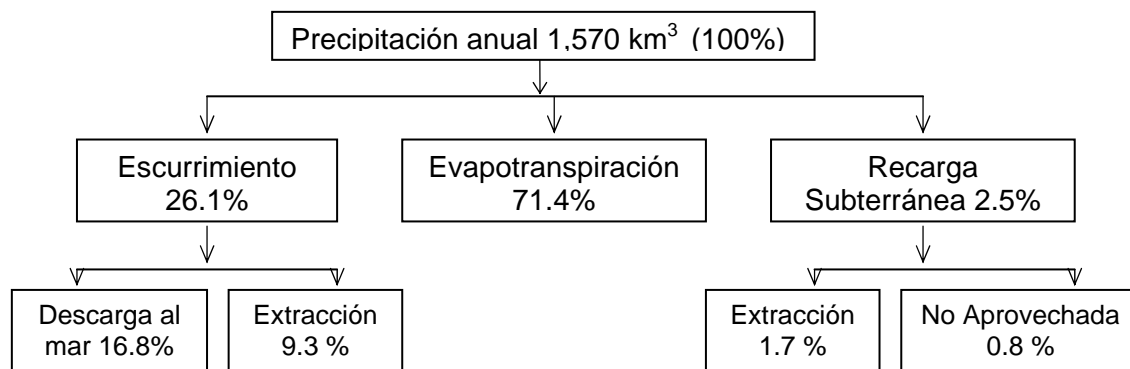


Figura 1. Balance hídrico en México (CONABIO-SEMARNAT, 2003)

De acuerdo al Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable, el 70% de la precipitación pluvial del país ocurre en el sureste, donde vive solamente el 25% de la población; mientras que en el norte, el noroeste y el altiplano, donde habitan el 75% de la población recibe el 30% de la precipitación, debido a esto hay una sobreexplotación de los mantos freáticos que han provocado escasez de agua en las áreas más susceptibles.

El 32.2% del agua superficial de México se encuentra solamente en ocho ríos que son: Balsas, Bravo, Coatzacoalcos, Grijalva, Lerma-Santiago, Pánuco, Papaloapan y Usumacinta (CONABIO-SEMARNAT, 2003).

El clima y el relieve del suelo influyen en el patrón de la red, pero la estructura geológica subyacente suele ser el factor más relevante en la existencia, mantenimiento y permanencia de los ríos.

La clasificación de los principales patrones de la red hidrológica son siguientes: redes dendríticas (en forma de árbol), enrejadas, paralelas, rectangulares, radiales y anulares (Heno 1988). El primer método cuantitativo para clasificar las redes de drenaje de acuerdo a los ordenes de sus tributarios, fue desarrollado por el ingeniero en hidráulica e hidrólogo americano Robert Horton en 1945. Las leyes de Horton, como se las denomina comúnmente, fueron modificadas y ampliadas con posterioridad, principalmente por el investigador estadounidense Strahler (1964). Las corrientes fluviales son clasificadas jerárquicamente de la siguiente manera: las que constituyen las cabeceras, sin subdivisiones, pertenecen al primer orden; la unión de dos corrientes de primer orden dan lugar a una de segundo orden, que discurre hacia abajo hasta encontrar otro cauce de segundo orden y formar uno de tercera categoría y así sucesivamente (Strahler, 1964. En Seneciales, 2002) (Fig. 2).

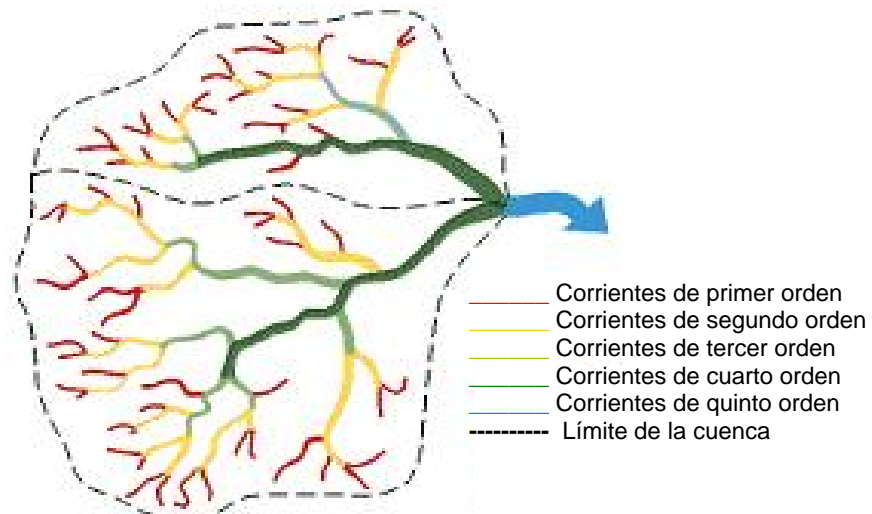


Figura 2. Clasificación jerárquica de Horton (1945), modificada por Strahler (1964) (Seneciales 2002).

Una de las clasificaciones morfológicas de ríos más usada en Estados Unidos ha sido la de Rosgen (1994), quien clasificó los ríos de acuerdo a las características morfológicas como pendiente, sinuosidad, índice ancho/profundidad, materiales del lecho del cauce, estrechamiento.

Los ríos son indicadores sensibles del estrés medioambiental, como ocurre cuando hay un excesivo aporte de sedimento. El cauce es reducido a consecuencia de la deforestación, sobrepastoreo y otras actividades en la cuenca que incrementan el impacto en la red hidrográfica (Rosgen *op. Cit.*).

La captación de agua en las redes hidrológicas involucra una serie de factores de los cuales los más importantes son la vegetación y el suelo. Un uso inadecuado de éstos últimos induce el desequilibrio del ecosistema hacia una degradación parcial o total.

Los ecosistemas riparios se reconocen como sistemas únicos que presentan alta sensibilidad a la degradación y son el reflejo de los procesos que ocurren en la cuenca que los rodea (DeBano y Schmidt, 1989), de tal manera que permiten identificar de forma rápida y confiable el estado de salud de la cuenca o de las partes

que la componen. Los ecosistemas riparios presentan las siguientes funciones principales:

- La vegetación en las riberas da mayor cohesión al suelo a través de su sistema radical, y aumenta considerablemente la resistencia a la erosión debida a la fuerza de la corriente (Smith, 1976).
- Los cauces con abundante vegetación arbórea y arbustiva presenta en general una relación anchura/profundidad más pequeña que los desprovistos de esta vegetación.
- Cuando las orillas están bien protegidas por la vegetación, la corriente en momentos de avenida tiende a erosionar mas el lecho del río que los taludes laterales, creando así tramos poco sinuosos, de cauces encajados y estables. Cuando falta esta vegetación de orilla la corriente erosiona, además del lecho, las partes laterales del cauce, ampliando progresivamente su anchura con la consiguiente disminución del calado, creando tramos más sinuosos, divagantes e inestables (Hareven y Jackson, 1986).
- Esta vegetación también utiliza una proporción importante de nutrientes que van disueltos en esta esorrentía (nitratos principalmente) procedentes del lavado de zonas agrícolas, y supone una protección muy considerable de la eutroficación de las aguas (Megahan y King, 1985).
- La presencia de vegetación arbórea en las riberas determina un sombreado del cauce de gran importancia ecológica puesto que controla el grado de insolación y régimen de temperaturas de las aguas del cauce (Dawson, 1978).
- La vegetación riparia ofrece diferentes hábitat y nichos ecológicos para numerosas especies que encuentran en las riberas un medio apropiado para su desplazamiento y dispersión.

Diversos programas de restauración de ríos, más que proteger los hábitat riparios han originado su destrucción. Proyectos de control de avenidas, canalizaciones o iniciativas de irrigación, incluyendo la construcción de canales han determinado la desaparición del bosque ripario existente en los ríos, en la mayoría de los casos debido a una ignorancia sobre el valor de estos ecosistemas.

Justificación

La red hidrográfica de la subcuenca de Cointzio representa una fuente de abastecimiento de agua para diversas actividades y el impacto del cambio en el uso del suelo requiere de una evaluación que involucre las propiedades bióticas y abióticas que interaccionan en la cuenca. Para contar con la posibilidad de obtener agua de buena calidad para distintos propósitos es necesario prever los mecanismos para detener la degradación. Por ello el presente trabajo trata sobre la morfología del cauce, las propiedades físicas y químicas del agua, propiedades físicas del suelo y la vegetación riparia.

II. ANTECEDENTES

2.1. Estudios en el extranjero

2.1.1. Hidrológicos

En el siglo XIX y principios del siglo XX, es cuando se comienzan las grandes transformaciones de los ríos. Pero es hasta los años 60-70 cuando comienza el estudio de los ríos desde un punto de vista biológico, con los primeros tratados básicos de Ecología Fluvial (Hynes, 1960; Whitton, 1975; Oglesby *et. al.* 1972), (González *et. al.* 1998).

Croome *et. al.* (1976) estimaron que aproximadamente el 66% del total de agua que circula por los ríos estaría controlada por presas y embalses para el año 2000.

A partir de esta etapa aumentó el interés por el estudio de los sistemas fluviales con teorías, conceptos y análisis que permiten comprender e interpretar la estructura y la función de los ecosistemas de río en el planeta (Leopold *et. al.* 1964; Vannotte *et. al.* 1980), además de estimar los impactos producidos por la actividad del hombre, tanto en el nivel geomorfológico como en el régimen de caudales o incluso sobre las comunidades biológicas (Ward y Stanford, 1979).

DeBano y Schmidt (1989) reportan que las perturbaciones en cuencas a gran escala, ocurridas durante el siglo XIX junto con el aumento en las demandas de agua, han ocasionado la degradación de muchas áreas ribereñas en el sureste de estados Unidos.

Boon *et. al.* (1992) señalan razones que justifican la restauración y conservación de los sistemas naturales, entre ellos se encuentra el mantenimiento de los sistemas que sustentan la vida, el valor práctico (control de la erosión, potencial terapéutico, y potencial genético para especies cultivadas), importancia económica (minerales y turismo), educación, valor estético y recreativo, entre otros.

2.1.2. De ecosistemas riparios

Las zonas de ribera contienen una elevada capacidad de retención de sedimentos, al tener una pendiente muy pequeña y suelos muy permeables. Estudios en los Estados Unidos (Phillips, 1989) han demostrado que las llanuras aluviales retienen del 29 al 93% de sedimentos. La presencia de la vegetación y de sus residuos sobre el suelo disminuye considerablemente la velocidad del agua.

Crouse y Kindschy (1981) propusieron un método para recuperar zonas perturbadas de acuerdo al potencial de los reservorios de un sitio ripario deforestado en climas semiáridos, basado en las características del arroyo y los reservorios de las zonas riparias, tales como grado de fluctuación en el nivel del agua, persistencia del flujo, recorrido y tipo de suelo.

England *et. al.* (1984) analizaron poblaciones de aves en sistemas riparios del desierto de California. En época de reproducción, la asociación Sauce-Alamo de Virginia tiene el mayor índice de crianza y mayor diversidad de aves, con respecto a otros tipos de vegetación fuera de la zona riparia.

Harris (1986) analizó la distribución de la vegetación a diferentes elevaciones con respecto al centro del arroyo y encontró que las especies presentes en la ribera habitan específicamente a determinada elevación con respecto a la parte central del arroyo. Así mismo señala que probablemente la distribución esta determinada por la tolerancia de cada especie a cierta frecuencia de inundación.

Diversos autores han puesto de manifiesto la importancia de la entrada de carbono orgánico en forma de partículas de materia vegetal procedentes de las riberas, como los combustibles más importantes en la trama trófica de los ríos, especialmente para los macro invertebrados (Heede, 1985; Bottorff y Kninght, 1988; Gregory, 1992).

Hill (1986) estudió el papel de las macrófitas acuáticas en la regulación de nutrientes e indica que éstas son una fuente potencial de nutrientes para los ecosistemas acuáticos, ya que extraen gran cantidad de nitrógeno y fósforo a partir de los sedimentos, los cuales almacenan en el crecimiento y liberan al morir poniéndolo a disposición de los saprofitos, que contribuyen a una rápida distribución de estos nutrientes.

DeBano y Schmidt (*op. Cit.*) resumen experiencias sobre el mejoramiento de las áreas riparias a través del manejo de las cuencas hidrográficas. Las áreas riparias son sensibles al disturbio y a la degradación. Mediante un manejo se recuperan.

Bevenger y King (1995) propusieron utilizar la distribución del tamaño de partícula del lecho del cauce como indicador de la salud de su cuenca. Estos autores argumentan que los cauces con mayor porcentaje de partículas finas (arenas finas,

limos y arcillas) presentan mayor degradación que aquellos con predominancia de partículas gruesas (gravas y guijarros).

Ohmart (1996) evaluó la condición ecológica del río Gila (Nuevo México, Estados Unidos), con base en el tipo de especies vegetales y su relación con algunas características morfológicas de los cauces.

Sims *et. al.* (1996) probaron la metodología de la distribución del tamaño de partícula en arroyos del bosque Nacional Santa Fe (Estados Unidos). Los resultados obtenidos coinciden con la propuesta de Bevenger y King (1995) y concluyen que es una herramienta poderosa para hacer evaluación y monitoreo de disturbios en las condiciones ecológicas de las cuencas.

Medina (1996) relaciona la composición y abundancia de las especies riparias nativas con la condición ecológica de estas áreas en el sureste de los Estados Unidos. De acuerdo con sus resultados, el origen de su degradación corresponde con la pérdida de la flora acuática nativa y proporciona una lista de especies registradas en áreas cercanas a las condiciones prístinas, para proponer finalmente una evaluación de la condición ecológica de otras áreas de la región con base en la abundancia de dichas especies.

2.3. Estudios en México

2.3.1. Hidrológicos

En 1947 surgen en México diversas Comisiones para el manejo de cuencas con una visión de desarrollo regional integral: del Papaloapan, Grijalva-Usumacinta, río Fuerte, Pánuco, Balsas-Tepalcatepec y Valle de México. Las Comisiones realizaron obras de defensa de los ríos, presas de almacenamiento para regulación de avenidas, obras de irrigación, plantas hidroeléctricas, sistemas de agua potable, sistemas de comunicación tales como vías de navegación, puertos, carreteras,

ferrocarriles, telégrafos, teléfonos, desarrollos agropecuarios, forestales y agroindustriales. Sin embargo, el desarrollo de sus programas, enfrentó problemas de carácter técnico, político y sociocultural, que impidieron cumplir cabalmente con los objetivos de su creación (Barkin y King, 1986. En Martínez, 1999).

En 1981 la Comisión Nacional del Plan Hidráulico establece una división hidrológica del país en 37 regiones, con base a parámetros hidrológicos, físicos y socioeconómicos. De las 37 regiones hidrológicas, 19 vierten al Pacífico, 12 al Golfo de México y 6 son endorreicas. Cuatro zonas carecen de drenaje superficial permanente debido a la escasa precipitación y el tipo de sustrato. Hasta 1986, la ley Forestal vigente estableció el aprovechamiento de los recursos forestales de manejo integral y en el entorno de las cuencas y subcuencas hidrográficas (Art. 102. En Figueroa, 1990).

Existe carencia de personal capacitado para realizar estudios de tipo hidrológico en nuestro país. De aproximadamente 650 especialistas en suelos y cuencas, el 98% se dedica a la producción de alimentos; el 1.9% a los suelos forestales del país y solamente el 0.003% se dedica a los problemas de ecosistemas naturales para la infiltración de agua y el aprovisionamiento de esta a poblaciones (Congreso Latinoamericano de Suelos, 2001, Cuba). Esto trae como consecuencia la carencia de estudios hídrico-ecológicos que generen acciones concretas para ordenar las actividades en las cuencas hidrográficas.

El Colegio de Posgraduados (Anaya 1978) inició en 1974 un estudio para la cuenca del río Texcoco a partir de tres aspectos fundamentales: evaluación de la erosión en los diversos usos del suelo, generación de tecnología para prevenir y combatir la degradación física y biológica, y utilización de la cuenca como unidad de desarrollo mediante la actividad organizada de las comunidades con el apoyo técnico y gubernamental.

Baker B. et. al. (1995) estudiaron la cuenca del arroyo El Carrizal Tapalpa, Jalisco con la aplicación de Sistemas de Información Geográfica, para evaluar, monitorear y analizar las interacciones suelo-agua. Como resultado obtuvieron un análisis de erosión potencial, planeación del uso del suelo y modelos de calidad del agua. El mismo autor estudió las relaciones entre la precipitación pluvial y el escurrimiento en la cuenca el Carrizal y sus resultados preliminares indican que el flujo proveniente de las lluvias, es básicamente generado por el escurrimiento subsuperficial.

Espinoza et. al. (1995) realizaron una clasificación morfológica de los canales de la cuenca del arroyo El Carrizal para diagnosticar la cuenca, utilizaron la metodología Rosgen (1994), obtuvieron principalmente cauces de tipo A. la metodología mostró que con gran rapidez se determina el tipo de perturbaciones ocasionadas por la erosión y como consecuencia la pérdida de los ecosistemas riparios.

Benavides Solorio et. al. (1995) estudiaron las características de la precipitación pluvial en la cuenca del arroyo El Carrizal con datos de 51 años, y reportan que el 80% de la precipitación se presenta en los meses de Junio a Octubre, antes de la temporada de lluvias coincide una época seca que comprende de Febrero a Abril, con un promedio de 11 mm de precipitación.

2.3.2 De ecosistemas riparios

En México, los estudios ecológicos sobre áreas riparias son muy escasos y se han basado en métodos detallados que requieren de mucho tiempo para obtener resultados confiables. Este hecho plantea la necesidad de desarrollar metodologías que permiten lograr resultados en corto tiempo.

Chávez-Huerta et. al. (1995) caracterizaron las asociaciones de vegetación ribereña de la cuenca del arroyo El Carrizal. Mediante el método de conglomerados de sitios de muestreo de Daubenmiere (1959, modificado por Medina 1986) identificaron ocho tipos de asociaciones vegetales.

Solís-Garza *et. al.* (1993) estudiaron las comunidades vegetales sobre el Río Los Ajos en el estado de Sonora. 44 especies (12 arbóreas, 6 arbustivas, 15 herbáceas y 11 gramíneas) permitieron la descripción de 6 comunidades, con base en la densidad de las especies y la estructura vertical de las masas arboladas.

Medina *et. al.* (1995) analizaron la calidad del agua en el cauce de la cuenca del arroyo El Carrizal. Como indicador de las condiciones de perturbación de la cuenca. Los resultados preliminares muestran los niveles de nitratos, sulfatos, sólidos disueltos y dureza por debajo de lo que marcan las normas de calidad, mientras, por el contrario, el hierro alcanzó la mayor concentración probablemente en función de la minería y caminos.

Madrigal-Sánchez *et. al.* (1995) estudiaron la vegetación ribereña de la cuenca El Carrizal. El listado florístico obtenido incluye alrededor de 250 especies (25 arbóreas y 30 arbustivas).

2.4. Estudios en Michoacán

2.4.1 Hidrológicos

Michoacán, con un accidentado relieve topográfico, diversidad climática y anterior riqueza de bosques, lagos, ríos y embalses, posee una amplia diversidad de especies biológicas de gran valor ecológico y comercial, y con un alto potencial para el cultivo y aprovechamiento. Desafortunadamente, en la actualidad existe una progresiva disminución de los recursos naturales en el Estado ocasionada por técnicas inadecuadas de aprovechamiento, sobreexplotación de ecosistemas y deterioro ambiental, que incluyen a las cuencas hidrográficas de los lagos michoacanos.

Gómez-Tagle *et. al.* (2003) evaluó la captación hídrica de la cuenca de Morelia y propuso alternativas de rehabilitación. Como resultado de sus estudios la cuenca de

Morelia tiene una degradación intensa en la red hidrológica integrada por 12 subcuencas debido al pastoreo excesivo del ganado, cruce continuo de caminos, aprovechamientos forestales autorizados e ilegales en las áreas de protección y en los bancos de orilla, siembra de cultivos en los bancos de orilla anchos, erosión intensa en los bancos de orilla y en el lecho del cauce. Las autoridades del ramo carecen de conocimientos y tecnología para normar la conservación de los ecosistemas de ribera y la rehabilitación de la cuenca demanda obras de urgencia en las subcuencas Sur, Parteaguas Canacucho-Jesús del Monte y Poniente, Cerro del Aguila-Quinceo-Copándaro.

Gómez-Tagle *et. al.* (2002) realizó un diagnóstico de los suelos de la cuenca del Lago de Pátzcuaro Michoacán. A partir de la clasificación del uso del suelo y propusieron el manejo de la cuenca mediante agricultura con biofertilizantes, ganadería controlada, forestería sustentable, agroforestería, obras de conservación de suelos, plantaciones forestales y un bosque escuela para entrenamiento y capacitación de campesinos y técnicos en el manejo de los recursos naturales. Así mismo, proponen una priorización en el trabajo por subcuencas en función del tiempo y de la complejidad de acciones requeridas según el caso.

2.4.2 De ecosistemas riparios

Villanueva (1999) estudió la vegetación del arroyo Tiquio en la microcuenca del río Chiquito, Michoacán. De un total de 417 especies, distribuidas en 134 familias y 265 géneros, la mayor parte corresponde al estrato herbáceo con 71 familias, 172 géneros y 283 especies, este corresponde al 62.5% del total, de los estratos arbóreo y arbustivo encontró 32 y 102 especies respectivamente. Con los datos obtenidos procedió el cálculo de valores de importancia (densidad relativa, abundancia relativa y frecuencia relativa), y los valores por especie, dio lugar a 13 agrupaciones vegetales con base en un análisis de cúmulos.

Zepeda *et. al.* 2002 proponen una metodología rápida para la evaluación de ecosistemas riparios en zonas templadas. El espectro ampliado de los resultados permite obtener grados de estabilidad en términos cuantitativos. La premisa de funcionalidad al ecosistema contempla una interacción más eficiente de los componentes estructurales y por ello los procesos de degradación de un ecosistema permiten la interpretación de las características de dichos componentes, si se analizan de manera integrada. Estos procesos detectados en el campo, a través de la evaluación de algunos parámetros de la vegetación, suelo, agua, morfología del cauce y los disturbios indican procesos que ocurren en el ecosistema y permiten interpretar si se mantiene estable o la degradación va en proceso. Este método se ha probado con éxito en varios arroyos de bajo orden de la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán, México.

2.5 Estudios en la Subcuenca de Cointzio

González (1979) menciona que varios organismos como la S.A.G., Unión de Productores Forestales de Michoacán, A.C. y la C.F.E.M., establecieron plantaciones forestales en la cuenca de la presa de Cointzio con diferentes especies con objeto de recuperar y proteger los suelos degradados, para impedir el arrastre de suelo y evitar el azolvamiento de la presa; y así contemplar a largo plazo una fuente de producción de materias primas y creación de zonas recreativas.

Esparza y Trujillo (1986) evaluaron el grado de afectación de los recursos de la cuenca, con una caracterización en vegetación, tipos y usos de suelo y grados de erosión. Las propuestas consisten en obras mecánicas de conservación de suelos, reforestaciones, formación de huertos agrícolas, áreas de pastoreo e implementación de técnicas de cultivos agrícolas, así como el establecimiento de áreas de recreación y reserva.

Díaz F. (2001) realizó un estudio donde mostró que la pérdida de suelo durante la temporada de lluvias es mayor en suelo expuesto a quemas en comparación con el suelo desnudo, el tratamiento con menor pérdida de suelo corresponde al testigo de vegetación herbácea nativa.

Díaz F. (2005) estudió la interceptación pluvial por plantaciones de *Pinus michoacana*, encinar y pastizal en la zona baja de la cuenca de Cointzio, la interceptación y el flujo caulinar resultó mayor en *Quercus* sp., la interceptación con pino y pastizal son similares. Las precipitaciones máximas fueron de 35 a 45 mm.

Mariano D. F. (2006) evaluó los grados de erosión presentes en los diferentes usos del suelo en la subcuenca de la presa de Cointzio, encontró que el 53.1% de la subcuenca presenta valores de erosión alta, intensificar las actividades agrícolas y de pastoreo aumentan la pérdida de suelo en pendientes suaves y pronunciadas y que el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola aumenta la pérdida de suelo.

La importancia de la subcuenca de la presa de Cointzio radica en el sustento de actividades agrícolas, pecuarias y forestales y asentamientos humanos con un 50% del agua potable consumida en la ciudad de Morelia (COFOM, 2002).

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar la degradación de la red hidrográfica de la subcuenca de Cointzio y proponer alternativas para su recuperación y manejo.

3.2. Objetivos particulares

- ◊ Caracterizar la morfometría de la red hidrográfica de la subcuenca de Cointzio.
- ◊ Estimar los períodos de retorno de precipitación en la subcuenca.
- ◊ Evaluar las características físicas de la red hidrográfica.
- ◊ Evaluar el estado de conservación de la red hidrográfica.

IV. HIPÓTESIS

La red hidrográfica de la subcuenca de Cointzio presenta mayor degradación en las áreas de menor gradiente altitudinal, debido principalmente al uso del suelo en las zonas de ribera y dentro de los sistemas de rivera.

V. Caracterización del área de estudio.

5.1 Localización geográfica

La subcuenca Presa de Cointzio forma parte la provincia del eje Neovolcánico y a la subprovincia Neovolcánica Tarasca (INEGI, 1995), pertenece a la Región Hidrológica Lerma-Santiago (SEDAF, 1992), corresponde a la cuenca del Lago de Cuitzeo dentro del Municipio de Morelia Michoacán, se localiza entre 7 y 9 km al suroeste de la ciudad de Morelia, cuenta con una superficie de 64 564 ha, la altitud varía de 2000 a 2600 msnm y predominan los lomeríos (Esparza y Trujillo, 1986) (Fig. 3).

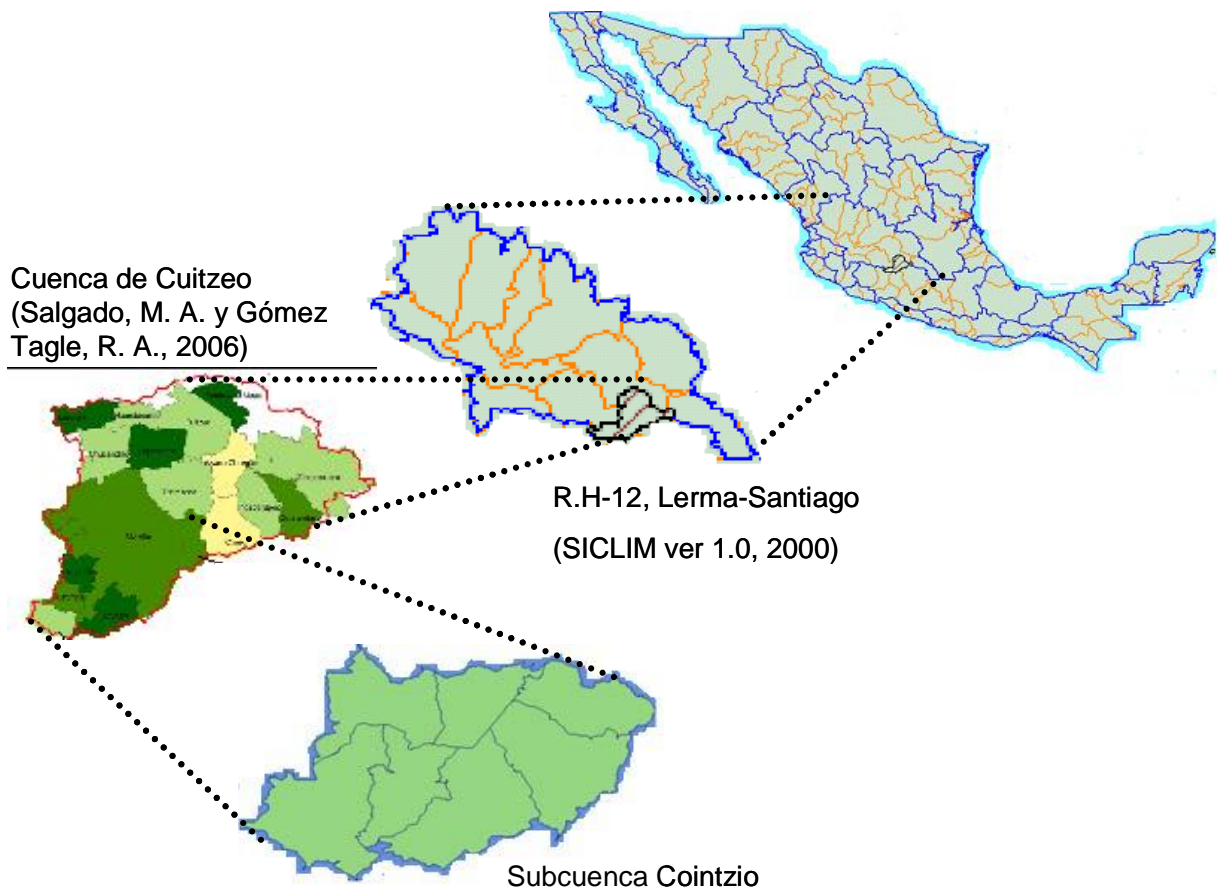


Figura 3. Ubicación geográfica de la subcuenca de Cointzio.

5.2 Geología

De acuerdo con la carta geológica elaborada por DETENAL (1979), la zona contiene rocas ígneas en su mayor parte, con predominancia de basalto (B), y andesitas (A), las elevaciones Mesa El Gachupín y los cerros La Cantera y Santa Genoveva; andesitas-brecha volcánica andesítica (A-Bva), los cerros La Tasa, Los Puercos, La Peña verde, Curimeo y Las vigas; brecha volcánica basáltica (Bvb), las partes elevadas de los cerros Prieto, Panhuata, volcán San Isidro, La Hierbabuena, Jánamo, La Nieve y La Alberca; rocas ígneas extrusivas ácidas (Igeas), en las elevaciones de los cerros El Burro, Las Animas y El Venado (DETENAL 1979).

En menores proporciones aparece la toba riolítica (Tr) en la loma de Tirio, cerca de Santiago Undameo y contorno del vaso de almacenamiento; basalto-brecha volcánica basáltica (B-Bvb), en la ladera del cerro Cerritos, y toba basáltica brecha volcánica (Tb-Bvb), en el área de “malpaís” ubicado entre los poblados de las Pilas y La Caja. Por otro lado, la formación de suelos por aluvión (al) corresponde a la parte plana del centro de la cuenca y residual (re) para las áreas bajas y planas de Tirio y Atécuaro.

5.3 Hidrografía

1. Al oeste de la subcuenca nace el río Tupátaro, actúa como receptor de las corrientes temporales que provienen de los parteaguas norte y oeste, así como de los aportes temporales y permanentes del parteaguas sur, entre los que destacan los ríos Canacucho, El Pedregal, San Andrés y La Palma, que finalmente confluye en el cauce del canal San Juan.

2. Al sureste las presas de de loma Caliente y Umécuaro actúan como receptores de los aportes hídricos tanto perennes como temporales, en cuya red destaca el río Grande. Dichos aportes van a la presa de Cointzio, aprovechan el cauce del río Tirio

y el mismo canal San Juan, que integran una gran cantidad de arroyos y corrientes permanentes, y por su importancia destaca el Río Santa Rosalía.

3. Finalmente, una porción de la zona noreste, está integrada por una red hidrográfica de tipo intermitente, que alimenta en forma directa a la presa de Cointzio cuya capacidad de operación es de 79.2 millones de metros cúbicos (Esparza y Trujillo, 1986).

5.4 Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen (modificada por García, 1981), para la presa de Cointzio el clima es C(w1) (w) b (i') g. Templado subhúmedo con lluvias en verano, lluvias invernales inferiores a 5% con respecto a la anual; se caracteriza por tener verano fresco y largo, temperatura media del mes más cálido inferior a 22°C, oscilación térmica entre 5.0 y 7.0°C, marcha de temperatura tipo Ganges el mes más caliente se presenta antes de junio (antes del solsticio de verano). La temperatura media anual es de 17.9°C y la precipitación anual de 763.8 mm. Las variaciones en precipitación van de mayor en la parte media del área, a menor en los extremos norte y sur. Dos temporadas lluviosas, interrumpidas por una seca (canícula), da lugar a la consideración de identificarlas como: (cw1) (w) b (i') g, (cw2) (w) b (i') g, (cw1) (w) b (i') g

5.5 Suelo

De acuerdo con la carta edafológica elaborada por DETENAL (1979), los tipos de suelo en el área de estudio son:

Andosol, formado a partir de cenizas volcánicas, son sueltos y muy susceptibles a la erosión.

Acrisol, suelos arcillosos, generalmente ácidos y pobres en nutrientes, colores rojo y amarillo claros, con alta susceptibilidad a la erosión.

Luvisol, suelos arcillosos, moderadamente ácido, de color rojo o claro. Altamente susceptible a la erosión.

Litosol, suelos inmaduros con profundidad menor de 10 cm. y susceptibilidad a la erosión moderada a alta, dependiendo del terreno.

Feozem, con una capa superficial oscura, rica en materia orgánica y nutrientes. Su susceptibilidad a la erosión depende de las condiciones del terreno.

Vertisol, suelos arcillosos de color negro, gris o rojizo, que sufre fuertes agrietamientos durante la época seca, poco susceptible a la erosión.

Cambisol, suelos jóvenes, poco desarrollados y con acumulación de arcilla y calcio.

5.6 Aspectos sociales de Cointzio y uso del suelo

La principal actividad en la cuenca de Cointzio consiste en el cultivo intensivo de las zonas adyacentes a la presa lo que ocasionan la entrada de sedimento a la presa y reducen su vida útil. La erosión de los bancos de orilla acelera el desequilibrio en los ecosistemas riparios por pastoreo consecuente degradación de los ríos. El asentamiento de ladrilleras ocasiona desgaste y erosión del suelo. Los aspectos mencionados anteriormente dan lugar a una degradación constante de las diferentes áreas que de por sí padecen tala árboles por la extracción ilegal de madera. El 71% de la superficie total de los municipios de la subcuenca es propiedad ejidal, el 20% corresponde a pequeños propietarios y no existe la figura jurídica de propiedad comunal es decir, en el área no se encuentran comunidades Indígenas. La cuenca la constituyen 29 ejidos y 370 predios particulares con 15,399 ha y 6,096 ha respectivamente. El uso actual del suelo en la subcuenca, ampliamente diversificado, incluye partes montañosas destinadas al uso forestal y agricultura de temporal. La mayor superficie erosionada corresponde a estos sitios. Los tipos de vegetación existentes son: bosque de oyamel-pino, bosques de pino-encino y bosques de encino-matorral subtropical, bosque tropical caducifolio. En las zonas planas y los valles, agricultura de riego y el pastoreo (pastizal inducido) ocupan suelos con pendientes suaves a moderadas. La mayor parte del área contiene erosión de diversos grados, moderada hasta severa con presencia de canalillos y cárcavas (COFOM, 2002).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se analizaron varios factores, los cuales forman parte de las cuencas hidrográficas (fig. 4), esto se llevo a cavo con las metodologías que se mencionan en los siguientes capítulos.

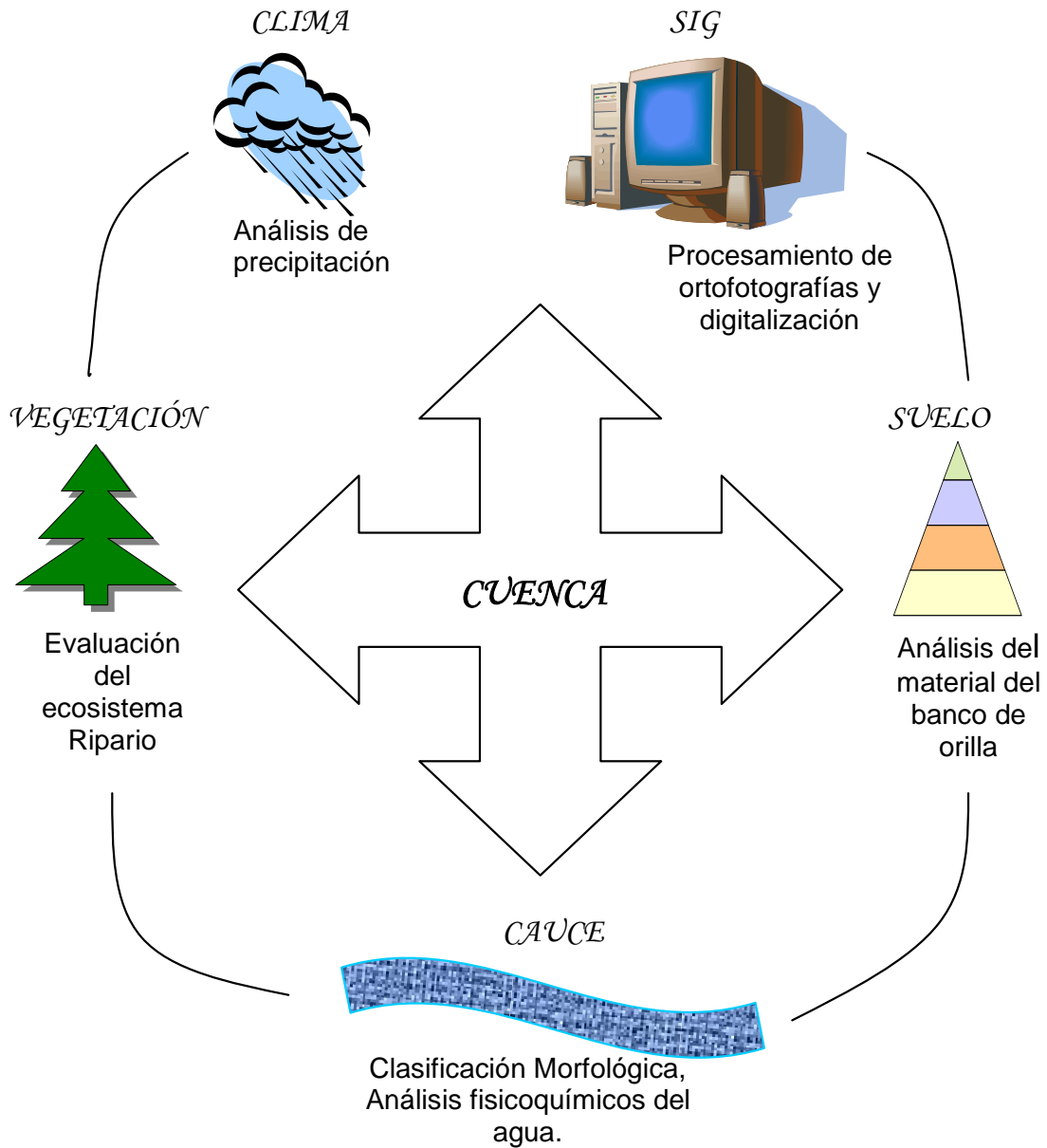


Figura 4. Integración de factores a analizar.

6.1 Aplicación de Sistema de Información Geográfica

A partir de cartas topográficas 1:50,000; ortofotografías 1:20,000 y archivos vectoriales 1:50,000 (Morelia E14A23, Villa Madero E14A33, Villa Escalante E14A32 y Pátzcuaro E14A22) obtenidos del Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI), procedió en primera instancia la delimitación de la subcuenca y microcuencas (fig. 19). Los vectoriales que corresponden a la red hidrológica, fueron sobrepuestos mediante los siguientes programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG): DRISI 3.2, CARTALINX 1.2 y ARCVIEW 3.1. El procesamiento del Modelo de Elevación Digital (SURFER 8) de la subcuenca de Cointzio fue tomado del modelo de elevación digital (MDE) en formato raster (*.rst) de la cuenca de Cuitzeo. (Anexo 3 SIG) (fig. 21).

6.2 Establecimiento del diseño experimental.

La red hidrológica de la subcuenca subdividida en microcuencas y ordenes de cauces permitió la identificación del número de orden, cauces y la longitud total de cada orden. El 1% de la longitud total de cada orden, representa la base del análisis de variables. La siguiente tabla muestra el total de sitios evaluados, el orden al que pertenecen y la longitud total de cada orden (Tabla 1).

Tabla 1. Número de orden evaluados y longitud total de cada orden.

Orden	No. Sitios	Long. Total (m)
1	15	1185
2	11	792
3	11	968
4	5	680

6.3 Probabilidad y periodos de retorno de lluvias

Este análisis fue realizado para conocer el comportamiento climático, principalmente de la precipitación del área de estudio y relacionarlo con el estado de conservación o degradación de la red hidrológica, debido a que la precipitación es uno de los componentes principales en las cuencas y forma parte importante en su funcionamiento. Se realizó el análisis de la precipitación media anual de todos los meses para detectar los meses más lluviosos y así realizar el análisis únicamente de estos, los cuales fueron de Junio a Septiembre (Verano). Los datos fueron de tres estaciones climáticas (tabla 2).

Tabla 2. Estaciones climáticas analizadas (SICLIM ver. 1 2000 CNA 2004¹)

Estación climática	Ubicación	Años de registro
Cointzio	19°36´ latitud N, 101°15´ longitud W. Altitud: 1950 msnm	1940-2003
Acuitzio del Canje	19°29´ latitud N, 101°20´ longitud W. Altitud: 2070 msnm	1961-2000 (faltan 12 años)
Santiago Undameo	19°36´ latitud N, 101°18´ longitud W. Altitud: 2000 msnm	1954 al 2003

El concepto “probabilidad de lluvia”, define la aparición de eventos de precipitación en un momento o espacio de tiempo determinado. Datos climáticos obtenidos de las estaciones meteorológicas de la subcuenca de Cointzio (estación climática Cointzio, Acuitzio del Canje y Santiago Undameo) contienen varios años de registro obtenidos de la Comisión Nacional del Agua (CNA). Su ordenación en forma decreciente dio lugar al cálculo de la probabilidad de ocurrencia mediante la ecuación:

$$P = \frac{M}{N + 1} \times 100 \quad (\text{Ortiz S. C. A. 1984})$$

¹ Comisión Nacional del Agua (CNA), 2004.

Donde: P = Probabilidad de ocurrencia (%).

M = Número de orden (decreciente).

N = Número de observaciones.

El periodo de retorno de lluvias, indica la frecuencia de las precipitaciones de acuerdo a la intensidad, con base en la siguiente ecuación:

$$Tr = \frac{n + 1}{m} \quad (\text{Brooks et. al. 1991})$$

Donde: Tr = Periodo de retorno de lluvia

n = número de años de registro

m = rango ordenado de datos

6.4 Ubicación de sitios de muestreo

La selección de los sitios de muestreo (anexo 2), contempló pendiente, accesibilidad al sitio así como heterogeneidad biológica y estructural. En especial se tomó en consideración una menor pendiente y distintos tipos de vegetación en su estructura y estado de conservación (fig. 20). Para los diferentes ordenes de cauces procedió el análisis de la red hidrográfica de la siguiente forma:

6.5 Clasificación de la red hidrológica por el método Rosgen (1994)

Las variables de clasificación son los siguientes: índice de estrechamiento, índice ancho/profundidad, pendiente, sinuosidad y material del lecho (Fig. 7, Tabla 4).

Índice de estrechamiento. Relación del río y su valle y las características topográficas. Definido cualitativamente como la relación del ancho de la huella mínima de avenida y el ancho del banco de orilla (fig. 5). Cuando se determina el estrechamiento, es importante distinguir si el plano adyacente al cauce es una zona

de inundación frecuente, una zona de inundación abandonada, o el exterior del área propensa a inundación, es determinado de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Estrechamiento} = \frac{\text{Ancho de la huella mínima de avenida}}{\text{Ancho del Banco de orilla}}$$

Índice anchura/profundidad. Ancho del banco de orilla y la profundidad media del mismo. La relación anchura/profundidad determina la estabilidad del canal.

$$\text{Índice A/P} = \frac{\text{Ancho del Banco de orilla}}{\text{Profundidad media}}$$

Pendiente. Inclinación del terreno determinada mediante un clinómetro. El procedimiento de medición en campo requiere una persona con un estadal que indique una altura constante que sirve de referencia para medir la diferencia de altura entre una serie hasta llegar al punto final del sitio. La pendiente total entre el número de secciones es igual a la pendiente del cauce.

Sinuosidad. Relación de la longitud del río y la longitud del valle, o relación de la pendiente del valle con la pendiente del cauce. La sinuosidad puede ser modificada por el contenido del material del lecho, caminos, confinamiento del cauce y vegetación. Cuando el gradiente del cauce y el tamaño de la partícula del canal disminuyen, incrementa la sinuosidad, (Rosgen 1996). Por tanto la sinuosidad relaciona el trazo de línea recta de 100 m en el valle del cauce entre la longitud correspondiente en el cauce (Fig. 5).

También puede ser calculada tomando mediciones de las fotografías aéreas correspondientes a la cuenca.

$$\text{Sinuosidad} = \frac{\text{longitud del río}}{\text{longitud del valle}}$$

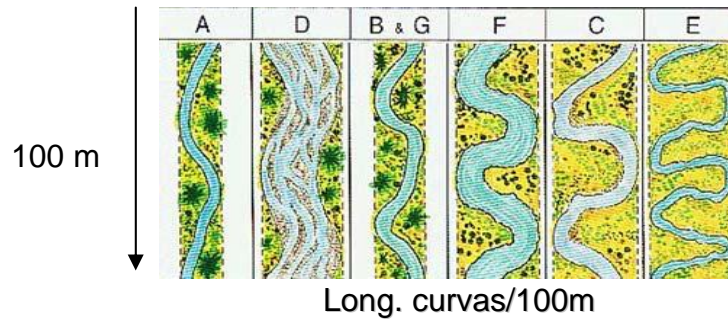


Figura 5. Medición de la sinuosidad.

Materiales del canal y del lecho del río. La naturaleza y distribución de los materiales del cauce permiten interpretar las funciones biológicas y la estabilidad de los ríos. Para propósitos de clasificación el material del cauce se refiere primeramente a las partículas de la superficie que forman parte del banco y el lecho del cauce. Se toman muestras del material del lecho para determinar los porcentajes de grava, arena, y conglomerados y se identifica el material predominante del sitio (Tabla 3).

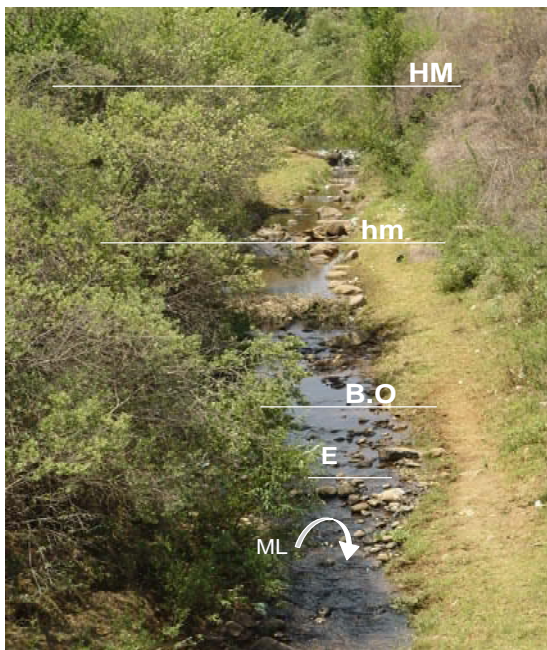
Tabla 3. Tamaño y clase de partícula (Rosgen *op. Cit.*, Israde 2006²)

Clase de partícula	Tamaño
Lecho rocoso o plancha	
Brecha volcánica	Grandes: 20 pulgadas Pequeños: 10 a 20 pulgadas
Conglomerados	2.5 a 10 pulgadas
Grava	0.08 a 2.5 pulgadas
Arena	0.062 a 2.0 milímetros
Limo/Arcilla	<0.062 milímetros

De cada sitio fueron determinadas tres secciones transversales tomando las dos primeras variables antes mencionadas, la distancia entre secciones fue de 20 anchos del banco de orilla, por lo tanto quedaron ubicadas en aguas arriba, en medio y

² Israde A. I. (2006). Profesora-Investigadora del Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. Comunicación personal.

abajo. Los datos de profundidad del perfil fueron obtenidos con estadal (± 20 cm) y el ancho con un longímetro. Primeramente el medición del ancho del *banco de orilla*, localizado inmediatamente después del espejo de agua (± 10 cm) encontrando un alto índice de humedad que indica su límite con la huella de inundación. En segundo lugar la *huella mínima de avenida* o área de menor avenida por lo menos cada año, mantiene un índice de humedad que permite la sobre vivencia de la vegetación indicadora de humedad, este es uno de los determinantes para ubicar la huella mínima de avenida al igual que la forma del terreno que se vuelve llana al separarse del banco de orilla. Por último, la *huella máxima de avenida*, corresponde a la máxima crecida en periodos más largos de tiempo, identificada por la presencia de vegetación acostada o barrida, raíces lavadas o arrancadas del sustrato, conglomerados lavados, presencia de vegetación indicadora de humedad seca como hepáticas y helechos (Fig. 6).



HM: Huella máxima de avenida

hm: Huella mínima de avenida

BO: Banco de orilla

E: Espejo de agua

ML: Materiales de lecho

Figura 6. Ubicación de las variables tomadas en cada sección transversal de los cauces

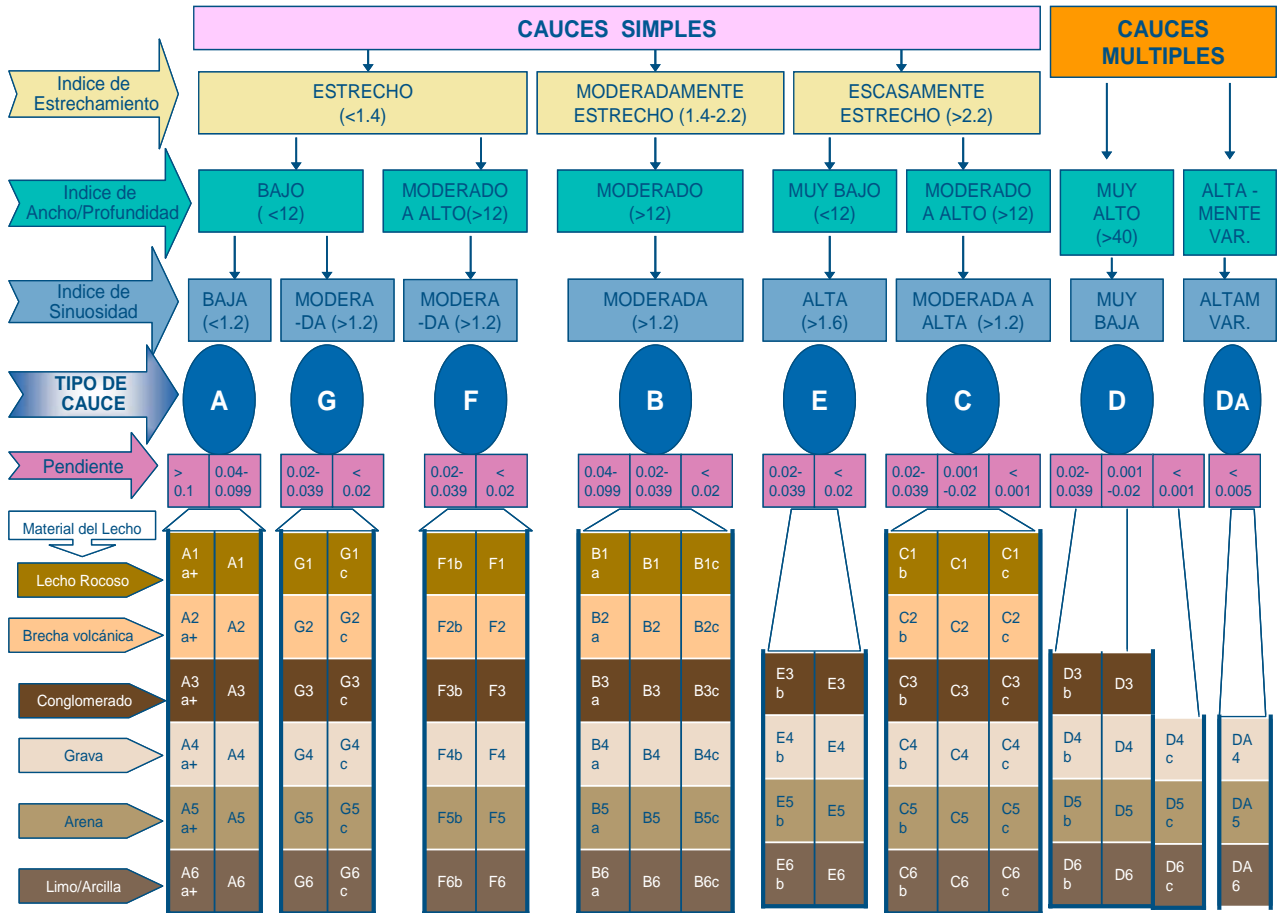


Figura 7. Clave para clasificación de ríos (Rosgen 1994).

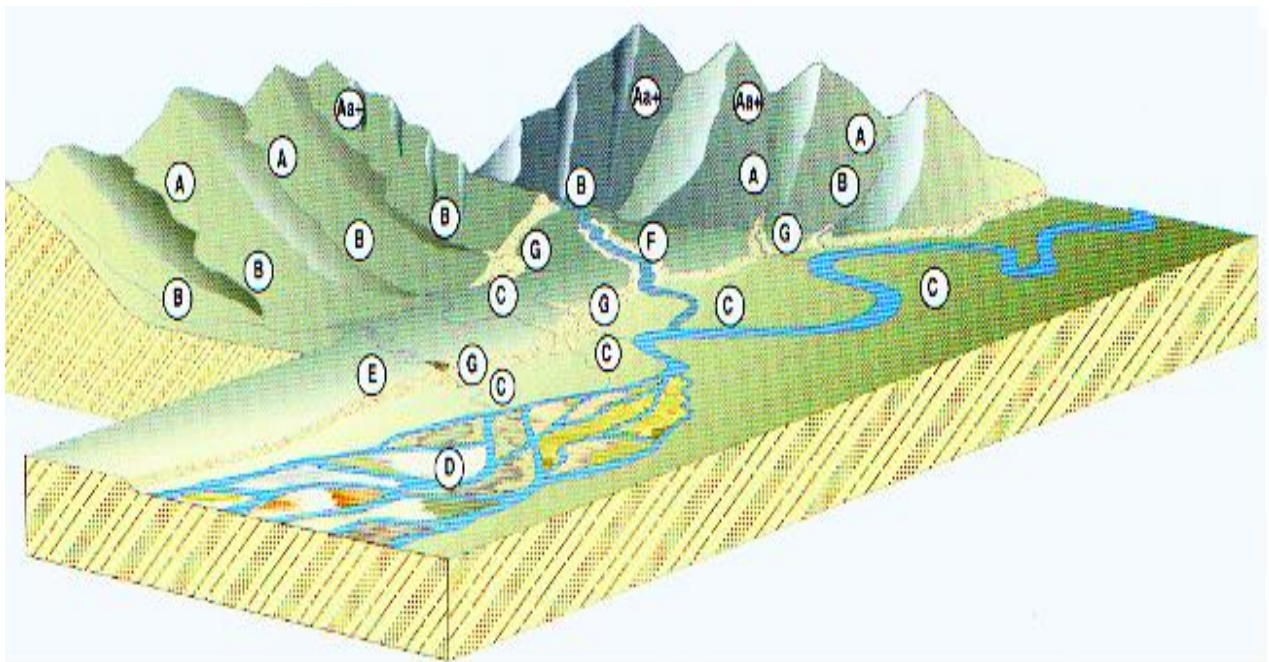


Figura 8. Ubicación topográfica de los tipos de ríos.

Tabla 4. Descripción general y criterios determinantes para clasificación de ríos (Rosgen 1994)

Tipo de río	Descripción general	Estrechamiento	Índice A/P	Sinuosidad	Pendiente	Forma del terreno/características del suelo
Aa	Muy empinado, profundamente estrecho, transporte de sedimentos, ríos torrenciales.	< 1.4	< 12	1.0 a 1.1	< 0.10	Relieve muy alto. Erosión de la roca basal o características deposicionales; flujo potencial de sedimentos, ríos muy estrechos, empinados con posas profundas y cascadas.
A1	Empinado, estrecho, con cascadas, alta energía de transporte asociado con depósitos de suelos. Muy estable si en el canal dominan roca basal o conglomerados.	< 1.4	< 12	1.0 a 1.1	0.04 0.10	a Alta pendiente. Formas de la roca basal erosionada o con depósitos. Ríos estrechos y confinados con llegadas en cascada frecuentemente espaciados, posas profundas en escalones.
B	Moderadamente estrecho, gradiente moderado, cauce dominado por depósito con posas infrecuentemente espaciadas. Bancos estables.	1.4 a 2.2	> 12	> 1.2	0.02 0.039	a Relieve moderado, deposición coluvial, estrechamiento y relación ancho profundidad moderado, valles estrechos con pendiente suave, predominan las cascadas que desembocan en posas.
C	Baja pendiente, meandros con deposiciones y posas, cauces aluviales amplios, terreno aluvial bien definido.	> 2.2	>12	>1.2	>0.02	Valles amplios, amplias terrazas asociadas con terreno aluvial, suelo aluvial; ligeramente estrecho con meandros bien definidos en los canales. Morfología del lecho depósitos/posas.
D	Cauce trenzado con barras longitudinales y transversales. Canal muy amplio con banco erosionado	n/a	> 40	n/a	< 0.04	Amplios valles con abanico aluvial empinado o escarpado. Sedimento glacial y características deposicionales. Características del lecho convergente/divergente. Proceso agradacional, alta carga en el lecho y erosión del banco.
DA	Anastomosado (múltiples cauces). Extensos, estrechos y profundos, plano de inundación muy vegetado y asociado con humedales. Relieve muy suave con variable sinuosidad.	> 2.2	Alta/ varia ble	Alta/varia ble	<0.005	Amplio, valle con baja pendiente, suelos finos aluviales y/o lacustre. Anastomosado. Control geológico crea fina deposición de barras bien vegetadas amplias que son lateralmente estables, con un amplio terreno de inundación con humedales. Baja carga en lecho. Alta erosión en la carga de sedimentos.
E	Baja pendiente, con meandro, con depósitos/posas, baja relación A/P y poca deposición, muy eficiente y estable, alto índice de sinuosidad.	> 2.2	<12	>1.5	<0.02	Amplio valle/pradera. Material aluvial con plano de inundación. Alta sinuosidad con bancos bien vegetados. Morfología depósito/posas con muy baja relación A/P.
F	Meandros estrechos, cauces depósitos/posas en bajos gradientes con alta relación A/P	<1.4	>12	>1.2	<0.02	Estrecho en material altamente intemperizado. Pendiente suave, con un alto índice A/P. meandro lateral inestable con alta tasa de erosión en el banco. Morfología depósitos/posas.
G	Estrecho "barranco", baja relación A/P en gradientes moderados	< 1.4	<12	>1.2	0.02 0.039	a Barrancos, pendientes moderadas, baja relación A/P. estrechos valles o profundamente incididos en materiales aluvial o coluvial, e. j, deltas o abanicos. Inestable. Con problemas en el control de la calidad o grado o pendiente y alto índice de erosión en el banco

6.6 Evaluación del ecosistema ripario por el método rápido (Zepeda et. al. 2002)

Este método de evaluación de ecosistemas riparios en zonas templadas. Es una herramienta útil para diagnosticar y monitorear las redes fluviales y sus cuencas que logran definir relaciones más directas entre las características de los arroyos y algunas zonas de la cuenca.

Este método aplica una escala cuantitativa a la funcionalidad de los componentes estructurales, asignando valores de 0 a 10 a cada indicador, así se obtiene un valor cuantitativo, susceptible de análisis para entender diferencias espaciales y temporales en el estado de salud de los arroyos y sus componentes. Esta metodología toma algunas variables de vegetación, suelo, agua y morfología del cause y disturbio.

6.6a. Vegetación

☞ Presencia de especies típicas de áreas riparias e indicadoras de humedad.

En sitios conservados hay presencia dominante de especies típicas de ribera (Medina, 1996), las cuales dependen de la alta humedad continua que caracteriza a estas áreas (Madrigal-Sánchez, 1998)³. La estimación del porcentaje de dominancia de especies indicadoras, contempla la escala de dominancias de Braun-Blanquet (1979) (Tabla 5 A).

☞ Cobertura de los estratos arbustivo y arbóreo.

La cobertura de estos estratos al interceptar las gotas de lluvia evitan la erosión del suelo y el aporte de sedimentos a la corriente de agua (FAO-PNUMA, 1980). La evaluación incluye intervalos de cobertura (Tabla 5 B).

³ Madrigal S. X. (1998). Profesor-investigador de la Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. Comunicación personal.

☞ Cobertura de los bancos de orilla por las plantas del estrato herbáceo y rasante. La estabilidad de los bancos depende de la presencia de vegetación y su cobertura debido a que lo protegen de la erosión por el flujo de agua durante las crecidas, evitando la remoción de los materiales para mantener el flujo permanente (Medina, op. Cit., Rosgen op. cit.). El valor del indicador está dado por el porcentaje de cobertura (Tabla 5 C).

Tabla 5. Vegetación.

A. Escala de prodominancia de Braum Blanquet 1979		
% dominancia spp. Indic.	Valor correspondiente	
80-100	10	
60-80	8	
40-60	6	
20-40	4	
1 - 20	2	
0-1	0	
B. Cobertura de los estratos arbustivo y arbóreo		
Valor correspondiente	Leñosas con sotobosque	Leñosas sin sotobosque
0-1	0	0
1.0-20	2	2
20-40	4	3
40-60	6	5
60-80	8	7
80-100	10	8
C. Cobertura de los bancos de arroyo por las plantas del estrato herbáceo y rasante		
% de cobertura	Valor correspondiente	
80-100	10	
60-80	8	
40-60	6	
20-40	4	
1 - 20	2	
0-1	0	

6.6b Agua y morfología

☞ Régimen del flujo de agua

Se conocen tres categorías generales del régimen de flujo en cauces: perenne, intermitente y efímero. Rosgen (op. Cit.), discute que los cauces ubicados en la misma zona geográfica y con la misma fuente de agua deben tener el mismo

régimen de flujo si corresponden al mismo tipo morfológico. La experiencia de campo de algunos autores han confirmado estos procesos en muchas partes del centro de México, al observar que los arroyos con áreas riparias conservadas presentan flujo perenne, mientras que en aquellos con áreas riparias degradadas, el régimen de flujo es intermitente y efímero. Estas posibilidades se muestran en la tabla 6 A.

☞ Colonización de los depósitos de materiales por las plantas.

En la estabilización y la reversión del proceso erosivo (Medina *op. Cit.*). Las plantas más exitosas son las acuáticas, debido a las adaptaciones morfológicas y fisiológicas que permiten tolerar estos substratos saturados de agua y carentes de oxígeno en la rizosfera (Hill, 1986). En arroyos degradados, la ausencia de germoplasma en estos tipos de plantas retrasa el proceso de colonización de tales sitios. Por lo tanto es importante utilizar esta característica como indicadora de conservación, el valor del indicador depende del porcentaje de colonización calculado (Tabla 6 B).

Tabla 6. Agua y morfología.

A. Confinamiento, estabilidad del cauce y régimen de flujo de agua	
Confinamiento: Si corresponde = 10	Pendiente, Sinuosidad No corresponde = 0
Porcentaje del cauce afectado	Valor correspondiente
80 - 100	0
60 - 80	2
40 - 60	4
20 - 40	6
1 - 20	8
0 - 1	10
Regimen del flujo de agua	Valor correspondiente
Perenne	10
Intermitente	5
Efímero	0
B. Colonización de los depósitos de materiales por las plantas.	
% del total de depósitos	Valor
Colonizados	Correspondiente
80 -100	10
60 - 80	8
40 - 60	6
20 - 40	4
1 - 20	2
0 - 1	0

6.6c Suelo.

☞ Evidencia de saturación periódica.

En áreas riparias conservadas debe existir saturación periódica del suelo, ya que esto implica la presencia continua de agua (Cuadro 7 A).

☞ Evidencia de alta infiltración.

La infiltración del agua de lluvia evita la erosión del suelo por escorrentía superficial, esta ligada a la porosidad del suelo, textura, mineralogía y contenido de materia orgánica. Se buscarán evidencias de escorrentía superficial como indicador indirecto de este proceso; el valor del indicador será más alto en los sitios con menor superficie afectada por la escorrentía (Tabla 7 B).

Tabla 7. Suelo.

A. Evidencia de saturación periódica.	
SI = 10	NO = 0
B. Evidencia de alta infiltración	
% del sitio sin evidencia de escorrentía superficial	Valor correspondiente
80 - 100	10
60 - 80	8
40 - 60	6
20 - 40	4
1 - 20	2
0 - 1	0

6.6d Disturbios

☞ Compactación del suelo ocasionado por el ganado

El valor del indicador esta dado por el porcentaje de la superficie del banco de ribera con evidencia de compactación (Tabla 8 A).

☞ Cobertura vegetal del banco de ribera en sitios pastoreados

El pastoreo como agente catalizador de la disminución de esta cobertura (Douglas y Marlow, 1992; Shaw y Clary, 1996). Corresponde a un valor del indicador del porcentaje de la superficie del banco de ribera con evidencia de pastoreo (Tabla 8 B).

☞ Presencia de caminos y brechas adyacentes al área riparia

Es un factor muy importante en la degradación del área riparia cuando existen vías de transporte adyacentes a la vegetación riparia, principalmente por la destrucción de la vegetación y como fuente principal de sedimentos (Burns *et. al.* 1995; Madrigal-Huendo *et al.* 1995). En este caso solo se considera la presencia o ausencia (Tabla 8 C).

☞ Evidencia de incendios en el área riparia

La combustión de material vegetal disminuye en general el vigor de las plantas, la hojarasca del suelo y la velocidad de infiltración, lo que provoca la degradación del área por erosión debido a la facilidad de aparición de escorrentía superficial (Chávez y Carmona, 1994; Invar. *Et. al.* 1998). Los efectos serán mayores mientras más grandes sea la superficie afectada. El indicador adquiere un valor en función al grado de afectación en la superficie ribereña del sitio evaluado (Tabla 8 D).

☞ Tala de árboles en la zona de ribera.

La destrucción de la cubierta vegetal favorece la penetración de los rayos del sol hacia la corriente de agua, para aumentar la temperatura del agua con una subsecuente reducción de oxígeno disuelto e incremento de evaporación además de otros factores como la degradación hídrica. Solamente se considera la presencia o ausencia de este factor (Tabla 8 E).

☞ Presencia de terrenos de cultivo adyacentes al arroyo.

La destrucción de la cubierta vegetal natural, significa pérdida de germoplasma. Así mismo la disminución de la infiltración y aumento de la erosión hídrica favorece la

movilización de sedimentos y degradación directa para el arroyo (Fitzjohn *et. al.*, 1998). El valor se obtiene de la presencia o ausencia de este factor (Tabla 8 F).

La escala de 0 a 10, significa diversos grados de degradación del componente en este tramo de arroyo; el 10 representa las condiciones más íntegras posibles.

Tabla 8. Disturbios.

A. Compactación del suelo ocasionada por el ganado	
% del banco pisoteado	Valor correspondiente
80 -100	0
60 - 80	2
40 - 60	4
20 - 40	6
1 - 20	8
0 - 1	10
B. Superficie del banco de orilla con evidencia de pastoreo	
% de cobertura vegetal del banco con evidencia de pastoreo	Valor correspondiente
80 -100	0
60 - 80	2
40 - 60	4
20 - 40	6
1 - 20	8
0 - 1	10
C. Presencia de caminos y brechas adyacentes al área riparia	
Presencia de caminos	Valor correspondiente
SI	0
NO	10
D. Valor de acuerdo con el grado de afectación en la superficie ribereña del sitio evaluado.	
% de superficie incendiada	Valor correspondiente
80 -100	0
60 - 80	2
40 - 60	4
20 - 40	6
1 - 20	8
0 - 1	10
E. Tala de arboles en la zona de ribera.	
Evidencia de tala de árboles	Valor correspondiente
SI	0
NO	10
F. Presencia de terrenos de cultivo adyacentes al cauce.	
Terrenos de cultivo adyacentes	Valor correspondiente
SI	0
NO	10

6.7. Análisis de suelos

De una muestra de suelo del banco de orilla, procedió el análisis de contenido de materia orgánica y textura. La muestra para analizar densidad aparente del sustrato y densidad real y posteriormente determinar la porosidad, fue extraída por medio de un anillo de metal y un mazo. Estos análisis fueron realizados en el laboratorio de Ciencias de la Tierra, (INIRENA-UMSNH).

6.7.1 Determinación de textura

A 50g de suelo en un matraz de 500 ml, se agregaron 25 ml de solución de hexametáfosfato de sodio, y agua a 300 ml, con 10 minutos de agitación en una batidora (Oster modelo 420). Posteriormente el contenido fue vaciado a una probeta de un litro y fue agregada agua hasta aforar y paso por agitación por un minuto. Posteriormente la toma de lecturas a los 60 segundos y a las 2 horas con un hidrómetro de Bouyoucos (fig. 9). Las fracciones (tabla 9) fueron determinadas con las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Limo y Arcilla} = \frac{\text{Lectura a los 60 segundos}}{\text{g de suelo seco}} \times 100$$

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{\text{Lectura a las 2 horas}}{\text{g de suelo seco}} \times 100$$

$$\% \text{ Arena} = 100 - (\% \text{ Limo y Arcilla})$$

(Black C. A. *et. al.* 1965)



Figura 9. Determinación de textura, método del hidrómetro de Bouyoucos.

En el triangulo de texturas de Witney se hace la clasificación textural del suelo.

Tabla 9. Características de los suelos según su clase textural.

Clase textural	Características
Arenoso	Capacidad de intercambio catiónico baja, estructura del suelo poco desarrollada, buena aereación, nutrientes deficientes, baja retención de agua, muy permeables.
Limoso	Impermeables, baja aereación, carecen de propiedades coloidales, no forman agregados.
Arcilloso	Capacidad de intercambio catiónico alta, mayor agregación de partículas, ricos en nutrientes, fuerte plasticidad y adhesividad, alta retención de humedad, baja densidad aparente, muy compactos en estado seco.
Franco o Migajón	Textura equilibrada, ideales para cultivo.

6.7.2 Determinación de porosidad por relación de densidades

Densidad aparente (método del cilindro): la muestra de suelo fue extraída del banco de orilla con un cilindro de metal (fig. 10), y posteriormente puesta a secar a 105°C por 24 horas, finalmente se pesó. El cálculo de la densidad aparente se realizó con la siguiente fórmula:

$$D_a = \frac{\text{Peso del suelo}}{\text{Vol. Del cilindro}} = \text{gr/cm}^3$$



Figura 10. Toma de muestra para determinar densidad aparente.

Densidad real (método del picnómetro, Baver 1956): primero toma del peso del picnómetro tanto vacío (PP), como lleno con agua destilada (PP+a), fue vaciado para agregar con un embudo 5 gr de suelo (S), procedió agregar una tercera parte de agua destilada y se desalojó el aire y reposó por 30 minutos, fue llenado y posteriormente y pesado (PP+a + S). La siguiente fórmula calcula la densidad real:

$$D.R = S/S+A - (S+a)$$

Donde: D.R: Densidad real (gr/cm^3)

S: Suelo (5 gr)

A: Peso del agua (sin el peso del picnómetro)

S+a: Peso del suelo y agua mezclados (sin el peso del picnómetro)

Espacio poroso:

$$\% P = 100 (1 - D.A/D.R) \text{ (Black C. A. et. al. 1965)}$$

Donde: %P: porcentaje de espacio poroso

D.A: Densidad aparente

D.R: Densidad real

6.7.3 Contenido de carbono orgánico en el suelo

Método de vía húmeda de Walkley y Black (1934)

En un matraz de 250 ó 500 ml, 0.2 ó 0.5 g de suelo, a la vez se corrió un blanco sin suelo. Procedió agregar 5 ml de dicromato de potasio 1N, posteriormente con cuidado 10 ml de H_2SO_4 concentrado, se agito por un minuto y reposo por 30 minutos. Después introducir 100 ml de agua destilada y de 5 a 10 ml de ácido fosfórico, así como 5 gotas de indicador (difenilamina 0.025 M). Fue titulado con sulfato ferroso 0.5 N hasta virar a verde esmeralda (fig. 11).



Figura 11. Determinación de Carbono Orgánico método de Walkley y Black (op. Cit.).

Por lo general se considera 0.2 g para horizonte A y 0.5 g para los demás horizontes. La determinación del carbono orgánico está basado en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ C.O} = \frac{(5 - (\text{ml de FeSO}_4 \times \text{Nreal})) \times 0.687 \times \text{Fc}}{\text{gr de suelo}}$$

Donde: $\text{Nreal} = 10 \times 0.5 / \text{ml de FeSO}_4$ gastados en el blanco

Fc (Factor de corrección) = ml teóricos/ ml reales de FeSO_4 (gastados en el blanco)

En la siguiente tabla se compara la cantidad de materia orgánica en suelos de origen volcánico y en suelos de origen distinto (tabla 10).

Tabla 10. Clasificación de los suelos por su contenido de materia orgánica en suelos minerales y volcánicos (NOM-021-RECNAT-2000).

Clase	Materia orgánica (%)	
	Suelos volcánicos	Suelos no volcánicos
Muy bajo	< 4.0	< 0.5
Bajo	4.1 - 6.0	0.6 - 1.5
Medio	6.1 - 10.9	1.6 - 3.5
Alto	11.0 - 16.0	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 16.1	> 6.0

Determinación de carbono total (Coulómetro)

El Coulómetro (fig. 12), da lecturas de carbono total en porcentaje y mg/L, la determinación es a través de una serie de reacciones que concluyen con la titulación de una sustancia que esta en contacto con el CO_2 producido y al pasar por luz UV da el porcentaje de transmitancia y este es convertido el mg/L de Carbono total. Esta determinación fue realizada en el laboratorio de Diatomología del Instituto de Investigaciones Metalúrgicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (responsable Dra. Isabel Israde).

Figura 12. Coulómetro marca UIC inc. , modelo 5014,



6.8 Análisis de variables físicas y químicas del agua del cauce

6.8.1 En campo

Registro de pH, Oxígeno Disuelto, temperatura y conductividad mediante un Potenciómetro OAKTON Waterproof y Potenciómetro PC18 (Fig. 13).



Figura 13. A) Potenciómetro OAKTON Waterproof, B) Potenciómetro PC18.

6.8.2 En laboratorio

Sólidos suspendidos totales (SST), Turbiedad, Sílice, Nitratos, Nitritos, Hierro, Fósforo, se realizaron en el laboratorio de Ecología Acuática, INIRENA-UMSNH, (Tabla 11).

Tabla 11. Métodos utilizados en la determinación de las variables químicas (APHA, 1995).

Variable	Método
Sólidos suspendidos totales (SST)	Gravimétrico por filtración
Turbiedad	Nefelométrico (turbidímetro 2100P marca HACH)
Nitratos	Colorimétrico de la Brucina
Nitritos	Colorimétrico del colorante Azo
Fósforo total	Colorimétrico del Molibdato/Ácido Ascórbico
Hierro total	Colorimétrico de la Fenantrolina
Sílice	Colorimétrico del Molibdosilicato

6.9 Modelo conceptual para simular la degradación de la Subcuenca de Cointzio.

Utilizando el programa Stella Research Software (2001. Version 7.0.2), se realizó un modelo conceptual de simulación, en el que se tomaron la mayoría de las variables analizadas, este modelo presenta la relación de cada variable y como aportan para la simulación de la degradación de la subcuenca.

Fueron tomadas las precipitaciones que recibe el cauce durante un año, (datos tomados de la estación climática de Cointzio en el 2003) esto y el área de la subcuenca da la cantidad de agua que recibe, lo cual influye en las probabilidades de inundación, al igual que la capacidad, se refiere a las condiciones en que esta el área de estudio de acuerdo al disturbio y suelo. En disturbio fueron tomadas las variables analizadas en el método de riparias así mismo en suelo. En el grado de degradación influyen las variables suelo, disturbio, probabilidad de inundación y SST que reciben los cauces, para los sólidos suspendidos totales (SST) fue tomado en cuenta la precipitación que cae al cauce ya que influye en la cantidad de sólidos que lleguen al río, así como la descarga a la presa de Cointzio, aunque no realice ninguna determinación de estas en la presa se pone la descarga como una posible salida de los sólidos (fig. 30).

VII. RESULTADOS

7.1 Análisis de precipitación

7.1.1 Probabilidad de lluvia en los meses más lluviosos

7.1.1a. Estación climática Cointzio (Junio)

El promedio anual de la precipitación en esta estación climática en el mes de junio es de 145.6 mm en este periodo.

Este lapso de tiempo muestra un comportamiento irregular, presenta periodos considerablemente secos en el mes de junio en 4 años (1969, 1982, 1983 y 1992) acumuló 36.1 a 71.3 mm. Las precipitaciones mayores en 16 años inciden sobre las últimas dos décadas con precipitaciones de 185 a 258.8 mm. La precipitación mínima mensual es de 36.1 mm con una probabilidad de ocurrencia de 98.3%, mientras la precipitación máxima mensual (258.8 mm en 1999), tiene una probabilidad de ocurrencia del 1.7% (fig. 14).

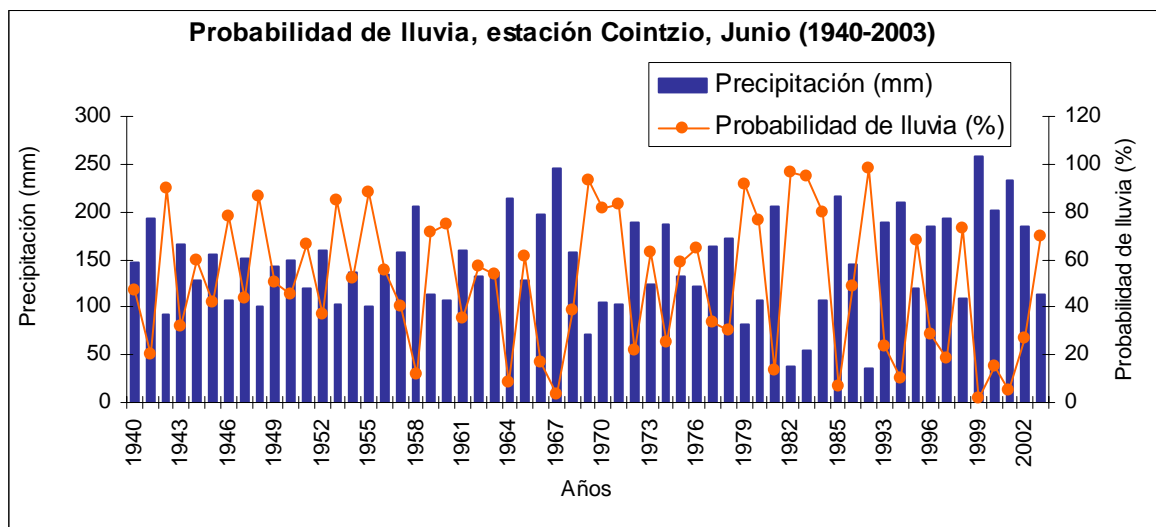


Figura 14. Probabilidad de lluvias en el mes de junio, (1940-2003).

Las mayores probabilidades de lluvia coinciden con las precipitaciones mínimas, y por el contrario las menores probabilidades de lluvia corresponden con las máximas precipitaciones. Esto se observa principalmente en los fenómenos meteorológicos, ya que los de mayor intensidad comúnmente ocurren esporádicamente, aunque también depende de la época del año y las características del lugar, principalmente la altitud.

7.1.1b Estación climática Acuitzio del Canje

El promedio anual de la precipitación en esta estación climática en el mes de junio es de 166.3 mm. La precipitación máxima en 27 años fue de 280.1 mm en 1999 con una probabilidad de lluvia de 3.6%. La precipitación mínima de 38.8 mm con una probabilidad de lluvia de 96.4% (Fig. 15).

En la estación climática anterior y en esta, el año más lluvioso fue 1999 y el más seco 1982 en ambas estaciones.

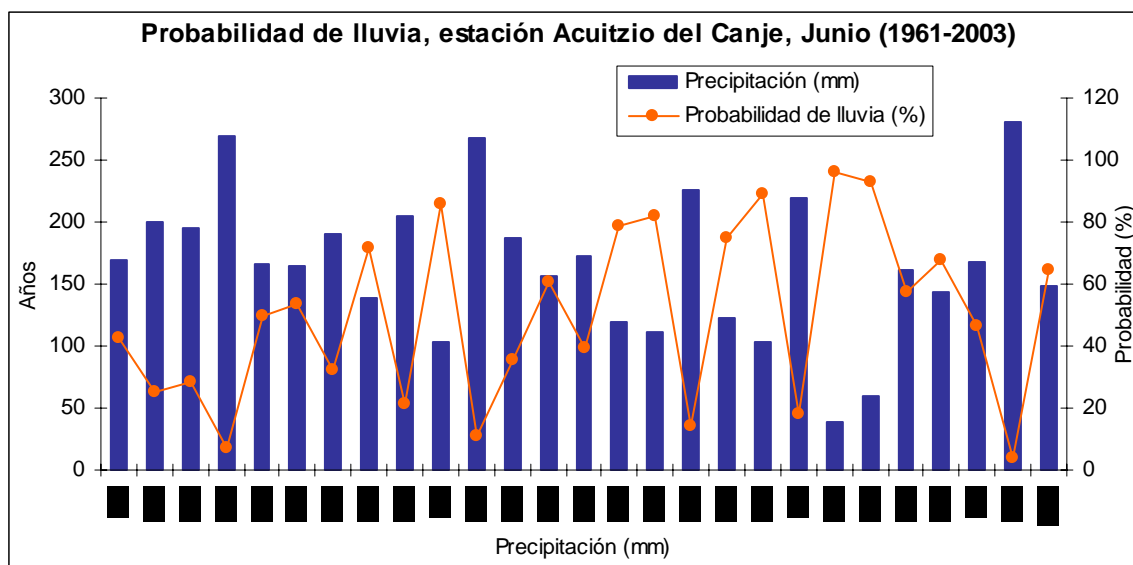


Figura 15. Probabilidad de lluvia en el mes de junio (1961-2003).

7.1.1c Estación climática Santiago Undameo

Durante este periodo el promedio anual de la precipitación en el mes de junio fue de 142.27 mm. Del 2000 al 2002, no existen registros. La precipitación máxima de 1972 con 288.9 mm, presenta una probabilidad de lluvia de 2.2% y en 1990 se presenta una precipitación de 249.5 mm conlleva una probabilidad de 4.4%. La precipitación mínima en 1982 con 44 mm tiene una probabilidad de 97.8%, coincide con otra similar de 46.8 mm y 95.6% de probabilidad de lluvia en el periodo de 46 años (Fig. 16).

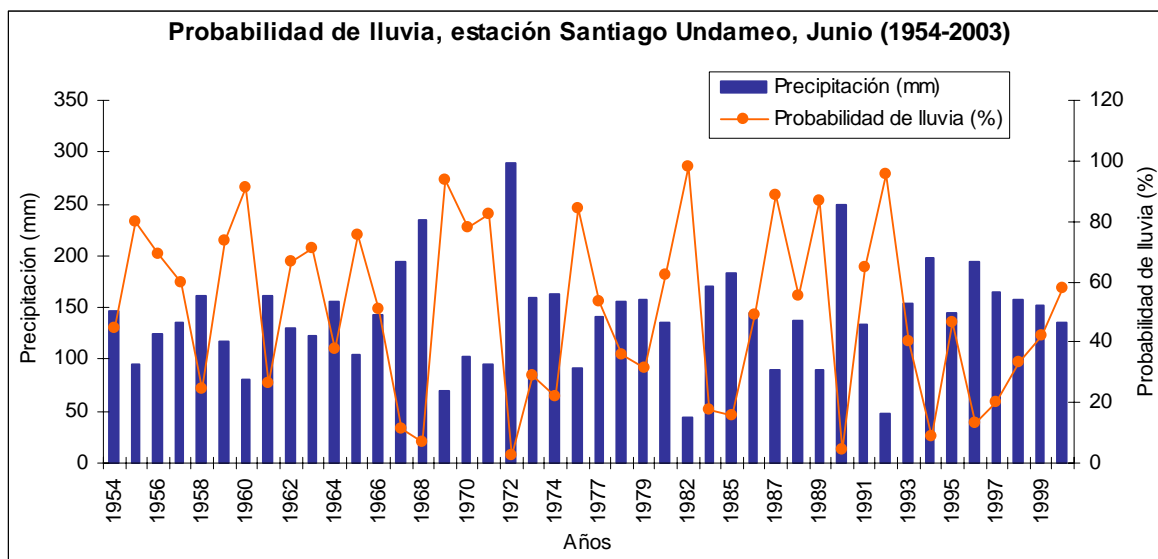


Figura 16. Probabilidad de lluvia en el mes de Junio (1954-2003).

7.1.2 Retorno de lluvia de los meses más lluviosos

7.1.2a Estación climática Cointzio (Junio)

Los periodos de retorno mayores son de 15, 20, 31 y 59 años y los de menor tiempo son 1 a 2 años, en un periodo de 58 años.

La precipitación máxima fue de 258.8 mm. La conversión a metros cúbicos por unidad de superficie (64,564 ha) asciende a 167,091,630 m³/ha, lo que posiblemente recibe la cuenca en un solo mes sin tomar en cuenta la infiltración, escorrentía ni la evapotranspiración.

Para la precipitación mínima tenemos $23,307,604 \text{ m}^3/\text{ha}$, con un periodo de retorno de 1 año. Los periodos de retorno de 1 y 2 años presentan precipitaciones que van desde los 36.1 mm hasta 154.2 mm. Las precipitaciones de 157.1 mm hasta los 196.2 mm presentan periodos de retorno de 3 a 6 años en el mes de junio (Fig. 17).

Las precipitaciones máximas tienen un periodo de retorno más largo, al contrario de las precipitaciones mínimas que se presentan con mayor frecuencia.

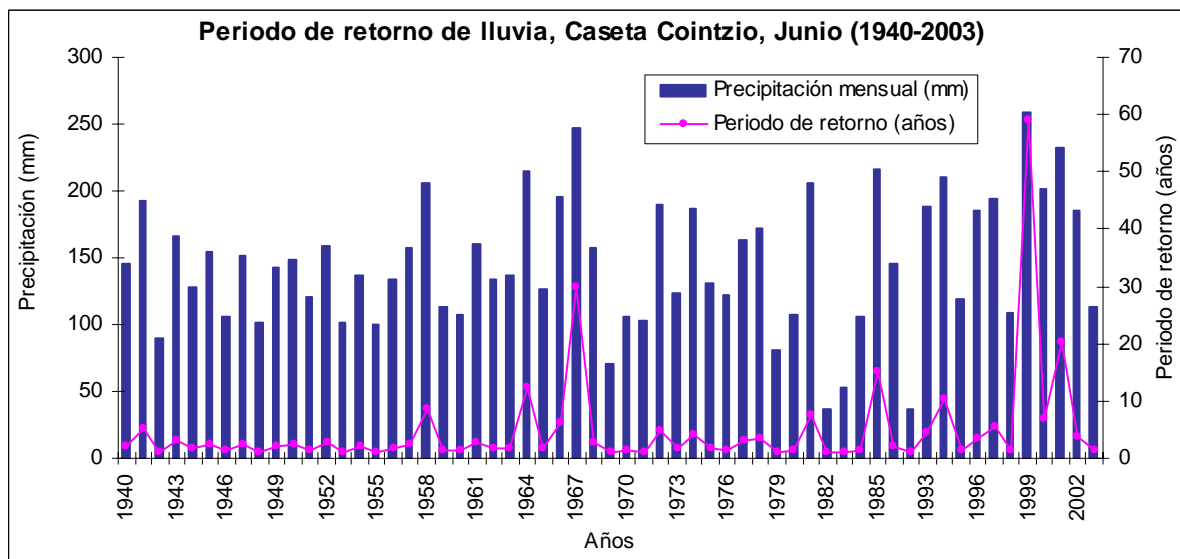


Figura 17. Periodo de retorno de lluvia en el mes de junio, (1940-2003).

7.1.2b Estación climática de Acuitzio del Canje.

Los periodos de retorno de 1 y 2 años presentan precipitaciones que van de 38.8 a 170 mm. La precipitación máxima es de $180,843,760 \text{ m}^3/\text{ha}$ da lugar a un periodo de retorno de 28 años. La precipitación mínima en unidad de superficie es de $25,050,832 \text{ m}^3/\text{ha}$, lo cual tiene un periodo de retorno de 1 año. De 27 años analizados 18 contienen periodos de retorno de 1 y 2 años. Los periodos de retorno de 7 a 28 años concuerdan con 4 años (1964, 1972, 1978 y 1999) (Fig. 18).

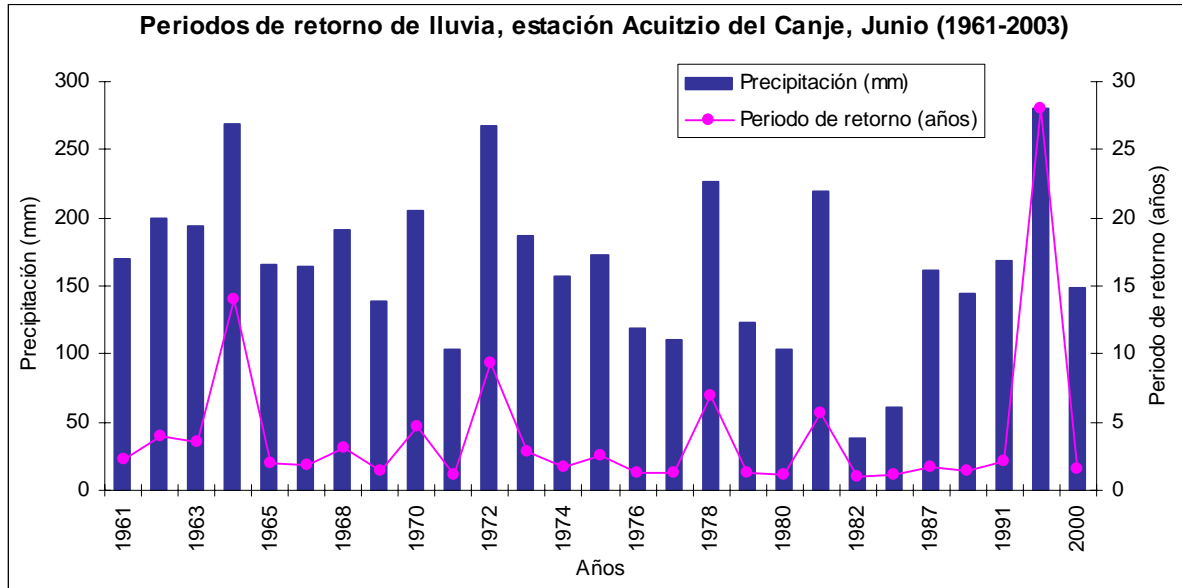


Figura 18. Periodo de retorno de lluvia en el mes de Junio, (1940-2003).

7.1.2c Estación climática de Santiago Undameo

La precipitación fluctúa de manera regular, únicamente se ven picos altos en tres años que son 1968, 1972 y 1990, estas precipitaciones son de 234.4 a 288.9 mm y tienen un periodo de retorno de 15 a 45 años. Las precipitaciones que tienen periodos de retorno cortos de 1 y 2 años son de 44 a 147.2 mm de 43 años analizados con datos de esta estación climática, 26 presentan periodos de retorno de 1 y 2 años, por lo tanto podemos decir que el 60% de la precipitación en el mes de junio, que cae en la subcuenca de Cointzio en la zona de Santiago Undameo, se presenta cada 1 y 2 años (fig. 19).

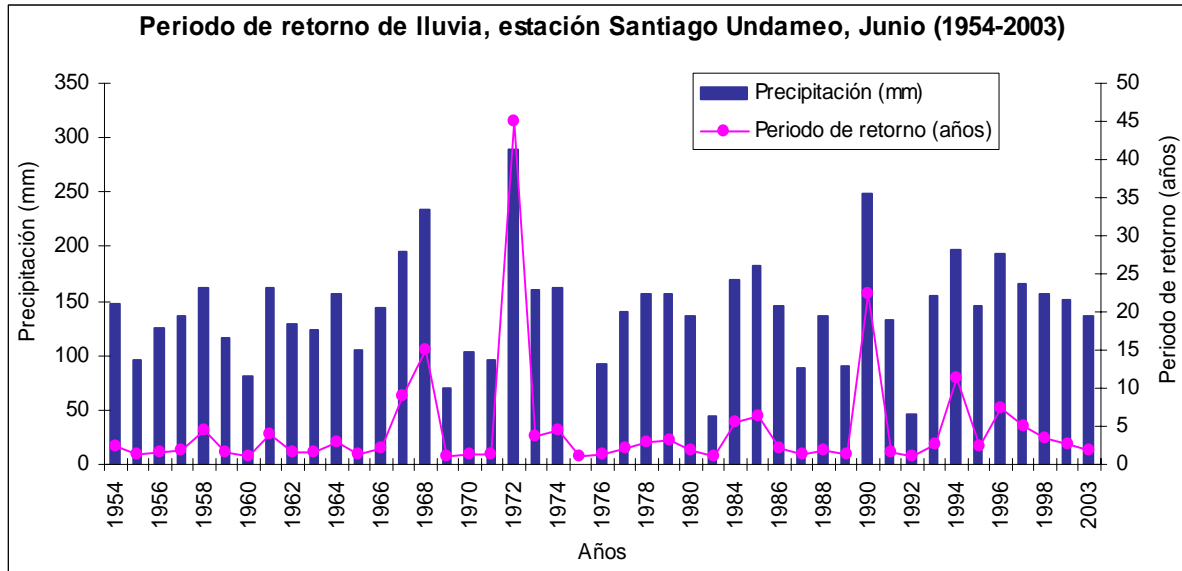


Figura 19. Periodo de retorno de lluvia en el mes de junio, (1954-2003).

Un análisis realizado con datos de las estaciones de Morelia, Zona Militar, Jesús de Monte y San Miguel del Monte, mostraron, al igual que en las estaciones analizadas en este trabajo, que los meses más lluviosos son de junio a septiembre (verano), con valores de 157.4 mm/mes en la estación Zona Militar y 271.2 mm/mes en la estación Jesús del Monte, en la estación Morelia los máximos van de 297.3 mm/mes y de 566.5 mm/mes en San Miguel del Monte, esta diferencia se debe a la diferencia de altitudes, a mayor altitud, mayor precipitación, (Arreygue *et. al.* 2004). La altitud de Jesús del monte (2100 msnm) comparece con la de Acuitzio del Canje (2070 msnm) y la de Morelia (1940 msnm) a la de Cointzio (1950 msnm), esto explica la incidencia de mayores precipitaciones en Acuitzio del Canje y menores en Cointzio.

La precipitación es directamente proporcional al periodo de retorno de lluvias e inversamente proporcional a la probabilidad de lluvia.

Mayor precipitación = mayor periodo de retorno de lluvias.

Mayor precipitación = menor probabilidad de lluvia.

7.2 Sistemas de Información Geográfica

7 tributarios principales de 4^o orden, llegan a la presa de Cointzio a través del canal San Juan, en base a esto la subcuenca de Cointzio se subdividió en siete subcuencas (fig. 20) con 42 sitios de muestreo (fig. 21).



Figura 20. Subdivisión de la subcuenca de Cointzio Michoacán en Microcuencas.

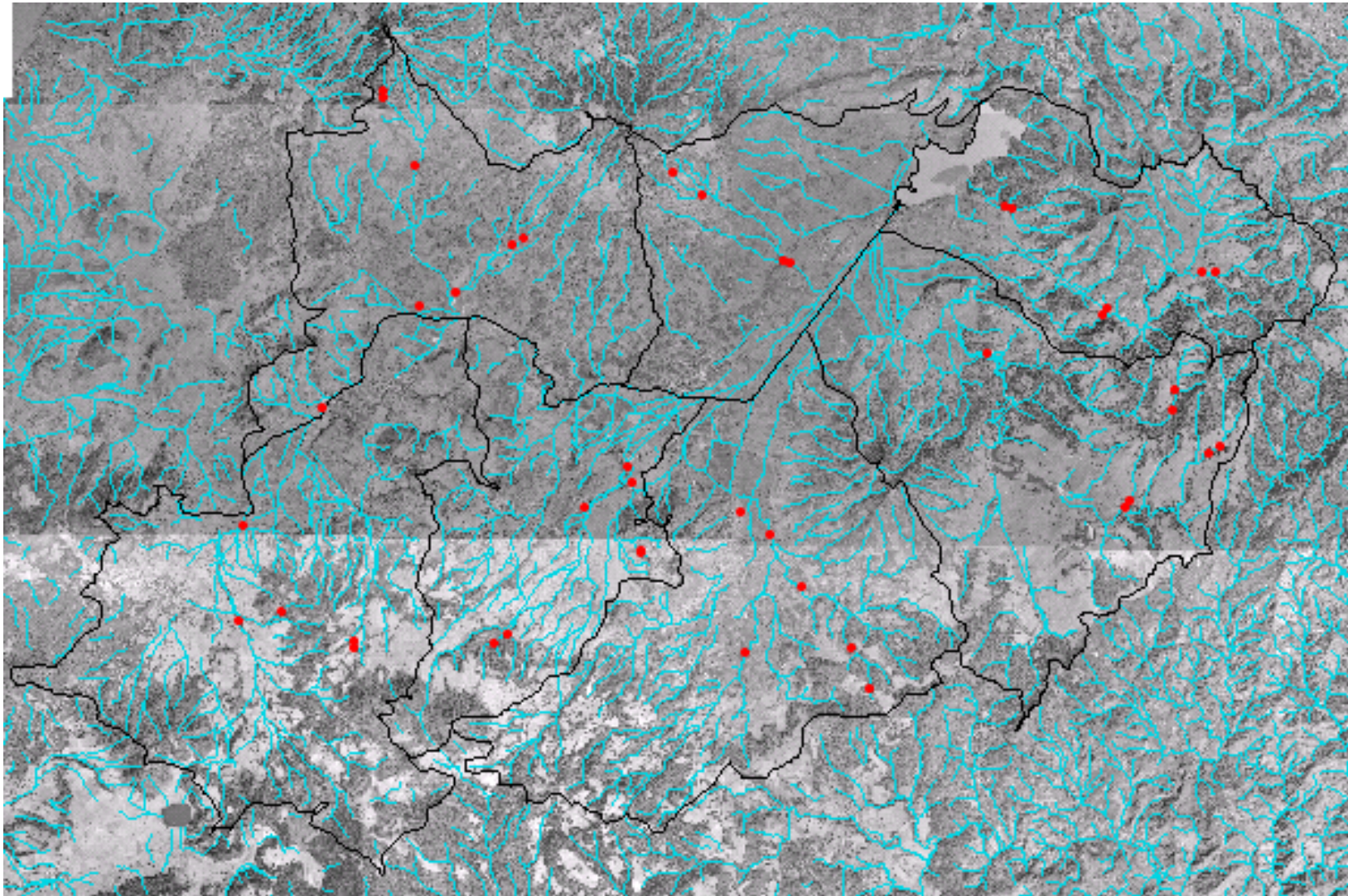


Figura 21. Ubicación de los sitios de muestreo en la subcuenca de Cointzio (42 sitios con 123 secciones transversales).

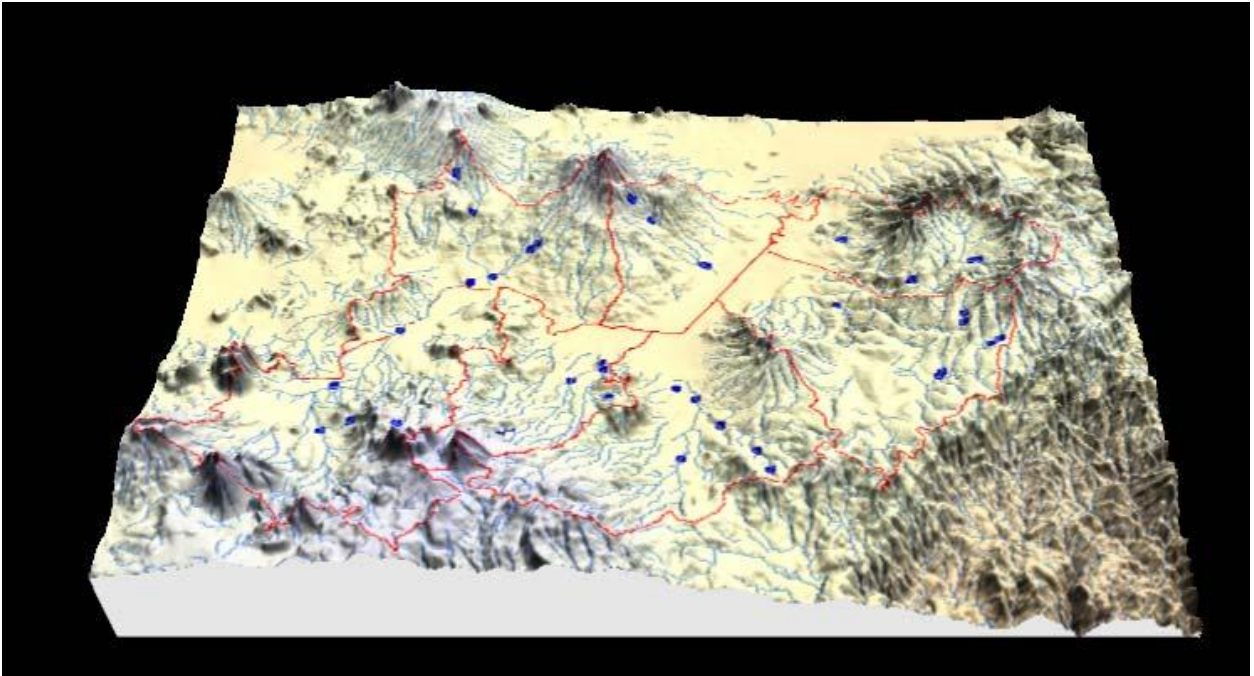


Figura 22. Modelo de Elevación Digital de la subcuenca de Cointzio, microcuencas y sitios de muestreo.

7.3. Clasificación de cauces por el método Rosgen (1994)

La clasificación de los tipos de cauce ha sido poco aplicada en la República Mexicana. El método Rosgen fue desarrollado para cauces de Estados Unidos, aplicándose en una topografía, geología y geomorfología diferente a la de México. En Estados Unidos, el territorio incluye menor pendiente y topografía menos heterogénea, con cauces muy anchos, poco profundos y muy sinuosos (Rosgen op. Cit.). A diferencia la República Mexicana presenta una topografía mucho mas accidentada por el fuerte vulcanismo que generó pendientes pronunciadas, cauces muy estrechos, profundos y poco sinuosos. Por ello la determinación de los tipos de cauce requieren de adaptación a la topografía del área de estudio. De esta manera, la variable Ancho/Profundidad (A/P) no queda adecuadamente clasificada en los tipos de cauce B debido a que el valor de la clave debe ser mayor que el obtenido en campo (>12). La variable sinuosidad tampoco cumple completamente la

clasificación en el tipo de cauce E, ya que requiere un valor mayor que el que presentan los cauces evaluados (>1.5) (Tabla 12).

Los cauces de tipo B destacan en la topografía del área de estudio con pendiente moderada a alta, moderado confinamiento, índice de anchura profundidad y sinuosidad moderada, en segundo lugar los tipos de cauce A, presentan mayor confinamiento, poco sinuosos y ubicación en laderas. Por su parte los cauces de tipo E presentan mayores pendientes que los de tipo A, son moderadamente confinados y sinuosos, con una relación de anchura/profundidad de moderada a alta.

Las pendientes más altas las ocupan cauces de tipo B y E, con pendientes de 12 a 19% contrastan con los cauces de tipo G con pendientes más bajas de 1.5 y 2%. Los cauces de tipo A ubicados en las laderas con pendientes de 4 a 8%, sin embargo hay dos sitios con pendientes extremas con 1.5% y con 18% (fig. 23).

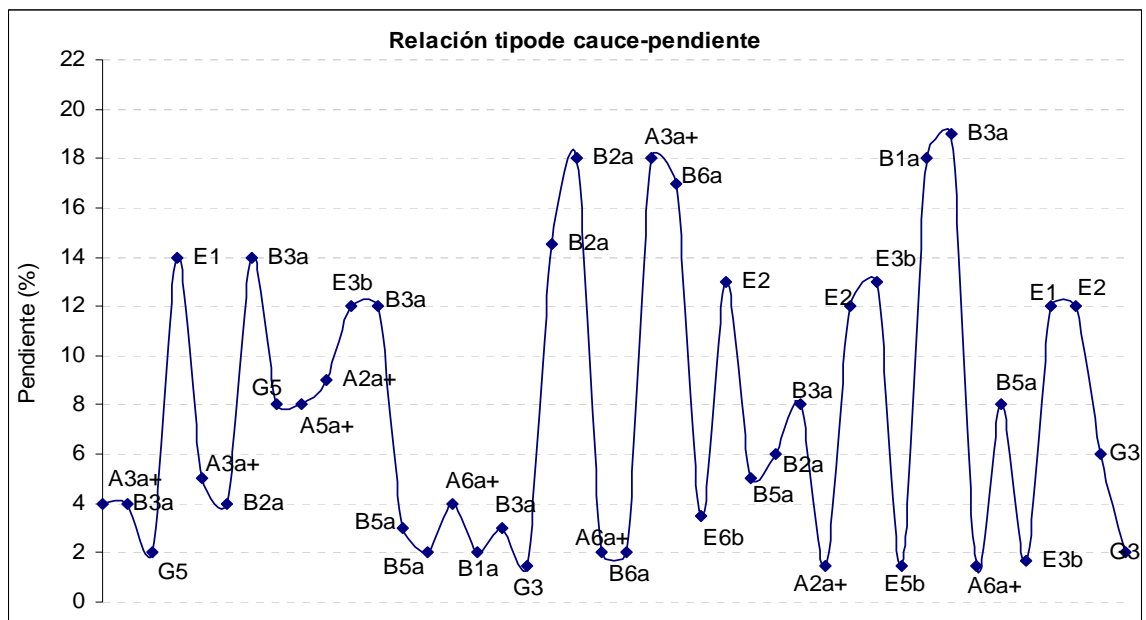


Figura 23. Relación tipo de cauce-pendiente.

Tabla 12. Clasificación de cauces por el método Rosgen (op. Cit.)

MICROCUENCA I "La Presa"											
Sitios	Estrech	Indice A/P	Sin	Pend	Material de Lecho						Tipo de río
					Limo/ Arcilla	Arena	grava	Conglo- merado	Brecha Volc.	Roca Basal	
1.2 ²	1.03	3.10	1.2	4	0.01	0.01	0.33	0.57	0.1	0.01	A3a+
1.3 ³	1.6	3.29	1.4	4	0.01	0.01	0.33	0.57	0.1	0.01	B3a
1.4 ⁴	1.29	4.07	2.2	2	0.01	0.54	0.01	0.4	0.01	0.01	G5
1.5 ¹	2.86	3.12	1	14	0.01	0.24	0.07	0.13	0.07	0.50	E1
1.7 ²	1.25	3.25	1.1	5	0.01	0.01	0.1	0.8	0.1	0.01	A3a+
1.8 ³	1.85	4.33	1.2	4	0.01	0.01	0.01	0.2	0.8	0.01	B2a
MICROCUENCA II "Río Grande"											
2.1 ¹	1.81	3.37	2.1	14	0.01	0.01	0.1	0.8	0.1	0.01	B3a
2.2 ²	1.4	6.43	1.8	8	0.01	0.41	0.1	0.1	0.27	0.01	G5
2.3 ³	1.4	8.40	1.1	8	0.01	0.78	0.07	0.07	0.02	0.01	A5a+
2.4 ¹	1.4	9.75	1.1	9	0.01	0.01	0.07	0.18	0.48	0.26	A2a+
2.6 ¹	3.97	3.13	1.1	12	0.63	0.18	0.117	0.07	0.01	0.01	E3b
2.7 ²	1.80	2.59	1.1	12	0.01	0.01	0.1	0.57	0.27	0.01	B3a
2.10 ⁴	1.64	2.05	1.4	3	0.01	0.8	0.2	0.01	0.01	0.01	B5a
MICROCUENCA III "Río La Palma"											
3.1 ¹	1.90	3.55	1	2	0.75	0.08	0.12	0.01	0.01	0.01	B5a
3.2 ²	1.21	3.80	1	4	0.75	0.18	0.07	0.01	0.01	0.01	A6a+
3.3 ³	1.56	5.92	1.4	2	0.27	0.09	0.04	0.04	0.29	0.31	B1a
3.6 ³	1.59	3.73	1.2	3	0.01	0.01	0.08	0.80	0.12	0.01	B3a
3.7 ⁴	1.28	2.89	1.5	1.5	0.01	0.08	0.13	0.78	0.01	0.01	G3
MICROCUENCA IV "Río el Mezquite"											
4.1 ¹	1.6	3.64	1	14.5	0.07	0.01	0.01	0.01	0.88	0.05	B2a
4.2 ²	1.6	2.78	1.1	18	0.07	0.01	0.01	0.01	0.93	0.01	B2a
4.3 ¹	1.4	2.85	1.1	2	0.77	0.18	0.05	0.01	0.01	0.01	A6a+
4.4 ³	1.53	2.44	1.1	2	0.87	0.13	0.01	0.01	0.01	0.01	B6a
MICROCUENCA V "Río San Andrés"											
5.1 ¹	1.38	2.02	1	18	0.01	0.01	0.01	0.33	0.32	0.27	A3a+
5.2 ²	1.6	2.03	1	17	0.77	0.15	0.05	0.01	0.01	0.01	B6a
5.3 ³	1.84	4.12	1	3.5	0.54	0.01	0.14	0.27	0.04	0.01	E6b
5.4 ¹	2.68	3.08	1.2	13	0.01	0.01	0.09	0.38	0.54	0.01	E2
5.5 ²	1.89	3.23	1.1	5	0.01	0.78	0.18	0.04	0.01	0.01	B5a
5.6 ³	1.98	4.41	2	6	0.01	0.01	0.01	0.10	0.57	0.33	B2a
5.7 ⁴	1.50	4.19	1.1	8	0.01	0.01	0.02	0.82	0.17	0.01	B3a
5.8 ¹	1.02	2.55	1.2	1.5	0.01	0.04	0.32	0.12	0.54	0.01	A2a+
MICROCUENCA VI "Lagunillas"											
6.1 ¹	2.31	4.84	1	12	0.11	0.24	0.11	0.37	0.53	0.04	E2
6.2 ²	2.36	3.11	1.3	13	0.07	0.01	0.01	0.5	0.37	0.07	E3b
6.3 ³	2.49	2.02	1.3	1.5	0.14	0.14	0.43	0.3	0.01	0.01	E5b
6.4 ¹	1.50	3.56	1.2	18	0.24	0.01	0.07	0.13	0.04	0.50	B1a
6.5 ²	1.67	2.22	1.2	19	0.27	0.01	0.07	0.57	0.10	0.01	B3a
6.6 ³	1.32	2.03	1.2	1.5	0.85	0.12	0.04	0.01	0.01	0.01	A6a+
MICROCUENCA VII "Río Tupátaro"											
7.3 ¹	1.76	5.99	1.1	8	0.01	0.01	0.6	0.09	0.26	0.01	B5a
7.6 ¹	2.21	9.73	1.2	1.66	0.01	0.01	0.30	0.37	0.34	0.01	E3b
7.7 ¹	3.49	1.84	1	12	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	1	E1
7.8 ²	2.30	2.03	1	12	0.01	0.01	0.01	0.10	0.9	0.01	E2
7.9 ³	1.37	9.10	1.3	6	0.01	0.29	0.13	0.58	0.01	0.01	G3
7.10 ⁴	1.35	4.24	1.2	2	0.01	0.10	0.12	0.78	0.01	0.01	G3

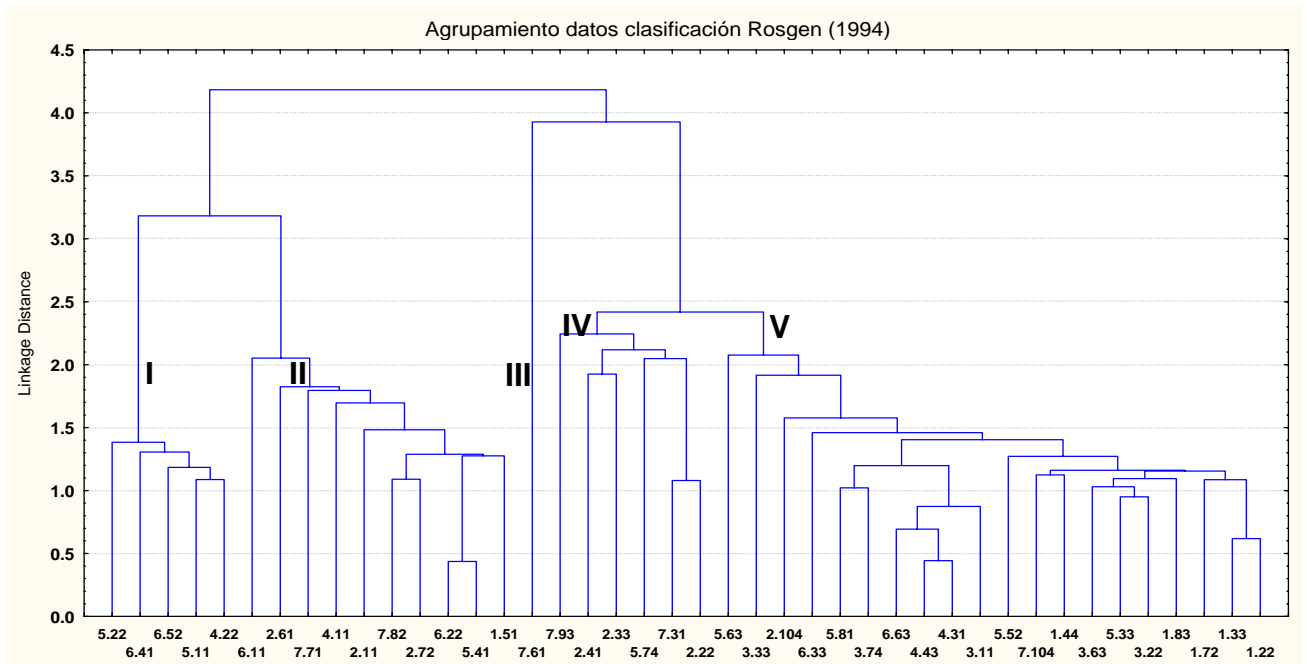


Figura 24. Agrupamiento de sitios de la subcuenca de Cointzio de acuerdo al tipo de cauce.

Los valores de las variables utilizadas en el método Rosgen (op. Cit.) permitieron elaborar un dendrográma que muestra 5 cúmulos con un valor de 2.3 en la distancia de unión (fig. 24).

- I. Los sitios con mayor pendiente (17 a 19%) de tipo A (1 sitio) y B con índice de estrechamiento de bajo a medio e índice de A/P moderado.
- II. Pendientes de 12 a 14.5% con cauces de tipo B (2 sitios) y en su mayoría tipo E, índice de estrechamiento de moderado a alto e índice de A/P de 1.8 a 4.8.
- III. Este sitio aislado de los demás en el dendrográma, presenta condiciones especiales, con 1.66% de pendiente y un alto índice de A/P de 9.73, el tipo de cauce es E3b.

- IV. Pendientes de 6 a 9%, estrechamiento de bajo a moderado e índice de A/P de 4.1 a 9.75 considerado de moderado a alto. Tipos de cauces A, B y G.
- V. Este grupo incluye los sitios de menor pendiente (1.5 a 6%), cauces de tipo B en su mayoría seguidos por los de tipo A, G y E. Índice de estrechamiento moderado e índice de A/P de moderado a alto. La sinuosidad es baja.

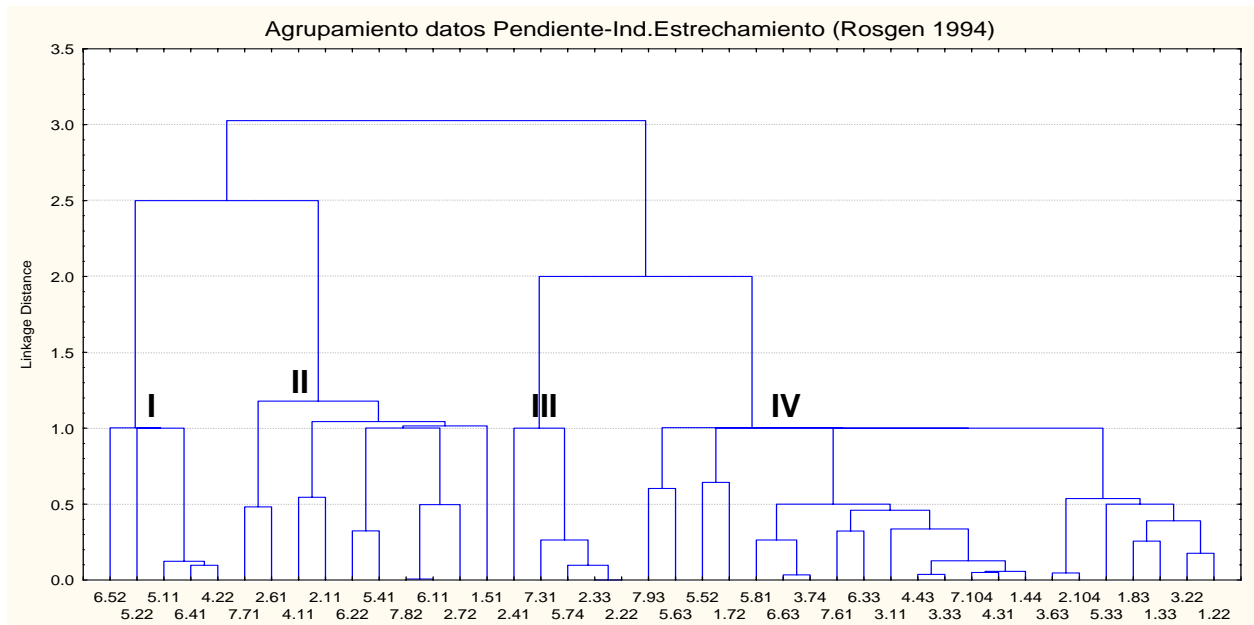


Figura 25. Agrupamiento con datos de pendiente e índice de estrechamiento.

Los datos de pendiente y estrechamiento permitieron elaborar un dendrográma que incluye 4 cúmulos con 1.5 como valor en la distancia de unión (fig. 25).

- I. Pendientes más altas (17 a 19%), índice de estrechamiento de 1.3 a 1.6.
- II. Pendientes moderadas a altas (12 a 14.5%) atrincheramiento altos (1.6 a 3.9).
- III. Pendiente moderada (8 y 9%), índice de estrechamiento bajo de 1.4 a 1.7.
- IV. Pendientes más bajas (1.5 a 6%), índice de estrechamiento de 1 hasta 2.4.

En la mayoría de los casos la variable pendiente esta íntimamente relacionada con el estrechamiento, altas pendientes y bajo índice de estrechamiento (primer grupo), en el tercer grupo, pendientes moderadas y valores moderados de estrechamiento y donde hay pendientes bajas, corresponde a índices de estrechamiento altos.

Los cauces que se encuentran en altos gradientes son comúnmente atrincherados (valores bajos de estrechamiento) al contrario de los que se ubican en bajas pendientes, los cuales presentan menor atrincheramiento (Rosgen op. Cit.).

Después de este análisis se observa que la variable principal por lo que los sitios se agruparon de esta forma fue por la pendiente.

En el dendrográma basado únicamente en la variable pendiente, el acomodo de los grupos no cambia, los cuatro grupos aparecen con los mismos sitios de manera general solo algunos sitios difieren de la posición anterior.

Se realizó el agrupamiento de acuerdo al orden del cauce, utilizando todas las variables del método Rosgen, (Anexo 4).

7.4 Evaluación del ecosistema ripario por el método rápido de Zepeda et. al., (2002).

Los datos obtenidos con el método rápido para evaluación del ecosistema ripario muestran distintos niveles de degradación en la red hidrográfica de la subcuenca de Cointzio. Los sitios menos degradados corresponden a las áreas más alejadas de las actividades antrópicas, de los caminos, de zonas de pastoreo; es decir las áreas menos accesibles tanto para el hombre como para los animales domésticos presentan el ecosistema ripario más conservado (Tabla 14).

Tabla 14. Datos de evaluación del ecosistema ripario.

MICROCUENCA I "La Presa"																				
sitio	Vegetación				Agua y Morfología					Suelo			Disturbios						Cal	
	V1	V2	V3	X	AM1	AM2	AM3	AM4	X	S1	S2	X	D1	D2	D3	D4	D5	D6		X
1.2 ² a	8	4	6	6	10	6	10	0	6.5	10	6	8	4	4	0	10	0	0	3	5.88
1.2 ² b	4	10	8	7.3	10	6	10	0	6.5	10	6	8	4	10	0	10	0	0	4	6.45
1.2 ² c	4	10	4	6	10	4	10	0	6	10	10	10	4	10	0	10	0	0	4	6.5
1.3 ³ a	4	6	6	5.3	10	2	10	0	5.5	10	6	8	4	6	0	10	0	0	3.3	5.53
1.3 ³ b	4	6	6	5.3	10	4	10	0	6	10	8	9	6	6	0	10	0	0	3.6	5.98
1.3 ³ c	8	10	6	8	10	10	10	0	5	10	10	10	8	10	0	10	0	0	4.6	6.9
1.4 ⁴ a	8	10	6	8	10	6	10	4	7.5	10	10	10	6	8	10	10	10	10	9	8.63
1.4 ⁴ b	6	8	6	6.6	10	4	10	2	6	10	10	10	10	10	10	10	10	0	8.3	7.73
1.4 ⁴ c	6	10	10	8.6	10	4	10	4	7	10	6	8	8	10	0	10	0	10	6.3	7.48
1.5 ¹ a	4	8	8	6.6	10	4	10	2	6.5	10	8	9	2	6	0	10	10	0	4.6	6.68
1.5 ¹ b	6	8	8	7.3	10	4	10	2	6.5	10	10	10	10	10	0	10	0	0	5	7.2
1.5 ¹ c	4	6	6	5.3	10	4	10	4	7	10	10	10	10	10	0	10	0	0	5	6.83
1.7 ² a	2	6	2	3.3	10	6	5	0	5.3	0	0	0	10	10	0	10	0	0	5	3.4
1.7 ² b	5	6	2	4.3	10	2	5	0	4.3	0	2	1	4	4	0	10	0	0	3	3.15
1.7 ² c	2	4	2	2.7	10	4	5	0	4.8	0	10	5	8	10	0	10	0	0	4.7	4.27
1.8 ³ a	2	3	2	2.3	10	8	5	0	5.8	0	4	2	4	4	0	10	0	0	3	3.27
1.8 ³ b	2	3	4	3.0	10	8	5	0	5.8	0	6	3	8	8	0	10	0	0	4.3	4.02
1.8 ³ c	2	3	2	2.2	10	8	5	0	5.8	0	6	3	4	6	0	10	0	10	5	3.98
MICROCUENCA II "Río grande"																				
sitio	Vegetación				Agua y Morfología					Suelo			Disturbios						Cal	
	V1	V2	V3	X	AM1	AM2	AM3	AM4	X	S1	S2	X	D1	D2	D3	D4	D5	D6		X
2.1 ¹ a	8	10	6	7.7	10	6	10	0	8.6	10	2	6	8	8	0	10	0	0	4.3	6.6
2.1 ¹ b	4	4	6	4.7	10	6	10	0	8.6	10	6	8	4	4	0	10	0	0	2.3	5.9
2.1 ¹ c	6	4	6	5.7	10	4	10	0	6	10	6	8	4	6	0	10	0	0	3.3	5.7
2.2 ² a	4	4	2	3.3	10	4	10	0	6.0	10	10	10	4	4	0	8	0	0	3	5.5
2.2 ² b	4	8	2	4.6	10	4	10	0	6	10	10	10	4	10	0	10	0	0	4	6.15
2.2 ² c	4	6	2	4	10	2	10	0	8.0	10	10	10	0	0	0	10	0	0	4	5.9
2.3 ³ a	8	10	2	6.6	10	6	10	2	7	10	6	8	6	6	0	10	0	0	3.6	6.3
2.3 ³ b	2	4	10	5.3	10	8	10	0	7	10	8	9	6	6	0	10	0	0	3.6	6.2
2.3 ³ c	6	6	10	7.5	10	6	10	0	6.5	10	10	10	8	8	0	10	0	0	4.3	7
2.4 ¹ a	8	10	6	8.0	10	6	10	6	8	10	6	8	4	10	0	10	0	0	4.0	7
2.4 ¹ b	10	10	10	10	10	8	10	0	7	10	6	8	10	10	0	10	0	0	5.0	7.5
2.4 ¹ c	10	10	10	10	10	8	10	0	7	10	10	10	10	10	0	10	0	0	5.0	8
2.6 ¹ a	6	8	7	6.8	10	6	10	8	8.5	10	0	5	10	10	0	10	0	0	5.0	6.32
2.6 ¹ b	10	8	8	7	10	6	10	0	6.5	10	4	7	6	10	0	10	0	0	4.3	6.2
2.6 ¹ c	10	8	2	5.5	10	2	10	2	6	10	6	8	0	0	0	10	0	0	1.6	5.27
2.7 ² a	6	7	2	5.25	10	2	10	0	5.5	10	10	10	10	10	0	10	0	10	6.6	6.83
2.7 ² b	6	7	4	6.75	10	4	10	0	6	10	10	10	10	10	0	10	0	10	6.6	7.3
2.7 ² c	4	7	2	3.25	10	0	10	0	5	10	6	8	6	8	0	10	0	10	4.0	5
2.10 ⁴	2	8	8	9	10	4	10	0	6	10	10	10	10	10	0	10	0	0	5.0	7.5
Poco accesible, profundo y caudaloso																				

MICROCUENCA III "Río La Palma"

sitio	Vegetación				Agua y Morfología					Suelo			Disturbios						Cal	
	V1	V2	V3	X	AM1	AM2	AM3	AM4	X	S1	S2	X	D1	D2	D3	D4	D5	D6		X
3.1 ¹ a	2	2	6	2.5	10	2	10	8	6.7	10	4	7	8	10	0	10	0	0	4.7	5.21
3.1 ¹ b	4	4	10	5	10	2	10	4	5.3	10	10	10	10	10	0	10	0	0	5.0	6.33
3.1 ¹ c	8	4	10	2.5	10	4	10	6	6.7	10	2	6	8	10	0	10	0	0	4.7	4.96
3.2 ² a	6	3	2	3.25	10	6	10	0	6.5	10	4	7	8	10	0	10	0	0	4.6	5.34
3.2 ² b	65	2	4.5	4.25	10	6	10	2	7.0	10	2	6	6	4	0	10	0	0	3.3	5.14
3.2 ² c	4	3.5	2	3.75	10	8	10	0	7	10	2	6	2	4	0	10	0	0	2.6	4.84
3.3 ³ a	6	8	4	6	10	0	10	0	5	10	6	8	4	10	0	8	0	0	3.6	5.65
3.3 ³ b	4	8	2	4.6	10	4	10	2	7	10	6	8	0	2	0	10	0	0	2	5.4
3.3 ³ c	4	8	2	4.6	10	6	10	0	6.5	10	6	8	6	4	0	10	0	0	3.3	5.6
3.6 ³ a	10	10	4	8.0	10	2	10	0	5.5	10	2	6	8	8	0	10	0	0	4.3	5.95
3.6 ³ b	10	10	4	8.0	10	2	10	0	5.5	10	2	6	8	8	0	10	0	0	4.3	5.95
3.6 ³ c	8	8	4	6.6	10	8	10	0	7	10	2	6	2	2	0	10	0	0	2.3	5.48
3.7 ⁴ a	10	8	6	8	10	8	10	0	7	10	6	8	10	10	0	10	0	0	5	7
3.7 ⁴ b	10	10	6	8.6	10	8	10	0	7	10	4	7	10	10	0	10	0	0	5	6.9
3.7 ⁴ c	10	10	6	8.6	10	8	10	0	7	10	4	7	10	10	0	10	0	0	5	6.9

MICROCUENCA IV "Río el Mezquite"

sitio	Vegetación				Agua y Morfología					Suelo			Disturbios						Cal	
	V1	V2	V3	X	AM1	AM2	AM3	AM4	X	S1	S2	X	D1	D2	D3	D4	D5	D6		X
4.1 ¹ a	0	2	2	1.3	10	6	0	0	4	0	6	3	10	10	0	10	0	10	6.6	3.73
4.1 ¹ b	2	6	2	4	10	4	0	2	4	0	4	2	6	4	0	10	0	10	5	3.75
4.1 ¹ c	2	2	2	2	10	6	0	6	5.5	0	6	3	6	6	0	10	0	10	3.7	3.54
Cauce Efímero																				
4.2 ² a	2	2	6	3.3	10	2	0	4	4	0	4	2	8	8	0	10	0	10	6	3.83
4.2 ² b	2	8	6	5.3	10	8	0	2	5	0	4	2	6	10	0	10	0	10	6	4.58
4.2 ² c	2	2	6	3.3	10	0	0	2	3	0	8	4	10	10	0	10	0	10	6.6	4.23
Cauce Efímero																				
4.3 ¹ a	0	2	8	3.3	10	6	0	0	4	0	6	3	2	6	0	10	0	0	3	3.33
4.3 ¹ b	0	0	8	2.7	10	10	0	0	5	0	6	3	4	6	0	10	0	0	3.3	3.50
4.3 ¹ c	0	0	8	2.7	10	10	0	0	5	0	0	0	10	8	0	10	0	0	4.7	3.10
Cauce efímero, presenta unicamente pasto en el banco de orilla (zacate alto)																				
4.4 ³ a	1	1	4	2	6	4	0	0	2.5	0	4	2	2	4	0	6	0	0	2	2.13
4.4 ³ b	0	0	6	2	8	6	0	0	3.5	0	4	2	4	4	0	8	0	0	2.7	2.55
4.4 ³ c	0	0	8	2.7	10	10	0	0	5	0	0	0	10	8	0	8	0	0	4.3	3.00
Cauce efímero, presenta vegetación de pastizal, completamente perturbado por el hombre cortado por caminos y cultivos																				

MICROCUENCA V "Río San Andrés"

sitio	Vegetación			Agua y Morfología				Suelo			Disturbios						Cal			
	V1	V2	V3	X	AM1	AM2	AM3	AM4	X	S1	S2	X	D1	D2	D3	D4		D5	D6	X
5.1 ¹ a	2	6	2	3.3	10	6	5	2	5.8	0	4	2	10	10	0	10	0	0	5	4.01
5.1 ¹ b	4	6	4	4.6	10	8	5	2	6.3	0	2	1	10	10	0	10	0	0	5	4.21
5.1 ¹ c	4	6	4	4.6	10	8	5	2	6.3	0	2	1	10	10	0	10	0	0	5	4.21
Cauce intermitente																				
5.2 ² a	2	4	2	2.6	10	8	5	2	6.3	0	4	2	8	10	0	10	0	10	6.3	4.29
5.2 ² b	2	8	2	4	10	8	5	2	6.3	0	6	3	8	10	0	10	0	10	6.3	4.89
5.2 ² c	2	2	4	2.6	10	8	5	4	6.8	0	0	0	10	10	0	10	0	10	6.6	3.99
Cauce intermitente																				
5.3 ³ a	6	4	0	3.3	10	6	5	0	5.2	0	2	1	4	4	0	10	10	0	3	3.13
5.3 ³ b	4	4	2	3.3	10	4	5	0	4.7	0	10	5	10	10	0	10	10	0	6.7	4.93
5.3 ³ c	6	6	8	4.7	10	4	5	0	4.7	0	10	5	10	10	0	10	0	0	5	4.85
Cauce efímero, vegetación de matorral																				
5.4 ⁴ a	2	6	10	6.3	10	6	5	0	3.7	0	8	4	10	10	0	10	0	10	6.7	5.15
5.4 ⁴ b	4	6	10	5.75	10	8	5	0	4.3	0	6	3	8	10	0	10	0	10	6.3	4.85
5.4 ⁴ c	2	5	4	3.75	10	8	5	0	4.3	0	8	4	10	10	0	10	0	10	6.7	4.69
Cauce intermitente																				
5.5 ⁵ a	2	4	8	4.3	10	4	5	6	5.0	0	8	4	8	8	0	10	0	10	6	4.81
5.5 ⁵ b	2	2	2	2	10	6	5	8	6.3	0	10	5	10	10	0	10	0	10	6.7	5
5.5 ⁵ c	4	4	3	3.5	10	4	5	2	3.7	0	10	5	10	10	0	10	0	10	6.7	4.71
Cauce intermitente																				
5.6 ⁶ a	2	4	2	2.6	10	8	10	0	7.0	10	6	8	10	10	0	10	0	10	6.6	6.05
5.6 ⁶ b	2	2	4	2.6	10	8	10	2	7.5	10	6	8	2	2	0	10	0	0	2.3	5.1
5.6 ⁶ c	6	6	2	4	10	6	10	0	6.5	10	10	10	10	10	0	10	0	0	5	6.38
5.7 ⁷ a	4	4	4	4	10	4	10	0	6.0	10	6	8	4	6	0	10	0	0	3.3	5.33
5.7 ⁷ b	6	8	4	6	10	8	10	0	7.0	10	10	10	6	10	0	10	0	0	4.3	6.83
5.7 ⁷ c	4	10	2	5.3	10	6	10	0	6.5	10	10	10	8	10	0	10	0	0	4.0	6.45
5.8 ⁸ a	2	4	2	2.6	10	4	10	2	6.5	10	10	10	8	4	0	10	0	0	3.6	5.68
5.8 ⁸ b	2	2	2	2	10	8	10	2	7.5	10	2	6	4	10	0	10	0	0	2.3	4.45
5.8 ⁸ c	2	2	2	2	10	8	10	2	7.5	10	0	5	6	2	0	10	0	0	3	4.38

MICROCUENCA VI "Lagunillas"

sitio	Vegetación			Agua y Morfología				Suelo			Disturbios						Cal			
	V1	V2	V3	X	AM1	AM2	AM3	AM4	X	S1	S2	X	D1	D2	D3	D4		D5	D6	X
6.1 ¹ a	2	2	2	2	10	8	5	8	7.8	0	6	3	6	6	10	10	0	0	5.3	4.52
6.1 ¹ b	2	2	8	4	10	6	5	6	6.8	0	10	5	10	10	10	10	0	0	6.7	5.61
6.1 ¹ c	2	4	2	2.6	10	4	5	4	5.8	0	10	5	10	10	10	10	0	0	6.7	5.01
Cauce intermitente																				
6.2 ² a	0	8	2	3.3	10	8	5	0	5.8	0	8	4	10	10	0	10	0	0	5	4.51
6.2 ² b	0	6	2	2.7	10	8	5	0	5.8	0	6	3	10	10	0	10	0	0	5	4.11
6.2 ² c	0	8	0	2.7	10	8	5	2	6.3	0	8	4	10	10	0	10	0	0	5	4.49
Cauce intermitente																				
6.3 ³ a	2	2	10	4.7	10	10	5	8	8.3	0	8	4	10	10	0	0	0	10	5	5.49
6.3 ³ b	2	2	2	2	10	8	5	10	8.3	0	10	5	10	10	0	0	0	10	5	5.06
6.3 ³ c	2	2	4	2.7	10	8	5	8	7.8	0	6	3	10	10	0	0	0	10	5	4.61
Cauce intermitente																				
6.4 ⁴ a	0	6	2	2.6	10	8	5	2	6.3	0	6	3	10	10	0	10	0	10	6.6	4.61
6.4 ⁴ b	0	2	6	2.6	10	8	5	8	7.8	0	2	1	10	10	0	10	0	10	6.6	4.49
6.4 ⁴ c	2	2	2	2	10	8	5	10	8.3	0	2	1	10	10	0	10	0	10	6.6	4.46
Cauce intermitente																				
6.5 ⁵ a	2	4	2	2.6	10	8	5	8	7.8	0	10	5	10	10	0	10	0	0	5	5.09
6.5 ⁵ b	6	6	2	4.6	10	8	5	6	7.3	0	10	5	10	10	0	10	0	0	5	5.46
6.5 ⁵ c	4	6	2	4	10	8	5	8	7.8	0	10	5	10	10	0	10	0	0	5	5.44
Cauce intermitente																				
6.6 ⁶ a	4	10	8	7.3	0	8	5	0	3.3	0	6	3	6	10	0	10	0	10	6	4.89
6.6 ⁶ b	4	10	10	8	0	8	5	4	4.3	0	6	3	4	10	0	8	0	10	5.3	5.14
6.6 ⁶ c	6	10	2	6	0	8	5	0	3.3	0	8	4	10	10	0	8	0	10	6.3	4.89
Cauce intermitente																				

MICROCUCENCA: VII " Río Tupátaro "

sitio	Vegetación				Agua y Morfología					Suelo			Disturbios						Cal	
	V1	V2	V3	X	AM1	AM2	AM3	AM4	X	S1	S2	X	D1	D2	D3	D4	D5	D6		X
7.3 ¹ a	10	9	8	9	10	8	10	4	8	10	10	10	8	2	0	10	0	0	3.3	7.58
7.3 ¹ b	8	6	8	7.3	10	8	10	2	7.5	10	10	10	8	2	10	10	0	0	5	7.45
7.3 ¹ c	8	8	6	7.3	10	4	10	4	7	10	10	10	8	2	0	10	0	0	3.3	6.9
7.6 ¹ a	4	2	8	4.6	10	0	10	8	7	10	10	10	2	6	0	10	10	0	4.6	6.55
7.6 ¹ b	2	2	8	4	10	8	10	0	7	10	10	10	2	8	10	10	0	0	5	6.5
7.6 ¹ c	2	4	6	3.8	10	4	10	4	7	10	10	10	6	6	10	10	10	0	7	6.95
7.7 ¹ a	10	2	10	7.3	10	4	10	8	8	10	10	10	10	10	10	10	0	10	8.3	8.4
7.7 ¹ b	10	4	10	8	10	4	10	8	8	10	10	10	10	10	10	10	0	10	8	8.5
Poco accesible																				
7.8 ² a	10	10	6	8.6	10	2	10	8	7.5	10	10	10	10	10	10	10	0	10	8.3	8.6
7.8 ² b	10	10	2	7.3	10	2	10	2	6	10	10	10	10	10	10	10	0	10	8.3	7.9
7.8 ² c	4	6	6	5.3	10	2	10	2	6	10	8	9	8	10	0	10	0	10	6.3	6.65
7.9 ³ a	4	8	10	7.3	10	10	10	0	7.5	10	10	10	2	6	10	10	0	0	4.6	7.35
7.9 ³ b	4	9	10	7.6	10	8	10	0	7	10	10	10	2	6	0	10	0	0	3	6.9
7.9 ³ c	4	6	4	4.6	10	10	10	0	7.5	10	10	10	4	2	0	10	10	0	4.3	6.6
7.10 ⁴ a	6	6	6	6	10	8	10	2	7.5	10	6	8	4	4	0	10	0	0	3	6.13
7.10 ⁴ b	8	6	10	8	10	2	10	2	6	10	10	10	0	2	0	10	0	0	2	6.5
7.10 ⁴ c	10	8	10	9.3	10	8	10	3	7.5	10	8	9	8	6	0	10	0	0	4	7.45

La red hidrográfica presenta tres niveles de degradación (alto, medio y bajo), con base en la calificación otorgada al ecosistema ripario (Tabla 15). La mayor degradación esta en la microcuenca IV y corresponde a la del Río El Mezquite, ocasionada por los efectos del cambio de uso del suelo, de bosque de encino a pastizal y matorral. Por otro lado, el área presenta un sustrato impermeable que evita la retención de humedad por lo que resulta difícil o imposible para las especies riparias sobrevivir en esta condición. Las microcuencas I, III, V y VI, presentan un nivel medio de degradación que va de 4 a 5.9 de calificación, aunque hay alteraciones en el área, las zonas riparias pueden lograr recuperación si la perturbación cesa. Las microcuencas II y VII presentan mejores condiciones con un nivel de degradación bajo, sobre todo en las partes más altas y más alejadas de las zonas rurales donde las especies riparias aparecen como parte de estos ecosistemas (fig. 26).

Tabla 15. Zonificación de la degradación de la red hidrográfica de la Subcuenca de Cointzio en base a la evaluación del ecosistema ripario.

Parámetros utilizados	Nivel de degradación	Microcuenca
1 – 3.8	Alto	IV
4 – 5.9	Medio	I, III, V, VI
6 – 8.6	Bajo	II, VII

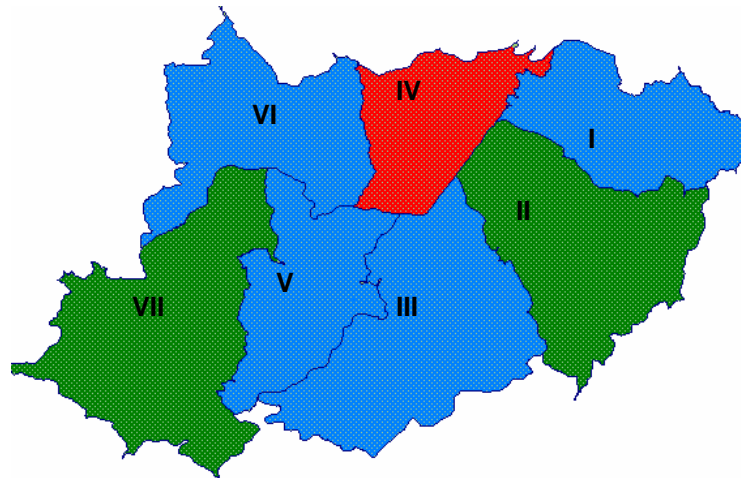


Figura 26. Zonificación de la degradación de la red hidrográfica de la subcuenca de Cointzio Michoacán.

En el análisis de agrupamiento entre los sitios evaluados muestran dos cúmulos, con un valor en la distancia de unión de 1.5. El primer grupo contiene sitios con calificaciones de 2 a 5, y mayor degradación en su ecosistema ripario. En el segundo grupo, los lugares con calificaciones de 5 a 8 en mejores condiciones de conservación en vegetación riparia y menor perturbación (Fig. 27).

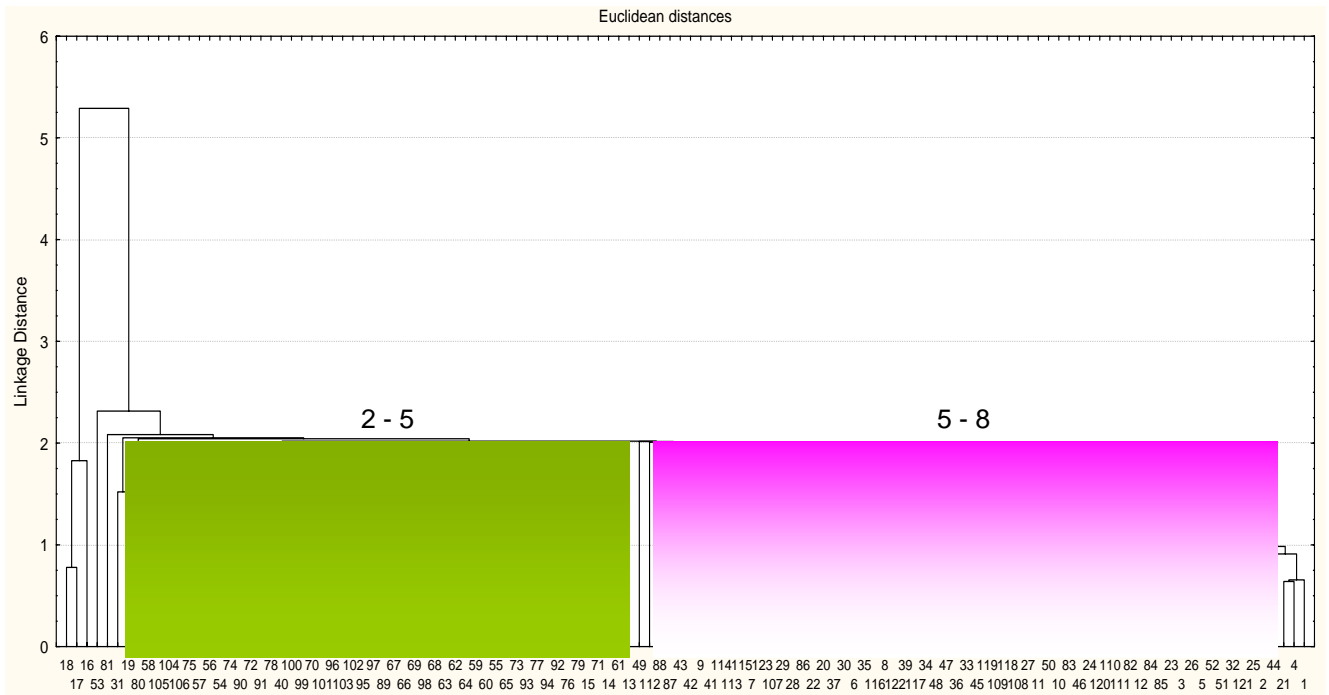


Figura 27. Agrupamiento con calificaciones del ecosistema ripario de cauces de la subcuenca de Coitzio.

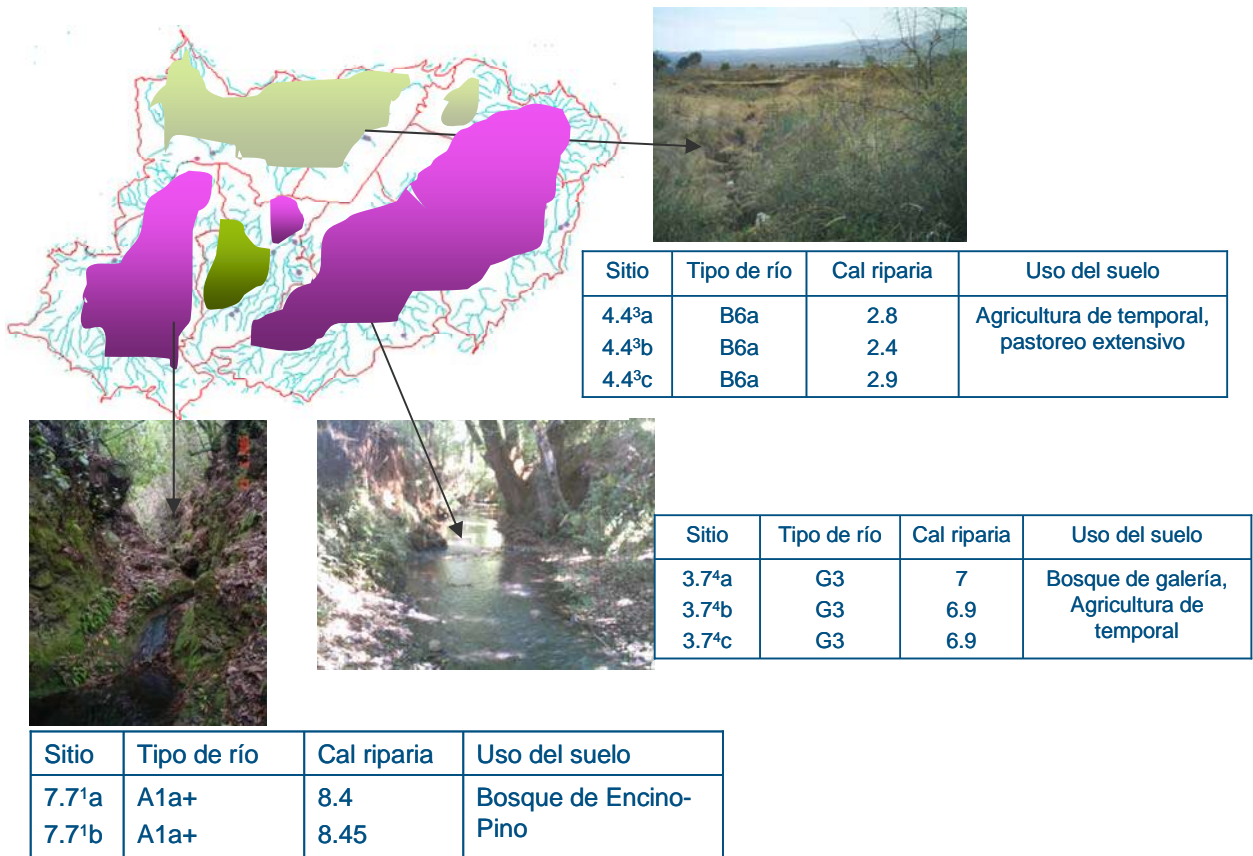


Figura 28. Ubicación de los sitios evaluados, el más conservado en la microcuenca VII, uno de nivel medio en la microcuenca III y uno de los más degradados en la microcuenca IV.

Las variables con mayor correlación fueron vegetación y suelo, lo que indica que el estado de conservación o degradación depende de la relación entre ambas variables. Si existen condiciones favorables en el suelo, el estado de la vegetación será de mayor conservación y viceversa. La baja correlación entre el disturbio, agua y morfología indica que la presencia o ausencia de disturbio no interfiere en el confinamiento, pendiente, sinuosidad y régimen de agua del cauce (Tabla 16).

Tabla 16. Matriz de correlación de los parámetros utilizados para evaluar el ecosistema ripario.

	Vegetación	Agua y Morfología	Suelo	Disturbio
Vegetación	1.00	0.35	0.45	0.20
Agua y Morfología	0.35	1.00	0.28	0.18
Suelo	0.45	0.28	1.00	-0.13
Disturbio	0.20	0.18	-0.13	1.00

La variación espacial en el estado de conservación de los sitios evaluados resulta similar en la mayoría de las variables. No obstante el sitio 2.10 presenta una disminución notoria en la vegetación mientras la calificación de suelo aumenta. Todas las variables disminuyen en la microcuenca IV en comparación con las microcuencas I y VII de altas calificaciones en la mayoría de las variables, sobre todo en el suelo, con excepción de los sitios 1.7 y 1.8 de cauces intermitentes que presentan un fuerte cambio de uso de suelo (fig. 29)

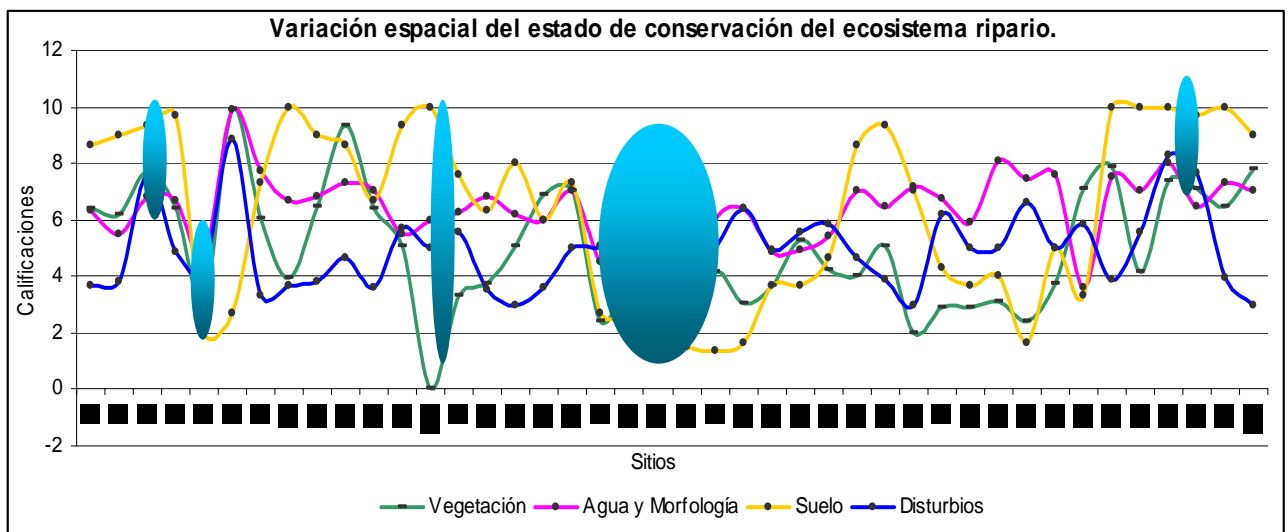


Figura 29. Variación espacial del estado de conservación del ecosistema ripario, con las variables principales.

7.5 Análisis físicos y químicos del suelo del banco de orilla.

Los suelos con mayor cantidad de materia orgánica son de clase textural migajón arenoso y franco o migajón, con porcentajes de carbono orgánico que van de 5 hasta 26%. El análisis del espacio poroso muestra de un 71 hasta un 76% y los valores más altos corresponden al tipo textural franco o migajón (cantidades similares de arena, limo y arcilla) y la humedad presente en el sitio refleja que la obtención de muestras fue de la parte subsuperficial del suelo, donde se presentan altas cantidades de carbono orgánico (Narro Farías E., 1994). Por lo tanto, los suelos que presentaron altas cantidades de carbono orgánico son de clase muy alta, >16.1% para suelos volcánicos (NOM-021-RECNAT-2000). Es decir aptas para el crecimiento y desarrollo de especies riparias y cultivos, por la cantidad de nutrientes y el espacio poroso que favorece tanto la aireación radicular como la humedad (Tabla 17).

7.6 Datos obtenidos en campo con el potenciómetro OAKTON y Potenciómetro PC18.

Los sitios con un régimen de flujo de agua permanente, se tomaron variables físicas y químicas del agua. Se encontraron pH bajos de 4.5 y los más altos fueron de 8.5, el pH en aguas naturales oscila entre 5.5 y 8.5 (Sánchez S. R. F. J. 2006), el límite permisible para uso y consumo humano es de 6.5 a 8.5 (NOM-127-SSA1-1994). La mayoría de los sitios presentó pH básico y neutro lo que nos indica que el agua de los cauces evaluados cuenta con condiciones favorables de acuerdo a la alcalinidad.

La conductividad eléctrica del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura de esta en el momento de la determinación (Romero Rojas, 1999). Los valores obtenidos van de 15 a 209 $\mu\text{s}/\text{cm}$, en general son aguas poco mineralizadas. Mayor conductividad en cauces de tercer y cuarto orden, a medida que el orden aumenta, la conductividad muestra mayor mineralización y contenido iónico. La conductividad eléctrica en agua de lluvia es de

5 a 30 $\mu\text{s/cm}$ (Sánchez S. R. F. J. *op. Cit.*) y de aguas superficiales o subterráneas es cercana a 1000 $\mu\text{s/cm}$ (American Public Health Association-APHA, 1995). Los sitios analizados se encuentran dentro de estos 2 rubros (Tabla 19).

Tabla 17. Datos de análisis físicos y químicos del suelo.

Microcuenca	Sitio	M.O. %	Clase textural	D.a gr/cm^3	D.r gr	Porosidad (%)	Uso del suelo
I "La Presa"	1.2 ² a	5.26	Migajón arenoso	0.68	2.1151	67.8496	Agricultura de temporal
	1.2 ² b	3.9	Migajón arcillo arenoso	0.65	2.0105	67.6703	
	1.2 ² c	4.13	Migajón arenoso	0.82	2.0258	59.52316	
	1.3 ³ a	2.37	Migajón arcilloso	0.78	2.3387	66.64876	Agricultura de temporal
	1.3 ³ b	1.16	Migajón arenoso	0.64	2.3515	72.78336	
	1.3 ³ c	3.47	Migajón arenoso	0.77	2.0865	63.09544	
	1.4 ⁴ a	0.83	Franco o Migajón	1.07	2.4637	56.5687	Bosque de pino, Pastoreo extensivo
	1.4 ⁴ b	2.15	Migajón arcillo arenoso	0.86	2.3331	63.13868	
	1.4 ⁴ c	2.14	Migajón arcillo arenoso	0.63	2.5615	75.4048	
	1.5 ¹ a	0.28	Migajón arenoso	0.88	2.5141	64.99712	Matorral, Pastoreo extensivo
	1.5 ¹ b	2.5	Migajón arcilloso	0.96	2.2463	57.26272	
	1.5 ¹ c	2.04	Migajón arcillo arenoso	0.84	2.1411	60.76696	
	1.7 ² a	2.32	Franco o Migajón	1.07	2.3726	54.90164	Agricultura de temporal Pastoreo extensivo
	1.7 ² b	2.96	Migajón arcilloso	1.28	2.3051	44.47104	
	1.7 ² c	1.97	Arcilla	1.24	2.4149	48.6516	
1.8 ³ a	2.64	Migajón arcilloso	1.12	2.3413	52.16256	Agricultura de temporal Pastoreo extensivo	
1.8 ³ b	5.28	Migajón arcilloso	1.15	2.3348	50.7455		
1.8 ³ c	2.96	Arcilla	1.04	2.402	56.70272		
II "Río Grande"	2.1 ¹ a	3.47	Arena migajón	0.71	2.3397	69.6546	Agricultura de temporal, pastoreo intensivo
	2.1 ¹ b	5	Migajón arcillo arenoso	0.64	2.1041	69.58336	
	2.1 ¹ c	4.56	Migajón arenoso	0.45	2.1436	79.0075	
	2.2 ² a	6.27	Migajón arenoso	0.89	1.9755	54.9482	Agricultura de temporal, pastoreo extensivo
	2.2 ² b	4.02	Migajón arenoso	0.96	2.2975	58.21504	
	2.2 ² c	1.99	Migajón arenoso	0.86	1.9777	56.51496	
	2.3 ³ a	26	Migajón arenoso	0.87	2.0747	58.066	Agricultura de temporal, Tala, caminos
	2.3 ³ b	4.13	Migajón arenoso	0.63	2.2584	72.1036	
	2.3 ³ c	15.56	Migajón arenoso	0.77	2.158	64.3182	
	2.4 ¹ a	6.04	Migajón arenoso	0.83	1.96	57.6534	Agricultura de temporal
	2.4 ¹ b	11.42	Franco o Migajón	0.65	2.0348	68.0551	
	2.4 ¹ c	9.52	Franco o Migajón	0.66	2.2753	70.993	
	2.6 ¹ a	0.98	Migajón arcilloso	0.76	2.12	64.1508	Bosque de pino
	2.6 ¹ b	1.31	Migajón arenoso	0.55	2.1995	74.9948	
	2.6 ¹ c	1.05	Arena migajón	0.75	2.3032	67.4365	
2.7 ² a	0.006	Migajón arenoso	0.67	2.3626	71.64158	Agricultura de temporal, pastoreo extensivo	
2.7 ² b	2.81	Migajón arenoso	0.73	2.2643	67.76028		
2.7 ² c	1.92	Migajón arenoso	0.73	2.2522	67.58654		
2.10 ⁴	2.4	Migajón arcilloso	0.96	2.2332	57.01312	Agricultura de temporal,	
III "Río La Palma"	3.1 ¹ a	7.26	Migajón arenoso	0.64	2.005	68.07936	Bosque de Encino-Pino Caminos
	3.1 ¹ b	5.94	Migajón arenoso	0.62	2.1059	70.55868	
	3.1 ¹ c	5.61	Migajón arenoso	0.69	2.0924	67.02352	
	3.2 ² a	1.97	Migajón arenoso	0.6	2.035	70.516	Agricultura de temporal Pastoreo intensivo
	3.2 ² b	7.59	Migajón arenoso	0.54	1.9335	72.0712	
	3.2 ² c	5.58	Migajón arenoso	0.56	1.998	71.972	
	3.3 ³ a	3.97	Arcilla	0.77	2.3508	67.24574	Caminos Asentamientos
	3.3 ³ b	3.3	Migajón arcillo arenoso	0.72	1.9459	62.9992	
	3.3 ³ c	3.5	Migajón arcilloso	0.92	2.2746	59.55312	
	3.6 ³ a	5.94	Franco o Migajón	0.67	2.0272	66.9489	Agricultura de temporal
	3.6 ³ b	0.49	Migajón arcilloso	1.03	2.0828	50.54764	
	3.6 ³ c	4.62	Migajón arcilloso	0.87	2.7894	68.8105	
	3.7 ⁴ a	2.79	Migajón arcilloso	1.03	2.2139	53.4749	Agricultura de temporal
	3.7 ⁴ b	1.97	Migajón arcilloso	0.95	2.4418	61.0937	
	3.7 ⁴ c	1.33	Arcilla	0.95	2.2374	57.5407	

IV " Río El Mezquite "	4.1 ¹ a	1.31	Migajón limoso	0.92	2.117	56.54288	Agricultura de temporal
	4.1 ¹ b	3.63	Franco o Migajón	0.91	2.0282	55.13154	Pastoreo extensivo
	4.1 ¹ c	2.98	Franco o Migajón	0.86	2.1696	60.36088	
	4.2 ² a	4.62	Migajón arenoso	0.71	2.1264	66.61012	Agricultura de temporal
	4.2 ² b	1.49	Migajón arenoso	0.75	2.0219	62.9065	Pastoreo extensivo
	4.2 ² c	0.67	Migajón arcilloso	0.98	2.088	53.06584	
	4.3 ¹ a	0.32	Arcilla	0.92	2.3442	60.75464	Pastizal
	4.3 ¹ b	1.16	Arcilla	0.95	2.389	60.2349	Agricultura
	4.3 ¹ c	1.22	Arcilla	1	2.4114	58.53	
	4.4 ³ a	1.3	Arcilla	0.89	2.2129	59.7809	Pastizal
4.4 ³ b	1.03	Arcilla	0.85	2.1594	60.6365	Agricultura	
4.4 ³ c	0.97	Arcilla	0.98	2.09	53.10896		
V "Río San Andrés "	5.1 ¹ a	0.49	Arcilla	0.85	2.0461	58.4571	Bosque de encino
	5.1 ¹ b	4.96	Franco o Migajón	1.02	2.0761	50.86864	
	5.1 ¹ c	1.64	Franco o Migajón	0.76	2.26	66.37152	
	5.2 ² a	5.28	Franco o Migajón	0.81	2.0419	60.33106	Bosque de encino
	5.2 ² b	4.29	Franco o Migajón	0.87	1.9883	56.24422	
	5.2 ² c	0.17	Arcilla	0.89	2.1206	58.03116	
	5.3 ³ a	1.81	Franco o Migajón	1.04	2.476	57.99648	Vegetación de matorral
	5.3 ³ b	3.79	Arcilla	0.97	2.5334	61.71216	Pastoreo extensivo
	5.3 ³ c	1.31	Arcilla	0.96	2.3035	58.32448	
	5.4 ¹ a	0.33	Migajón arenoso	0.75	2.136	64.888	Bosque de encino
	5.4 ¹ b	5.28	Arena migajón	0.52	2.2008	76.37224	
	5.4 ¹ c	6.27	Migajón arenoso	0.68	1.9101	64.40064	
	5.5 ² a	1.31	Franco o Migajón	0.93	1.9343	51.92086	Caminos
	5.5 ² b	0.65	Franco o Migajón	0.87	2.1514	59.56066	Bosque de pino-encino
	5.5 ² c	1.64	Migajón arcilloso	0.99	1.9134	48.25864	
	5.6 ³ a	4.1	Migajón arcillo arenoso	0.96	1.9689	51.2416	Caminos
	5.6 ³ b	9.57	Migajón arenoso	0.68	1.9709	65.49816	Asentamientos
	5.6 ³ c	3.97	Franco o Migajón	0.67	2.1621	69.01116	Agricultura de temporal
	5.7 ⁴ a	2.96	Arcilla	1.17	2.0941	44.12782	Bosque de galería estable,
	5.7 ⁴ b	1.49	Migajón arenoso	0.96	2.3857	59.76064	Agricultura de temporal,
5.7 ⁴ c	1.99	Migajón arenoso	1.04	2.2705	54.19424	Pastoreo extensivo	
5.8 ¹ a	0.83	Migajón arcilloso	1.03	2.1282	51.60236	Caminos	
5.8 ¹ b	1.33	Migajón arcillo arenoso	0.8	2.0762	61.4672	Asentamientos	
5.8 ¹ c	1.99	Arcilla arenosa	0.94	2.0769	54.74088	Agricultura de temporal	
VI "Lagunillas "	6.1 ¹ a	1.65	Migajón arcilloso	0.83	2.2114	62.4674	
	6.1 ¹ b	1.33	Arcilla	1.02	2.1534	52.63324	Matorral-Bosque de encino
	6.1 ¹ c	0.99	Arcilla	0.95	2.4241	60.8106	
	6.2 ² a	0.15	Migajón arcilloso	0.98	2.1134	53.63032	
	6.2 ² b	2.15	Migajón limoso	1.04	2.2318	53.40176	Agricultura de temporal
	6.2 ² c	4.13	Franco o Migajón	0.85	1.9708	56.8693	
	6.3 ³ a	2.96	Arcilla	1.2	2.2921	47.6464	Caminos
	6.3 ³ b	1.97	Arcilla	1.2	2.2599	46.9	Pastizal
	6.3 ³ c	0.33	Arcilla	1.14	2.3752	52.00372	
	6.4 ¹ a	8.58	Franco o Migajón	0.77	2.0055	61.60626	
	6.4 ¹ b	1.97	Migajón arcilloso	0.71	2.111	66.36588	Bosque de encino
	6.4 ¹ c	0.67	Arcilla	0.94	2.2187	57.63232	
	6.5 ² a	1.31	Arcilla	1	2.1833	54.198	
	6.5 ² b	3.79	Franco o Migajón	1.25	2.3354	46.475	Bosque de encino
	6.5 ² c	1.99	Franco o Migajón	0.78	2.1308	63.3946	
	6.6 ³ a	1.15	Migajón arcilloso	1.03	2.2403	54.02492	Caminos
6.6 ³ b	10.2	Arcilla	1	2.2134	54.82		
6.6 ³ c	0.006	Migajón arenoso	0.98	2.1028	53.39512		
VII "Río Tupátaro "	7.3 ¹ a	2.38	Migajón arenoso	0.52	2.3301	77.68368	Pastoreo extensivo
	7.3 ¹ b	0.79	Migajón arenoso	0.86	2.2762	62.21848	
	7.3 ¹ c	2.25	Migajón arenoso	1.05	2.2391	53.107	
	7.6 ¹ a	2.9	Arcilla arenosa	0.73	2.4504	70.2087	Agricultura de temporal
	7.6 ¹ b	2.3	Migajón arcillo arenoso	0.7	2.2314	68.6302	Pastoreo extensivo
	7.6 ¹ c	1	Migajón arcillo arenoso	0.72	2.2502	68.0032	
	7.7 ¹ a	En banco de orilla no hay suelo presenta Briofitas sobre la roca		Sa	Sa	Sa	Bosque de Encino-Pino
	7.7 ¹ b			Sa	Sa	Sa	
	7.8 ² a	0.79	Migajón arenoso	0.98	2.2484	56.41352	Bosque de Encino-Pino
	7.8 ² b	3	Arena migajón	1.02	2.1581	52.73728	
	7.8 ² c	0.13	Franco o Migajón	0.96	2.107	54.4384	
	7.9 ³ a	12.5	Migajón arenoso	0.89	2.1883	59.32878	Agrícola, Pastoreo extensivo
	7.9 ³ b	4.14	Migajón arenoso	1.21	2.1894	44.73446	
	7.9 ³ c	10.74	Migajón arenoso	1.03	2.1122	51.23568	
7.10 ⁴ a	3.5	Arcilla	0.87	2.2551	61.42072	Agrícola, Pastoreo extensivo,	
7.10 ⁴ b	1.93	Migajón arenoso	0.89	2.1859	59.28428	caminos	
7.10 ⁴ c	4.77	Migajón arenoso	0.86	2.072	58.49468		

7.7. Comparación en la evaluación del contenido de carbono orgánico en los suelos de ribera.

En este cuadro se observan los porcentajes obtenidos de Carbono orgánico con el método de Walkley y Black y con el Coulómetro, en el cuadro se muestran valores similares en la mayor parte de los sitios, aunque en algunos casos tenemos diferencias significativas en los porcentajes de carbono total, ejemplo en los sitio 1.8 y 5.7. Por lo tanto los métodos son convincentes (Tabla 18).

Tabla 18. Comparación de dos métodos para la determinación de carbono total en suelos de ribera.

Sitio	% Carbono orgánico (Mét. Walkley y Black, 1934)	% Carbono total (Coulómetro)
1.8 ³ b	5.28	1.48
3.7 ⁴ c	1.33	1.49
4.2 ² c	0.67	1.31
5.5 ² b	0.65	0.36
5.7 ⁴ b	1.49	4.75
6.1 ¹ b	1.33	1.20
6.1 ¹ c	0.99	1.009
7.9 ³ b	4.14	3.88
7.9 ³ b	4.14	3.10
7.10 ⁴ a	3.5	2.90

Tabla 19. Datos obtenidos con potenciómetros en campo.

Datos obtenidos en campo con Potenciómetro OAKTON waterproof y Conductivímetro PC18						
Sitio	T°	pH	Conductividad (µs/cm)	O ₂	T° (°C)	Observaciones
1.2 ² a	15	7	70	8.69	14.7	Con mucha corriente en creciente
1.2 ² b	15.8	4.52	70	8.3	14.9	
1.2 ² c	14.7	4.6	74	8.07	15.5	
1.3 ³ a	12.5	7.3	120	7.4	16	Con mucha corriente en creciente
1.3 ³ b	12.7	7.25	126	6.84	17.9	
1.3 ³ c	12.6	7.1	122	7.64	14.8	
1.4 ⁴ a	14.4	7.1	100	7.95	17.4	En creciente (30-06-06)
1.4 ⁴ b	15.5	7.05	102	8.02	17.1	
1.4 ⁴ c	14.7	7.05	102	8.02	17.3	
1.5 ¹ a	15	5.66	15	8.04	18.1	Agua con muchos coloides
1.5 ¹ b	15.4	5.4	16	7.74	19.2	
1.5 ¹ c	15.7	6	23	7.58	19.1	
2.1 ¹ a	15.6	7	40	6.33	18	Se encontró <i>Ambistoma sp.</i> (Achoques)
2.1 ¹ b	14.5	7	39	6.36	18.3	
2.1 ¹ c	15.3	6.8	35	6.98	18.3	
2.2 ² a	14.1	7	39	7.36	16.8	Con coloides
2.2 ² b	14.5	7.03	31	7.12	16.9	
2.2 ² c	14.2	7.01	39	6.68	18.4	
2.3 ³ a	15.1	6.1	32	6.75	18.2	Con coloides
2.3 ³ b	15.1	6.1	33	6.12	19.9	
2.3 ³ c	15	6.1	34	5.24	25.7	
2.4 ¹ a	20.2	6.7	79	7.26	19.7	Con coloides
2.4 ¹ b	20.5	6.5	77	7.21	20.2	
2.4 ¹ c	21.3	6.9	75	7.33	19.7	
2.6 ¹ a	14.6	6.4	70	5.35	17.1	Manantial Se encontró <i>Ambistoma sp.</i>
2.6 ¹ b	14.8	7.03	86	7.02	17.5	
2.6 ¹ c	15.1	7.1	85	6.67	19.2	
2.7 ² a	14.4	6	65	5.65	18.7	Con coloides
2.7 ² b	14.4	6.1	69	6.38	17.2	
2.7 ² c	14.3	6.1	41	6.34	16.5	
2.10 ⁴	18.7	6.3	87	6.39	21.4	
3.1 ¹ a	18.3	6.44	42	6.01	18.1	Vegetación en el cauce (humedal)
3.1 ¹ b	16.3	6.53	41	6.72	16.1	
3.1 ¹ c	16.7	6.67	39	6.67	16.2	
3.2 ² a	17.2	6.44	49	4.9	20.4	Tala
3.2 ² b	17.5	6.67	51	5.2	18.3	
3.2 ² c	19.7	6.67	51	5.72	18.1	
3.3 ³ a	15	6.54	163	7.5	17.5	Basura en el banco de orilla
3.3 ³ b	15.3	6.73	162	7.32	18.5	
3.3 ³ c	14.9	7	164	7.59	16.9	
3.6 ³ a	18.7	6.4	203	7.48	16.9	Con mucha corriente
3.6 ³ b	19.5	7.1	183	7.36	17.18	
3.6 ³ c	19.5	7.03	205	6.84	20.6	
3.7 ⁴ a	14.9	7.28	200	7.72	16.5	Con corriente
3.7 ⁴ b	14.9	7.15	202	7.64	16.7	
3.7 ⁴ c	14.6	7.24	200	7.38	17.5	
5.6 ³ a	16.5	8	205	7.15	20	Basura
5.6 ³ b	16.1	8.5	209	7.61	19.1	
5.6 ³ c	16.2	8.17	205	7.62	19	
5.7 ⁴ a	18.4	8.21	203	7.32	19.6	En creciente (01-07-06)
5.7 ⁴ b	18.2	8.3	203	7.08	19.9	
5.7 ⁴ c	18.2	8.34	204	7.06	20.3	
5.8 ¹ a	16.5	7.91	175	7.09	18.5	Aguas con desechos residuales(drenaje)
5.8 ¹ b	16.9	7.9	173	7.05	18.5	
5.8 ¹ c	16.9	7.83	175	7.3	18.6	
7.3 ¹ a	13.9	7.04	103	8.03	20.06	Tala
7.3 ¹ b	13.8	7.06	103	7.6	18.1	
7.3 ¹ c	13.9	7.09	100	7.15	16.9	
7.6 ¹ a	18.3	7.39	133	7.08	22.9	Tala
7.6 ¹ b	16.1	7.27	135	7.24	19.8	
7.6 ¹ c	16.1	7.15	138	6.61	21.1	
7.7 ¹ a	12.9	7.45	125	5.28	26.5	Tala
7.7 ¹ b	12.9	7.47	126	5.2	26.1	
7.8 ² a	13.1	7.76	127	5.8	26.5	Manantial
7.8 ² b	13.7	7.78	123	5.6	26.3	
7.8 ² c	13.7	7.83	123	5.9	25.9	
7.9 ³ a	23.8	8.2	152	6.08	26.6	Con sedimentos
7.9 ³ b	23.4	8.14	154	6.3	26.5	
7.9 ³ c	23.8	8.14	151	5.9	26.01	
7.10 ⁴ a	21.4	8.09	163	6.32	26.5	Con sedimentos
7.10 ⁴ b	22.1	8.18	161	6.14	26.41	
7.10 ⁴ c	21.8	8.05	162	6.2	26.3	

7.8 Datos de análisis físicos y químicos del agua obtenidos en laboratorio.

En los sólidos suspendidos totales (SST), la mayor cantidad de 1191.67 mg/L corresponde al sitio 1.4 de cuarto orden, al momento de una creciente y con corriente en la toma de la muestra. El sitio 1.2 de segundo orden registra 584 mg/L, y al igual que el anterior en condiciones de creciente. Los sitios 3.6, 1.5 y 1.3 (2 de 3er. Orden y 1 de 1ro.) presentaron valores de 46 a 84 mg/L, el muestreo de estos sitios se realizó al inicio de la temporada lluviosa (verano), lo cual indica el deslave de aguas arriba. La NOM-067-ECOL-1994, establece límites permisibles de SST de un promedio diario de 100 mg/L e instantáneo de 150 mg/L, los sitios con menores cantidades de SST detectados en la época seca (primavera) con valores de 0.07 a 0.9 mg/L en los sitios 7.8 de 2º. orden y 7.6 de 1er. orden respectivamente. El valor máximo de turbiedad fue de 1000 Unidades de Turbiedad Nefelométricas (UTN), lo cual coincide con los valores más altos de SST, en turbiedad la máxima cantidad obtenida es de 1000 UTN, este valor fue obtenido con cantidades que van de 8.4 a 1191.67 mg/L de SST (figura 18). Según la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 "Salud Ambiental" Agua para uso y consumo humano, el límite permisible es de 5 UTN o su equivalente en otro método, se tiene un valor de 5 UTN y cercanos que van de 6 a 8 UTN, por lo tanto hay sitios en los que la turbidez indica condiciones aceptables para consumo humano (Tabla 20).

En los resultados de Nitratos el sitio 5.8 tiene el valor más alto, de 9.7 mg/L, este cauce recibe descargas de aguas residuales, seguido por el sitio 1.5 con 6.38 mg/L, ambos son cauces de primer orden que se encuentran en la parte baja de la subcuenca, el límite permisible en la NOM-127-SSA1-1994, debe ser inferior a 10 mg/L, por lo tanto los cauces analizados quedan dentro del límite establecido en base a nitratos.

Los Nitritos, en general son bajos, la mayoría cumplen con lo establecido en la NOM-127-SSA1-1994 (límite permisible de 0.05 mg/L), a excepción del sitio 1.3 que presenta 0.12 mg/L de nitritos, esto puede ser debido a que este pasa por un pueblo

(Atécuaro) en el desembocan aguas residuales, el resto de los cauces analizados tienen de menos 0.0003 hasta 0.05 mg/L.

En Fósforo total algunos cauces sobrepasan el límite permisible (debe ser inferior de 0.2 mg/L), los sitios 1.3 con 423.6 $\mu\text{g/L}$ (0.424 mg/L), sitio 3.6 con 309.1 $\mu\text{g/L}$ (0.309 mg/L), sitio 3.7 con 269.1 $\mu\text{g/L}$ (0.269 mg/L) y el sitio 5.8 con 434.6 $\mu\text{g/L}$ (0.434 mg/L). Estos cauces presentan contaminación con aguas residuales, pastoreo y agricultura. El resto de los cauces no sobrepasan el límite permisible, la menor cantidad de fósforo total es en el sitio 2.1 con 0.011 mg/L, en este se encontraron organismos de *Ambistoma sp.*

En Hierro total hay altos valores en la mayoría de los sitios evaluados, valores que van de 0.38 mg/L hasta 8.79 mg/L, el límite permisible según la NOM-127-SSA1-1994 es de 0.30 mg/L. De todos los cauces evaluados únicamente 3 quedan dentro de este límite los sitios 5.6, 7.3 y 7.8 con valores de 0.077, 0.29 y 0.078 mg/L respectivamente. La presencia de hierro es común en algunos casos en aguas superficiales (Romero Rojas J. A., op. Cit.).

El Sílice presenta valores heterogéneos pero ninguno de ellos sobrepasa los 100 mg/L, en aguas naturales la concentración de sílice varía de 1 a 30 mg/L (Romero Rojas J. A. op. Cit.). La mayoría de los sitios se encuentra en este rango, presentan valores de 5.63 a 26.44 mg/L, con excepción de 7 sitios con valores de 31.87 a 51.52 mg/L. Según Romero Rojas las aguas residuales comúnmente registran valores de alrededor de 15 mg/L. En 5 de los cauces evaluados las concentraciones de 11, 12 y 13 mg/L indican una posible aportación de desechos residuales a estos cauces (Tabla 20).

Tabla 20. Datos de análisis fisicoquímicos del agua obtenidos en laboratorio.

SITIO	SST	TURBIEDAD	NITRATOS		NITRITOS		FÓSFORO TOTAL		HIERRO TOTAL	SÍLICE REACTIVO
	mg/L	UTN	mg/L de NO ₃ -N	mg/L de NO ₃	mg/L de NO ₂ -N	mg/L de NO ₂	µg/L de P	µg/L de PO ₄	mg/L de Fe	mg/L de SiO ₂
1.2	584.00	1000	0.1999	0.8850	0.0052	0.0171	13.415	41.1358	8.4131	9.1437
1.3	84.67	460	0.6735	2.9816	0.0370	0.1216	424.690	1302.2694	8.1490	12.5810
1.4	1191.67	1000	0.8182	3.6222	0.0021	0.0069	205.160	629.1026	8.3778	11.6970
1.5	58.00	1000	1.4425	6.3859	0.0027	0.0089	179.920	551.7067	8.4759	6.2668
2.1	2.90	7	0.0505	0.2236	0.0036	0.0118	11.502	35.2697	0.6029	22.3590
2.2	10.20	7	0.0602	0.2665	0.0021	0.0069	20.159	61.8156	0.5834	21.4980
2.3	3.90	109	0.1774	0.7853	0.0156	0.0513	83.411	255.7715	4.5678	18.5850
2.4	0.70	6	0.0850	0.3763	<0.0001	<0.0003	15.499	47.5261	1.0979	35.6380
2.6	4.00	8	0.0925	0.4095	<0.0001	<0.0003	15.973	48.9796	0.3843	38.6310
2.7	3.60	25	0.0406	0.1797	<0.0001	<0.0003	23.853	73.1428	1.1938	31.8740
2.10	16.20	11	0.0645	0.2855	<0.0001	<0.0003	36.867	113.0490	1.3324	24.7640
3.1	4.89	12	0.0778	0.3444	0.0002	0.0007	17.564	53.8582	1.0183	19.3320
3.2	10.11	151	0.0406	0.1797	0.0008	0.0026	76.819	235.5578	5.1494	9.2581
3.3	8.40	1000	0.1736	0.7685	0.0026	0.0085	141.730	434.6009	8.1911	13.4020
3.6	46.80	1000	0.3707	1.6411	0.0001	0.0003	309.170	948.0389	8.0551	11.2090
3.7	27.50	925	0.6865	3.0391	0.0085	0.0279	269.170	825.3829	8.3000	11.5070
5.6	4.60	5	0.2389	1.0576	<0.0001	<0.0003	55.905	171.4271	0.0773	51.5250
5.7	11.50	437	0.4186	1.8531	0.0074	0.0243	157.490	482.9273	8.4793	19.4200
5.8	9.20	1000	2.1922	9.7049	0.0028	0.0092	434.650	1332.8108	8.7987	5.6388
7.3	0.30	7	0.2841	1.2577	0.0147	0.0483	51.245	157.1377	0.2949	45.6890
7.6	0.90	17	0.1042	0.4613	0.0005	0.0016	90.496	277.4969	1.0429	37.4250
7.7	0.30	12	0.2550	1.1289	<0.0001	<0.0003	29.404	90.1644	1.1307	27.6780
7.8	0.07	6	0.7287	3.2260	0.0033	0.0108	64.237	196.9763	0.0780	42.7080
7.9	2.00	89	0.1858	0.8225	0.0100	0.0329	130.160	399.1226	3.1183	26.4490
7.10	2.00	83	0.2180	0.9651	0.0134	0.0440	122.980	377.1059	3.0064	25.6730

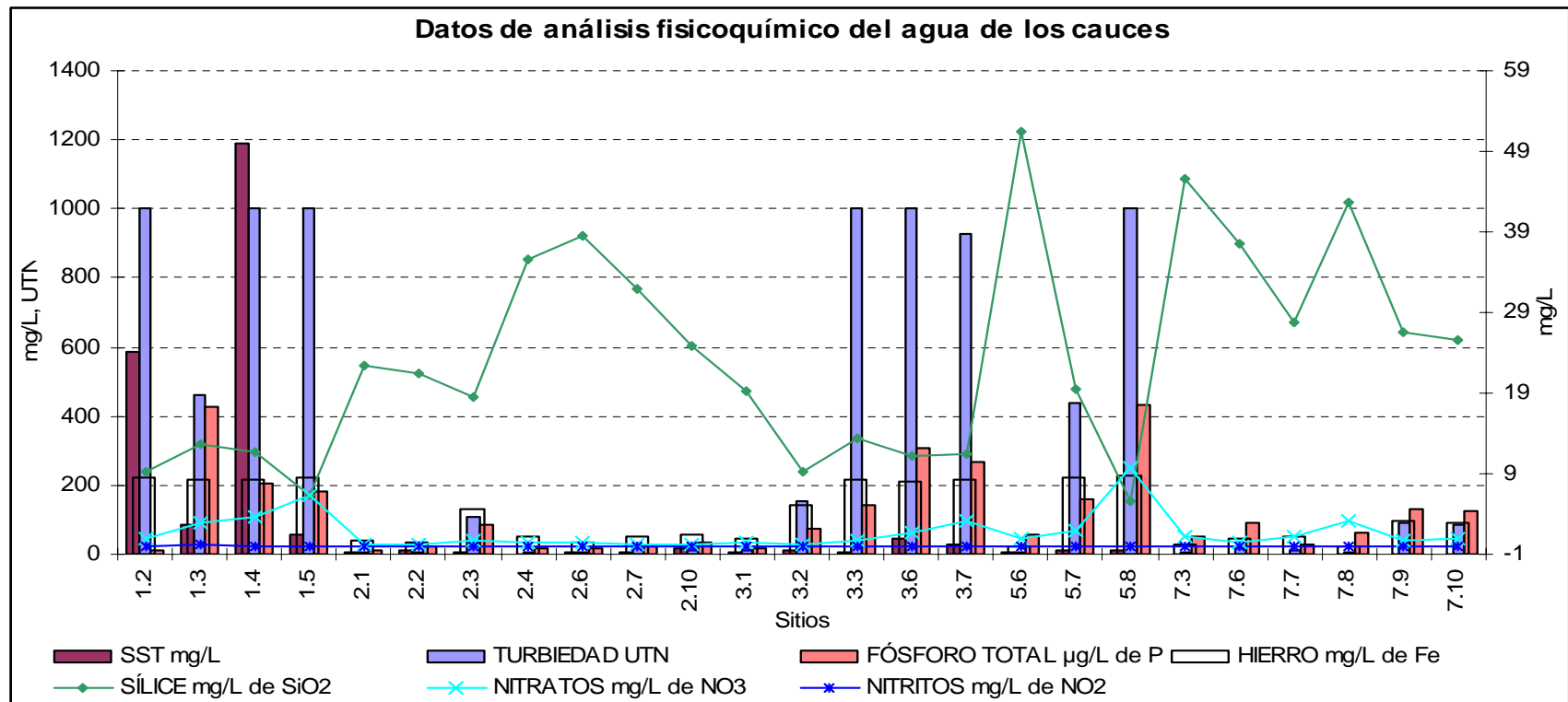


Figura 30. Variables físicas y químicas del agua de los cauces.

En esta figura se observa que en la microcuenca II del Río Grande es donde se presentan las concentraciones más bajas en la mayoría de los parámetros evaluados a excepción del sílice, así como también se puede observar en la microcuenca VII del Río Tupátaro (fig. 30).

El sitio 5.8 presenta altos valores en 4 de los parámetros evaluados, como en nitratos, turbiedad, hierro y fósforo total, esto es debido a que recibe aguas residuales provenientes de los asentamientos colindantes (comunicación personal).

7.9 INTEGRACIÓN DE RESULTADOS.

7.9.1 Análisis de correlación de Pearson.

La correlación entre los parámetros fisicoquímicos del suelo y las variables utilizadas en la evaluación del ecosistema ripario relacionaron la densidad aparente y la porosidad con una correlación negativa. Por lo tanto, cuando la porosidad aumenta la densidad aparente disminuye. Suelo y vegetación son las siguientes variables que presentaron mayor correlación al igual que en la tabla 14, debido a que estas variables definen el estado de conservación del ecosistema ripario. Si el suelo presenta condiciones de degradación, así mismo será reflejado en la vegetación (Tabla 21).

Tabla 21. Correlación entre parámetros físicos y químicos del suelo y de la evaluación del ecosistema ripario.

	C.O	Da	Dr	Porosidad	Vegetación	Agua y Morfología	Suelo	Disturbio
C.O	1.00	-0.08	-0.25	-0.09	0.22	0.15	0.19	-0.14
Da	-0.08	1.00	0.23	-0.80	0.06	0.06	-0.19	0.15
Dr	-0.25	0.23	1.00	0.39	0.21	0.09	0.03	0.12
Porosidad	-0.09	-0.80	0.39	1.00	0.08	0.00	0.19	-0.06
Vegetación	0.22	0.06	0.21	0.08	1.00	0.33	0.44	0.17
Agua y Morfología	0.15	0.06	0.09	0.00	0.33	1.00	0.26	0.14
Suelo	0.19	-0.19	0.03	0.19	0.44	0.26	1.00	-0.18
Disturbio	-0.14	0.15	0.12	-0.06	0.17	0.14	-0.18	1.00

La correlación de las variables físicas y químicas del agua, asocian el potencial de hidrógeno (pH) con la conductividad. A medida que la conductividad aumenta, el pH también. La conductividad también esta correlacionada con el fósforo y esto puede ser debido a la presencia de los aniones de este.

El oxígeno con turbiedad y hierro, mantienen un cierto grado de correlación. Con la primer variable es debido a que la turbiedad impide la penetración de la luz y esta la productividad primaria; en el caso del hierro, Romero Rojas J. A., 1999, reporta que las aguas subterráneas que contienen cantidades apreciables de hierro carecen siempre de oxígeno disuelto. La turbiedad también esta relacionada con el fósforo, hierro, sílice y nitratos, esto se debe a que las partículas finas de estos compuestos y elementos dependiendo de su concentración pueden influir en la turbiedad del agua. Hay una correlación entre el fósforo y el hierro, debido a que este último es un dispositivo para la liberación del fósforo total por lo que se observa una concordancia entre ellos, si uno aumenta el otro aumenta en menor proporción. La correlación del fósforo con nitratos es debido a que ambos son utilizados como fertilizantes potenciales para los cultivos. (Tabla 22).

Tabla 22. Correlación entre parámetros físicos y químicos del agua

	C.O	T°C	pH	Conductividad	O₂	SST	Turbiedad	Fósforo	Hierro	Sílice	Nitratos	Nitritos
C.O	1.00	0.39	-0.15	-0.24	-0.13	-0.12	-0.23	-0.21	-0.10	0.00	-0.33	-0.09
T	0.39	1.00	0.27	0.25	-0.14	-0.16	-0.10	-0.01	-0.00	-0.02	-0.15	-0.02
pH	-0.15	0.27	1.00	0.72	-0.18	-0.20	-0.21	0.27	-0.13	0.34	0.16	-0.06
Conductividad	-0.24	0.25	0.72	1.00	0.19	-0.08	0.29	0.50	0.29	0.09	0.22	-0.04
O₂	-0.13	-0.14	-0.18	0.19	1.00	0.47	0.65	0.33	0.50	-0.23	0.32	-0.25
SST	-0.12	-0.16	-0.20	-0.08	0.47	1.00	0.47	0.11	0.39	-0.31	0.16	-0.17
Turbiedad	-0.23	-0.10	-0.21	0.29	0.65	0.47	1.00	0.66	0.91	-0.74	0.61	-0.43
Fósforo	-0.21	-0.01	0.27	0.50	0.33	0.11	0.66	1.00	0.73	-0.55	0.72	-0.41
Hierro	-0.10	-0.00	-0.13	0.29	0.50	0.39	0.91	0.73	1.00	-0.83	0.55	-0.50
Sílice	0.00	-0.02	0.34	0.09	-0.23	-0.31	-0.74	-0.55	-0.83	1.00	-0.42	0.52
Nitratos	-0.33	-0.15	0.16	0.22	0.32	0.16	0.61	0.72	0.55	-0.42	1.00	-0.30
Nitritos	-0.09	-0.02	-0.06	-0.04	-0.25	-0.17	-0.43	-0.41	-0.50	0.52	-0.30	1.00

En la siguiente tabla (Tabla 23), se resumen los resultados de las metodologías de Rosgen, Zepeda (op. Cit.) y las variables analizadas de suelos y agua. En la microcuenca I, la mejor calificación en el ecosistema ripario fue en el sitio 1.4 de cuarto orden, obtuvo 7.9, este presentó con valores altos en SST, turbiedad y hierro, en el banco de orilla tiene una clase textural de migajon arcillo arenoso, el uso del suelo es bosque de pino y agricultura de temporal (anexo 5). Esto nos indica el deslave que ocurre en las zonas aledañas al cauce lo que ocasiona la cantidad de sólidos presentes en el agua. A diferencia de lo que ocurre con el sitio 2.4 de primer orden que tiene una calificación de 7.5 en el ecosistema ripario, presenta cantidades bajas de SST, de turbiedad y en todos los parámetros químicos analizados, tiene una clase textural franca, aunque el uso del suelo es agricultura de temporal, esta no se ve reflejada en las concentraciones de las variables físicas y químicas (anexo 5). De igual forma el sitio 2.10 que es el cauce del río grande en la parte más baja y es la que desemboca en el canal San Juan, a pesar de ser de cuarto orden presenta una calificación de 7.5 y clase textural de migajón arcilloso y un uso del suelo de agricultura de temporal, en las variables físicas y químicas tiene valores bajos.

En el sitio 3.6 de tercer orden se observan cantidades altas de SST, turbiedad, fósforo total y hierro, ya que presenta un uso del suelo de agricultura de temporal y de clase textural migajón arcilloso.

El sitio 5.7 de cuarto orden es uno de los pocos que presentó altas concentraciones en fósforo y nitratos, aunque el bosque de galería se observa estable, presenta un uso de suelo en la rivera de agricultura de temporal y pastoreo extensivo.

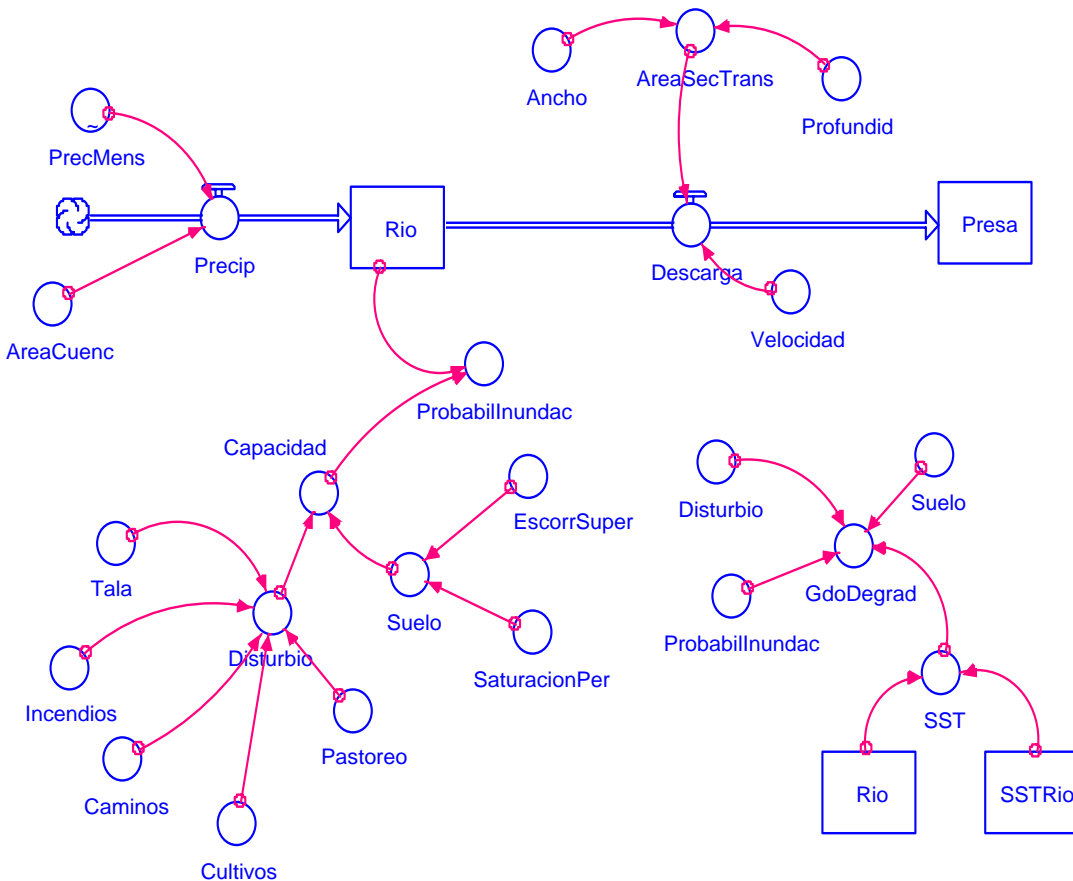
En la microcuenca VII, que es de las que se encuentran en mejores condiciones tenemos el sitio 7.7, el más conservado, con las concentraciones más bajas en las variables físicas y químicas y un uso de suelo de bosque de Encino-Pino.

Tabla 23. Matriz de variables analizadas en la red hidrográfica de la Subcuenca de Cointzio.

Microcuenca/ Sitio	Tipo de río	Calif. riparia	C.O. %	Porosidad (%)	Clase textural	O2 (mg/L)	Conductividad (µs/cm)	SST (mg/L)	Turbiedad UTN	Fósforo Tot. µg/L de P	Hierro mg/L de Fe	Silíce mg/L de SiO ₂	Nitratos mg/L de NO ₃	Nitritos mg/L de NO ₂	Uso del suelo
I "La Presa"															
1.2 ²	A3a+	6.3	4.4	65	Migajón arenoso	8.35	71.33	584	1000	13.415	8.4131	9.1437	0.8849573	0.01709032	Agricultura de temporal
1.3 ³	B3a	6.1	2.3	67.5	Migajón arenoso	7.29	122.67	84.67	460	424.69	8.149	12.581	2.9815845	0.1216042	Agricultura de temporal
1.4 ⁴	G5	7.9	1.7	65.0	Migajón arcillo arenoso	8.00	101.33	1191.7	1000	205.16	8.3778	11.697	3.6221714	0.00690186	Bosque de pino, pastoreo extensivo
1.5 ¹	E1	6.9	1.6	61.0	Migajón arcillo arenoso	7.79	18.00	58	1000	179.92	8.4759	6.2668	6.3859475	0.00887382	Matorral, pastoreo extensivo
1.7 ²	A3a+	3.6	2.4	49.3	Franco o Migajón	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Agricultura de temporal, pastoreo extens.
1.8 ³	B2a	3.8	3.6	53.2	Migajón arcilloso	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Agricultura de temporal, pastoreo extens.
II "Río Grande"															
2.1 ¹	B3a	6.1	4.3	72.7	Migajón arcillo arenoso	6.56	38.00	2.9	7	11.502	0.6029	22.359	0.2235635	0.01183176	Agricultura de temporal, pastoreo intens.
2.2 ²	G5	5.9	4.1	56.6	Migajón arenoso	7.05	36.33	10.2	7	20.159	0.5834	21.498	0.2665054	0.00690186	Agricultura de temporal, pastoreo extens.
2.3 ³	A5a+	6.5	15.2	64.8	Migajón arenoso	6.04	33.00	3.9	109	83.411	4.5678	18.585	0.7853498	0.05127096	Agricultura de temporal, Tala, caminos
2.4 ¹	A2a+	7.5	9.0	65.6	Franco o Migajón	7.27	77.00	0.7	6	15.499	1.0979	35.638	0.376295	<0.0003	Agricultura de temporal
2.6 ¹	E3b	5.9	1.1	68.9	Migajón arenoso	6.35	80.33	4	8	15.973	0.3843	38.631	0.4094975	<0.0003	Bosque de pino
2.7 ²	B3a	6.4	1.6	69.0	Migajón arenoso	6.12	58.33	3.6	25	23.853	1.1938	31.874	0.1797362	<0.0003	Agricultura de temporal, pastoreo extens.
2.10 ⁴	B5a	7.5	2.4	57.0	Migajón arcilloso	6.39	87.00	16.2	11	36.867	1.3324	24.764	0.2855415	<0.0003	Agricultura de temporal,
III "Río La Palma"															
3.1 ¹	B5a	5.5	6.3	68.6	Migajón arenoso	6.47	40.67	4.89	12	17.564	1.0183	19.332	0.3444206	0.00065732	Bosque de Encino-Pino, Caminos
3.2 ²	A6a+	5.1	5.0	71.5	Migajón arenoso	5.27	50.33	10.11	151	76.819	5.1494	9.2581	0.1797362	0.00262928	Agricultura de temporal, pastoreo intens.
3.3 ³	B1a	5.6	3.6	63.3	Migajón arcillo arenoso	7.47	163.00	8.4	1000	141.73	8.1911	13.402	0.7685272	0.00854516	Caminos, asentamientos
3.6 ³	B3a	5.8	3.7	62.1	Migajón arcilloso	7.23	197.00	46.8	1000	309.17	8.0551	11.209	1.6410889	0.00032866	Agricultura de temporal
3.7 ⁴	G3	6.9	2.0	57.4	Migajón arcilloso	7.58	200.67	27.5	925	269.17	8.3	11.507	3.0391355	0.0279361	Agricultura de temporal
IV " Río El Mezquite"															
4.1 ¹	B2a	3.7	2.6	57.3	Franco o Migajón	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Agricultura de temporal, pastoreo extens.
4.2 ²	B2a	4.2	2.3	60.9	Migajón arenoso	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Agricultura de temporal, pastoreo extens.
4.3 ¹	A6a+	3.2	0.9	59.8	Arcilla	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Pastizal, Agricultura.
4.4 ³	B6a	2.6	1.1	57.8	Arcilla	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Efímero	Pastizal, Agricultura.
V "Río San Andrés"															
5.1 ¹	A3a+	4.15	2.4	58.6	Franco o Migajón	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Bosque de encino
5.2 ²	B6a	4.4	3.2	58.2	Franco o Migajón	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Bosque de encino
5.3 ³	E6b	4.3	2.3	59.3	Arcilla	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Vegetación de matorral, Pastoreo extens.
5.4 ¹	E2	4.9	4.0	68.6	Migajón arenoso	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Bosque de encino
5.5 ²	B5a	4.8	1.2	53.2	Franco o Migajón	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Caminos, Bosque de pino-encino
5.6 ³	B2a	5.8	5.9	61.9	Franco o Migajón	7.46	206.33	4.6	5	55.905	0.0773	51.525	1.0576103	<0.0003	Asentamientos, caminos, Agricult. De temp.
5.7 ⁴	B3a	6.2	2.1	52.7	Migajón arenoso	7.15	203.33	11.5	437	157.49	8.4793	19.42	1.8531422	0.02432084	Bosque de galería estable, Agricult.tem.past.Ext.
5.8 ¹	A2a+	4.8	1.4	55.9	Migajón arcillo arenoso	7.15	174.33	9.2	1000	434.65	8.7987	5.6388	9.7048694	0.00920248	Caminos, asentamientos, Agricultura de temp.
VI "Lagunillas"															
6.1 ¹	E2	5.0	1.3	58.6	Arcilla	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Matorral-Bosque de encino
6.2 ²	E3b	4.4	2.1	54.6	Franco o Migajón	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Agricultura de temporal
6.3 ³	E5b	5.1	1.8	48.9	Arcilla	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Caminos, pastizal.
6.4 ¹	B1a	4.5	3.7	61.9	Migajón arcilloso	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Bosque de encino
6.5 ²	B3a	5.3	2.4	54.7	Franco o Migajón	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Bosque de encino
6.6 ³	A6a+	5.0	3.8	54.1	Migajón arcilloso	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermit.	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Caminos
VII "Río Tupátaro"															
7.3 ¹	B5a	7.3	1.8	64.3	Migajón arenoso	7.59	102.00	0.3	7	51.245	0.2949	45.689	1.2577107	0.04831302	Pastoreo extensivo
7.6 ¹	E3b	6.7	2.1	68.9	Migajón arcillo arenoso	6.98	135.33	0.9	17	90.496	1.0429	37.425	0.4612934	0.0016433	Agricultura de temporal, pastoreo extens.
7.7 ¹	E1	8.4	s/suelo	Sa	Sa	5.24	125.50	0.3	12	29.404	1.1307	27.678	1.128885	<0.0003	Bosque de Encino-Pino
7.8 ²	E2	7.7	1.31	54.5	Franco o Migajón	5.77	124.33	0.07	6	64.237	0.078	42.708	3.2259549	0.01084578	Bosque de Encino-Pino
7.9 ³	G3	6.9	9.1	51.8	Migajón arenoso	6.09	152.33	2	89	130.16	3.1183	26.449	0.8225366	0.032866	Agrícola, Pastoreo extensivo
7.10 ⁴	G3	6.7	3.4	59.7	Migajón arenoso	6.22	162.00	2	83	122.98	3.0064	25.673	0.965086	0.04404044	Agrícola, Pastoreo extensivo, caminos

7.10 MODELO CONCEPTUAL DE LA SUBCUENCA DE COINTZIO.

En el modelo se observa que todas las variables involucradas dan lugar a la relación que existe entre ellas con el grado de degradación de la Subcuenca. Las variables que directamente simularon la degradación de la subcuenca fueron suelo, disturbio, probabilidad de inundación y cantidad de sólidos suspendidos totales. Cada una de estas variables esta relacionada con otras variables que determinan su estado (fig. 31). Con esta relación de las variables se obtuvo una grafica en donde se observa que las condiciones desfavorables del uso del suelo, los niveles de disturbio y la precipitación influyen en el grado de degradación de la subcuenca y a la vez en las probabilidades de inundación de las zonas aledañas a los cauces de menor gradiente altitudinal (fig. 32).



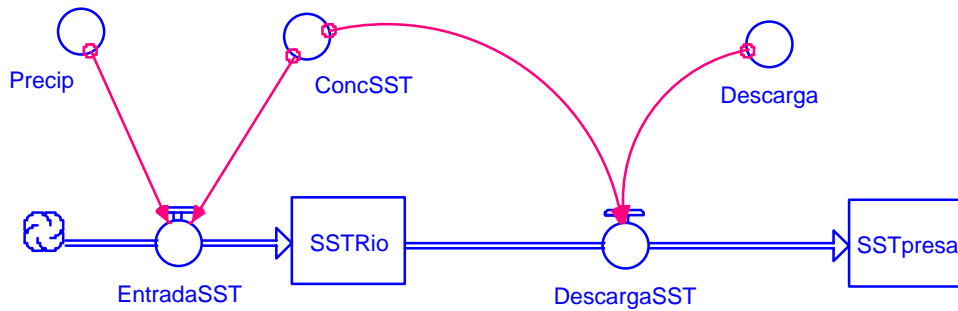


Figura 31. Modelo conceptual de simulación de la degradación de la subcuenca de Cointzio.

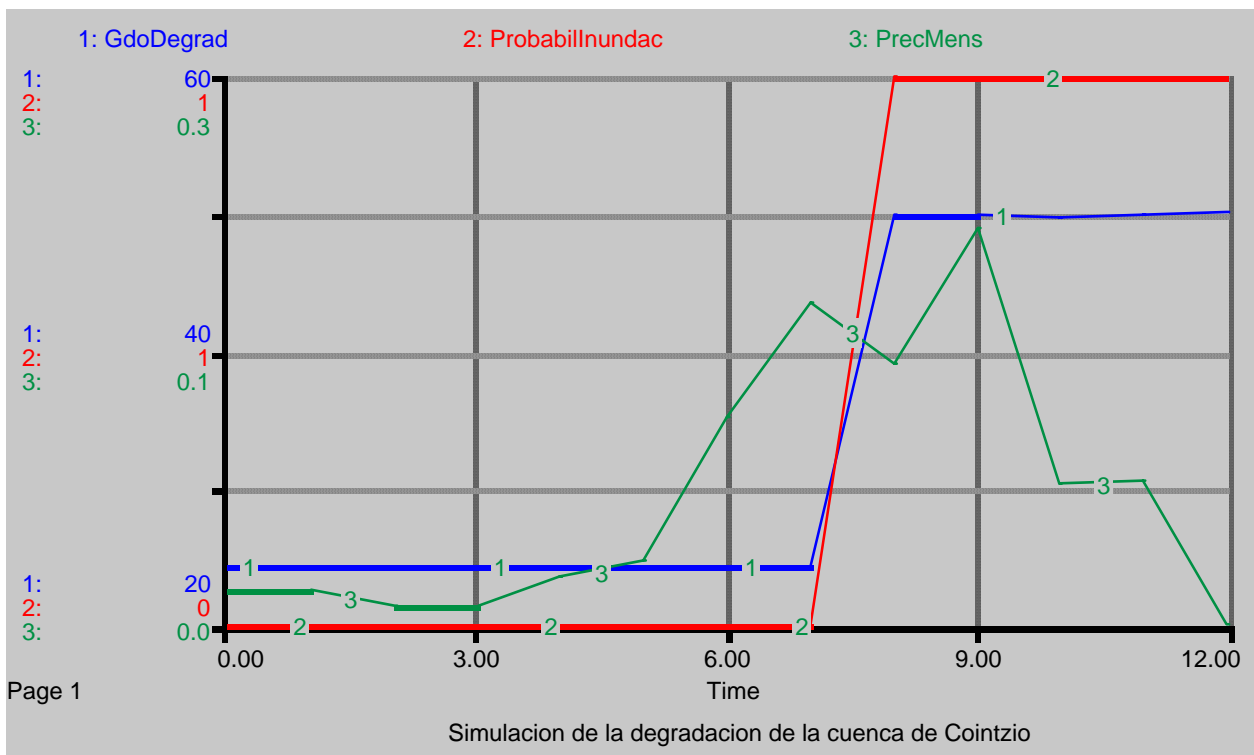


Figura 32. Variables analizadas en el modelo de simulación.

Con datos de las precipitaciones de la estación climática de Cointzio se observa una relación entre la precipitación, la probabilidad de inundación y el grado de degradación. En los meses con mayores precipitaciones aumenta el riesgo de inundación y la degradación en la subcuenca (fig.32).

VIII. DISCUSIÓN

Las mayores probabilidades de lluvia en la subcuenca de Cointzio ocurren con bajas precipitaciones y los periodos de retorno de lluvia más largos se presentan con altas precipitaciones. La corriente del río grande es la que recibe más afluentes y por la degradación que presenta su capacidad hidráulica se ha reducido por lo que precipitaciones menores son suficientes para causar inundaciones, como lo reporta el servicio meteorológico en Septiembre del 2003, en el estado se desbordaron 7 ríos, 9 drenes fueron bloqueados y 400 km de drenaje se bloquearon con una precipitación de 45.5 mm. La precipitación máxima diaria en el mes de junio en Cointzio es de 12.3 a 69.5 mm. Un análisis realizado con datos de las estaciones de Morelia, Zona Militar, Jesús de Monte y San Miguel del Monte, muestran diferencias en valores de precipitación debido al cambio de altitud, estaciones en altitudes mayores reportan precipitaciones más altas que en altitudes menores (Arreygue et. al. 2004). La estación meteorológica de mayor altitud es Acuitzio del Canje reporta precipitaciones mayores a diferencia de la estación de Cointzio que es de menor altitud. Las inundaciones también se deben a las pendientes pronunciadas que presenta el terreno ya que el agua escurre por la superficie en lugar de infiltrarse. Los cauces con máximas pendientes están en mejores condiciones, al disminuir el gradiente altitudinal, la degradación de estos aumenta y esta se ve reflejada en la ausencia o disminución de la vegetación riparia, Harris, Risser y Fox (1985), encontraron que la vegetación riparia se desarrolla a determinada elevación, mencionan que probablemente este modelo de distribución este determinado por la tolerancia de cada especie a cierta frecuencia de inundación.

Debido a la topografía accidentada de la república mexicana, en la determinación de los tipos de cauce algunas variables no coincidieron para la clasificación. Según Rosgen (op. Cit.) en estudios realizados en cauces de Estados Unidos, los cauces de tipo B son los que están en las laderas y los de tipo A se encuentran en la zona montañosa alta con las pendientes más altas, pero los datos obtenidos en este trabajo demuestran lo contrario, se obtuvieron en su mayoría cauces de tipo B con

altas pendientes al igual que los de tipo E, seguidos por los de tipo A y G con pendientes moderadas a bajas. El tipo de cauce y el estado de degradación del ecosistema ripario no están relacionados, sin embargo los cauces de tipo E son los que están en mejores condiciones (calificaciones de 7 y 8), debido a que son los de mayor pendiente, aunque también tenemos calificaciones bajas (valor de 4), con este mismo tipo de cauce. La degradación de la red hidrográfica presenta tres niveles (alto, medio y bajo), con base en la calificación otorgada al ecosistema ripario valores altos de calificación indican menor degradación y menores mayor degradación, esta es causada principalmente por actividades antrópicas, como cambio de uso de suelo, principalmente de bosque de Encino, Pino-encino y bosque de galería, a cultivos temporales, pastizales, zonas de agostadero y asentamientos, DeBano y Schimidt (op. Cit.), mencionan que las perturbaciones a gran escala en las cuencas y áreas riparias, ha llevado a la degradación de muchas áreas riparias naturales en EUA. Dobson (op. Cit.), reportó que los sitios más pastoreados son más susceptibles a la erosión por la eliminación de la cobertura vegetal y establecimiento de pastos, como se observó en la microcuenca IV con un cambio muy notorio de cobertura vegetal de bosque de encino a pastizal. Además de que todas estas actividades se ven reflejadas en el ecosistema ripario, también en la calidad del agua del cauce, ya que los sitios que tienen asentamientos urbanos adyacentes al ecosistema se ven afectados por los desechos que son directamente depositados al cauce y provocan un desequilibrio en este, como se observó en el sitio 5.8, que presentó altas concentraciones de fósforo, hierro y nitratos y además presenta alta conductividad y turbiedad, todo esto debido a que este cauce recibe aguas residuales de los asentamientos adyacentes. Medina, Benavides y Talavera (op. Cit.), realizaron un análisis de calidad del agua en el cauce de la cuenca del arroyo El Carrizal, en Tapalpa Jalisco mencionan que es un buen indicador de las condiciones de la cuenca.

IX. CONCLUSIONES.

- En las estaciones climáticas de la presa de Cointzio, Santiago Undameo y Acuitzio del Canje, las máximas precipitaciones inciden en los meses de Junio a Septiembre (verano).
- Las precipitaciones mínimas presentan altas probabilidades de lluvia, a diferencia de las precipitaciones máximas con valores bajos de probabilidades de lluvia.
- Las precipitaciones máximas asocian periodos de retorno más largos, y por el contrario las precipitaciones mínimas con periodos de retorno cortos aparecen con mayor frecuencia.
- La metodología Rosgen requiere de calibración y en su caso adaptación en la zona de trabajo debido a que algunos datos de las variables utilizadas no quedan debidamente ubicados en la clave mencionada. Esto tiene relación probablemente, con la accidentada topografía de la zona de trabajo.
- De los sitios evaluados con el método Rosgen los tipos A, B y E fueron los más encontrados.
- Los cauces de tipo B y E en pendientes más altas (12 a 19%) contrastan con las pendientes más bajas en cauces de tipo G, (1.5 y 2%). Los cauces de tipo A se encontraron principalmente en las laderas con pendientes de 4 a 8%.
- Los cauces de mayor gradiente altitudinal presentan mejores condiciones del ecosistema ripario en partes montañosas poco accesibles.
- Las microcuencas I, III, V y VI, presentan un nivel medio de degradación en el ecosistema ripario, mientras las microcuencas II y VII mantienen mejores condiciones, por ser partes más altas y más alejadas de las zonas rurales.

- La zona más degradada en cuanto a su vegetación es la microcuenca IV, muestra afectación por el cambio de uso de suelo y la falta de humedad para el establecimiento de especies riparias.
- Los sitios de menor gradiente altitudinal accesibles al pastoreo, en las laderas y valles, presentan alta degradación.
- La zona norte, noreste y noroeste de la subcuenca de Cointzio presenta un régimen de humedad de intermitente a efímero.
- El sitio 5.8 presenta valores altos en 4 de los parámetros evaluados (nitratos, turbiedad, hierro y fósforo total), debido a que recibe aguas residuales provenientes de los asentamientos colindantes.
- La red hidrográfica de la subcuenca de Cointzio presenta una degradación alta en las zonas más bajas donde hay mayor actividad antrópica principalmente asentamientos, pastoreo, caminos, que deterioran tanto la ribera como el cauce y se refleja principalmente en el ecosistema ripario y la calidad del agua del cauce.
- Las microcuencas II del Río Grande y la VII del Río Tupátaro, presentaron menor degradación tanto en el ecosistema ripario como en la calidad del agua.
- El modelo Stella II, integró las variables físicas, químicas y bióticas analizadas en el área de estudio, en base a esto realizó la simulación del estado de degradación de la red hidrográfica de la subcuenca de Cointzio, donde se observa que mayor precipitación induce a la probabilidades de inundación en condiciones de degradación.

X. ALTERNATIVAS DE RECUPERACIÓN Y MANEJO DE LA RED HIDROGRÁFICA.

10.1 Alternativas de recuperación.

- Reproducir vegetación riparia mediante viveros oficiales o particulares.

Viveros: Generar una guía para reproducir vegetación riparia, con datos de las propiedades físicas de los suelos (carbono orgánico, textura, porosidad) en que se desarrollan estas especies.

Elaborar listas de las especies más comúnmente encontradas en el ecosistema ripario.

- Reforestar o mantener la vegetación forestal nativa de los cauces.
 - Con los datos de viveros reproducir especies riparias y llevar a cabo programas de reforestación en las áreas más degradadas o desprovistas de esta vegetación.
 - En el caso de la microcuenca IV resulta necesario dejar de cultivar en las áreas aledañas para que el suelo se recupere y se reproduzcan las especies nativas.
- Evitar incendios específicamente en el área riparia de los cauces. (Título tercero, capítulo I de la protección forestal y de la prevención y control de incendios forestales, artículo 117-124, de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado, 2000).

10.2 Alternativas de manejo.

- Facilitar la comunicación entre asociaciones y organizaciones de campesinos e instituciones oficiales con la aportación de conocimientos aquí presentados. (CNA, PROFEPA, SEMARNAT, COFOM, SUMA) (Comisión Estatal de Ecología y de las Comisiones Municipales de Ecología, Capítulo VI de los instrumentos de la política ecológica en el Estado, sección VI, artículo 42, de la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado, op. Cit.).

- Talleres con comisariados ejidales, en escuelas rurales
 - Organizar talleres y exposiciones en lugares públicos como el parque Benito Juárez para dar a conocer la información del trabajo y su importancia.
 - Realizar un foro para exponer los trabajos relacionados con las cuencas hidrográficas, e invitar a representantes de cada institución.
 - Realizar trípticos con un lenguaje comprensible a la sociedad en general para dar a conocer la importancia de los recursos hídricos y su entorno y la forma de cómo favorecer la conservación y desarrollo sustentable.

- Proponer en el plan de estudios de la educación básica, media y superior temas de conservación de los recursos hídricos (Capítulo VI de los instrumentos de la política ecológica en el Estado, sección VI La investigación y educación ambiental, de la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado, op. Cit.).

- Evitar el pastoreo y sobrepastoreo del ganado en los cauces.
 - Establecer abrevaderos y confinar al ganado al pastoreo intensivo o semiintensivo para evitar la degradación no solo del área riparia sino también de las zonas montañosas.

- Evitar el cruce directo de caminos sobre la red hidrológica mediante vados y puentes.

- Evitar arrojar basura a la red hidrográfica (Título tercero de la protección al ambiente, Capítulo II de la prevención y control de la contaminación del agua de jurisdicción estatal y de los ecosistemas acuáticos, de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado, op. Cit.).

 - Poner contenedores en todas las poblaciones.
 - Enseñar a la gente la forma de reciclar la basura mediante composta y separados orgánicos sanitarios.
 - Elaborar un tríptico de cómo hacer una composta y repartirlo en las comunidades más cercanas a los cuerpos de agua.

- Dejar un margen considerable entre el río y el cultivo, mínimo de 50 a 100 metros.

- Llevar, con el apoyo de las dependencias y entidades federales y de los ayuntamientos, el control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado que operan en la entidad (Título tercero de la protección al ambiente, Capítulo II, artículo 141, fracción I, inciso a, de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado, op. Cit.).

- Tratamiento de aguas convencionales o no convencionales. Las aguas residuales de origen urbano, deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las del subsuelo (Título Tercero, capítulo II, artículo 139, fracciones II a la V, de la ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado, op. Cit.).

XI. BIBLIOGRAFIA

Aguirre-Bravo C., Eskew L., Villa-Salas A. B. y Gonzales-Vicente C. E. (Editores) **Sociedad para el manejo Sustentable de Ecosistemas Forestales**. 5° Simposio Bienal Mex-EUA. USDA-FS: RM-GTR-266. 124 p.

American Public Health Association (APHA). (1995). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 16th Edition. APHA, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington, D.C., USA.

Anaya G. M. (1978). **Manejo integral de cuencas**. Memoria de la primera Reunión de Plantaciones Forestales INIF. México. 207 p.

Arreygue R. E., Garduño M. V. H., Canuti P., Casaglie N. y Lotti A. (2004). **Inundaciones históricas en la ciudad de Morelia relacionadas con el Río Chiquito**. Contribuciones a la geología e impacto ambiental de Morelia. Vol 1. Pp. 225-239.

Baker M. B., Chávez H. Y., Medina A. L and Dudley S. (1995). **Applications of geographic information systems in assessments of El Carrizal watershed, Tapalpa, Jalisco**. USDA, Forest Service. Rocky Mountain Forest and Range Experimental Station. General Technical Report RM-GTR Fort Collins, Co. (this issue).

Baver L. D. (1956). **Soil physics**. 3ra. Edición, John Wiley and Sons, Nueva York.

Benavides S. J. D., Baker M. B. and Talavera Z. E. (1995). **Distribution of precipitation an the El Carrizal Watershed, Tapalpa, Jalisco**. USDA, Forest Service. Rocky Mountain Forest and Range Experimental Station. General Technical Report RM-GTR Fort Collins, Co. (this issue).

Bevenger G. S., King R. M. A. (1995). **Pebble Count Procedure for Assessing Watershed Cumulative Effects**. RM-RP-319, USDA-FS, Fort Collins, Estados Unidos, 17 p. En: Zepeda C. H., Gómez-Tagle R. A. F. y Chávez H. Y. (2002). **Metodología rápida para la evaluación de ecosistemas riparios en zonas templadas**. Ingeniería hidráulica en México, vol. XVII, núm.1, pp 61-74.

Bocco G., Mendoza M. y López E. (2001). **Regionalización Ecológica, Conservación de Recursos Naturales y Ordenamiento Territorial en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán.** Proyecto No. 98306024. Programa SIMORELOS-CONACyT. UNAM, Instituto de Ecología, Departamento de Ecología de los Recursos Naturales Laboratorio de Geoecología.

Boon P. J., Calow P. y G. E. Petts (1992). **River Conservation and Management.** John Wiley & Sons, 470 p. En: González del Tánago M. y García de J. D. (1998). **Restauración de ríos y riberas.** Coedición fundación conde del valle de Salazar, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 319 p.

Boyd R. J. (1987). **Riparian Area Management.** U. S. Department of Interior. TR 1737-1:17.

Braun-Blanquet J. (1979). **Fitosociología: Bases para el estudio de las comunidades vegetales.** H. Blume ediciones, Argentina. 803 p.

Brooks K. N., Ffolliott P. F. Gregersen H. M. and Thames J. L. (1991). **Hydrology and the Management of Watersheds.** Iowa State University Press, Ames, Iowa. 392 p.

Brooks K. N., Ffolliott P. F., Gregersen H. M. and DeBano L. F. (2003). **Hydrology and the Management of Watersheds.** Iowa State Press, a Blackwell Publishing Company. Third edition. 573 p.

Burns G.R., Madrigal H. L. y Neary D.G. (1995). **Métodos de bajo costo para el control de sedimentación en caminos.** En: Aguirre B. C., Eskew L., Villa S. A. B. y González V. C. E. (Editores). **Sociedad para el Manejo Sustentable de Ecosistemas Forestales.** 5° Simposio Bial Mex-EUA. USDA-FS: RM-GTR-266. 153 p.

Black C. A., Evans D. D., White J. L., Ensminger L. E., Clarck F. E. (1965). **Methods of Soil Analysis Phisical and Mineralogical Properties, including Statistics of Measurement and Sampling.** Sponsored Jointly by the AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY and American Society for Testing and Materials. Wisconsin, USA.

Centro de Investigaciones y Desarrollo del Estado de Michoacán (CIDEM). (1998). **Lineamientos, Monografías y Datos Estadísticos.**

Chávez H. Y. y Carmona C. G. (1994). **Efecto de los incendios forestales sobre la erosión, la escorrentía superficial y la infiltración de los suelos.** Folleto de investigación No. 1. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional De Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Morelia, Michoacán, México. 26 p.

Chávez H. Y., Medina A. L., Madrigal S. X. y Sáenz R. J. T. (1995). **Caracterización preliminar de las asociaciones de vegetación ribereña de la cuenca del arroyo El Carrizal, Tapalpa, Jalisco, México.** En: Aguirre B. C., Eskew L., Villa S. A. B. y González V. C. E. (Editores). **Sociedad para el Manejo Sustentable de Ecosistemas Forestales.** 5° Simposio Bienal Mex-EUA. USDA-FS: RM-GTR-266. pp 154-160.

Comisión Forestal del Estado (COFOM). (2002). **Programa de Desarrollo Forestal Sustentable para la Subcuenca de Cointzio.** Dirección de Planeación y Desarrollo Forestal. 87 p.

CONABIO-SEMARNAT. (2003). **Aguas Continentales y Diversidad Biológica de México.** III Foro Mundial del Agua, Japón, marzo de 2003. 15 p.

Craig J. F. y Kemper. (1987). **Regulated Streams. Advances in Ecology.** Plenum Press. N. Y. Pp. 84. En: González del Tánago M. y García de J.D. (1998). **Restauración de ríos y riberas.** Coedición Fundación conde del valle de Salazar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 319 p.

Croome R.L., Tyler P. A., Walker K. F. y Williams W. D. (1976). **A immunological survey of the River Murray in the Albury-Wodonga area.** *Search* 7(1): pp. 14-17. En: González del Tánago M. y García de J.D. (1998). **Restauración de ríos y riberas.** Coedición Fundación conde del valle de Salazar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 319 p.

Crouse M. R. and Kindschy R. R. (1981). **A method for predicting riparian vegetation potential of semiarid rangeland.** In: Acquisition and Utilization of Aquatic habitat inventory information. Proceedings of a Symposium, October 28-30, 1981, Western Div. of Am. Fish Soc. Portland. OR. 375 p.

Daubenmiere R. (1959). **A canopy-coverage method of vegetational analysis.** Northwest Science 33: pp. 43-64.

Dawson F.H. (1978). **Aquatic plant management in semi-natural streams. The role of marginal vegetation.** *J. Environ. Manag.* 6: 213-221. En: González del Tánago M. y García de J.D. (1998). **Restauración de ríos y riberas.** Coedición Fundación conde del valle de Salazar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 319 p.

DeBano L. F. and Schmidt L. J. (1989). **Improving Southwestern Riparian Areas Through Watershed Management.** USDA Forest Service, General Technica Report RM-182. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station and National Forest System. 33 p.

DETENAL. (1979). carta geológica. S. P. P. México.

Díaz F. E. (2001). **Evaluación de la pérdida de suelo utilizando lotes de escurrimiento; Presa de Coitzio.** Tesis profesional para obtener grado de Bióloga. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 55 p.

Díaz F. E. (2005). **Interceptación Pluvial por Plantaciones de *Pinus michoacana*, Encinar y Pastizal en la zona baja de la cuenca Hidrográfica de Coitzio, Michoacán.** Tesis profesional para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Limnología y Acuicultura, Instituto de Investigaciones Sobre los Recursos Naturales (INIRENA-UMSNH). 88 p.

Dobson A. T. (1973). **Changes in the structure of a riparian community as the result of grazing.** In: Boyd, R. J. Ed. (1987). **Riparian Area Management.** U. S. Department of Interior. TR 1737-1:17 p.

Douglas R. A. y Marlow C. B. (1992). **Effects of Cattle Grazing on Shoot Population Dynamics of Beaked Sedge.** Proceeding-Symposium on Ecology and Management of Riparian Shrub Communities, Clary W. P., McArthur E. D., Bedunah D. y Wambolt C.L. (editors)., INT-289. GTR, USDAFS. Ogden, Estados Unidos, pp 89-91.

England A. S., Forman L. D., and Laudenslayer W. F.Jr. (1984). **Composition and abundance or bird population in riparian system of the California deserts,** In: Warner R. E. and Hedrix M. eds. *California riparian Systems: Ecology, Conservation, and Productive Management.* University of California Press, Berkeley, CA. pp 695-705.

Esparza L. J. A. y Trujillo G. M. P. (1986). **Algunos aspectos ecológicos básicos para el manejo integral de la Cuenca Hidrográfica “Presa de Coitzio” Estado de Michoacán.** INIFAP. COFOM Morelia, Michoacán 107 p.

Espinoza A. J., Medina A. L. y. Gómez-Tagle A. (1995). **Clasificación morfológica de los canales de la cuenca del arroyo El Carrizal, Tapalpa, Jalisco, México.** En: Aguirre B. C., Eskew L., Villa S. A. B. y González V. C. E. (Editores). **Sociedad para el Manejo Sustentable de Ecosistemas Forestales.** 5° Simposio Bional Mex-EUA. USDA-FS: RM-GTR-266. pp 161-165.

FAO-PNUMA. (1980). **Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos,** UNESCO, Roma, 80 p.

Figuroa V. D. (1990). **Mitigación de impactos hidroambientales en la cuenca de río Las Huertas, Michoacán.** 24 p. Memorias del Primer Simposio Nacional, El Agua en el Manejo Forestal. 28-30 de Noviembre de 1990. 253 p.

Fitzjohn C. Ternan J. L. and Williams A. G. (1998). **Soil moisture variability in a semi-arid gully catchment; implications for runoff and erosion control.** Catena 32: pp 55-70.

García E. (1981). **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la república Mexicana).** 3ra. Edición. México D. F. 252 p.

GAY LL. W. (1985). **Evapotranspiration from saltcedar along the lower Colorado River.** En : Johnson, r.r., ch. D. Ziebell, D.R. Patton, P.F. Ffolliott y R.H. Hamre. (1985). *Riparian Ecosystems end their Management: Reconciling Conflicting Uses.* USDA Forest Service, GTR RM-120, Washington D.C. pp. 171-174.

Gómez-Tagle R. A., Chavez Y., Gomez-Tagle Ch. A., y Zepeda C. H. (2002). **Diagnóstico de los suelos de la cuenca del lago de Pátzcuaro.** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Michoacán, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. 63 p.

Gómez-Tagle R. A., Chavez H. Y., Zepeda C. H., Madrigal S. X., Batlle J. y Mariano D. F. (2003). **Informe anual del proyecto: Evaluación de la cuenca de Morelia para captación hídrica y alternativas de rehabilitación.** INIRENA-UMSNH.

Gonzalez B. F., Montes C., Gonzalez B. A., Herrera P. y Pérez C. (1989). **Los humedales del acuífero de Madrid**. *Inventario y tipología basada en su origen y funcionamiento*. Publ. Canal de Isabel II, Madrid. 228 p.

González del Tánago M. y García de J. D. (1998). **Restauración de ríos y riberas**. Coedición Fundación conde del valle de Salazar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 319 p.

González H. G. (1979). **Evaluación del crecimiento en las plantaciones forestales de la cuenca de Coitzio**. C. F. E. M. Serie Técnica. Reforestación No. 17. Morelia, Michoacán, México.

Hareven B. P. y Jackson W. L. (1986). **Concepts in Stream Riparian Rehabilitation**. Wildlife Management Institute Fifty-First North American Wildlife and Natural Resources. Conference, Reno, Nevada.

Harris R. A., Risser R. J. and Fox C. A. (1985). **A method for evaluating streamflow discharge Plant species occurrence patterns of headwater stream**. In: Boyd, R. J. (1987). **Riparian Area Management**. U. S. Department of Interior. TR 1737-1:17.

Harris R. R. (1986). **Occurrence patterns of riparian plant and their significance to water resource development**. *Biological Conservation* 38: Pp. 273-286.

Heno S. J. E. (1988). **Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas**. Universidad Santo Tomás. Centro de Enseñanza Desescolarizada. Bogotá, D. E. Colombia. 396 p.

Hernández A. C. (2002). **Propuesta metodológica de planeación aplicada a las cuencas hidrológicas como unidades básicas de gestión (ejemplo caso "Cuenca Lerma-Chapala")**. UNAM Ingeniería. 38 p.

Hill H.B. (1986). **The Role of Aquatic Macrophytes in Nutrient Flow Regulation in Lotic Ecosystems**. *Isom BG, American Society for Testing and Materials, ASTM-STP-894, Filadelfia pp. 157-167*. En: Zepeda C. H., Gómez-Tagle R. A. F. y Chávez H. Y. (2002). **Metodología rápida para la evaluación de ecosistemas riparios en zonas templadas**. *Ingeniería hidráulica en México*, vol. XVII, núm.1, pp 61-74.

HYNES H. B. N. (1960). **The biology of polluted Rivers**. Liverpool University Press. 80 p.

INEGI (1995). Carta topográfica Morelia, E14A23, escala 1:50 000.

Inbar M., Tamir M. y Wittemberg L. (1998). **Runoff and erosion Processes After a Forest Fire in Mount Carmel, a Mediterranean Area.** Geomorfology, vol. 24. Pp. 17-33.

Johnson R. R., Ziebell Ch. D, Patton D.R., Ffolliott P.F. y Hamre R.H. (1985). **Riparian Ecosystems end their Management: Reconciling Conflicting Uses.** USDA Forest Service, GTR RM-120, Washington D.C. En: González del Tánago M. y García de J. D. (1998). **Restauración de ríos y riberas.** Coedición Fundación conde del valle de Salazar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 319 p.

Kellershals R., Neil C. R. and Bray D. I. (1972). **Hydraulic and geomorphic characteristics of rivers in Alberta.** Research Council of Alberta, River Engineering and Surface Hydrology Report 72-1: 52 pp. In: Rosgen D. L. (1996). **Applied River Morphology.** 2a. Edition. Widlan Hydrology, Pagosa Springs, Colorado.

Leopold I. B., Wolman M. G. y Miller J. P. (1964) **Fluvial Processes in Geomorpholy. Freeman.** Co. San Francisco. 522 p. En: González del Tánago M. y García de J. D. (1998). **Restauración de ríos y riberas.** Coedición Fundación conde del valle de Salazar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 319 p.

Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado. Cuadernos Michoacanos de Derecho, 2ª. Época , Año 13, publicación de ABZ Editores. Vol. 82, junio del (2000). México D. F. 54 p.

Madrigal S. X., Medina A. L., Sáenz R. T. y Chávez H. Y. (1995). **La vegetación ribereña de la Cuenca El Carrizal, Tapalpa, Jalisco, México.** En: Aguirre B. C., Eskew L., Villa S. A. B. y Gonzales V. C. E. (Editores). Sociedad para el manejo Sustentable de Ecosistemas Forestales. 5° Simposio Bienal Mex-EUA. USDA-FS: RM-GTR-266. 128 p.

Mariano D. F. (2006). **Evaluación de los grados de erosión presentes en los diferentes usos del suelo en la subcuenca de la presa de Cointzio, Mpio. de Morelia, Michoacán, México.** Tesis profesional para obtener el grado de Biólogo, Facultad de Biología-Instituto de Investigaciones Sobre los Recursos Naturales-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Martínez M. R. (1999). **Manejo integral de cuencas. Pasado, presente y futuro.** IX Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 4 Manejo integral de cuencas, Culiacán Sinaloa, México 27-29 de octubre de 1999. Colegio de Posgraduados.

Medina L. A., Benavides J. de D. y Talavera Z. E. (1995). **Calidad del agua en el cauce del arroyo El Carrizal, Tapalpa, Jalisco, México.** In: Aguirre-Bravo C., Eskew L., Villa-Salas A. B. y Gonzales-Vicente C. E. (Editores) **Sociedad para el manejo Sustentable de Ecosistemas Forestales.** 5° Simposio Bial Mex-EUA. USDA-FS: RM-GTR-266. 124 p.

Medina L. A., Baker M.B. Jr. y Neary D.G. (1996). **Desirable Functional Processes: A Conceptual Approach for Evaluating Ecological Condition.** In: Shaw D. W. and Finch D. M. Tech. Coords. **Desired Future Condition for Southwestern Riparian Ecosystems: Bringing interests and Concerns Together.** USDA-FS. RM-GTR-272. Pp 302-311.

Megahan W. F. y King P. N. (1985). **Identification of critical areas on forest lands for control of nonpoint sources of pollution.** *Environmental Management* 9 (1): 120 p.

Moncayo R. F., Estrada E. F. y Pérez R. C. (1970). **Manual para uso de fotografías aéreas en dasonomía.** Subsecretaria Forestal y de la Fauna. Dirección General del Inventario Nacional Forestal. México D.F. 184 p.

Narro Farías E. (1994). **Física de Suelos con Enfoque Agrícola.** 1ra. Edición. Editorial Trillas. México, D. F. 195 p.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-(2000). **Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.** Estudios, muestreo y análisis.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-(1994). **Salud Ambiental Agua para uso y consumo humano.** Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Oglesby R. T., Clarence A. y Carlson J. (eds). (1972). **River Ecology and Man.** Process. International Symposium on River Ecology and the impact of Man. Academic Press, New York.

Ohmar R. D. (1996). **Ecological Condition of the East Fork of the Gila River and Selected Tributaries**: Gila Nacional Forest, New Mexico, Desired Future Condition for Southwestern Riparian Ecosystems: Bringing interests and Concerns Together, Shaw, D. W. y Finch D. M (coordinadores técnicos), RM-GTR-272.USDA-FS, Albuquerque, Nvo. México, Pp. 312-317.

Ortiz S. C. A. (1984). **Elementos de Agrometeorología Cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana**. Talleres gráficos de la imprenta Universitaria. 2da. Edición. Chapingo, México. 235 p.

Phillips J. (1989). **Evaluation of North Carolina's estuarine shoreline area of environmental concern from a water quality perspective**. Coastal Management, 17: 103-117.

Riley L. A. (1998). **Restoring streams in cities. A guide for planners, policymakers, and citizens**. Island Press. Washington, D.C. Covelo, California. 346 p.

Rosgen D. L. (1994). A Classification of Natural Rivers, Catena, vol. 22. ELSEVIER. Wildland Hidrology, 1 Steven's Lake Road, Pagosa Spring, CO 81147, USA. 199 p.

Romero Rojas J. A. (1999). **Calidad del Agua**. 2ª. Edición. AlfaOmega grupo editor, S.A. de C.V. México, D. F. 270 p.

Rosgen D. L. (1996). **Applied River Morphology**. 2a. Edition. Widlan Hydrology, Pagosa Springs, Colorado.

Salgado, M.A. y Gomez Tagle R. A. (2006). **Sistemas de producción en la cuenca de CUITZEO**. En prensa.

Sánchez S. R. Fco. J. (2006). **Hidroquímica. Conceptos fundamentales**. Departamento de Geología, Universidad de Salamanca España. <http://web.usal.es/javison/hidro>

Seneciales G. J. M.. (2002). **Análisis morfológico de las cuencas fluviales aplicado al estudio hidrográfico**. Universidad de Málaga, Departamento de Geografía. 24 p.

Shaw N. L. y Clary W. P. (1996). **Willow Establishment in Relation to Cattle Grazing on an Eastern Oregon Stream**, Desired Future Condition for Southwestern Riparian Ecosystem Bringing Interests and Concerns Together, Shaw. D. W. y Finch D. M. (coordinadores técnicos). RM-GTR-272.USDA-FS, General Technical Report USDA-FS, Albuquerque, Nuevo México. Pp. 148-153.

Sims B. J., Piatt L., Johnson C., Purchase y Phillips J. **Channel Bad Particle Size Distribution Procedure Used to Evaluate Watershed Cumulative Effects for Range Permit Re-Issuance an the Santa Fe National Forest**. Desired Future Condition for Southwestern Riparian Ecosystem Bringing Interests and Concerns Together, Shaw. D. W. y. Finch D. M (coordinadores técnicos). RM-GTR-272.USDA-FS, General Technical Report USDA-FS, Albuquerque, Nuevo México. Pp. 318-326.

Sistema de Información Climatológica (SICLIM), (2000). Versión 1.0. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Morelos, México.

Smith D.G. (1976). **Effect of vegetation on lateral migration of anastomosed channels of a glacier melwater river**. Bull. Of the *Geological Society of American* 87: pp. 857-860.

Stella Research Sftware. HSP High Performance System, Inc.. The System Thinking Company. 2001. Version 7.0.2. Hanover, NH.

Strahler A. N. (1964). **Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks**. Section 4-II of Handbook of Applied Hydrology, MC Graw Hill Book Co, New York. En: Seneciales G. J. M.. (2002). **Análisis morfológico de las cuencas fluviales aplicado al estudio hidrográfico**. Universidad de Málaga, Departamento de Geografía. 24 p.

Solís G. G., Brady W. and Alvin M. (1993). **Riparian plant communities on the Río Los Ajos**, Sonora, México. *Ecología* 3 (1): Pp 13-22.

Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J. R. y Cushing C. E. (1980). **The river continuum concept**. *Cand. J. Fish A quart. Sci.* 37: 103 p.

Villanueva V. L. (1999). **Vegetación riparia del Arroyo Tiquio en la microcuenca del Río Chiquito, municipio de Morelia, Michoacán, México**. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 68 p.

Walkley A. and Black I. A. (1934). **An Examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method.** Soil Sci. 37: pp. 29-38 in: Black C. A., Evans D. D., White J. L., Ensminger L. E., Clark F. E. (1965). **Methods of Soil Analysis Physical and Mineralogical Properties, including Statistics of Measurement and Sampling.** Sponsored Jointly by the AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY and American Society for Testing and Materials. Wisconsin, USA.

Ward J. V. y Standford J. (1979). **The Ecology of Regulated Streams.** Plenum Press. Nueva York. 84 p.

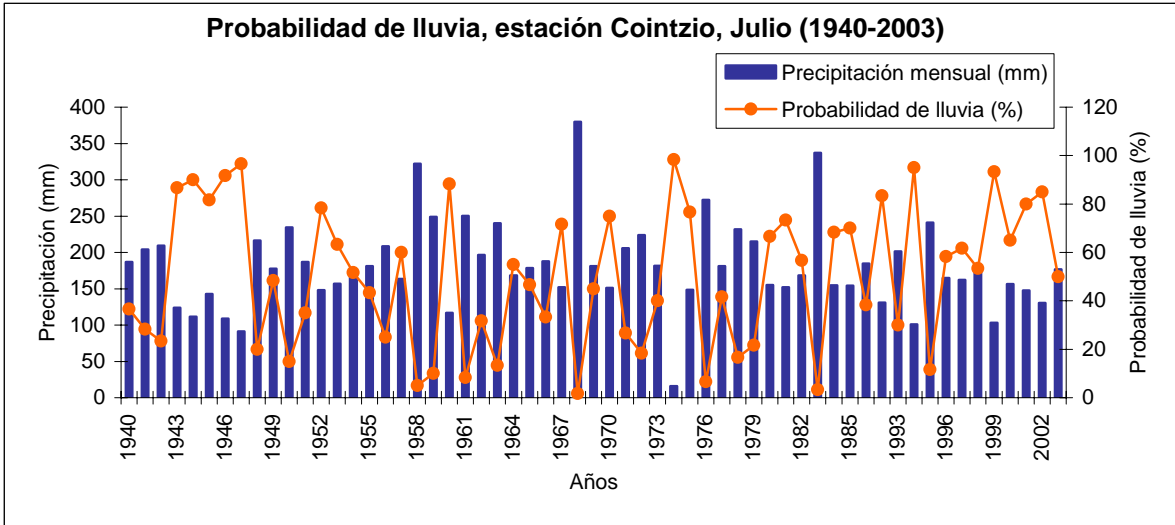
Whitton B. A. (1975). **River Ecology.** Blackwell Sci. Publish Oxford. 725 p. En: González del Tánago M. y García de J. D. (1998). **Restauración de ríos y riberas.** Coedición Fundación conde del valle de Salazar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 319 p.

Zepeda C. H., Gómez-Tagle R. A. F. y Chávez H. Y. (2002). **Metodología rápida para la evaluación de ecosistemas riparios en zonas templadas.** Ingeniería hidráulica en México, vol. XVII, núm.1, pp 61-74.

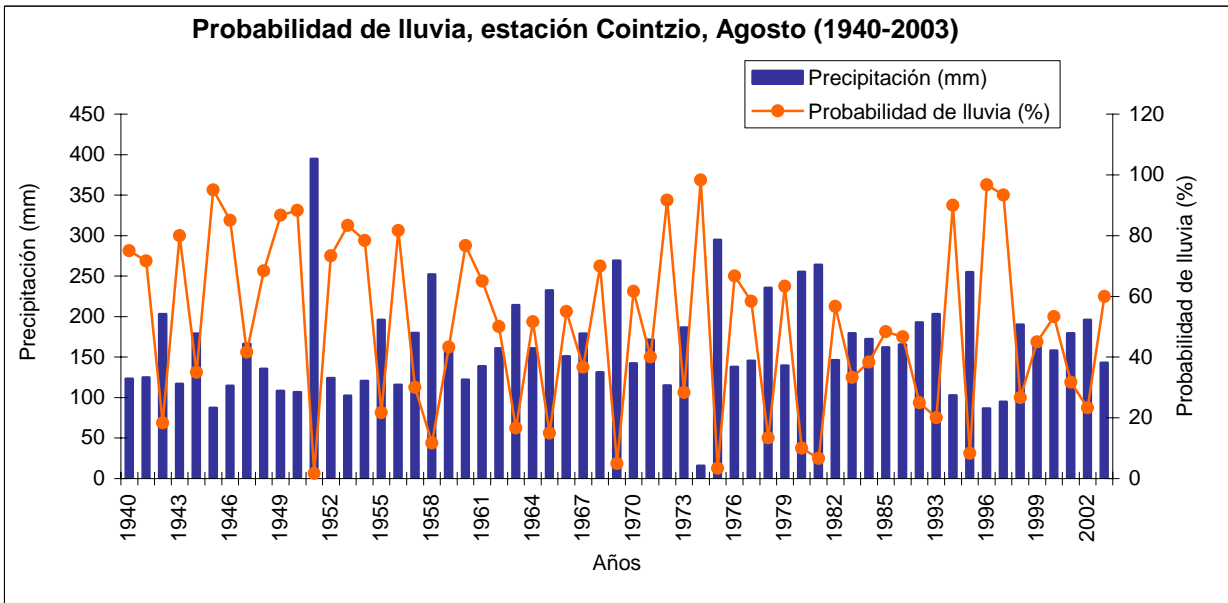
ANEXO 1. Análisis de precipitación.

1.1. Obtención de la probabilidad de lluvia en los meses más lluviosos.

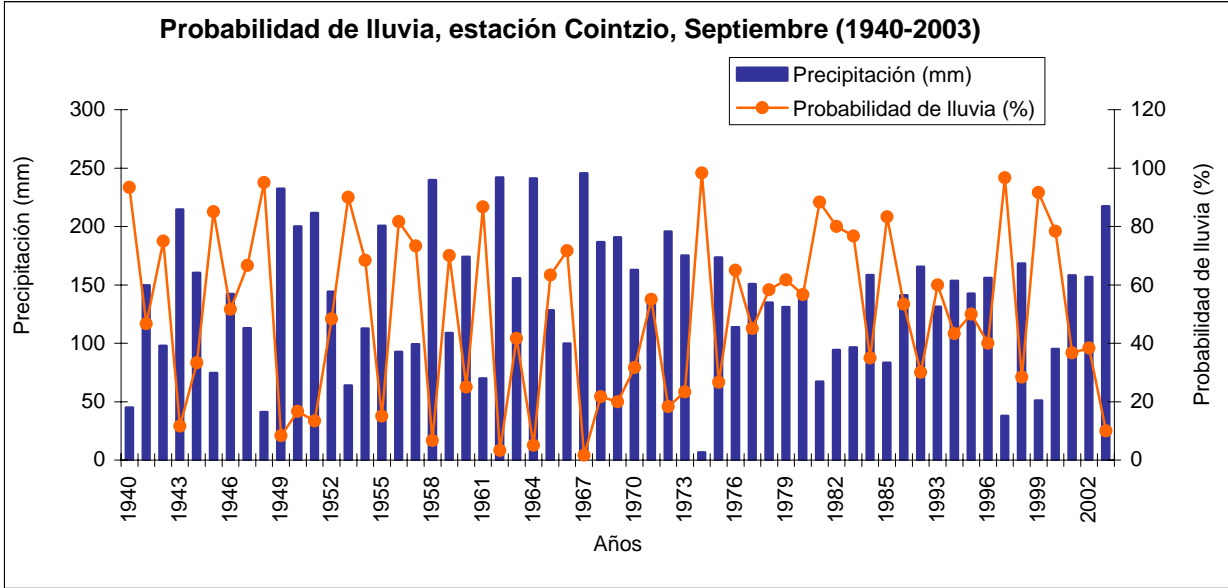
A). Datos de la estación meteorológica Cointzio.



Probabilidad de lluvias en el mes de julio, (1940-2003).

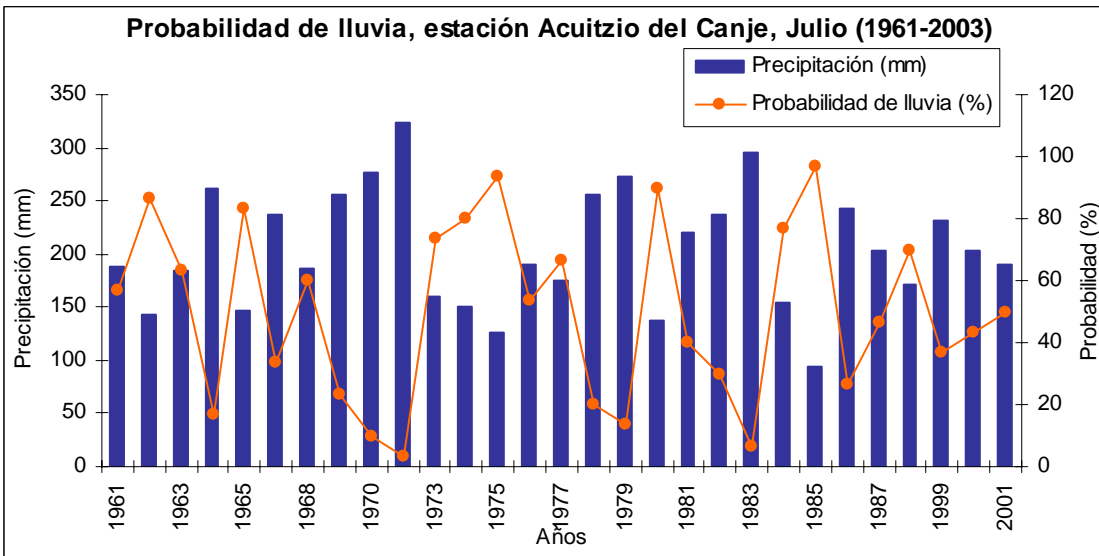


Probabilidad de lluvias en el mes de Agosto, (1940-2003).

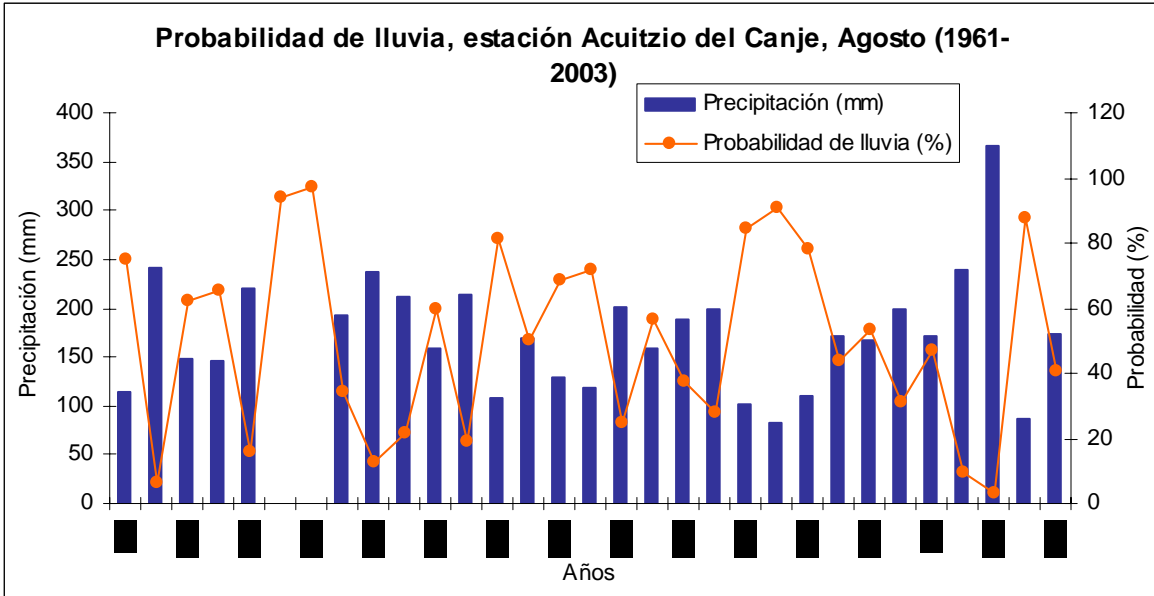


Probabilidad de lluvias en el mes de Septiembre, (1940-2003).

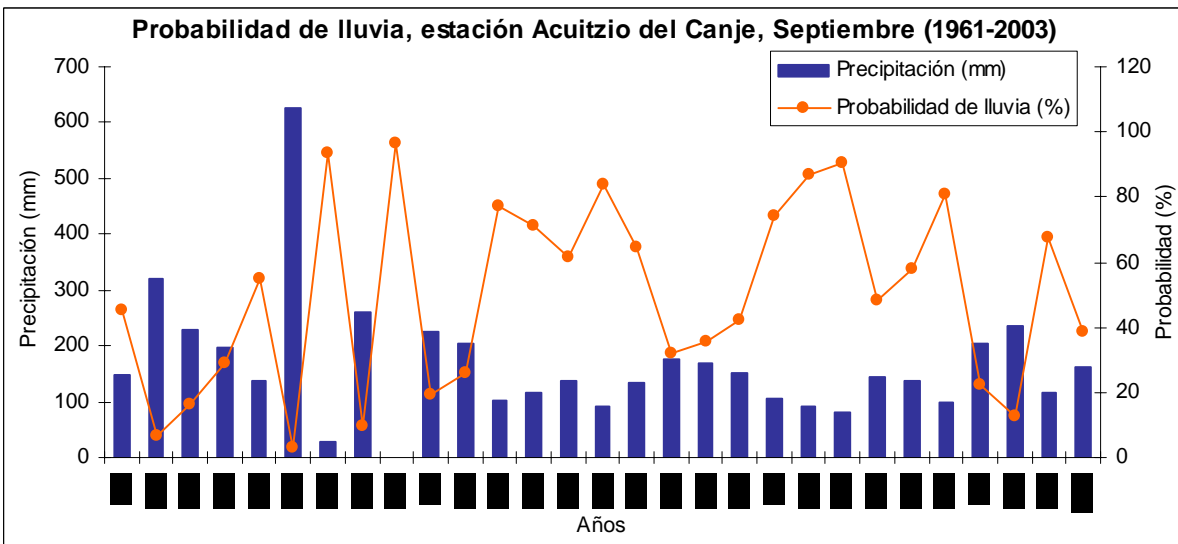
B). Datos de la estación meteorológica Acuitzio del Canje.



Probabilidad de lluvia en el mes de julio (1961-2003).

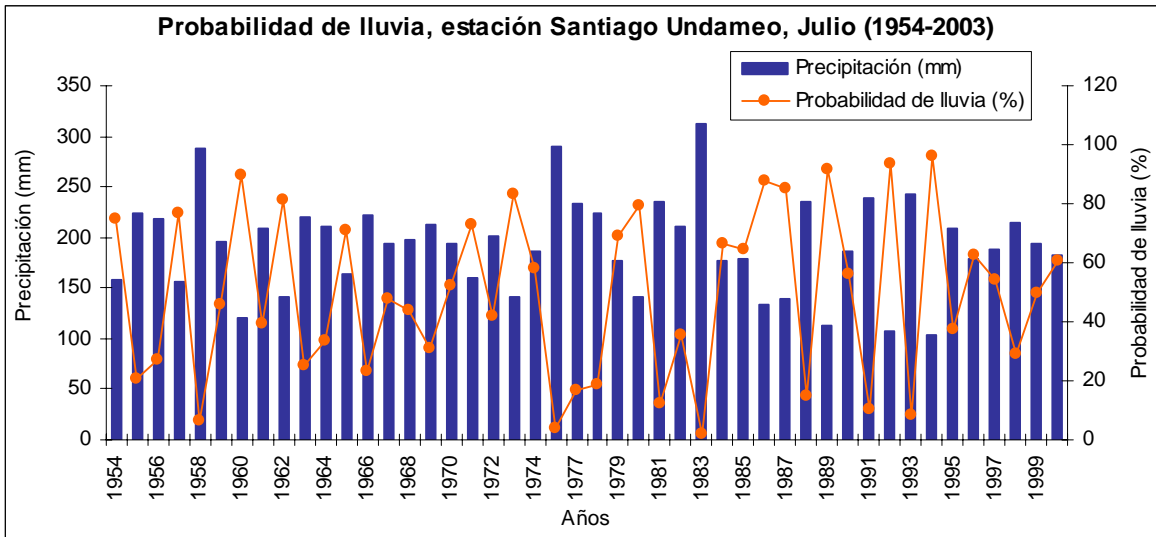


Probabilidad de lluvia en el mes de Agosto (1961-2003).

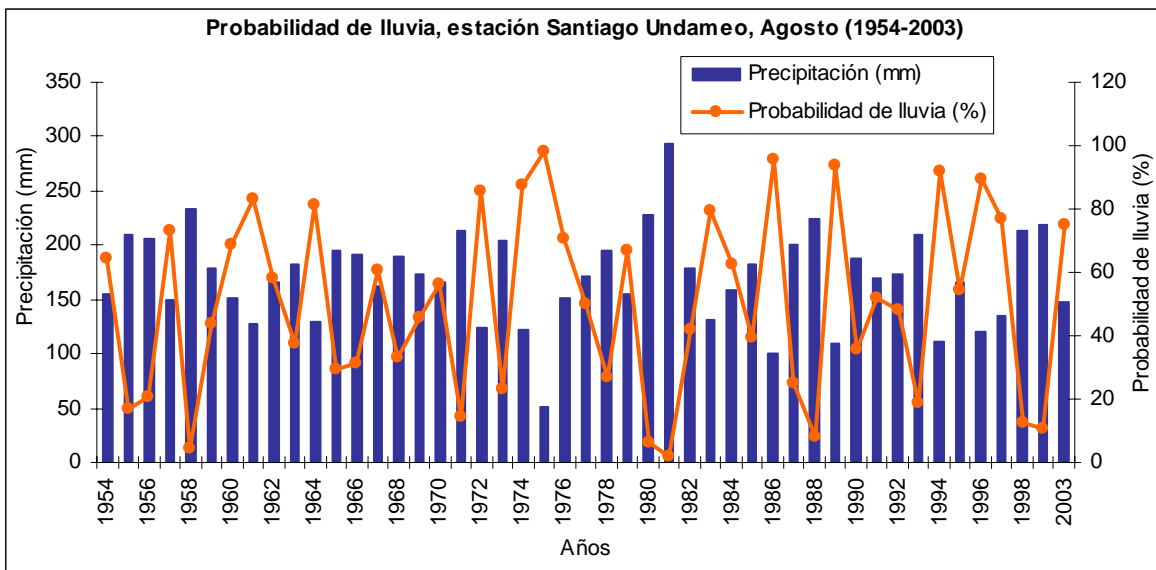


Probabilidad de lluvia en el mes de Septiembre (1961-2003).

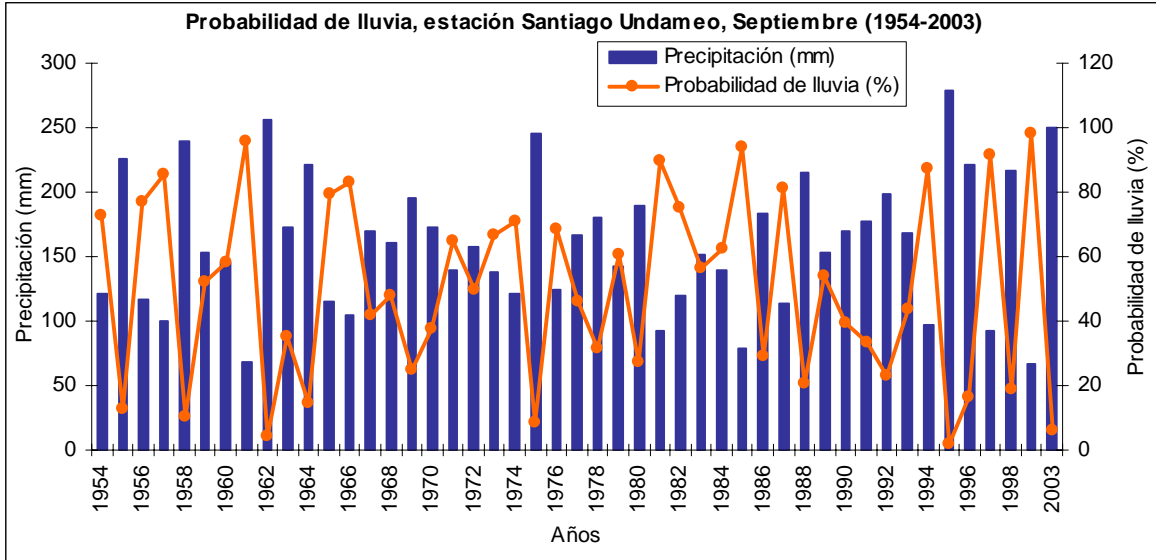
C). Datos de la estación meteorológica Santiago Undameo.



Probabilidad de lluvia en el mes de julio (1954-2003).



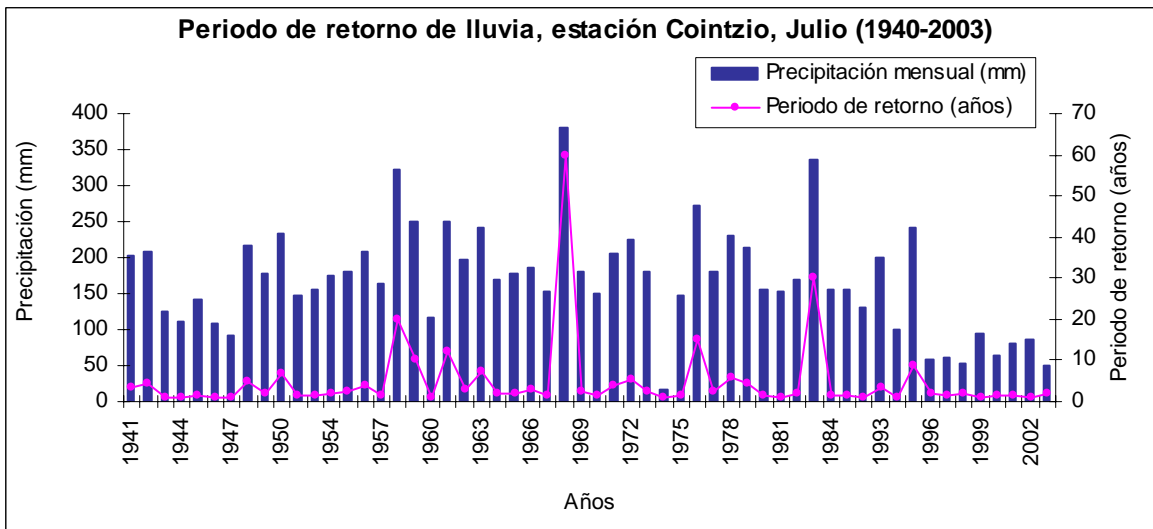
Probabilidad de lluvia en el mes de Agosto (1954-2003).



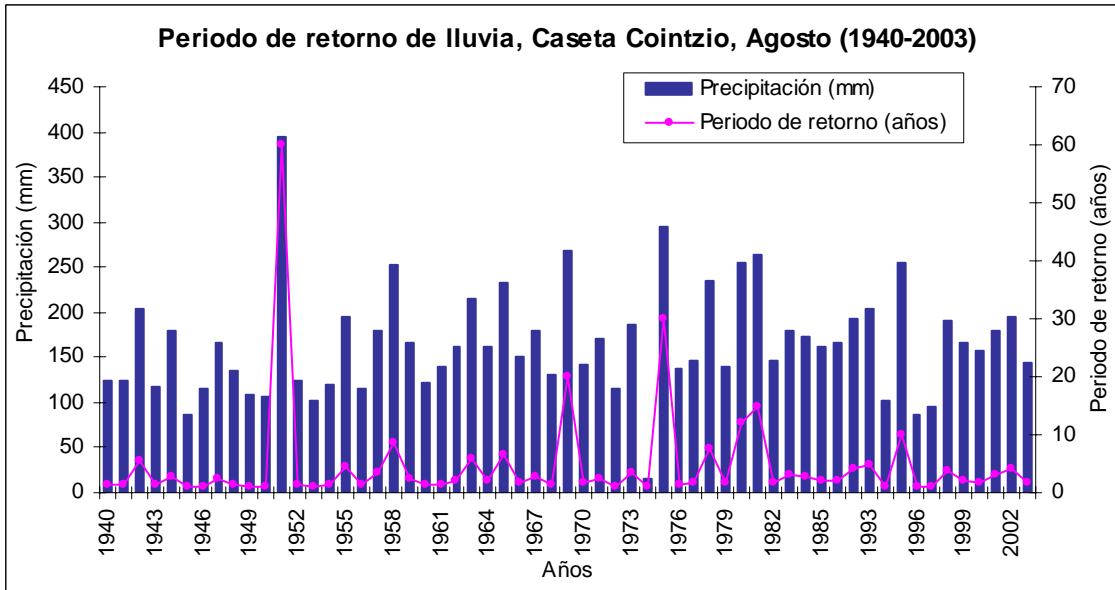
Probabilidad de lluvia en el mes de Septiembre (1954-2003).

1.2 Obtención de los periodos de retorno de lluvia de los meses más lluviosos

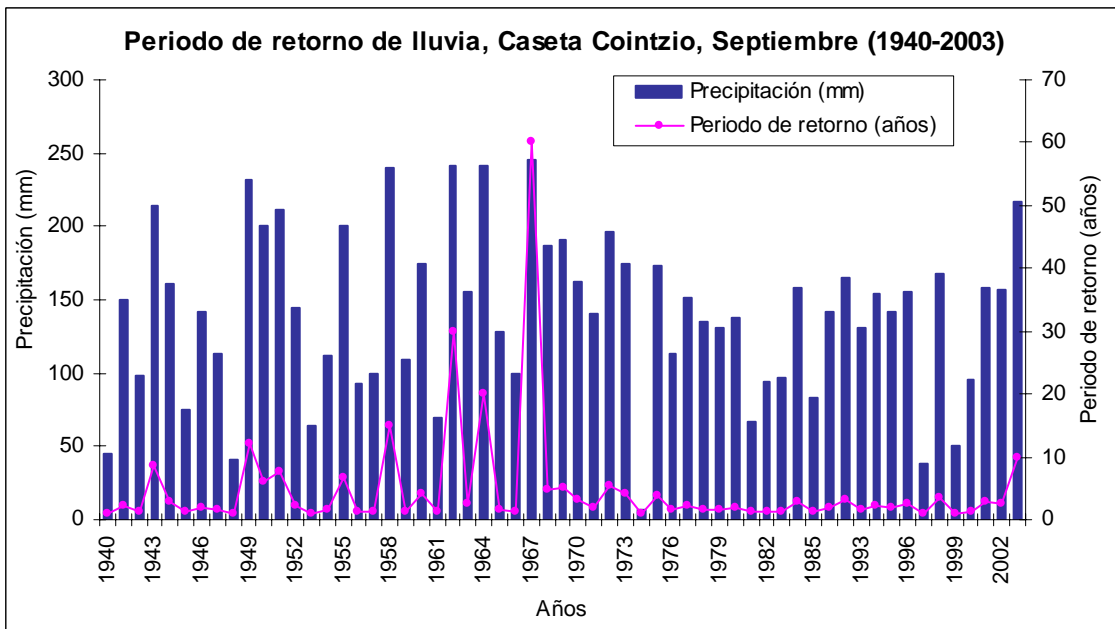
A). Datos de la estación meteorológica Cointzio.



Periodo de retorno de lluvia en el mes de julio, (1940-2003).

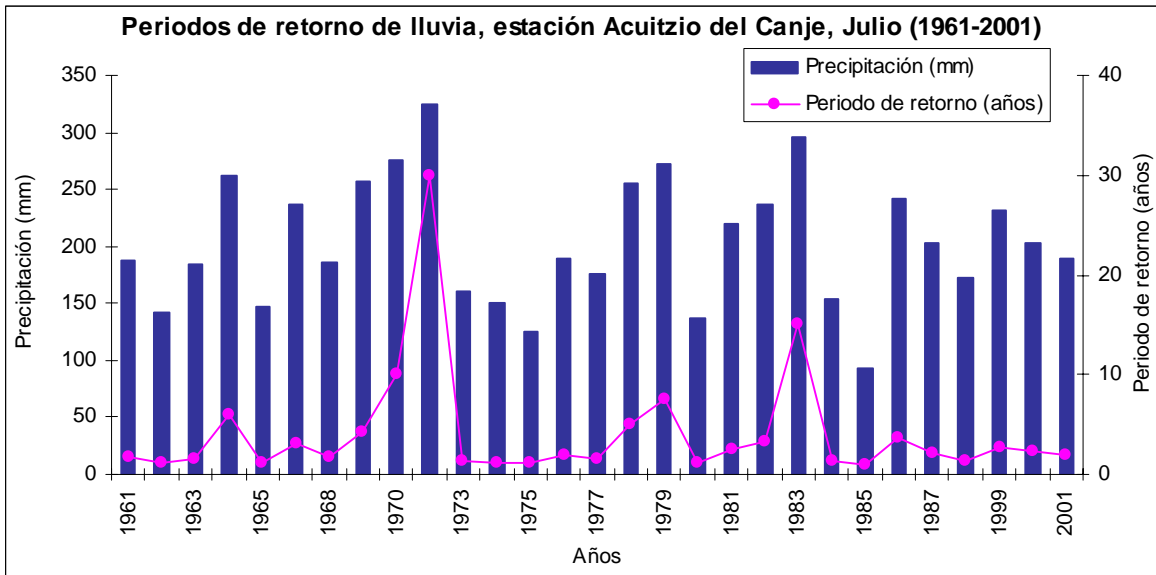


Periodo de retorno de lluvia en el mes de Agosto, (1940-2003).

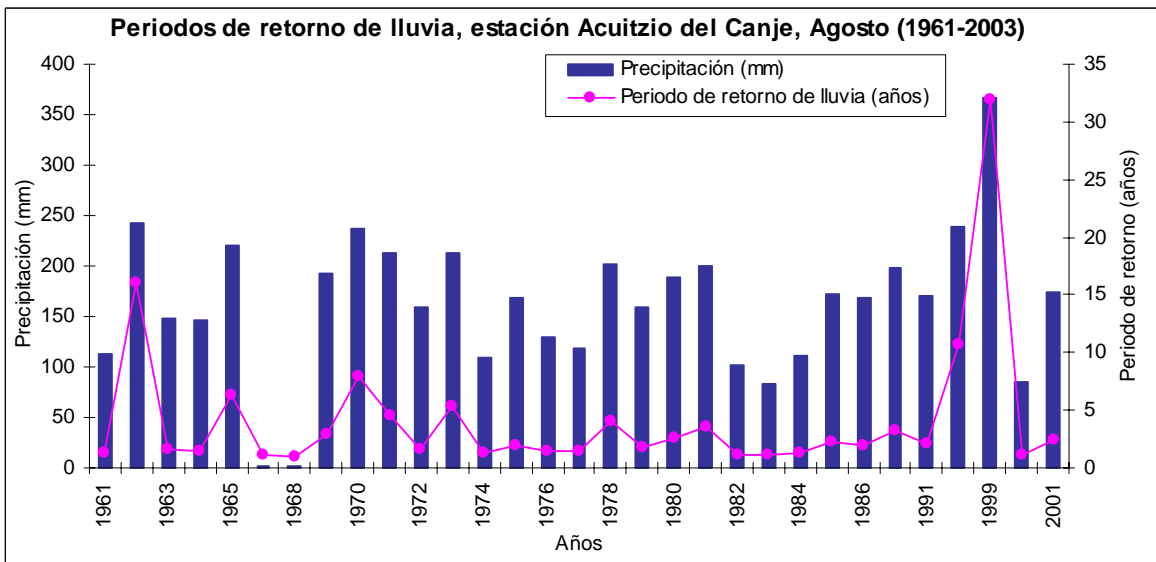


Periodo de retorno de lluvia en el mes de Septiembre, (1940-2003).

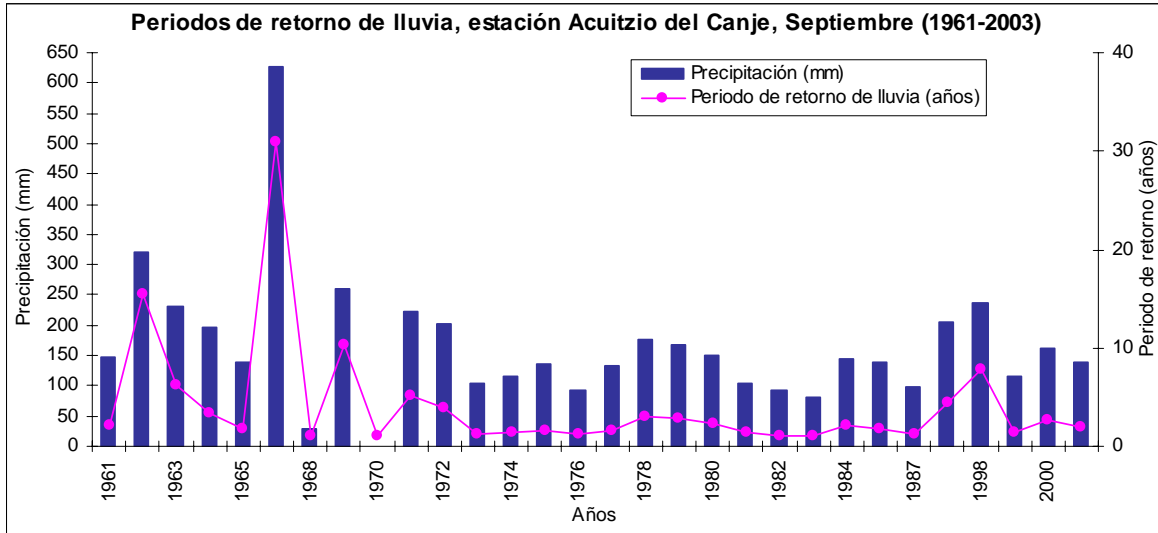
B). Datos de las estación meteorológica de Acuitzio del Canje.



Periodo de retorno de lluvia en el mes de Julio, (1961-2001).

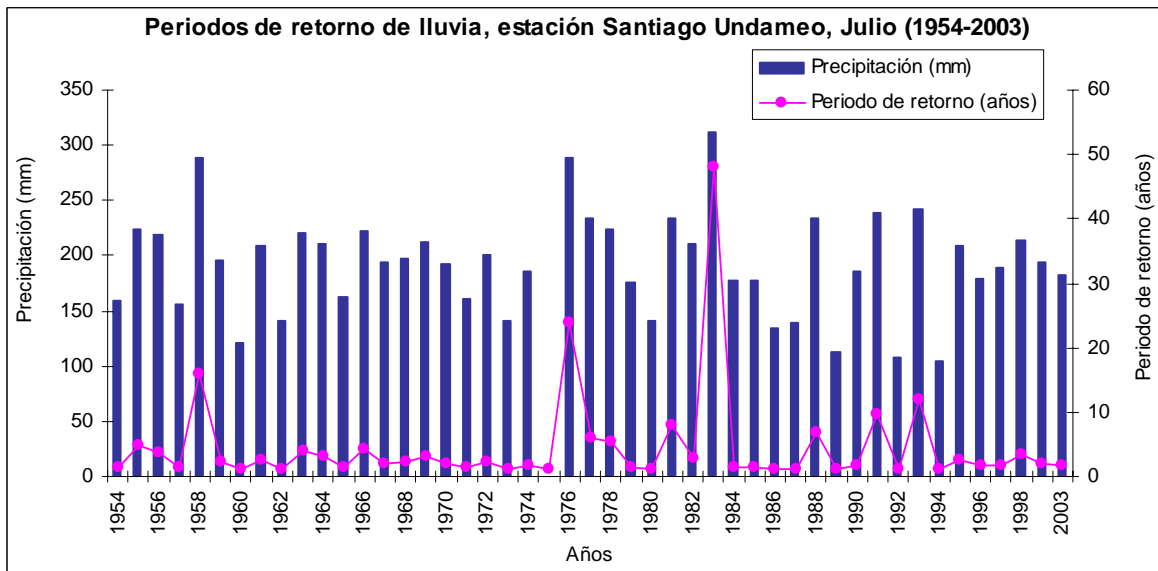


Periodo de retorno de lluvia en el mes de Agosto, (1961-2003).

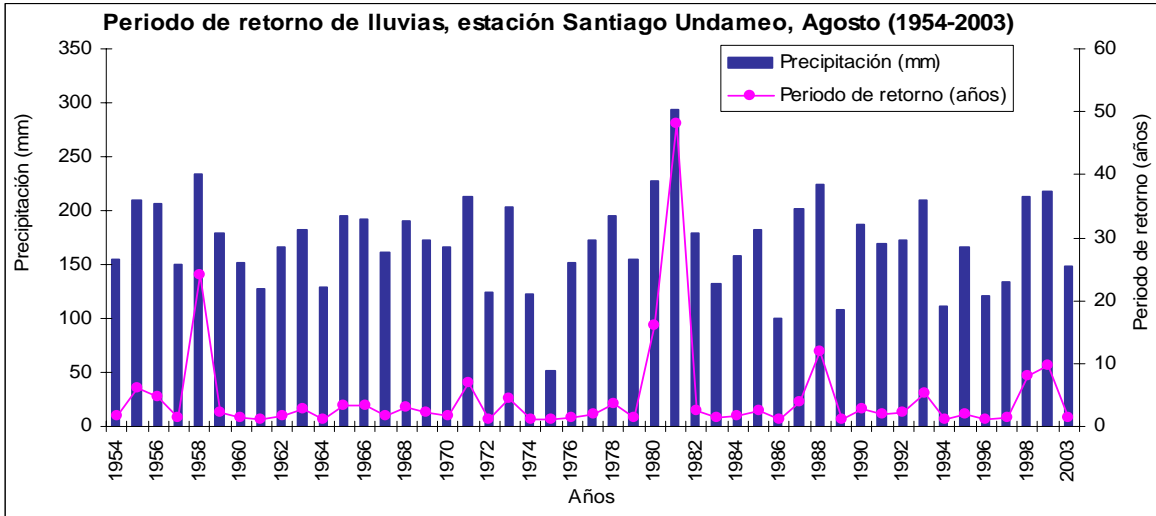


Periodo de retorno de lluvia en el mes de Septiembre, (1961-2003).

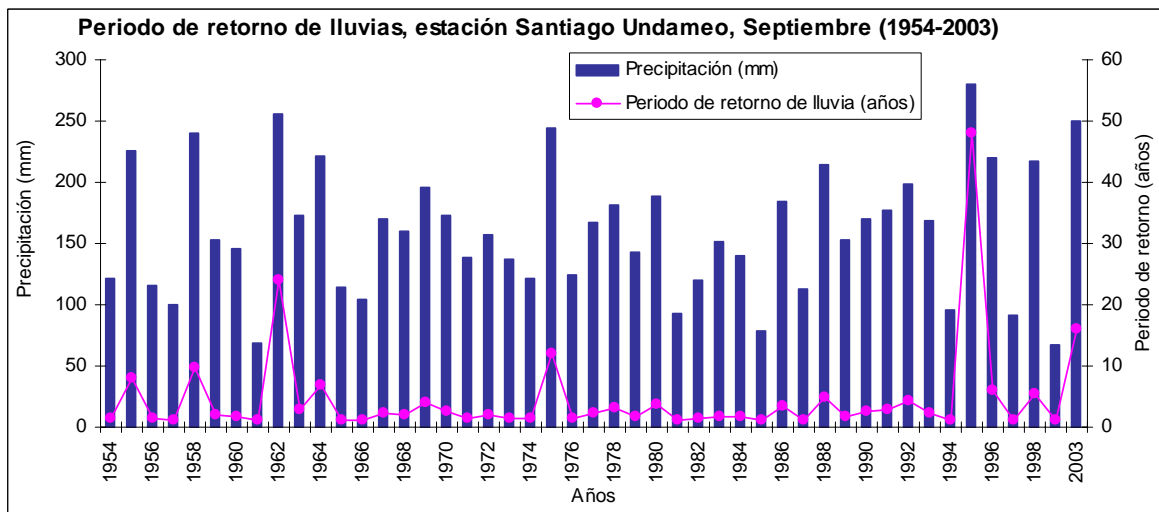
C). Datos de las estación meteorológica de Santiago Undameo.



Periodo de retorno de lluvia en el mes de julio, (1954-2003).



Periodo de retorno de lluvia en el mes de Agosto, (1954-2003).



Periodo de retorno de lluvia en el mes de Septiembre, (1954-2003).

ANEXO 2. Datos de ubicación geográfica de los sitios de muestreo.

CUENCA: Cuitzeo						
SUBCUENCA: Cointzio						
MICROCUENCA I "La Presa"						
Localidad	Río	Sitio	Coorden.	Altitud	Permanenc.	Fecha toma de datos
Atécuaro	Cuapio	1.2 ²	x= 270637 y= 2166627	2244	Permanente	10/11/2005
Atecuaro	Cuapio	1.3 ³	x= 270238 y= 2166625	2257	Permanente	10/11/2005
Cofradía	Cuapio	1.4 ⁴	x= 267040 y= 2165260	2152	Permanente	16/11/2005
Cofradía	Cuapio	1.5 ¹	x= 267125 y= 2165497	2308	Permanente	16/11/2005
Arroyo Colorado		1.7 ²	x= 264065 y= 2168710	2040	Intermitente	29/03/2006
Arroyo Colorado		1.8 ³	x= 263853 y= 2168726	2026	Intermitente	29/03/2006
MICROCUENCA II "Río Grande"						
Localidad	Río	Sitio	Coorden.	Altitud	Permanenc.	Fecha toma de datos
Las Palomas	Río Grande	2.1 ¹	x= 270822 y= 2161060	2320	Permanente	25/11/2005
La Artesa	Río Grande	2.2 ²	x= 270413 y= 2160838	2300	Permanente	07/07/2005
Loma Caliente	Río Grande	2.3 ³	x= 267737 y= 2159053	2155	Permanente	20/07/2005
Loma Caliente	Río Grande	2.4 ¹	x= 267873 y= 2159287	2201	Permanente	20/07/2005
La Puentequita	Río Grande	2.6 ¹	x= 269368 y= 2162830	2289	Permanente	06/12/2005
La Puentequita	Río Grande	2.7 ²	x= 269300 y= 2162234	2332	Permanente	06/12/2005
Patambo	Río Grande	2.10 ⁴	x= 263272 y= 2164014	2060	Permanente	02/02/2006
MICROCUENCA III "Río La Palma"						
Localidad	Río	Sitio	Coorden.	Altitud	Permanenc.	Fecha toma de datos
Zingangapio	Las Jaras	3.1 ¹	x= 259476 y= 2153171	2235	Permanente	30/03/2006
Zingangapio	Las Jaras	3.2 ²	x= 258944 y= 2154542	2215	Permanente	30/03/2006
Acuitzio del Canje	La Laja	3.3 ³	x= 256834 y= 2157002	2040	Permanente	18/04/2005
Rancho Tepatzícua	Tirindiriz	3.6 ³	x= 255501 y= 2154451	2120	Permanente	07/04/2006
La Palma	La Palma	3.7 ⁴	x= 256300 y= 2158420	2031	Permanente	18/04/2006
MICROCUENCA IV "Río el Mezquite"						
Localidad	Río	Sitio	Coorden.	Altitud	Permanenc.	Fecha toma de datos
Cuanajillo		4.1 ¹	x= 253637 y= 2169106	2408	Efímero	20/04/2006
Cuanajillo		4.2 ²	x= 253630 y= 2169995	2394	Efímero	20/04/2006
El Reparó		4.3 ¹	x= 256747 y= 2167038	2038	Efímero	09/03/2006
El Reparó		4.4 ³	x= 256738 y= 2156720	2028	Efímero	09/03/2006
MICROCUENCA V "Río San Andrés"						
Localidad	Río	Sitio	Coorden.	Altitud	Permanenc.	Fecha toma de datos
San Andrés Coapa	San Andrés	5.1 ¹	x=252186 y= 2157613	2220	Intermitente	06/04/2006
La Tinaja	San Andrés	5.2 ²	x= 252140 y= 2157676	2160	Intermitente	06/04/2006
La Tinaja	San Andrés	5.3 ³	x= 251880 y= 2159846	2071	Intermitente	08/03/2006
Chihuerio		5.4 ¹	x= 247439 y= 2154711	2360	Intermitente	31/03/2006
Chihuerio		5.5 ²	x= 247831 y= 2155016	2310	Intermitente	31/03/2006
Yerbabuena		5.6 ³	x= 250358 y= 2159059	2118	Permanente	07/04/2006
San Rafael Coapa		5.7 ⁴	x= 251744 y= 2160405	2096	Permanente	08/03/2006
Yerbabuena		5.8 ¹	x= 253500 y= 2158900	2120	Permanente	06/04/2006
MICROCUENCA VI "Lagunillas"						
Localidad	Río	Sitio	Coorden.	Altitud	Permanenc.	Fecha toma de datos
Huatzangio		6.1 ¹	x= 248341 y= 2167776	2259	Intermitente	11/04/2006
Huatzangio		6.2 ²	x= 248005 y= 2167488	2226	Intermitente	11/04/2006
Lagunillas		6.3 ³	x= 246192 y= 2165981	2093	Intermitente	11/04/2006
Puerto El Tigre		6.4 ¹	x= 243866 y= 2172502	2440	Intermitente	04/04/2006
Puerto El Tigre		6.5 ²	x= 243844 y= 2172225	2380	Intermitente	04/04/2006
La Caja		6.6 ³	x= 245812 y= 2166542	2107	Intermitente	20/04/2006
MICROCUENCA VII "Río Tupátaro"						
Localidad	Río	Sitio	Coorden.	Altitud	Permanenc.	Fecha toma de datos
Iguarán	Canacucho	7.3 ¹	x= 2412120 y= 2161150	2520	Permanente	03/05/2005
Tupátaro	Canacucho	7.6 ¹	x= 239310 y= 2158477	2198	Permanente	05/04/2005
Condébaro	El Pedregal	7.7 ¹	x= 242920 y= 2154550	2320	Permanente	23/06/2005
Condébaro	El Pedregal	7.8 ²	x= 242890 y= 2154790	2320	Permanente	23/06/2005
El Carmen	El Pedregal	7.9 ³	x= 239197 y= 2155402	2300	Permanente	28/04/2005
El Carmen	Tupátaro	7.10 ⁴	x= 241904 y= 2162258	2080	Permanente	16/06/2005

ANEXO 3. SIG

Secuencias de procesamiento de las cartas topográficas, Ortofotografías, Vectoriales y el Modelo de Elevación Digital, correspondientes a la subcuenca de Cointzio con Sistemas de Información Geográfica.

Uso del programa IDRISI 3.2, para importar archivos con extensión *.BIL y los convierte en archivos de tipo *.rst y se hace la georeferenciación.

Proceso para importar ortofotografías **IDRISI 3.2:**

1. File

Import

General Conversión Tools

Billdrisi

Input file: (buscar la ortofotografía o carta topográfica con extensión .BIL)

Output prefix (can incluye path): (clave de la ortofotografía)

Number of bands: 1

File header info: (activar) No header

Date type: (activar) 8-bit

Header size (bytes): 0

Output reference information: (número de renglones, columnas y coordenadas. Esto se encuentra abriendo el archivo de texto de la ortofotografía. En caso de que falten las coordenadas se pueden calcular con las siguientes fórmulas:

$$X \text{ max.} = (\text{Columnas})(\text{Tamaño de píxel}) + X \text{ min}$$

$$Y \text{ min.} = Y \text{ max.} - (\text{Renglones})(\text{Tamaño de píxel})$$

Reference sistem: UTM-14n

Reference unit : meters

Unit distance: 1

OK

2. Después de procesar el archivo no aparece nada. Para desplegar la imagen convertida

Display.

Raster layer

(buscar el archivo convertido, seleccionar el archivo de paleta Grey Scale, OK.

Uso del programa Cartalinx 1.2, para hacer la conversión de los archivos con extensión *.rst a mapa de bites (Bitmap). En este programa se realizó la digitalización de los parteaguas de la subcuenca y las microcuencas.

Proceso para convertir imagen (Idrisi a Cartalinx) CARTALINX 1.2:

1. File

Image Conversions

Image to convert: (buscar la imagen a convertir en formato .rst)

Palette file: Grey256.smp

OK

Guardar la imagen poniendo la clave de la carta o la ortofotografía y con extensión BMP (Bitmap),

Guardar

2. Georeferenciar la imagen

File

Preferences

Backdrop

Browse: (buscar el archivo con extensión .bmp (aparecerán las coordenadas del archivo)

Georeferencing: (copiar coordenadas desplegadas en Backdrop).

Reference system: utm-14n

Reference unit: M

OK.

3. Visualizar la imagen:

Zoom to Feature bounds

4. Digitalizar el parteaguas:

Click botón derecho del Mouse

Begin Arc

Aparecerá un nodo y comienza a marcar el
parteaguas

Finish Arc

Uso del programa ArcView para visualizar los archivos de imagen y de datos como vectoriales, ortofotografías, cartas topográficas y para editar.

1. Welcome to ArcView GIS,

whit a new View

OK

Add Theme: (buscar el archivo que quiere abrir)

Data Source Types (hay 2 opciones):

*Image Data Source (para desplegar archivos de imagen ej.

Ortofotografías o Cartas topográficas)

*Feature Data Source (despliega vectoriales)

OK.

2. Para agregar más temas:

View

Add Theme

3. Para activar las extensiones:

File

Extensions (aparecerán las extensiones activarlas todas o
las que sean de interés)

OK.

Para visualizar vectoriales en Cartalinx se deben pasar a tipo Shape en ArcView:

1. Theme

convert to shapefile

File name: (escribir el nombre del archivo con extensión
.shp)

Buscar el archivo a convertir en la unidad correspondiente

Add shapefile as theme to the view?

Yes.

Visualizar vectoriales en Cartalinx.

1. File

Import

Do you want to append the import file to the open coverage?

Yes.

Type of file to import: seleccionar ArcView Shape file (SHP)

Browse: (buscar el archivo convertido en ArcView con extensión .shp

OK.

Uso del modelo de elevación digital (MDE) para observar la distribución topográfica o el relieve del área de estudio.

Se tomo de un MDE en formato raster (.rst) de la cuenca de Cuitzeo

Se tomaron las coordenadas (X y Y máx. y mín.) del parteaguas de la cuenca de Cointzio, digitalizado previamente con las cartas topográficas en el programa Cartalinx.

1. En el programa Idrisi32, se cortó el MDE de Cuitzeo con el siguiente menú:

Reformat

Window

Filename: (buscar el MDE_Cuitzeo en formato .rst)

Output image: Cuenca_Cointzio

Seleccionar la opción: * Geographical positions

Escribir las coordenadas máx. y mín. del parteaguas.

OK

2. Cambiar a vector de punto en Idrisi:

Reformat

Raster / Vector conversión

POINTVEC

Input image: Cuenca_Cointzio.rst(la imagen cortada)

Output vector file: Cuenca_Cointzio_pv

3. Exportar de Idrisi a Surfer, en Idrisi ir a:

File

Export

Software – specific formats

SRFIDRISI

Seleccionar: Idrisi to Surfer

Input Idrisi vector file: Cuenca_Cointzio_pv)

Output Surfer file: Cuenca_Cointzio_pv)

4. Uso del programa surfer 8, para visualizar el MDE en tercera dimensión.

Grid

Data

(buscar Cuenca_Cointzio_pv) Abrir

Spacing (poner 50)

OK

3D Surface map (buscar Cuenca_Cointzio_pv.grd)

Abrir

5. Para sobreponer capas (parteaguas, red hidrográfica, ortofotos, puntos de muestreo) al MDE en Surfer:

Map

Base map

Buscar el archivo en formato shp, BMP o .dat.

Abrir

En el caso de ortofotografías poner coordenadas (doble clic en la ortof.)

Marcar ambos Map (ctrl-Shif Para seleccionarlos) ir a:

Map

Overlay Maps

Uso de filtros vectoriales, se utiliza para descartar archivos y seleccionar únicamente los que nos interesa visualizar.

1. Buscar el archivo Capa.txt de los archivos vectoriales, abrirlo y buscar el encabezado CAPA – DXF, aparecerá una lista en ella ubicar la clave de las

corrientes de interés, HL-3271 (corriente de agua intermitente) y HL-3272 (corriente de agua perenne). Copiar estas claves.

2. En Arcview abrir los vectoriales de hidrología en extensión .shp

Add Theme: (buscar el archivo)

Seleccionarlo

Query Builder (martillo)

Field (seleccionar): ((Layer)= HL_3271) or ((Layer)=HL_3272)

New Set

Cerrar

3. Theme

Convert to chapefile

4. Pegar los vectoriales filtrados de las cuatro cartas

View

New Theme

Feature Type : Polygon

Ok

View

Geoprocessing Wizard

Clip one theme based on another

Next

Output file: (ruta y nombre de la carta poner HL_w)

Finish

View

Geoprocessing Wizard

Merge themes together

Next

Select at least to themes to merge

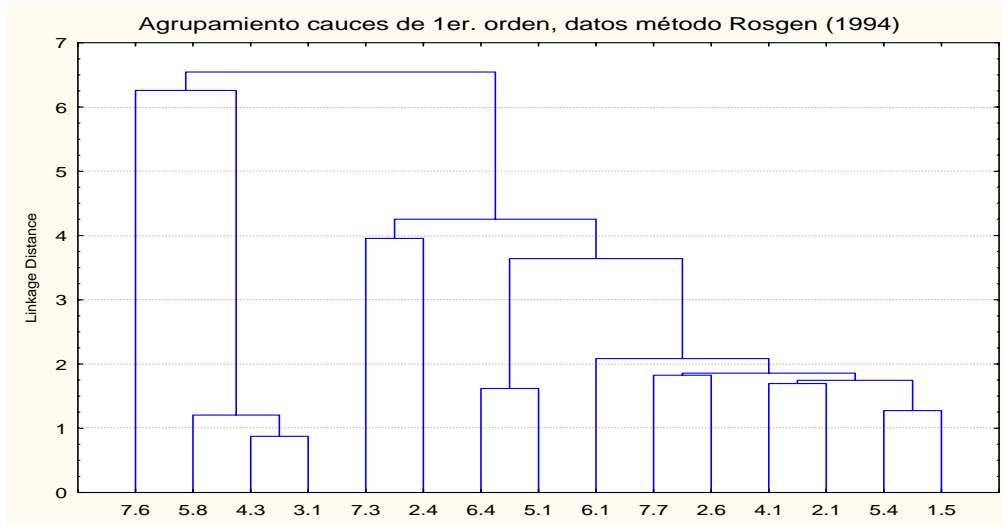
(seleccionar todas las cartas)

Output File: (poner la ruta donde será

guardado y el nombre HLnaturalCointzio)

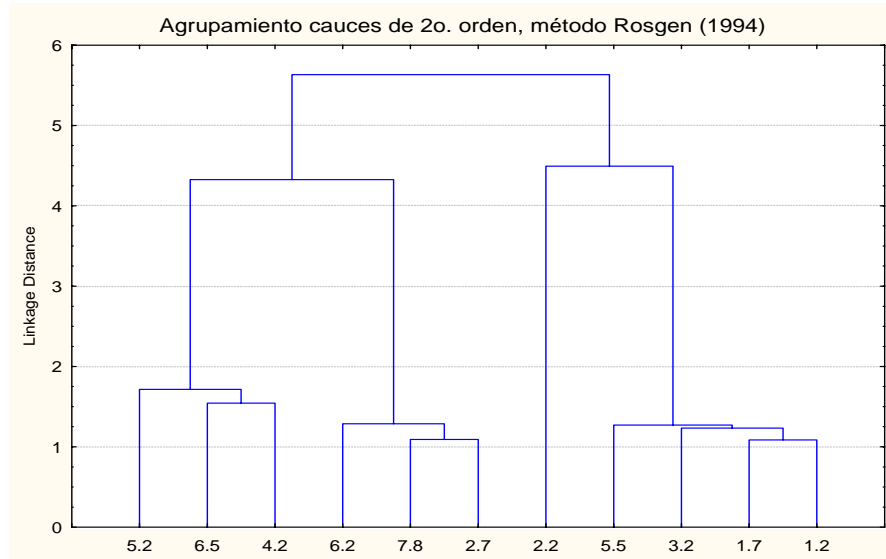
Finish

ANEXO 4. Análisis de agrupamiento con datos del método rosgen (1994).



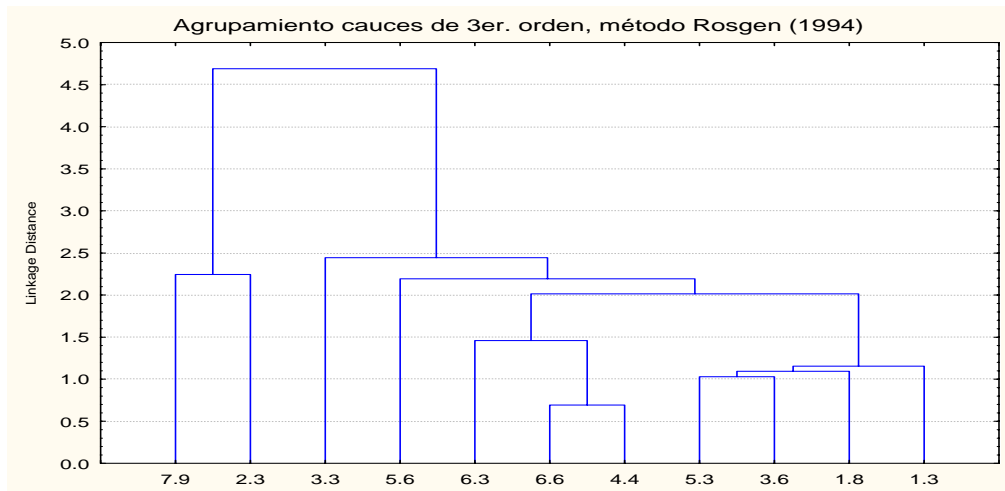
Agrupamiento de los tipos de cauce de primer orden.

En los cauces de primer orden hay 6 de tipo E; 5 de tipo B; y 4 de tipo A. En el clúster se observan 3 grupos principales, considerando el valor 5 como distancia de unión, en el primer grupo está el sitio 7.6 que es diferente del resto, en el material del lecho presenta grava, conglomerado y brecha volcánica en cantidades similares. En el siguiente grupo están los sitios con pendiente baja de 1.5 y 2%. En el tercer grupo se encuentra la mayoría de los sitios, presentan pendientes de 8 hasta 18%.



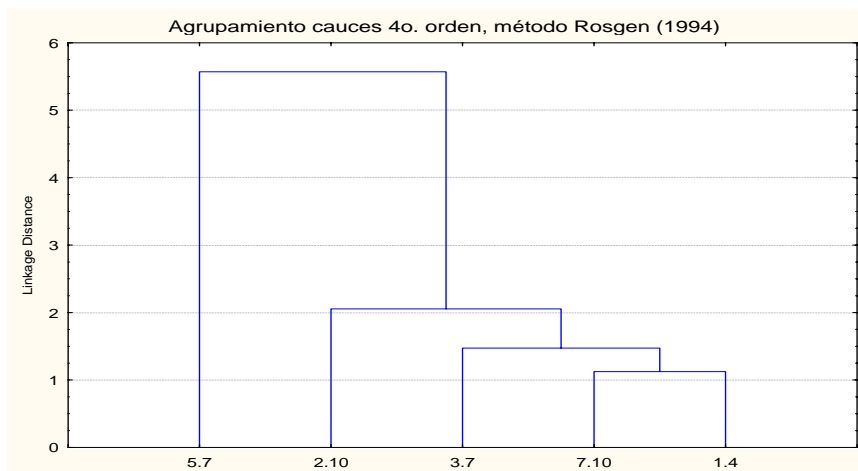
Agrupamiento de los tipos de cauce de segundo orden.

En los cauces de segundo orden evaluados con el método Rosgen (op. Cit.), tomando como distancia de unión el valor 2, el tipo de cauce predominante es B (1er. Grupo) con las pendientes más altas de 17 a 19%, el siguiente grupo presenta pendientes de 12 y 13% y son de tipo B y E, el sitio 2.2 tiene una pendiente moderada y difiere del resto de los sitios y el último grupo presenta pendientes bajas de 4 y 5%



Agrupamiento de los tipos de cauce de tercer orden.

En los cauces de tercer orden muestreados los tipo B fueron predominantes, como en el caso anterior, hay 2 grupos principales, tomando como distancia de unión el valor 2.5, en el primero están los sitios con pendientes de 6 y 8% de tipo G y A respectivamente presentan un alto índice de A/P, el segundo grupo están los sitios con pendientes bajas que van de 1.5 a 4%, presentan bajo índice de A/P.



Agrupamiento de los tipos de cauce de cuarto orden.

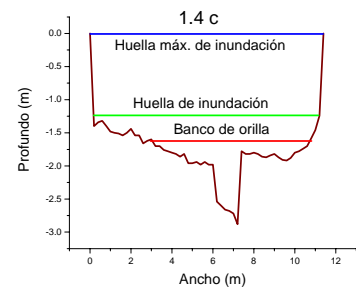
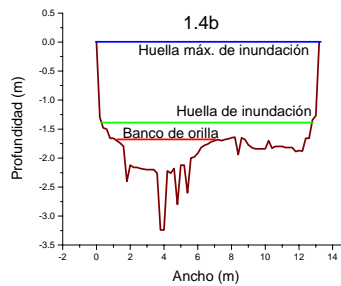
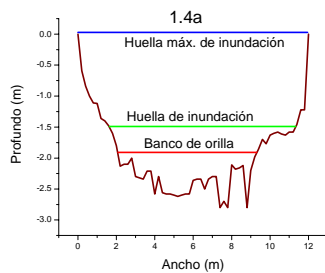
Cauces de cuarto orden tipo G y B, 2 grupos, considerando el valor 2.5 como distancia de unión, se observa que el sitio 5.7 presenta mayor pendiente de 8% y un alto índice de A/P, en el siguiente grupo están los sitios con pendientes bajas de 1.5 a 3% bajo índice de A/P.

ANEXO 5. Secciones transversales de algunos cauces estudiados

Se realizaron 123 secciones transversales, en donde se tomaron el ancho y la profundidad del banco de orilla, de la huella de avenida y de la huella máxima de avenida. A continuación se muestran los sitios más representativos en los que hay diferencias en cuanto a su estado de conservación en el ecosistema ripario.

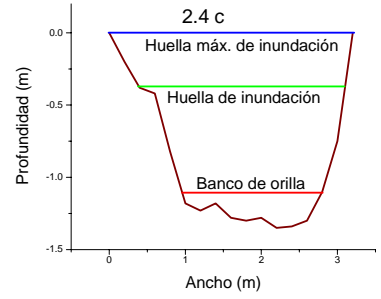
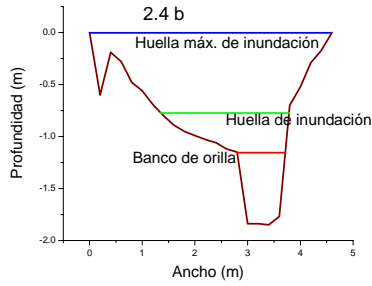
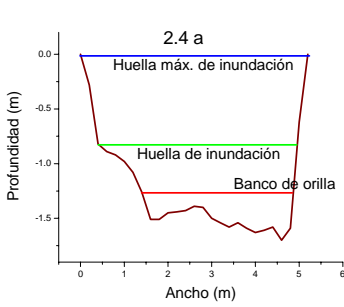


Sitio	Tipo de río	Cal riparia
1.4 ^a	B5a	8.62
1.4 ^b	B5a	7.73
1.4 ^c	B2a	7.47

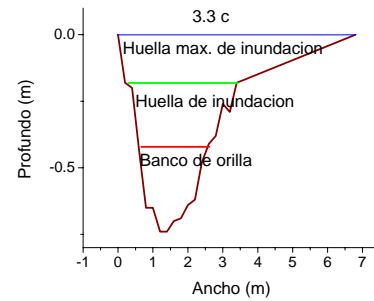
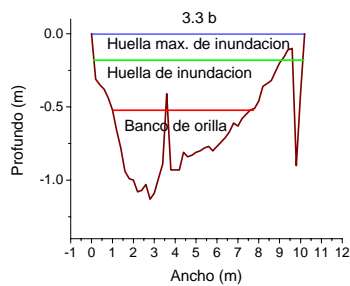
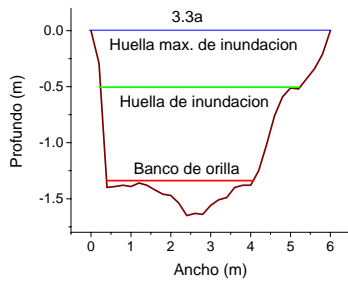




Sitio	Tipo de río	Cal riparia
2.4 ¹ a	B2a	7
2.4 ¹ b	A2a	7.5
2.4 ¹ c	F2b	8

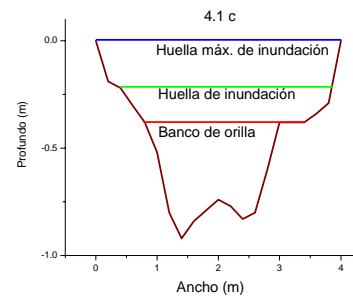
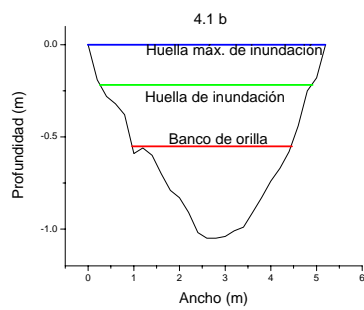
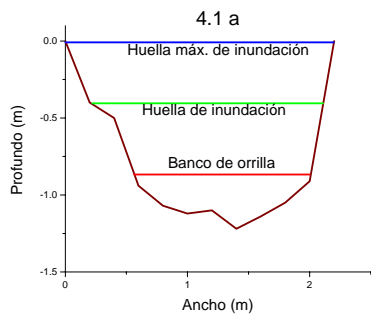


Sitio	Tipo de río	Cal riparia
3.3 ³ a	B1a	5.6
3.3 ³ b	B1a	5.4
3.3 ³ c	B1a	5.6

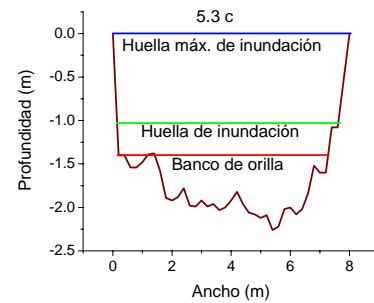
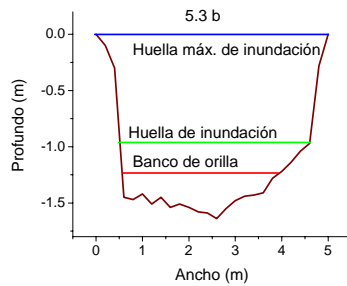
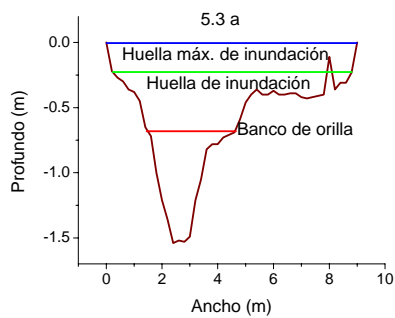




Sitio	Tipo de río	Cal riparia
4.1 ¹ a	B2a	3.7
4.1 ¹ b	B2a	3.7
4.1 ¹ c	B2a	3.5

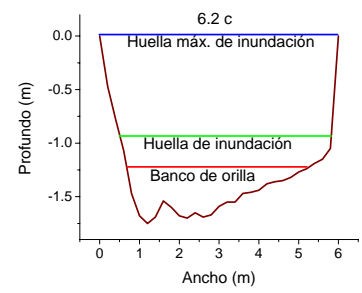
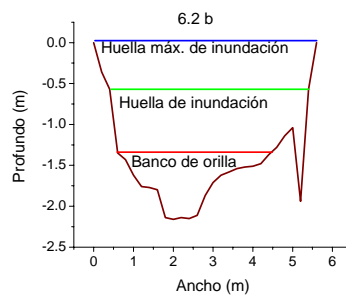
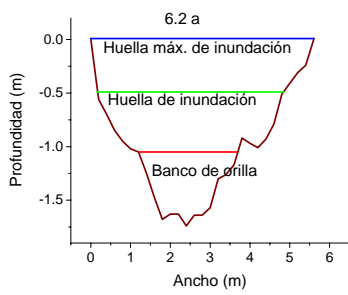


Sitio	Tipo de río	Cal riparia
5.3 ³ a	B6a	3.13
5.3 ³ b	B2a	4.93
5.3 ³ c	A6a+	4.85





Sitio	Tipo de río	Cal riparia
6.2 ² a	B3a	4.51
6.2 ² b	G2	4.11
6.2 ² c	E3b	4.49



Sitio	Tipo de río	Cal riparia
7.8 ² a	E2	8.6
7.8 ² b	E2	7.8
7.8 ² c	E2	6.6

