



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

---

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSGRADO EN CIENCIAS FORESTALES**

**LA CUENCA DEL RÍO CHIQUITO, MUNICIPIO DE  
COALCOMÁN, MICHOACÁN: SU DEGRADACIÓN Y  
UNA ALTERNATIVA DE REHABILITACIÓN**

**JOSÉ LUIS NERI GARCÍA**

**T E S I N A**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRÍA TECNOLÓGICA EN**

**MANEJO SUSTENTABLE DE BOSQUES**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**

**2021**

La presente tesina titulada: **LA CUENCA DEL RÍO CHIQUITO, MUNICIPIO DE COALCOMÁN, MICHOACÁN: SU DEGRADACIÓN Y UNA ALTERNATIVA DE REHABILITACIÓN**, realizada por el alumno: **José Luis Neri García**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA TECNOLÓGICA EN  
MANEJO SUSTENTABLE DE BOSQUES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Tangaxuhan Llanderal Ocampo

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Arnulfo Aldrete

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alejandro Velázquez Martínez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, enero de 2021

# LA CUENCA DEL RÍO CHIQUITO, MUNICIPIO DE COALCOMÁN, MICHOACÁN: SU DEGRADACIÓN Y UNA ALTERNATIVA DE REHABILITACIÓN

José Luis Neri García, M.T.  
Colegio de Postgraduados, 2021

## RESUMEN

Las cuencas hidrológicas brindan una gama de bienes y servicios a la sociedad, resultantes de la interacción entre sus componentes físicos y biológicos. La integridad de esas relaciones asegura que exista un flujo de energía y materia entre los elementos bióticos, continuidad de los ciclos biogeoquímicos, hábitats para flora y fauna nativa y captación e infiltración de agua, con disponibilidad para los habitantes establecidos en la cuenca de que se trate o aún fuera de ésta.

Generalmente los procesos que se viven al interior de las cuencas son ignorados por la mayoría de sus habitantes, quienes modifican la vegetación natural extrayendo ejemplares en forma selectiva o realizando cambios de uso de suelo.

La cuenca del Río Chiquito del municipio de Coalcomán, Michoacán, ha sufrido alteraciones desde el establecimiento de la población en su límite sur, por lo que demanda acciones que busquen reestablecer la composición, estructura y función de sus componentes bióticos, generando en consecuencia servicios ecosistémicos de manera ininterrumpida.

**Palabras Clave:** Cuenca hidrográfica, rehabilitación forestal, servicios ecosistémicos

# THE RÍO CHIQUITO BASIN, MUNICIPALITY OF COALCOMÁN, MICHOACÁN: ITS DEGRADATION AND AN ALTERNATIVE FOR REHABILITATION

José Luis Neri García, M.T.  
Colegio de Postgraduados, 2021

## ABSTRACT

Hydrological basins provide a range of goods and services to society, resulting from the interaction between their physical and biological components. The integrity of these relationships ensures that there is a flow of energy and matter between the biotic elements, continuity of the biogeochemical cycles, habitats for native flora and fauna, and water gathering and infiltration, with availability for the inhabitants established in the basin or even out of it.

In general the processes that take place within the basins are ignored by the majority of its inhabitants, who modify the natural vegetation by extracting specimens selectively or making changes in land use.

The Río Chiquito basin of the municipality of Coalcomán, Michoacán, has suffered from alterations since the establishment of the population in its southern limit. Necessary actions are demanded that seek to reestablish the composition, structure and function of its biotic components, thus generating ecosystem services in an uninterrupted way.

**Keywords:** River basin, forest rehabilitation, ecosystem services

## DEDICATORIA

A Irania Denis, por ser la compañera que siempre había idealizado, te amo.

A mis hijos; José Luis, Rodrigo Isaí, Danna Isaura y Enrique Emiliano, con la esperanza que les represente una motivación para lograr las metas que se propongan.

A mi madre Matilde García Osnaya, por ser la mujer incansable y dedicada, que merece todo mi amor y respeto.

A mis hermanos, Genoveva, Rodolfo, Martha Eugenia y Francisco Javier, por su apoyo y en recuerdo a los años y vivencias de nuestra infancia y juventud.

En especial, como un pequeño tributo a mi hermano Alejandro, por todos los momentos que pasamos juntos y ahora forman parte de mis recuerdos más preciados.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a la Comisión Nacional Forestal, por su apoyo para participar en esta experiencia que me ha brindado la oportunidad de crecer como profesionalista.

Al Colegio de Postgraduados y el cuerpo de docentes que trabajaron con el grupo del Programa de Maestría Tecnológica en Manejo Sustentable de Bosques, al que pertencí, por brindarnos sus conocimientos, su paciencia y dedicación, muchas gracias.

A mis Asesores, Dr. Arnulfo Aldrete y Dr. Alejandro Velázquez Martínez, por sus aportaciones para la mejora de mi trabajo.

A mi Consejero, M.C. Tangaxuhan Llanderal Ocampo, por sus atinadas observaciones, el tiempo dedicado y sobre todo, el apoyo para la elaboración de la Tesina.

Con el afán de no omitir personas o instituciones que merezcan mi reconocimiento, hago extensivo mi agradecimiento a todas aquellas que de alguna forma participaron en este proceso.

Gracias Totales a Todos

## CONTENIDO

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
1 INTRODUCCIÓN .....	1
2 OBJETIVOS .....	3
2.1 Objetivo General.....	3
2.2 Objetivos Específicos .....	3
3 JUSTIFICACIÓN .....	4
4 REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
4.1 La importancia de la Restauración de Ecosistemas .....	5
5 MARCO DE REFERENCIA .....	10
5.1 Definiciones.....	10
5.2 Fundamento jurídico.....	18
5.2.1 Marco Jurídico Federal .....	19
5.2.2 Marco Jurídico Estatal .....	25
5.2.3 Marco Jurídico Municipal .....	30
6 METODOLOGÍA.....	31
6.1 Caracterización de la Cuenca del Río Chiquito .....	31
6.2 Evaluación del estado actual de la microcuenca.....	31
6.3 Proyecto de restauración.....	32
7 RESULTADOS .....	33
7.1 Caracterización de la microcuenca Río Chiquito.....	33
7.1.1 Caracterización Física .....	33
7.1.2 Caracterización Socioeconómica.....	49
7.1.3 Caracterización Biológica .....	51
7.2 Degradación de la microcuenca.....	60
7.3 Proyecto de restauración.....	68
7.3.1 Consideraciones para el proyecto.....	68

7.3.2	Actividades de restauración .....	73
7.3.3	Principios en los que se basará la restauración.....	76
7.3.4	Resultados esperados .....	79
8	CONCLUSIONES.....	80
9	LITERATURA CITADA.....	83

## LISTA DE CUADROS

	Página	
Cuadro 1	Coordenadas geográficas que enmarcan la microcuenca.	33
Cuadro 2	Distribución superficial de los tipos de rocas presentes en la Microcuenca.	38
Cuadro 3	Topoformas presentes en la Microcuenca.	40
Cuadro 4	Principales elevaciones de la Microcuenca.	42
Cuadro 5	Tipos de Clima en la Microcuenca.	44
Cuadro 6	Tipos de Suelo en la Microcuenca.	46
Cuadro 7	Indicadores de pobreza y rezago social en el municipio de Coalcomán.	50
Cuadro 8	Indicadores de pobreza y rezago social en el municipio de Coalcomán.	50
Cuadro 9	Índice de Desarrollo Humano Municipal 2010.	51
Cuadro 10	Especies dominantes del estrato arbóreo.	53
Cuadro 11	Especies dominantes del estrato arbustivo.	53
Cuadro 12	Especies dominantes del estrato herbáceo.	54
Cuadro 13	Especies dominantes de la selva baja caducifolia.	55
Cuadro 14	Especies Vegetales en Estatus.	57
Cuadro 15	Mamíferos de fauna silvestre avistados en la microcuenca.	57
Cuadro 16	Aves de fauna silvestre avistadas en la microcuenca.	58
Cuadro 17	Reptiles de fauna silvestre avistados en la microcuenca.	58
Cuadro 18	Especies de fauna silvestre en estatus.	59
Cuadro 19	Superficie por Uso de Suelo de la microcuenca 2007.	63
Cuadro 20	Superficie por Uso de Suelo de la microcuenca 2013.	64
Cuadro 21	Superficie por Uso de Suelo de la microcuenca 2017.	66
Cuadro 22	Comparación de la superficie y porcentaje por Uso de Suelo en tres evaluaciones.	66
Cuadro 23	Comparación de la superficie por Uso de Suelo entre los datos de los años 2007 y 2017.	67

## LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura	1 Macrolocalización de la Microcuenca Río Chiquito.	34
Figura	2 Microlocalización de la Microcuenca Río Chiquito.	35
Figura	3 Plano de Geología de la microcuenca Río Chiquito.	37
Figura	4 Plano Fisiográfico de Topoformas de la microcuenca Río Chiquito.	39
Figura	5 Plano Topográfico de la microcuenca Río Chiquito.	41
Figura	6 Plano de Clima de la microcuenca Río Chiquito.	43
Figura	7 Plano de Suelos de la microcuenca Río Chiquito.	45
Figura	8 Plano de Escurrimientos superficiales de la microcuenca Río Chiquito.	48
Figura	9 Plano de Zonificación Forestal ERF 2007.	62
Figura	10 Plano de Vegetación y Uso de Suelo. INEGI 2013.	63
Figura	11 Plano de Vegetación y Uso de Suelo. INEGI 2017.	65

## 1 INTRODUCCIÓN

Las condiciones atmosféricas variables que se manifiestan en nuestro territorio nacional, nos demuestran con claridad, que hemos pasado de las advertencias del cambio climático y sus consecuencias, a vivir la realidad del fenómeno, generado por el incremento exponencial de la población y sus actividades que, de manera reiterativa, ocasionan daño severo a las áreas naturales.

Hoy, más que nunca, sabemos que los bosques y selvas brindan una gama de servicios ecosistémicos sobre los que descansan las sociedades y su bienestar. Al proveerse de estos servicios, las sociedades ocasionan diversos disturbios en los ecosistemas, como fragmentación, reducción de su biodiversidad, cambios de uso de suelo, residuos generados por actividades productivas, sólidos urbanos, descargas de aguas residuales y emisiones a la atmósfera, producto de la transformación, industrialización o actividades cotidianas de la población.

En este contexto, las áreas que evidencian fuertes afectaciones son las microcuencas donde están asentadas las poblaciones y dentro de éstas, las zonas limítrofes a los centros urbanos, debido a su fácil acceso. Estas áreas reciben los mayores impactos, resultantes de la búsqueda de satisfacer necesidades de espacio para desarrollos habitacionales, cultivo con fines de alimentación humana, de ganado o algún otro bien, como leña para combustible.

Los ejemplos de nuestros impactos a los ecosistemas forman parte de un paisaje al que ya nos hemos acostumbrado a observar, sin reparar en las secuelas para nuestro bienestar como sociedad. El flujo de bienes y servicios que los ecosistemas aportan es un aspecto ignorado por la gran mayoría de la población. El desconocimiento de la función que cada especie o grupo de especies tiene dentro del ecosistema, ha propiciado el aprovechamiento de recursos sin principios sustentables, alterando la armonía en las relaciones de los elementos bióticos y abióticos, manifestándose a nivel local, con repercusiones a nivel global.

Estos procesos ecológicos, llamados servicios ambientales, son muy variados e incluyen funciones de soporte, como mantenimiento de la biodiversidad, ciclo de nutrientes y

formación de suelo; regulan los ciclos biogeoquímicos, el ciclo hidrológico, el clima; proveen de alimento, materias primas o recursos genéticos y aportan también, servicios culturales, como áreas con belleza escénica, lugares para recreación y esparcimiento, así como espacios para el desarrollo de la ciencia y la educación, solo por nombrar los más representativos.

Este recuento de servicios ambientales muestra la trascendencia de la conservación o, en su caso, la restauración de ecosistemas que han sido degradados, dañados o eliminados, a través del restablecimiento de su composición, estructura y función.

Adicionalmente, los efectos del cambio climático sobre la diversidad y funcionamiento de los ecosistemas han menguado paulatinamente la calidad y cantidad de satisfactores que fluyen hacia la sociedad, traducidos en valores ambientales de importancia capital para el bienestar presente y futuro de la humanidad.

La cabecera municipal de Coalcomán, Michoacán, al igual que muchas otras poblaciones, se ha visto afectada por las alteraciones antropogénicas al entorno natural. La obtención de bienes a costa de los servicios ambientales que la microcuenca del Río Chiquito proporciona, ha deteriorado el estado de los ecosistemas demandando, en consecuencia, la planeación y posterior ejecución de actividades que permitan su rehabilitación como fuente generadora de bienes tangibles e intangibles.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Evaluar el grado de alteración de los procesos ecológicos de la microcuenca del Río Chiquito y proponer actividades para la rehabilitación de la parte alta de la cuenca.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Identificar los cambios en la composición, estructura y función de la cubierta vegetal original de la cuenca.

Determinar las acciones antropogénicas que han deteriorado física y biológicamente la cuenca.

Plantear opciones destinadas a darle continuidad al flujo de servicios ecosistémicos de la zona alta de la cuenca (recuperar la biodiversidad).

Generar propuestas enfocadas a la concientización de las instituciones y la población sobre la importancia de la protección y conservación de la cuenca.

### 3 JUSTIFICACIÓN

Los cambios en el flujo de bienes y servicios que los ecosistemas forestales aportan a la sociedad, salvo contadas excepciones, se presentan en forma paulatina, pasando desapercibidos hasta en tanto no se haga una comparación es espacio y tiempo. Con relativa facilidad, la población se acostumbra a observar en el paisaje un mosaico conformado por vegetación y espacios donde las actividades humanas han modificado la cobertura del suelo, adaptando la superficie a sus necesidades. Con el propósito de satisfacer sus demandas, la población actúa sobre los recursos naturales a su alcance, con un criterio cortoplacista.

La mayoría de las ocasiones se procede sin conocimiento sobre la gran cantidad de consecuencias negativas que se ocasionan a cada uno de los componentes de los ecosistemas. La modificación de la proporción de especies y su distribución horizontal y vertical altera el flujo de energía e intercambio de materia entre los elementos bióticos.

El suelo y el agua se pierden, el primero por erosión hídrica y eólica, mientras que el agua reduce sus volúmenes de infiltración y aumenta su esorrentía, escapándose la posibilidad de utilizarla para consumo humano y actividades productivas. Esta problemática es la que se vive en los terrenos ubicados en la microcuenca del Río Chiquito, en Coalcomán, Michoacán, a tal grado que la población establecida en la zona sur ya resiente sus consecuencias.

Es necesario romper con esa inercia de deterioro, que pronostica a corto plazo, una reducción considerable de elementos de bienestar para la población, reducción de hábitats para flora y fauna, aunados a la pérdida de biodiversidad en la cuenca.

Este proyecto de rehabilitación de la zona norte de la microcuenca del Río Chiquito, pretende, por un lado, restablecer composición, estructura y función del ecosistema bosque y en segundo término, ser el detonante que propicie un efecto acumulativo en la generación de propuestas y estrategias de restauración de la microcuenca.

## 4 REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 La importancia de la Restauración de Ecosistemas

La búsqueda del restablecimiento de los servicios ecosistémicos, a través de la restauración ecológica como alternativa para satisfacer las necesidades sociales y económicas, utilizar los recursos con principios de sustentabilidad, respetando la riqueza natural y ser una estrategia que coadyuve a reducir los efectos del cambio climático, está recibiendo un reconocimiento cada vez mayor por parte de los gobiernos de todos los países del mundo (Dourojeanni *et al.*, 2002; citados por Cuevas *et al.*, 2010).

Los esfuerzos para reestablecer los flujos hídricos, de materia y energía se han centrado en esos espacios físicos-naturales denominados cuencas hidrográficas, valorando la íntima relación que existe entre los componentes bióticos y abióticos que la integran, convirtiéndose en el criterio más utilizado para el estudio y gestión de recursos naturales (Wolker *et al.*, 2006; Cotler y Claire, 2009; citados por Garrido *et al.*, 2010).

Las cuencas presentan condiciones diferentes a lo largo de su gradiente altitudinal, llevándose a cabo fenómenos diferentes según la posición del terreno en que éste se encuentre; es por ello que se han diferenciado tres zonas funcionales en el cuerpo de las cuencas (Black, 1996; Brooks *et al.*, 2007; citados por Garrido *et al.*, 2010).

a) el área de colecta o captación, donde las aguas que se precipitan son captadas, infiltradas y, posteriormente, concentradas transformándose en escorrentía.

b) el área de almacenamiento hídrico, cuya capacidad variará en cantidad y duración dentro del sistema; esta zona es un área de funciones mixtas pues además de almacenar, también desaloja agua cuenca abajo.

c) la zona de descarga, de salida o de emisión hídrica de la cuenca, que típicamente se presentará en forma de escorrentía.

Dentro de esta diferenciación, las áreas con mayor altura sobre el nivel del mar se distinguen por ser las zonas donde existe la mayor intercepción e infiltración de las precipitaciones que caen en la cuenca, abasteciendo mantos freáticos y generando escurrimientos hacia las partes bajas, enriqueciendo con su gasto arroyos y ríos de las

partes bajas, lo que convierte a estas regiones de las cuencas, en las zonas claves para el manejo integrado del sistema hidrológico (Black, 1996; citado por Garrido *et al.*, 2010).

El flujo de recursos hídricos y la circulación de materiales y energía dentro de la cuenca propicia el desarrollo de vegetación y fauna, que en nuestro país es reconocida por su amplia diversidad. Esta condición de riqueza biológica se convierte en una responsabilidad global de conservación que demanda atención inmediata, ya que actualmente se encuentra amenazada por las actividades antropogénicas, que están expandiendo los terrenos dedicados a la agricultura, ganadería, industria y zonas urbanas, fragmentando, reduciendo y contaminando los ecosistemas nacionales (Challenger *et al.*, 2009; SEMARNAT, 2008; citados por Cuevas *et al.*, 2010).

Las afectaciones a la vegetación impactan a primera vista el paisaje de la cuenca, pero las modificaciones, van más allá de lo observado a nivel superficial, ya que la vegetación realiza funciones primordiales para el bienestar de la sociedad, como mantener la calidad del agua, regular la cantidad y periodicidad de los cauces, mantener la estabilidad ambiental cuenca arriba-cuenca abajo, infiltrar agua para recargar los acuíferos, proteger al suelo, capturar CO<sub>2</sub>, controlar las inundaciones y ser refugio y proveedor de recursos para la fauna, por mencionar algunas de sus funciones más importantes, resultando la superficie ocupada por vegetación y su distribución sobre el terreno, un indicador de las condiciones ambientales de la cuenca (Matthews *et al.*, 2000; Revenga *et al.*, 1998; citados por Cuevas *et al.*, 2010).

De existir vegetación secundaria en la cuenca, puede ser el resultado de diversos factores. En primera instancia suele ser la manifestación de impactos a la vegetación primaria, afectada por algún fenómeno adverso de origen natural o humano, en donde consecuentemente, se restablece la sucesión vegetal, cumpliendo esta formación de flora secundaria, funciones importantes para la dinámica de las cuencas (Reynolds y Stafford-Smith, 2002; citados por Cuevas *et al.*, 2010).

La alternancia entre vegetación y espacios que interrumpen su continuidad dentro de la cuenca incrementa la susceptibilidad a sufrir daños ante la presencia de disturbios, limitando el número de parches, su tamaño y distribución, las funciones esenciales de la vegetación hacia otros componentes; todo lo cual denota la falta de conectividad, baja

funcionalidad y alta vulnerabilidad del ecosistema (Forman y Godron, 1986; Franklin, 1992; Stanford y Ward, 1992; citados por Cuevas *et al.*, 2010).

La cuenca Río Coalcomán, a la que pertenece la microcuenca Río Chiquito, cuenta con 40 al 60% de vegetación primaria y el mismo rango para vegetación secundaria, presentando una conectividad muy baja en cuanto a la vegetación primaria y media para la vegetación secundaria, presentando un índice de transformación humana bajo (Cuevas *et al.*, 2010a).

El crecimiento exponencial de la población y la demanda de bienes y servicios directamente proporcional a este crecimiento, rebasan los límites de producción de los recursos naturales, sobre utilizando e impactándolos negativamente, trayendo como consecuencia efectos degradantes en su estructura, función y distribución.

Las actividades humanas y la creciente demanda por bienes como alimento, vivienda, agua potable y servicios ambientales generan constantemente, y en amplias escalas geográficas, una presión sobre los recursos naturales con grandes impactos, la mayoría de ellos negativos, sobre la estructura, funcionamiento y distribución de éstos (Challenger *et al.*, 2009; Cuevas *et al.*, 2010b; Vitousek *et al.*, 1997; citados por Cuevas *et al.*, 2010b).

Estos impactos sobre la vegetación natural, se presentan a escalas diferentes en espacio y tiempo, generando procesos desfavorables en detrimento de los servicios ecosistémicos que brindan las cuencas, resultando difícil de revertir la pérdida y degradación de la flora local, con consecuencias hacia las funciones de estabilización del suelo, regulación del volumen y periodicidad de los caudales y la purificación e infiltración del agua que realizan las plantas (Cuevas *et al.*, 2010b; Matthews *et al.*, 2000, Revenga *et al.*, 1998; citados por Cuevas *et al.*, 2010b).

Las diferentes funciones que realiza la vegetación, de acuerdo con su ubicación en la cuenca, representan una guía para identificar y estudiar los cambios ocurridos en su funcionamiento, cuando existe una remoción parcial o total, ya que se ven afectados los procesos de intercambio de materiales y energía cuenca arriba o cuenca abajo, manifestándose su estado ambiental y su capacidad para mantener funciones y servicios fundamentales para toda la sociedad.

Para el caso de la cuenca Río Coalcomán, la tasa de pérdida anual de vegetación natural, en el periodo 1979-2009, osciló en el rango de 1-500 ha/año (Cuevas *et al.*, 2010b).

No solo la vegetación y el agua se ven afectados por nuestras actividades, otro de los componentes de las cuencas que sufre los embates de los quehaceres humanos, es el suelo. El daño a este recurso puede verse manifestado a través del transporte de partículas de su parte superficial, acarreadas por el agua o el aire, comúnmente conocido como erosión hídrica y eólica. La otra forma de afectación, resulta mucho más compleja, pues incluye cambios *in situ*, es decir, no hay transporte de partículas, pero existen alteraciones en las propiedades físicas, como compactación o pérdida de la estructura; cambios en las propiedades químicas, que incluye pérdida de fertilidad, contaminación, la acidificación o salinización; modificaciones de las propiedades biológicas del suelo, manifestadas principalmente por desequilibrio en la actividad biótica en el suelo. (Oldeman *et al.*, 1991; citado por Garrido *et al.*, 2010).

Con la finalidad de evitar las manifestaciones de erosión del suelo, es recomendable introducir prácticas de prevención en los sistemas de producción, medidas que ayudarán a no recurrir a realizar acciones correctivas, puesto que este fenómeno se presenta en diferentes grados de intensidad y a velocidades que atienden la erosividad del agente causante, entre los que destacan las actividades agrícolas y pecuarias (SEMARNAT, 2009; citado por Garrido *et al.*, 2010).

En la cuenca Río Coalcomán, se tiene un proceso dominante de erosión hídrica, con un nivel fuerte, en una superficie del 25-50% de la superficie de la cuenca. En la misma cuenca se determinó que el estado de alteración ecohidrológica, presenta un grado de alteración muy bajo, la inferior de cinco categorías (Garrido *et al.*, 2010).

Son diversos los síntomas de deterioro que manifiestan los ecosistemas que nos abastecen de bienes y servicios, amenazando la biodiversidad que albergan, conduciendo a la pérdida irreversible de poblaciones, especies y a la degradación de los servicios ambientales, fenómenos auspiciados por la destrucción de hábitats, introducción de especies, contaminación y los efectos del cambio climático, todos ellos con tendencias al alta (CONABIO, 2008; citado por Aguilar *et al.*, 2010).

La diversidad de especies vegetales y animales que convergen en una cuenca, aunado a las características físicas de ésta, le brinda su funcionalidad. Las causas de reducción de los servicios que fluyen de las cuencas, como el recurso hídrico para consumo humano y actividades agrícolas y pecuarias, surgen como resultado de la sobreexplotación del recurso, la eliminación de la vegetación y la contaminación, deteriorando las relaciones funcionales en la cuenca (CONABIO, 2009; citado por Aguilar *et al.*, 2010).

La cuenca Río Coalcomán, tiene un nivel de prioridad extrema para la conservación de la biodiversidad terrestre y un nivel muy alto de impactos antropogénicos para la biodiversidad (Aguilar *et al.*, 2010).

Son muchos los bienes y servicios que brindan bienestar a la sociedad y, dentro de éstos, los servicios ambientales son de los más desestimados por la población. Al paso actual se corre el riesgo de sufrir grandes desabastos de recursos hídricos, por ejemplo, situación que demanda la creación de instrumentos que ayuden a vincular el manejo sustentable del capital natural y su conservación con el bienestar social (Aguilar *et al.*, 2010).

Ante la carencia de una política integral que aborde el tema, los instrumentos ambientales que surgen como alternativa para lograr un mejor manejo de las cuencas tienen que ver con el impulso de los ordenamientos territoriales que llevan implícito el aprovechamiento de recursos naturales y el fomento de las áreas destinadas a la conservación y uso sustentable de la biodiversidad (Bezaury-Creel *et al.*, 2009). La disminución en la tasa de cambio de uso de suelo en algunas zonas de México se ha visto favorecida ante la existencia de instrumentos e iniciativas de conservación (Figuroa *et al.*, 2008; Durán *et al.*, 2007; citados por Bezaury-Creel *et al.*, 2009).

## 5 MARCO DE REFERENCIA

### 5.1 Definiciones

Agricultura migratoria.

Sistema agrícola en que se cultiva la tierra por un periodo de tiempo luego del cual es abandonada por otra área de terreno contiguo o no (ONG Perú Ecológico, 2009).

Agua subterránea.

La que está contenida en los huecos interconectados de las rocas (espacio intersticial) (Lugo, 2011).

Agua superficial.

Agua proveniente de las precipitaciones que no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación que se encuentra fluyendo (discurriendo) o en reposo (ONG Perú Ecológico, 2009). Todas las aguas que existen en la superficie del terreno. Incluye: humedales, lagos, ríos, quebradas (incluyendo intermitentes), marismas, charcas de aguas claras y otros (Departamento de Agricultura de los EEUU, s/año).

Arroyo.

Caudal corto de agua de flujo generalmente discontinuo. Curso de agua pequeño y esporádico –que ocurre por casualidad (no confundir con intermitente –con paradas pasajeras-, ni con estacional –que corre periódicamente). Río poco caudaloso. Curso de agua, generalmente pequeño o en formación, de escurrimiento permanente o intermitente (CONANP, 2006). Agua que fluye continua o intermitentemente según un curso bien definido como el de un río, generalmente en una escala más pequeña (NMX-AA-089/2-1992). Corriente fluvial de temporada (Lugo, 2011). Pequeño curso de agua o escurrimiento, de poca profundidad, por lo general con flujo discontinuo y en cierto modo turbulento. Río poco caudaloso (De la Lanza *et al.*, 1999).

Asentamiento humano.

El establecimiento de un conglomerado demográfico, con el conjunto de sus sistemas de convivencia, en un área físicamente localizada, considerando dentro de la misma los

elementos naturales y las obras materiales que lo integran (Ley General de Asentamientos Humanos, 2010).

Asociación vegetal.

Comunidad vegetal de composición florística característica y con especies dominantes que le dan nombre. Las asociaciones vegetales se relacionan con condiciones ecológicas y geográficas particulares. Comunidad vegetal formada por individuos o plantas con límites definidos por factores ambientales bajo condiciones naturales inalterables y composición florística similar, especialmente en los estratos superiores y que ocupan una extensión con características ecológicas similares y están determinadas por factores climáticos como; lluvias, temperatura, suelo, drenaje, topografía y otros. (CONANP, 2006).

Biodiversidad.

Variabilidad entre organismos vivos de todas las fuentes incluyendo, en el sentido más amplio, organismos terrestres, marinos y de cualquier otro tipo de sistema, así también de los complejos ecológicos de los cuales forman parte; incluye tanto la variabilidad dentro de las especies, entre especies y entre ecosistemas (ONU, 1992).

Caliza.

Roca sedimentaria consistente en calcita o residuos calcáreos de organismos, raras veces de aragonita. Con frecuencia contiene minerales de dolomita, partículas arcillosas y arenosas (Lugo, 2011). Roca sedimentaria que al peso contiene al menos un 50 % de carbonato de calcio (Ramsar, 2007a). Término general para una clase de rocas que contiene al menos 80 % de los carbonatos de calcio o magnesio; puede ser de color gris, blanco o gris azulado, dependiendo de las impurezas. Es moderadamente soluble en agua (De La Lanza *et al.*, 1999).

Cambio climático.

Totalidad de los fenómenos que se producen en la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera, la geosfera y sus interacciones. Cambio significativo observado en el clima de una región

entre dos periodos de referencia. Fluctuación a largo plazo en la lluvia, temperatura y otras condiciones del clima terrestre. (CONANP, 2006).

Cuenca hidrográfica.

Unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales. Es un concepto utilizado para designar un territorio, región o zona, cuya característica principal es que el agua de lluvia que cae en esa superficie escurre hacia un cauce común. Es decir que toda el agua acumulada desemboca ya sea en un afluente más grande, una laguna o el mar. (CONAGUA, 2003).

"Cuenca Hidrológica": Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parteaguas o divisoria de las aguas, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente.

La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas. (Ley de Aguas Nacionales, 1992).

Una cuenca es un territorio mayor a 50 mil hectáreas; las subcuencas cubren una superficie de cinco mil a 50 mil hectáreas; las microcuencas entre tres mil y cinco mil hectáreas, y cuando las condiciones orográficas lo permiten, hay microcuencas menores a tres mil hectáreas (CONAGUA, 2003).

Una cuenca hidrográfica y una cuenca hidrológica se diferencian en que la cuenca hidrográfica se refiere exclusivamente a las aguas superficiales, mientras que la cuenca hidrológica incluye las aguas subterráneas (acuíferos) (Universidad José Cecilio del Valle, 2011).

Descarga.

La acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor (Ley de Aguas Nacionales, 1992).

Desmonte.

Acción de derribar la vegetación, fraccionarla y después de que ésta obtiene un grado de desecación, proceder a destruirla generalmente empleando fuego, para posteriormente dedicar el terreno a las actividades agropecuarias (De la Lanza *et al.*, 1999).

Ecosistema.

Unidad funcional básica de la naturaleza que incluye tanto organismos como su entorno no viviente, los cuales están íntimamente relacionados por una variedad de procesos biológicos, químicos y físicos (CONANP, 2006).

Educación Ambiental.

Proceso de formación dirigido a toda la sociedad, tanto en el ámbito escolar como en el ámbito extraescolar, para facilitar la percepción integrada del ambiente a fin de lograr conductas más racionales a favor del desarrollo social y del ambiente. La educación ambiental comprende la asimilación de conocimientos, la formación de valores, el desarrollo de competencias y conductas con el propósito de garantizar la preservación de la vida (Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2011).

Equilibrio ecológico.

La relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos (Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2011).

Erosión (suelo).

Desgaste del suelo por acción de diversos factores naturales como los vientos (erosión eólica), lluvias (erosión pluvial), ríos (erosión fluvial). Las dos últimas forman parte de la erosión hídrica. Existen muchos tipos diferentes de erosión, por ejemplo: erosión

acelerada, antrópica, en canalillos, en cárcavas, geológica, glaciaria, inducida, laminar, lateral, por marea, por riachuelo (CONANP, 2006).

Esguirmiento superficial o escorrentía.

Es la parte del agua que esgurre sobre el suelo y después por los cauces de los ríos (Campos, 1988).

Especie clave.

Aquella cuya presencia determina significativa y desproporcionadamente respecto a su abundancia, la diversidad biológica, la estructura o el funcionamiento de una comunidad (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Especie dominante.

Preponderancia cuantitativa de una especie en una comunidad vegetal (Rzedowski, 2006) o animal.

Especie endémica.

Aquella cuyo ámbito de distribución natural se encuentra circunscrito únicamente al Territorio Nacional y a las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Especie introducida.

Es un “organismo que llega a un sitio determinado como consecuencia de acciones humanas. Puede referirse a especies nativas presentes anteriormente en el área y llevadas como parte de un programa de conservación, o a especies exóticas llegadas de manera intencional o accidental” (CONABIO, 2010).

Fauna silvestre.

Las especies animales que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo sus poblaciones menores que se encuentran bajo control del hombre, así como los animales domésticos que por abandono se tornen salvajes y por ello sean susceptibles de captura y apropiación (Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2011).

Flora silvestre.

Las especies vegetales, así como los hongos, que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo las poblaciones o especímenes de estas especies que se encuentran bajo control del hombre (Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2011).

Fragmentación de hábitat.

Proceso de fractura y cambio de la matriz homogénea del paisaje hacia la heterogeneidad espacial del área (CONANP, 2006).

Hábitat.

Conjunto de factores ambientales en un lugar determinado que sirven de sustento a ciertas comunidades vegetales y animales y donde se cumplen las condiciones para satisfacer las necesidades específicas para la vida de determinadas plantas y animales. El hábitat se especifica para cada organismo en particular y no se refiere únicamente a la descripción del tipo de vegetación en la cual se desarrolla (CONANP, 2006). El sitio específico en un medio ambiente físico, ocupado por un organismo, por una población, por una especie o por comunidades de especies en un tiempo determinado (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Hidrología.

Ciencia que estudia las aguas naturales y los fenómenos y procesos que trascurren en la hidrósfera (Lugo, 2011).

Impacto ambiental.

Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la Naturaleza (Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2011).

Infiltración.

Se le llama infiltración cuando el agua penetra al subsuelo y es gradualmente conducida a capas más profundas, pudiendo penetrar a través de los mantos rocosos subterráneos,

pasando entre sus pequeñas grietas. Se debe distinguir la infiltración de la percolación, que implica flujo de agua a través del suelo o sustancia porosa (CONANP, 2006).

Manejo de cuenca.

Utilización, aprovechamiento beneficioso, regulación y control tecnológico de los recursos naturales de una cuenca hidrográfica para garantizar su desarrollo y uso sostenible. Incluye la protección, desarrollo, operación o mantenimiento del terreno, la vegetación y los recursos hídricos de una cuenca hidrológica para la conservación de todos sus recursos para el beneficio de las comunidades asentadas en ella (CONANP, 2006).

Manejo de hábitat.

Aquél que se realiza sobre la vegetación, el suelo y otros elementos o características fisiográficas en áreas definidas, con metas específicas de conservación, mantenimiento, mejoramiento o restauración (Ley General de Vida Silvestre, 2011).

Parteaguas.

Línea imaginaria del contorno de una cuenca hidrográfica, que la separa de las adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación en el sistema de cauces que fluye hacia la salida de dicha cuenca (De la Lanza *et al.*, 1999). También conocido como *divisoria de aguas* (Lugo, 2011).

Protección.

El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro (Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2011).

Recursos Naturales.

Todos aquellos bienes naturales renovables y no renovables susceptibles de aprovechamiento a través de los procesos productivos rurales y proveedores de servicios ambientales: tierras, bosques, recursos minerales, agua, comunidades vegetativas y animales y recursos genéticos (Ley de Desarrollo Rural Sustentable, 2001). El elemento

natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre (Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2011).

Restauración (ecológica).

Renovación o reparación de un sistema natural tal que sus funciones y cualidades sean comparables a su estado original, no alterado (CONANP, 2006). Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales (Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2011).

Río.

Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar (Ley de Aguas Nacionales, 1992).

Servicios Ambientales.

Los beneficios de interés social que se generan o se derivan de las cuencas hidrológicas y sus componentes, tales como regulación climática, conservación de los ciclos hidrológicos, control de la erosión, control de inundaciones, recarga de acuíferos, mantenimiento de escurrimientos en calidad y cantidad, formación de suelo, captura de carbono, purificación de cuerpos de agua, así como conservación y protección de la biodiversidad. Para la aplicación de este concepto en la Ley de Aguas Nacionales, se consideran primordialmente los recursos hídricos y su vínculo con los forestales. (Ley de Aguas Nacionales, 1992).

Servicios ambientales hidrológicos.

Los servicios que brindan los bosques y selvas y que inciden directamente en procesos tan importantes como la capacidad de recarga de los mantos acuíferos, el mantenimiento de la calidad de agua, la reducción de la carga de sedimentos cuenca abajo y la reducción de las corrientes durante los eventos extremos de precipitación (Programa Estatal Hidráulico de Guanajuato, 2006-2030).

Sucesión.

Proceso gradual de cambio en el número de individuos de cada especie de comunidad y el establecimiento de nuevas poblaciones de especies que pueden reemplazar gradualmente a los habitantes originales. Secuencia geológica, ecológica o estacional de especies dentro de un hábitat o comunidad (De la Lanza *et al.*, 1999).

Vegetación.

Tapiz vegetal de un país o de una región geográfica. La predominancia de formas biológicas tales como árboles, arbustos o hierbas, sin tomar en consideración su posición taxonómica, conduce a distinguir diferentes tipos de vegetación, como bosque, matorral y pradera (ONG Perú Ecológico, 2009).

Vegetación primaria.

Vegetación en un estado de equilibrio dinámico con el clima reinante, no modificada por actividades humanas o acontecimientos naturales recientes (ONG Perú Ecológico, 2009).

Vegetación secundaria.

Vegetación que tiene una influencia directa o indirectamente por el hombre (Rzedowski, 2006).

Vertiente.

Declive de la superficie terrestre por donde corren o pueden correr las aguas. Generalmente corresponden a las laderas convergentes desde la línea de cresta hacia el río. Las vertientes están separadas por las divisorias. (CONANP, 2006).

## **5.2 Fundamento jurídico**

La legislación nacional cuenta con instrumentos jurídicos en donde se muestra el interés de los tres niveles de gobierno por atender el deterioro de los recursos naturales, asignando responsabilidades para su restauración, con el objetivo de conservar la diversidad biológica de los ecosistemas y el flujo de servicios ecosistémicos en beneficio de la población. Algunos de los artículos que versan sobre el uso de los recursos

naturales, la importancia de la restauración y competencias sobre las actividades a realizar, enfocadas a las cuencas hidrográficas, que han sido publicados por las diferentes autoridades, se muestran a continuación.

### **5.2.1 Marco Jurídico Federal**

#### **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (1917)**

Artículo 4. Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.

Artículo 27. La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.

#### **Ley de Aguas Nacionales (1992)**

Artículo 1. La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

Artículo 2. Las disposiciones de esta Ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo. Estas disposiciones también son aplicables a los bienes nacionales que la presente Ley señala.

Artículo 7. Se declara de utilidad pública:

I. La gestión integrada de los recursos hídricos, superficiales y del subsuelo, a partir de las cuencas hidrológicas en el territorio nacional, como prioridad y asunto de seguridad nacional;

II. La protección, mejoramiento, conservación y restauración de cuencas hidrológicas, acuíferos, cauces, vasos y demás depósitos de agua de propiedad nacional, zonas de

captación de fuentes de abastecimiento, zonas federales, así como la infiltración natural o artificial de aguas para reabastecer mantos acuíferos acorde con las "Normas Oficiales Mexicanas" y la derivación de las aguas de una cuenca o región hidrológica hacia otras;

Artículo 7 Bis. Se declara de interés público:

I. La cuenca conjuntamente con los acuíferos como la unidad territorial básica para la gestión integrada de los recursos hídricos;

Artículo 14 BIS. "La Comisión", conjuntamente con los Gobiernos de los estados, del Distrito Federal y de los municipios, los organismos de cuenca, los consejos de cuenca y el Consejo Consultivo del Agua, promoverá y facilitará la participación de la sociedad en la planeación, toma de decisiones, ejecución, evaluación y vigilancia de la política nacional hídrica.

Para los efectos anteriores, "la Comisión", a través de los Organismos de Cuenca y con apoyo en los Consejos de Cuenca:

V. Concertará acciones y convenios con los usuarios del agua para la conservación, preservación, restauración y uso eficiente del agua.

Artículo 14 BIS 5. Los principios que sustentan la política hídrica nacional son:

IX. La conservación, preservación, protección y restauración del agua en cantidad y calidad es asunto de seguridad nacional, por tanto, debe evitarse el aprovechamiento no sustentable y los efectos ecológicos adversos.

Artículo 20. De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas.

### **Ley General de Cambio Climático (2012)**

Artículo 30. Las dependencias y entidades de la administración pública federal centralizada y paraestatal, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus competencias, implementarán acciones para la adaptación conforme a las disposiciones siguientes:

XVIII. Fortalecer la resistencia y resiliencia de los ecosistemas terrestres, playas, costas y zona federal marítima terrestre, humedales, manglares, arrecifes, ecosistemas marinos y dulceacuícolas, mediante acciones para la restauración de la integridad y la conectividad ecológicas.

### **Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (2013)**

Artículo 1. La presente Ley regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental.

Los preceptos de este ordenamiento son reglamentarios del artículo 4o. Constitucional, de orden público e interés social y tienen por objeto la protección, la preservación y restauración del ambiente y el equilibrio ecológico, para garantizar los derechos humanos a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de toda persona, y a la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental.

Artículo 13.- La reparación de los daños ocasionados al ambiente consistirá en restituir a su Estado Base los hábitats, los ecosistemas, los elementos y recursos naturales, sus condiciones químicas, físicas o biológicas y las relaciones de interacción que se dan entre estos, así como los servicios ambientales que proporcionan, mediante la restauración, restablecimiento, tratamiento, recuperación o remediación.

### **Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2020)**

Artículo 2. Son objetivos generales de esta Ley:

I. Conservar y restaurar el patrimonio natural y contribuir, al desarrollo social, económico y ambiental del país, mediante el manejo integral sustentable de los recursos forestales en las cuencas hidrográficas, con un enfoque ecosistémico en el marco de las disposiciones aplicables;

Artículo 3. Son objetivos específicos de esta Ley:

VI. Coadyuvar en la ordenación y rehabilitación de las cuencas hidrográficas;

XXXV. Promover el diseño y la aplicación de instrumentos económicos para fomentar el desarrollo forestal, la provisión de servicios ambientales, los conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades indígenas y locales, acciones de restauración de cuencas y conservación de la biodiversidad, así como medidas de prevención, adaptación y mitigación ante el cambio climático.

Artículo 4. Se declara de utilidad pública:

I. La conservación, protección y restauración de los ecosistemas forestales y sus elementos, así como de las cuencas hidrográficas, y

Artículo 24. De acuerdo con lo previsto en la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, se coordinará con la Secretaría y con la participación de la Comisión, en su caso, para el cumplimiento de los objetivos de la Ley y, particularmente, en los siguientes aspectos:

VIII. Promover el manejo integral de las cuencas hidrográficas.

Artículo 25. En términos de lo establecido en el primer párrafo del artículo anterior, la Comisión Nacional del Agua y la Comisión Federal de Electricidad también establecerán coordinación con la Secretaría y la Comisión, a fin de desarrollar acciones y presupuestos tendientes al manejo integral de las cuencas, así como para promover la reforestación de zonas geográficas con vocación natural que beneficien la recarga de cuencas y acuíferos, en la valoración de los bienes y servicios ambientales de los bosques y selvas en las cuencas hidrográficas y participar en la atención de desastres o emergencias naturales.

Artículo 46. El Inventario Nacional Forestal y de Suelos será actualizado, por lo menos, cada cinco años y deberá contener la siguiente información:

III. Los tipos de vegetación forestal y de suelos, su localización, formaciones y clases, con tendencias y proyecciones que permitan clasificar y delimitar el estado actual de la deforestación y degradación, así como las zonas de conservación, protección, restauración y producción forestal, en relación con las cuencas hidrográficas, las regiones ecológicas y las áreas naturales protegidas;

Artículo 53. La Secretaría emitirá Normas Oficiales Mexicanas en materia forestal y de suelos, en los términos establecidos en la Ley Federal de Metrología y Normalización, que tengan por objeto:

I. Establecer los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, metas, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en cuencas, regiones, ecosistemas o zonas, en aprovechamiento de recursos forestales, en el desarrollo de actividades económicas, en el uso y destino de bienes, en insumos y en procesos.

Artículo 98. Los interesados en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, deberán comprobar que realizaron el depósito ante el Fondo Forestal Mexicano, por concepto de compensación ambiental, para que se lleven a cabo acciones de restauración de los ecosistemas que se afecten, preferentemente dentro de la cuenca hidrográfica en donde se ubique la autorización del proyecto, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento.

Artículo 122. La Comisión, escuchando la opinión de los Consejos y tomando en cuenta los requerimientos de recuperación en zonas degradadas y las condiciones socioeconómicas de los habitantes de las mismas, promoverá la elaboración y aplicación de programas e instrumentos económicos que se requieran para fomentar las labores de conservación y restauración de los recursos forestales y las cuencas hidrográficas.

Artículo 151. La Comisión, para la realización de las actividades previstas en este capítulo, promoverá la creación de empresas para el aprovechamiento forestal sustentable, la conservación de las cuencas hídricas, la forestación y la reforestación, para lo cual deberá coordinarse con las dependencias de la Administración Pública Federal competentes y con los gobiernos de las Entidades Federativas, de los Municipios

y de las Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México, con el objeto de apoyar las labores del sector social y privado en esta materia.

### **Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (2018)**

Artículo 36. Para garantizar la sustentabilidad de las actividades económicas, la Secretaría emitirá normas oficiales mexicanas en materia ambiental y para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, que tengan por objeto:

I.- Establecer los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, metas, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en regiones, zonas, cuencas o ecosistemas, en aprovechamiento de recursos naturales, en el desarrollo de actividades económicas, en la producción, uso y destino de bienes, en insumos y en procesos;

### **Ley General de Fauna Silvestre (2000)**

Artículo 5. El objetivo de la política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat, es su conservación mediante la protección y la exigencia de niveles óptimos de aprovechamiento sustentable, de modo que simultáneamente se logre mantener y promover la restauración de su diversidad e integridad, así como incrementar el bienestar de los habitantes del país.

En la formulación y la conducción de la política nacional en materia de vida silvestre se observarán, por parte de las autoridades competentes, los principios establecidos en el artículo 15 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Además, dichas autoridades deberán prever:

I. La conservación de la diversidad genética, así como la protección, restauración y manejo integral de los hábitats naturales, como factores principales para la conservación y recuperación de las especies silvestres.

Artículo 70. Cuando se presenten problemas de destrucción, contaminación, degradación, desertificación o desequilibrio del hábitat de la vida silvestre, la Secretaría formulará y ejecutará a la brevedad posible, programas de prevención, de atención de emergencias y de restauración para la recuperación y restablecimiento de las condiciones

que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales de la vida silvestre, tomando en cuenta lo dispuesto en los artículos 78, 78 BIS y 78 BIS 1 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y de conformidad con lo establecido en el reglamento y las demás disposiciones aplicables.

## **5.2.2 Marco Jurídico Estatal**

### **Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Michoacán de Ocampo (1918)**

**Artículo 145.-** El Estado reconoce y garantiza el derecho de propiedad en los términos que establece la Constitución Federal; con entera sujeción a ésta el Congreso expedirá leyes para regular el aprovechamiento de las aguas que no sean de propiedad nacional y se localicen en dos o más predios, para vigilar, dentro del territorio del Estado, el respeto a las disposiciones constitucionales sobre capacidad para adquirir el dominio de las tierras, aguas, bosques y sus accesiones y para fijar la extensión máxima de la propiedad rural y llevar a cabo el fraccionamiento de los excedentes, procurando el fomento y desarrollo de la auténtica pequeña propiedad.

### **Ley de Desarrollo Rural Integral Sustentable del Estado de Michoacán de Ocampo (2006)**

Artículo 12.- Compete a la Secretaría de Desarrollo Rural y Agroalimentario, las atribuciones siguientes:

XX. Favorecer el desarrollo de actividades económicas rurales cuidando el ambiente, evitando la contaminación de agua, aire, suelo y alimentos, para la preservación de la salud humana;

Artículo 95.- Las dependencias y entidades del Gobierno Estatal, en coordinación con los ayuntamientos, apoyará de manera prioritaria a los productores de las zonas de reconversión, y especialmente a las ubicadas en las partes altas de las cuencas, a fin de que lleven a cabo la transformación de sus actividades productivas con base en el óptimo uso del suelo y agua, mediante prácticas agrícolas, ganaderas y forestales, que permitan

asegurar una producción sustentable, así como la reducción de los siniestros, la pérdida de vidas humanas y de bienes por desastres naturales.

### **Ley del Agua y Gestión de Cuencas para el estado de Michoacán de Ocampo (2004)**

Artículo 1. Las disposiciones de esta Ley son de orden público e interés social y regulan la participación de las dependencias y entidades de la Administración Pública Estatal y Municipal, en el ámbito de su competencia, así como de los sectores privado y social, en la planeación, administración, explotación, uso, aprovechamiento, preservación y recarga del agua, así como los servicios públicos, los estudios, proyectos y obras relacionadas con los recursos hídricos en el marco del desarrollo sustentable del Estado.

### **Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Michoacán de Ocampo (2004)**

Artículo 2. Son objetivos generales de esta Ley:

I. Proteger, conservar y fomentar los recursos forestales de Michoacán, para poder contribuir al desarrollo social, económico y ambiental, mediante el manejo integral sustentable que se realicen en los ecosistemas, que correspondan a las cuencas hidrológicas forestales, sin perjuicio de lo previsto en otros ordenamientos;

Artículo 3. Se declara de utilidad pública:

I. La conservación, protección y restauración de los ecosistemas forestales y sus elementos, así como las cuencas hidrológicas forestales que permitan mantener los procesos ecológicos esenciales y la diversidad biológica;

Artículo 123. La Comisión conjuntamente con la SEMARNAT y la Comisión Nacional Forestal, así como con otras Dependencias y Entidades Federales, Estatales y Municipales, promoverán la elaboración y aplicación de programas e instrumentos económicos que se requieran para fomentar las labores de conservación y restauración de los recursos naturales y las cuencas hidrológicas - forestales.

### **Ley de Cambio Climático del Estado de Michoacán de Ocampo (2014)**

Artículo 1. La presente Leyes de orden público, interés social y de observancia en todo el territorio del Estado de Michoacán de Ocampo y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático, en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Artículo 13. Se considerarán acciones de adaptación las siguientes:

I. El manejo, protección, conservación y restauración de los ecosistemas, de la biodiversidad, de los recursos forestales y la vocación natural de suelos;

### **Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Michoacán de Ocampo (2013)**

Artículo 108. Para la prevención y control de la contaminación del agua, se considerarán los siguientes criterios:

II. Corresponde a toda la sociedad, prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo.

IV. 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.

Artículo 95. Los recursos naturales de vida silvestre en el Estado son susceptibles de aprovechamiento, conservación y restauración. Los propietarios o poseedores de terrenos que contengan este tipo de recursos, tendrán derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en las leyes de la materia.

### **Ley para la Conservación y Restauración de Tierras del Estado de Michoacán de Ocampo (2007)**

Artículo 2.- Se declara de interés público:

II. La conservación y mejoramiento de las partes altas de las cuencas hidrográficas, la reducción de los azolves, la reducción de riesgos de desastres por mal funcionamiento

de las cuencas hidrográficas y el aprovisionamiento de agua limpia a los acuíferos subterráneos y a los usuarios del agua.

Artículo 18.- El uso y aprovechamiento de las tierras se hará sobre las bases y métodos que tiendan a mejorar su productividad, sin poner en riesgo la calidad de los recursos naturales y el equilibrio de los ecosistemas, de modo que no comprometa el patrimonio de las generaciones venideras. Asimismo, la realización de otras actividades, observará las medidas necesarias para evitar la desertificación y la degradación de tierras y cuencas hidrográficas. Para ello, la Secretaría expedirá normas, lineamientos técnicos y otras disposiciones para establecer dichas bases y métodos.

Artículo 31.- Los programas de manejo forestal mediante los cuales son otorgadas las autorizaciones de aprovechamiento, deberán incluir medidas para proteger y conservar las tierras y las cuencas hidrográficas.

Artículo 48.- La Secretaría, con la participación del Sistema, establecerá los lineamientos y acciones necesarios para la aplicación de las tecnologías idóneas para la conservación, restauración y manejo sustentable de las tierras y las cuencas hidrográficas, así como para integrar un directorio de servicios técnicos que será incorporado al Registro Estatal.

### **Reglamento en Materia Forestal, de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del estado de Michoacán de Ocampo**

Artículo 89.La Comisión elaborará el Programa de Desarrollo Forestal Sustentable a Largo Plazo, el que tendrá un horizonte de planeación a 30 años, considerando a las cuencas hidrográficas de la Entidad, el componente básico para el manejo de los recursos forestales, definiendo específicamente las acciones de conservación, preservación y desarrollo a ejecutar, así como el grado de participación que tengan en la instrumentación de las mismas, las instancias de los tres niveles de gobierno involucradas y los diversos sectores de la sociedad que intervengan, bajo la premisa de que las acciones tendientes a la conservación de los recursos naturales, y en especial, el suelo, el agua y la biodiversidad son de utilidad público e interés general.

## **Reglamento de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del estado de Michoacán de Ocampo**

Artículo 16.- La planeación del desarrollo forestal sustentable como instrumento para el diseño y ejecución de la política estatal en materia forestal se llevará a cabo de acuerdo a los siguientes programas:

I. El Programa Estratégico Forestal Estatal, el cual tendrá una proyección por veinticinco años o más y tendrá por objeto impulsar y fortalecer el desarrollo sustentable de los recursos naturales en los ecosistemas forestales del Estado, mediante acciones de conservación, protección, restauración, fomento y producción para el bienestar de la sociedad. El Programa Estratégico Forestal Estatal, deberá incluir los siguientes objetivos específicos:

b) Disminuir los impactos ambientales a través de la reducción de la tasa de deforestación, el rescate de cuencas mediante programas de reforestación y restauración de suelos y la promoción de corredores ecológicos y áreas naturales protegidas.

Artículo 27.- El Inventario Estatal Forestal y de Suelos deberá contener por cada Municipio, información sobre las cuencas hidrológicas forestales, unidades geomorfológicas, superficies deterioradas, erosionadas y las demás áreas que cuenten con programas de manejo forestal, programa integrado de manejo ambiental, forestación y reforestación, así como el aprovechamiento de recursos forestales no maderables.

Artículo 172.- La Comisión conjuntamente con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Comisión Nacional y la Comisión Nacional de Lucha contra la Desertificación, así como otras autoridades de los tres órdenes de gobierno, dentro del ámbito de su competencia, promoverán la elaboración y aplicación de programas e instrumentos económicos que se requieran para fomentar las labores de reforestación, conservación y restauración de los suelos forestales y preferentemente forestales de las cuencas hidrográficas. Los programas e instrumentos económicos serán incorporados al Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural, incluyendo las previsiones presupuestarias de corto y mediano plazo, necesarias para su instrumentación.

Artículo 214.- El Titular del Ejecutivo del Estado por conducto de la Comisión, podrá celebrar acuerdos o convenios con instituciones y/o entidades internacionales para la transferencia de tecnología sobre el manejo de cuencas hidrológicas forestales, planeación forestal, manejo sustentable de los recursos forestales, plantaciones forestales comerciales, combate y control de la erosión y desertificación, entre otros.

### **5.2.3 Marco Jurídico Municipal**

Haciendo una revisión del trabajo legislativo realizado a la fecha, por las administraciones municipales de Coalcomán de Vázquez Pallares, Mich., relacionado con ecosistemas forestales que vegetan en las cuencas hidrológicas, su protección, conservación, restauración y aprovechamiento, se observó que únicamente se cuenta con el siguiente precepto:

Reglamento para regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del municipio de Coalcomán de Vázquez Pallares, de Michoacán de Ocampo, así como determinar el ejercicio de las atribuciones en materia forestal correspondientes.

Artículo 8.- Le corresponde al Ayuntamiento, de conformidad con la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Michoacán, las siguientes atribuciones:

IX. Participar en la planeación y ejecución de la reforestación, forestación, restauración de suelos y conservación de los bienes y servicios ambientales forestales, dentro de su ámbito territorial de su competencia;

Artículo 9.- El Ayuntamiento promoverá a través de la educación, cultura y capacitación forestal, con el objeto de fomentar un cambio de actitud en la sociedad sobre la conservación del medio ambiente y en especial, el desarrollo sustentable de los recursos forestales.

## **6 METODOLOGÍA**

La secuencia de actividades realizadas con la finalidad de lograr los objetivos establecidos en el presente trabajo, se describen en los siguientes puntos.

### **6.1 Caracterización de la Cuenca del Río Chiquito**

Como punto de partida, se realizó la caracterización de la microcuenca, describiendo sus principales atributos físicos, biológicos y socioeconómicos. En el aspecto físico, se tomó en consideración la ubicación de la microcuenca, así como los componentes abióticos presentes, que, a su vez, determinan la presencia de elementos bióticos en el cuerpo de la microcuenca y son a los que se hizo referencia. Este punto incluyó los aspectos socioeconómicos considerados más sobresalientes, debido a la trascendencia que representa la zona urbana de la cabecera municipal de Coalcomán, asentada en la zona sur y su interacción con los elementos de la microcuenca.

La información se fue integrando, mediante consultas bibliográficas, para posteriormente realizar recorridos de campo, con la finalidad de verificar y/o adecuar la información colectada, actividad que se apoyó en lugareños, con amplio conocimiento del territorio, flora y fauna local. Durante las actividades de campo, se georreferenciaron con el auxilio de un GPS, los vértices en los que existía duda sobre el límite de la microcuenca, para posteriormente, mediante software especializado, calcular superficies, perímetro y elaborar la cartografía temática, que ilustra las características físicas y biológicas de la microcuenca.

### **6.2 Evaluación del estado actual de la microcuenca**

Las visitas a campo permitieron observar las condiciones de alteración de las funciones ecosistémicas que se llevan a cabo en la microcuenca, resultando evidentes los diferentes tipos de degradación, manifestados a través de las condiciones del suelo y los recursos hídricos, repercutiendo en la flora y fauna local.

### **6.3 Proyecto de restauración**

Una vez caracterizada la microcuenca y evaluado su estado actual, se definió el proyecto de restauración, mismo que considera la rehabilitación de la parte superior de la microcuenca; superficie ocupada por vegetación de bosque de pino-encino.

La elección de esta zona funcional de la microcuenca, como el centro de atención del proyecto de restauración, se sustenta, en que gracias al tipo de vegetación que posee, es el área donde se presenta la mayor intercepción de precipitación, por ende, la mayor infiltración hacia los depósitos freáticos. El agua no infiltrada, se convierte en escurrimiento, iniciando el flujo hídrico hacia la parte media y baja de la microcuenca, beneficiando las comunidades vegetales, fauna existente y a la población de la cabecera municipal.

Otro aspecto sobresaliente del ecosistema bosque templado de la microcuenca, es la protección y aporte constante de materia orgánica al suelo, reduciendo la erosión hídrica y eólica, el riesgo de azolve de infraestructura en la zona urbana y en caso extremo, la presencia de fenómenos naturales extremos, como deslizamientos, derrumbes o aluviones, que pudieran tener consecuencias desastrosas para la población, como ha sucedido en lugares donde se ha desprotegido el suelo de las partes altas de las cuencas.

Además de los servicios ecosistémicos mencionados, del bosque fluyen otros beneficios más, como brindar condiciones favorables a vegetación arbustiva y herbácea, hábitats para fauna silvestre, captura de carbono, belleza escénica y lugares de ocio y esparcimiento para la población de Coalcomán.

Finalmente, se espera que los beneficios resultantes de la restauración tengan un efecto cascada y la población se motive y haga suyo el proyecto de restauración.

La metodología elegida para la rehabilitación está basada en las *Guías Técnicas para la Restauración Ecológica de los Ecosistemas de Colombia* (2012), donde establecen 13 pasos a considerar para la restauración ecológica. Se tomaron varios de los pasos recomendados en la metodología, adaptando algunos de ellos a las condiciones locales de la microcuenca Río Chiquito.

## 7 RESULTADOS

### 7.1 Caracterización de la microcuenca Río Chiquito.

#### 7.1.1 Caracterización Física

##### Localización del Área de Estudio

Físicamente, la cuenca del Río Chiquito está asentada en el municipio de Coalcomán de Vázquez Pallares, Michoacán. La cabecera municipal, se encuentra a una distancia aproximada de 350 kilómetros al suroccidente de la capital del estado, siendo el segundo municipio en cuanto a extensión superficial, como se puede observar en la Figura 1.

La mayor parte de la zona urbana de la cabecera municipal de Coalcomán se extiende en la superficie de la cuenca, sobre la zona sur de la cuenca (Figura 2). El escurrimiento principal, desciende sobre la parte central de la cuenca, hasta atravesar la zona urbana y desembocar en el Río Coalcomán o Río Grande.

El marco que delimita geográficamente la cuenca está establecido por las coordenadas presentadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Coordenadas geográficas que enmarcan la microcuenca.

Punto	Latitu Norte			Longitud Oeste		
	Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos
1	18	50	57.64	103	13	51.56
2	18	51	1.1	103	10	14.01
3	18	46	31.19	103	8	25.21
4	18	45	58.92	103	11	16.93

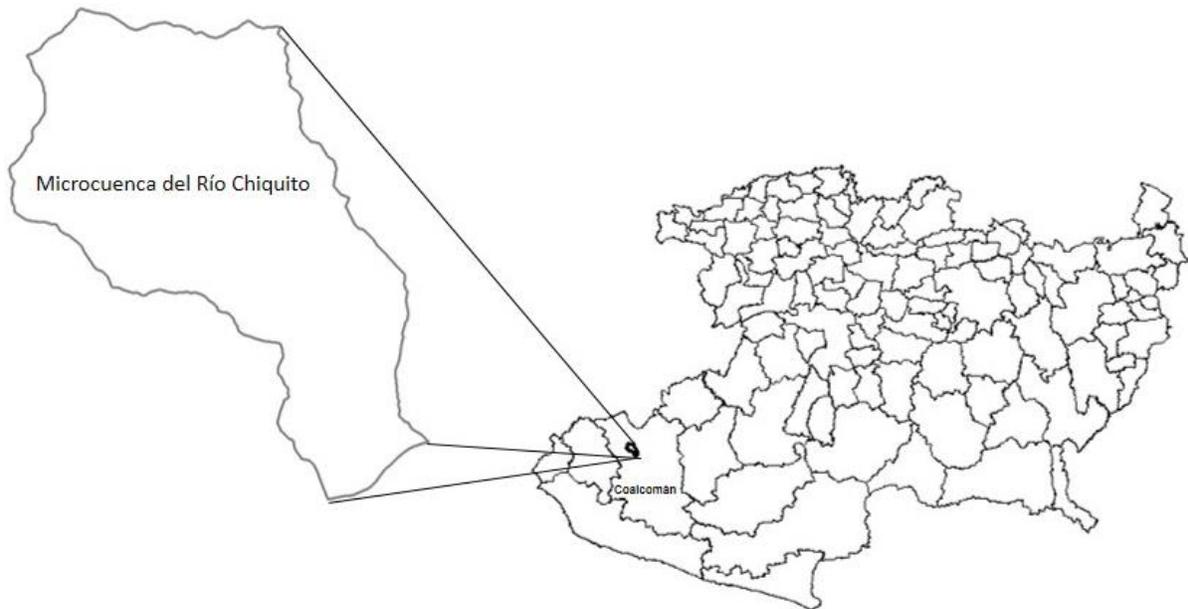
Elaboración Propia.

A la poligonal trazada como límite de la microcuenca, se le calculó la superficie total, arrojando como resultado, 2,594.3463 hectáreas y un perímetro de 25,550 metros.

## Ubicación de la Microcuenca

### Macrolocalización

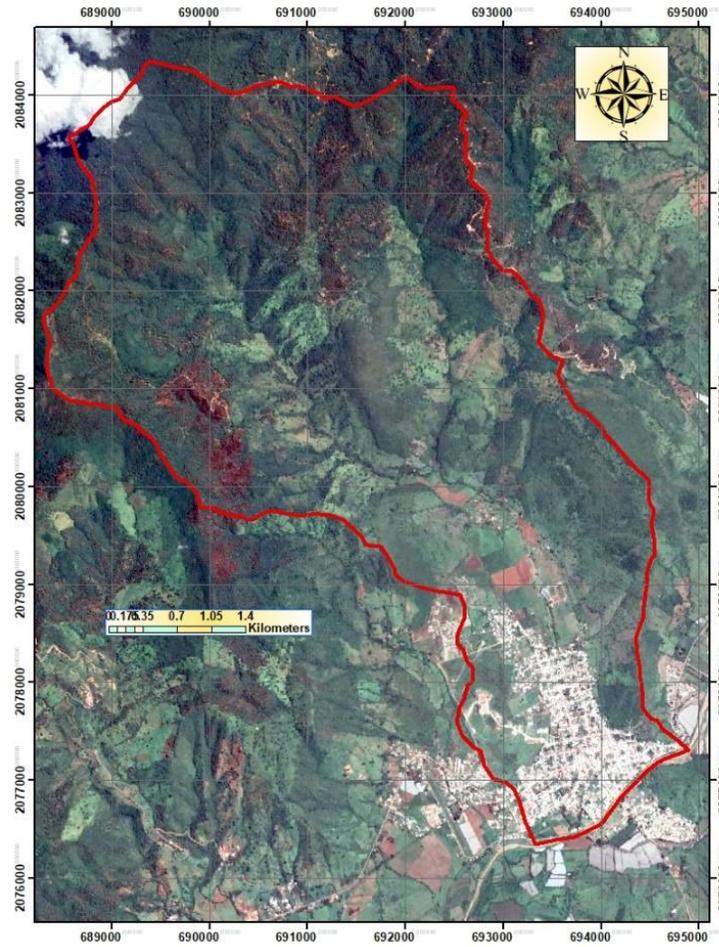
Figura 1. Macrolocalización de la Microcuenca Río Chiquito.



Fuente: Elaboración propia.

## Microlocalización

Figura 2. Microlocalización de la Microcuenca Río Chiquito.



Fuente Google Earth. Elaboración propia.

## **Ubicación Hidrológica**

El área de la microcuenca está ubicada de la siguiente manera:

Región Hidrológica (RH) 17 Costa de Michoacán.

Cuenca B Río Cachán o Coalcomán y Otros.

Subcuenca b Río Cachán o Coalcomán y Otros.

Microcuenca Río Chiquito.

Cuevas *et al.* (2010), en su documento denominado *Regionalización de las Cuencas Hidrográficas de México*, describen administrativamente la Cuenca B Río Cachán o Coalcomán y Otros, que incluye la microcuenca de interés, con la estructura jerárquica que se describe a continuación:

Consejo de Cuenca; 17 Costa Pacífico Centro.

Fecha de instalación; 25/02/2009

Clave; VIII

Organismo de Cuenca; Lerma-Santiago-Pacífico.

Comisión de Cuenca No. 9

Clave de Comisión; 09.A.04

Nombre; Constitución de Apatzingán (Tierra Caliente)

Fecha de instalación; 22/05/2014

Comité de Cuenca No. 17

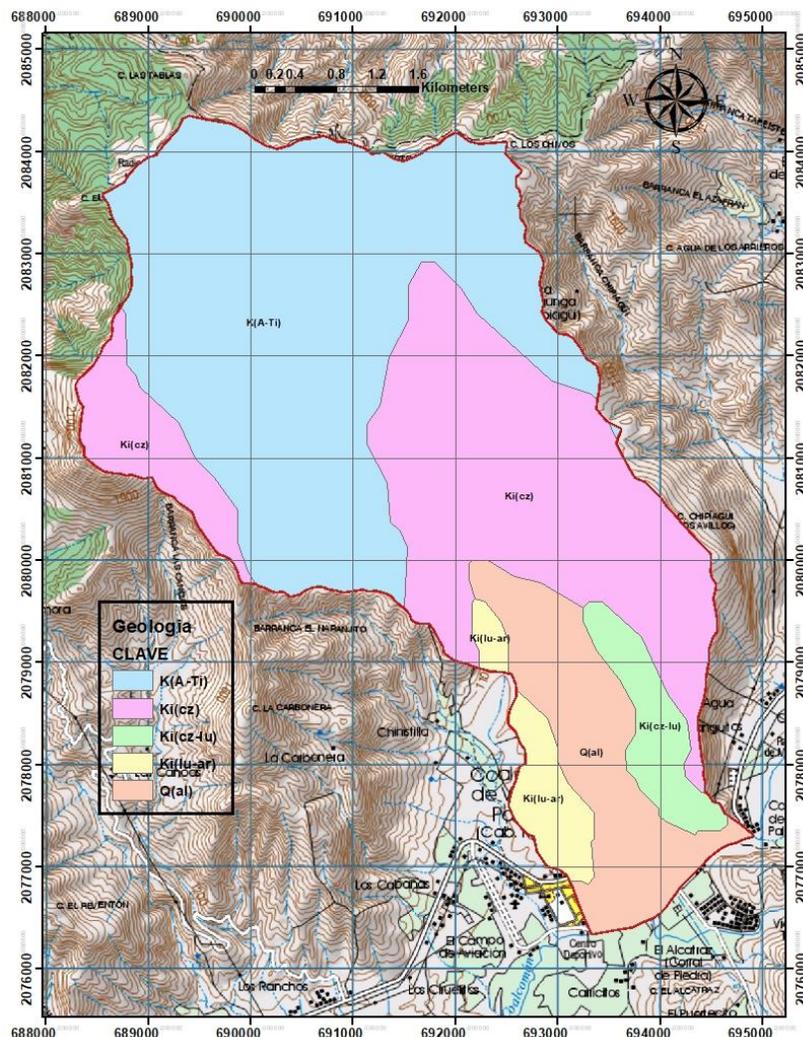
Clave del Comité; 15.B.01

Nombre del Comité; Alto Río Laja

Fecha de instalación; 12/07/2010 (CONAGUA, 2018).

## Geología

Figura 3. Plano de Geología de la microcuenca Río Chiquito.



Fuente: Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales escala 1:250,000, INEGI.  
Elaboración propia.

El cordón montañoso ubicado en la parte norte de la microcuenca, que pertenece a la llamada Sierra de Coalcomán, está constituido principalmente de calizas muy duras de color negruzco pertenecientes al periodo Cretácico. En estas rocas calizas son tan abundantes los fósiles, que en ocasiones los restos de los animales forman la masa rocosa que entonces pasa a figurar como una roca zoogena.

La más importante de las calizas es la hipurita, que forma poderosos estratos cuyos crestones son visibles en una buena porción de la barranca baja del Cerro del Laurel. Las

rocas más antiguas están constituidas por una secuencia volcano-sedimentaria (SE, 2003).

El mayor porcentaje superficial de la microcuenca está ocupado por la asociación andesita-toba intermedia K(A-Ti), rocas de origen ígneo extrusivo; en segundo lugar encontramos calizas Ki(cz), de origen sedimentario; posteriormente, ya con un porcentaje bajo, se presenta el aluvión Q(al), definido como suelo formado por el depósito de materiales sueltos (gravas y arenas) provenientes de rocas preexistentes, que han sido transportados por corrientes superficiales de agua. Finalmente, con los porcentajes más bajos, se presentan Lutita-Arenisca Ki(lu-ar) y Caliza-Lutita Ki(cz-lu), rocas de formación sedimentaria (INEGI, 2005). La superficie ocupada por tipo de rocas y el porcentaje que representan de la microcuenca, se anota en el Cuadro 2.

Es importante conocer el origen de las rocas, ya que éstas dan origen a los suelos y heredan a ellos sus propiedades físicas, como la textura y la estructura, combinación altamente influenciada de otras propiedades, facilitando cuando presenta condiciones favorables, el establecimiento de la vegetación o susceptibilidad a la erosión cuando el suelo no está cubierto. Las propiedades químicas, también son herencia de la evolución de los suelos, resaltando el pH y los minerales presentes, fundamentales en la nutrición vegetal de áreas con vegetación espontánea como ocurre en la microcuenca Río Chiquito.

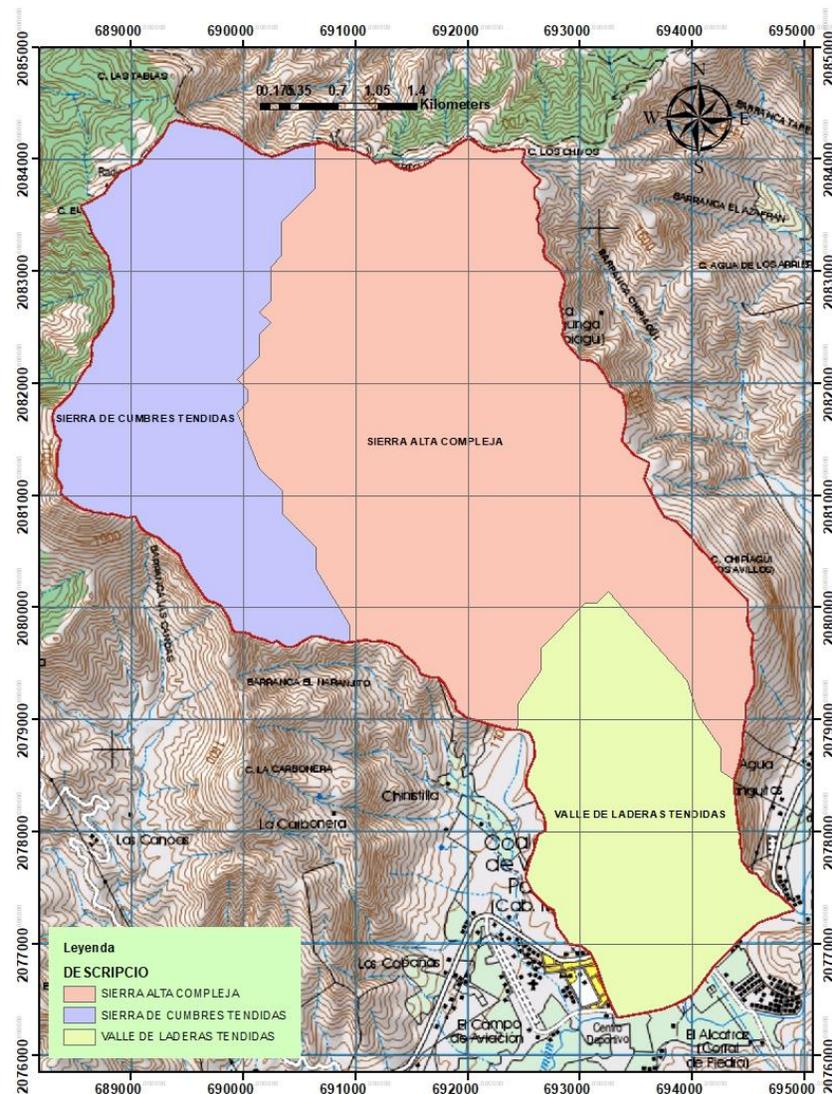
Cuadro 2. Distribución superficial de los tipos de rocas presentes en la Microcuenca.

Clave	Tipo de Roca	Era Geológica	Periodo Geológico	Superficie (Ha)	Clase de Roca	Porcentaje de la Micro
K(A-Ti)	Andesita-Toba Intermedia	Mesozoica	Cretácico (K)	1,205.7732	Ígnea Extrusiva	46.5
Q(al)	Aluvial	Cenozoica	Cuaternario (Q)	304.6697	Suelo	11.7
Ki(cz)	Caliza	Mesozoica	Cretácico Inferior (Ki)	871.3755	Sedimentaria	33.6
Ki(lu-ar)	Lutita-Arenisca	Mesozoica	Cretácico Inferior (Ki)	102.0469	Sedimentaria	3.9
Ki(cz-lu)	Caliza-Lutita	Mesozoica	Cretácico Inferior (Ki)	110.4810	Sedimentaria	4.3
<b>Total</b>				<b>2,594.3463</b>		<b>100.0</b>

Fuente; Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales escala 1:250,000, INEGI.  
Elaboración propia.

## Fisiografía

Figura 4. Plano Fisiográfico de Topoformas de la microcuenca Río Chiquito.



Fuente: Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos escala 1:000,000, Serie I, INEGI.  
Elaboración propia.

De acuerdo con la división fisiográfica de nuestro país (INEGI, 2001), la microcuenca está ubicada en la Provincia Sierra Madre del Sur, Subprovincia Cordillera Costera del Sur, conocida como Sierra de Coalcomán y el Sistema de Topoformas, como se observa en la Figura 4, corresponde a Sierra Alta Compleja, Sierra de Cumbres Tendidas y Valle de Laderas Tendidas.

La microcuenca se caracteriza por poseer un relieve accidentado en las porciones que corresponden a sierras, como lo demuestra el cálculo por topoforma del Cuadro 3, donde se observa que predominan las pendientes mayores de 55%, seguidas de pendientes entre los 25 a 55%, que corresponden a la mayor parte de la superficie total de la microcuenca, con un 79.5% y el 20.5% restante lo ocupa el valle con laderas tendidas, lugar donde está asentada la zona urbana de la población de Coalcomán.

Cuadro 3. Topoformas presentes en la Microcuenca.

Topoforma	Superficie (Ha)	Porcentaje de la Micro
Sierra Alta Compleja	1,392.3310	53.7
Sierra de Cumbres Tendidas	669.5857	25.8
Valle de Laderas Tendidas	532.4296	20.5
<b>Total</b>	<b>2,594.3463</b>	<b>100.0</b>

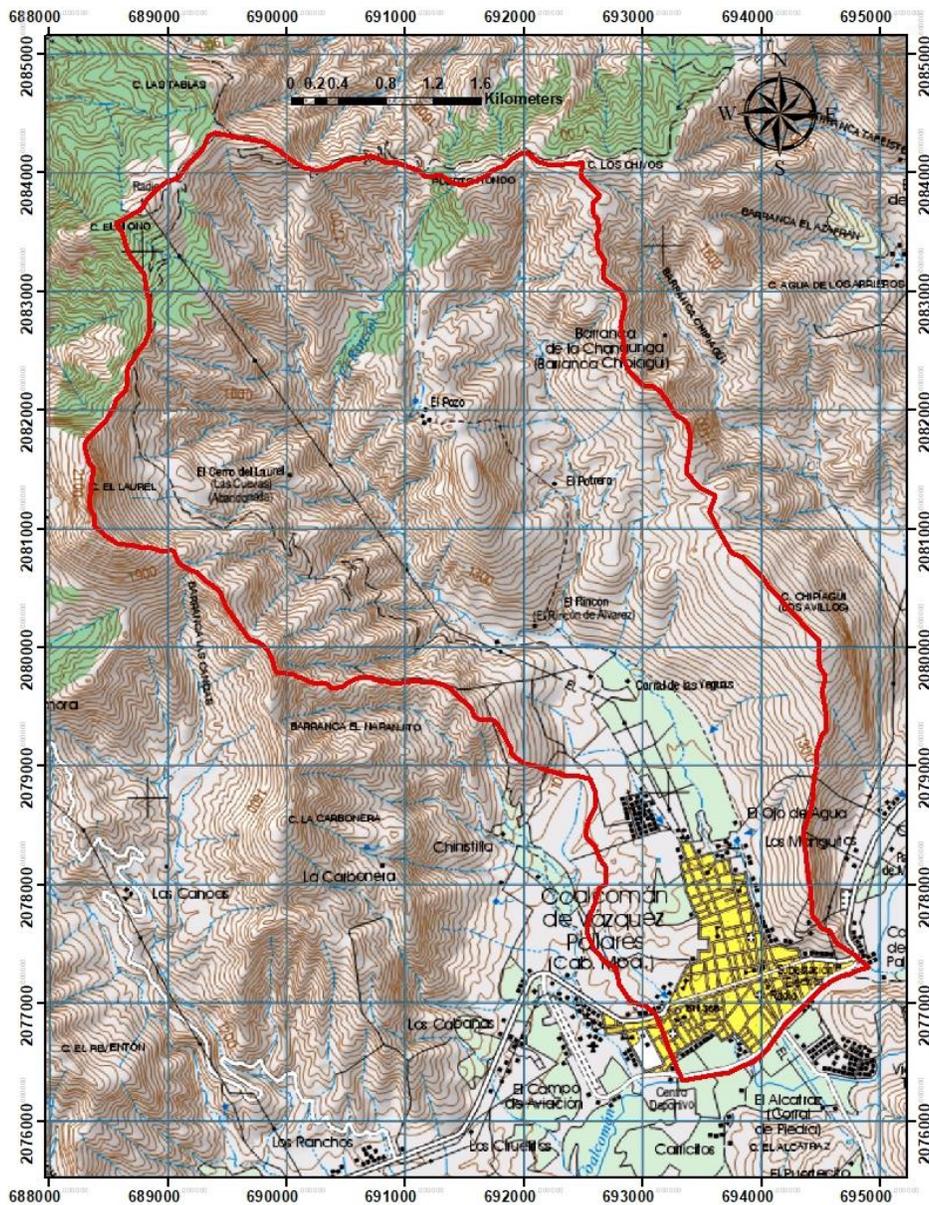
Fuente: Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos escala 1:000,000, Seri I, INEGI.  
Elaboración propia.

Las formas que adopta el relieve de la microcuenca no han sido un impedimento para que los lugareños lleven a cabo actividades productivas, contraviniendo la vocación natural del suelo, sustituyendo vegetación nativa por pastizales y cultivos anuales de temporal, específicamente maíz, con resultados pobres en cuanto a producción y alarmantes tratándose de daños ambientales.

La exposición general de la microcuenca es sur, presentando una mayor insolación debido a su posición geográfica. Aunado a esto, la configuración del terreno origina una gran alternancia en exposiciones, reduciendo las posibilidades de éxito de los cultivos, cuando se establecen en exposiciones sur y sureste, debido a la mayor cantidad de rayos solares recibidos, ocasionando temperaturas más elevadas, menor disposición de agua y poca vegetación que aporte materia orgánica y nutrientes al suelo.

## Topografía

Figura 5. Plano Topográfico de la microcuenca Río Chiquito.



Fuente: Imagen Digital de la Carta Topográfica escala 1:50,000, INEGI 2002.  
Elaboración propia.

En el parteaguas que delimita físicamente la superficie calculada para la microcuenca, existen algunos puntos que sobresalen por su altitud, mismos que se muestran con sus nombres locales y sus alturas sobre el nivel del mar en el Cuadro 4, sirviendo estos, como referencia a los pobladores de Coalcomán, dada su cercanía y visibilidad.

Cuadro 4. Principales elevaciones de la Microcuenca.

Principales Elevaciones	Altura msnm
Cerro del Mono	2,160
Cerro del Laurel	2,160
Cerro de Los Chivos	1,800
Cerro de La Carbonera	1,780
Cerro de Chipiagüi	1,520

Fuente: Elaboración propia.

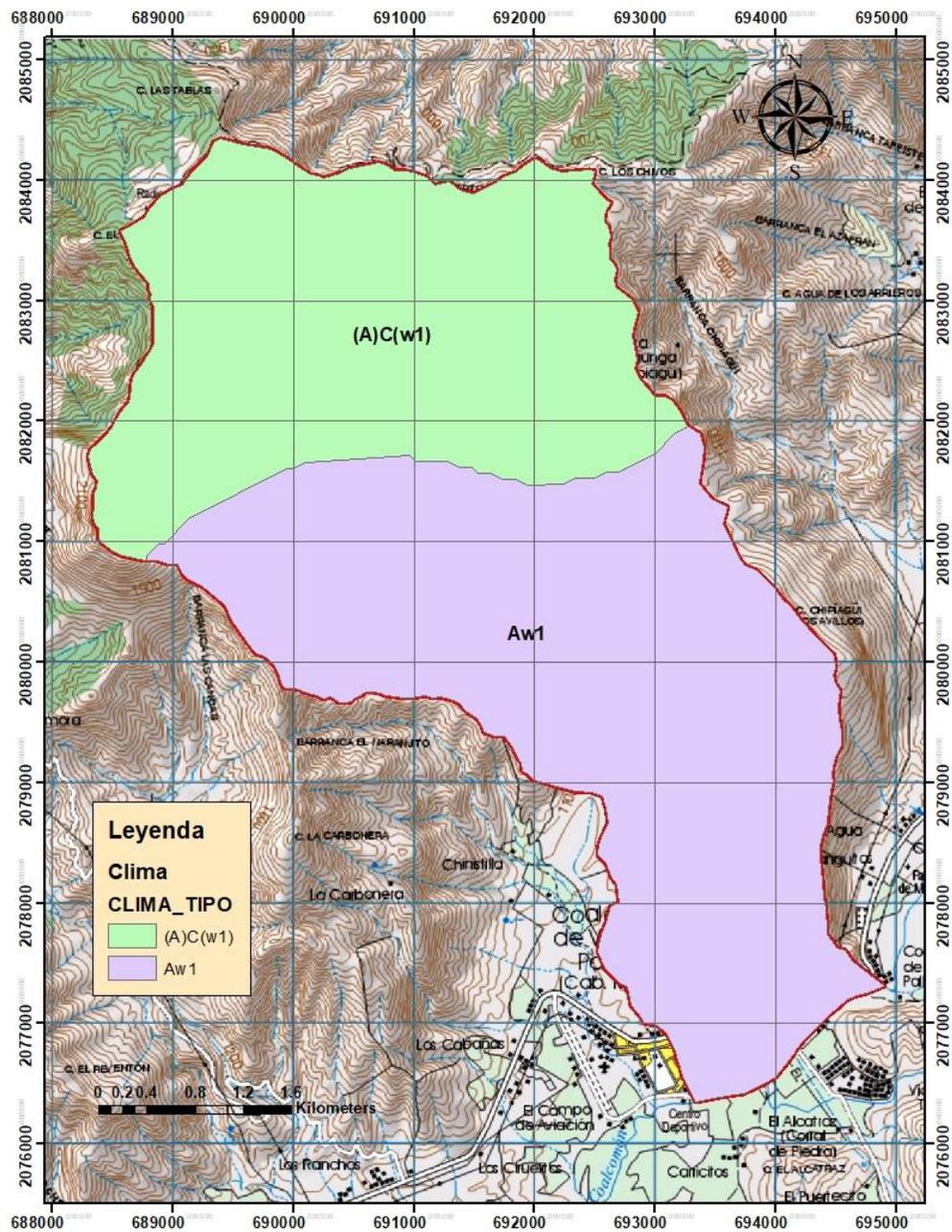
El gradiente altitudinal de la microcuenca va desde el punto más alto ubicado a 2,160 msnm, denominado el Cerro del Mono, hasta la cota 1,060 msnm, altura a la que se encuentra el punto donde los escurrimientos de Río Chiquito desembocan en el Río Grande o Coalcomán, existiendo una diferencia altitudinal de 1,100 metros.

En el mapa topográfico de la microcuenca, la diferencia de altitud entre curvas de nivel es de 20 m, pudiéndose observar que, en la parte norte y noroeste, la distancia entre curvas de nivel es muy pequeña, denotando lo abrupto del terreno. Las formaciones montañosas y lomeríos presentan fuertes pendientes y profunda disección, tanto vertical como horizontal. Son característicos los procesos erosivo-denudativos, como caída de piedras y deslizamiento de bloques.

Esta condición es un punto a observar al momento de diseñar estrategias de manejo para estos terrenos, por ser la pendiente uno de los elementos de mayor peso cuando se presenta pérdida de suelo por escorrentía.

# Clima

Figura 6. Plano de Clima de la microcuenca Río Chiquito.



Fuente: Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Unidades climáticas. INEGI 2008. Elaboración propia.

Cuadro 5. Tipos de Clima en la Microcuenca.

Clima	Superficie (Ha)	Porcentaje de la Micro
Aw1	1,502.0911	57.9
(A)Cw1	1,092.2552	42.1
<b>Total</b>	<b>2,594.3463</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Unidades climáticas. INEGI 2008. Elaboración propia.

La configuración resultante del conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en la microcuenca Río Chiquito, da como resultado las fórmulas climáticas señaladas en el plano de la Figura 6, tomando como referencia, el sistema de clasificación de Köppen, modificado por Enriqueta García para la República Mexicana, presentándose en las superficies y porcentajes anotados en el Cuadro 5, con la siguiente descripción:

**(A)Cw<sub>1</sub>**.- Clima semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Con lluvias en verano y sequía en invierno. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; porcentaje de lluvia invernal entre 5% y 10.2% del total anual, cociente P/T entre 43.2 y 55.3.

**Aw<sub>1</sub>**.- Clima cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Con lluvias en verano y sequía en invierno. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual, cociente P/T entre 43.2 y 55.3.

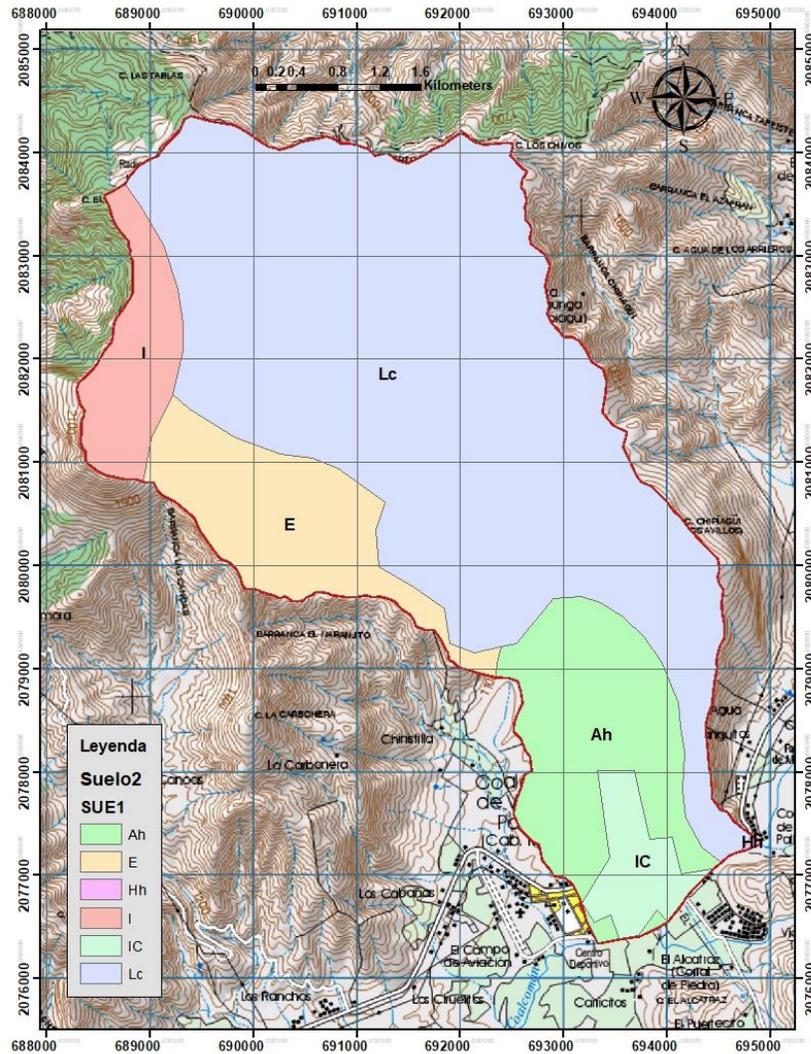
En la zona de influencia de la microcuenca no existen estaciones meteorológicas de donde se pueda obtener información acerca de las variables climáticas. Davydova (2010), en su trabajo *Variabilidad climática y sus efectos sobre las cuencas de México*, señala que la precipitación promedio anual de la cuenca Río Coalcomán, observada durante el periodo comprendido entre los años 1940-2000, fluctúa entre 801 y 1200 mm/año.

Los valores asentados anteriormente permiten valorar la importancia de mantener la cubierta vegetal de la microcuenca, para evitar la escorrentía y la consecuente erosión hídrica, asegurar el abastecimiento de los mantos freáticos y propiciar la infiltración, dada

la importancia que tiene la microcuenca para el abastecimiento de agua para la población de Coacmalán, además de reducir las cargas de sedimentos.

## Suelo

Figura 7. Plano de Suelos de la microcuenca Río Chiquito.



Fuente: Metadatos Edafológicos CONABIO 2008Esc 1:1000000. Elaboración propia.

Cuadro 6. Tipos de Suelo en la Microcuenca.

Tipo de Suelo	Clave	Superficie (Ha)	Porcentaje de la Micro	Textura	Fase Física
Luvisol crómico	Lc	1,699.8066	65.5	Fina	Lítica Profunda
Litosol	I	157.6383	6.1	Media	ND
Feozem háplico	Hh	0.9391	0.0	Media	Pedregosa
Rendzina	I	290.5997	11.2	Media	Pedregosa
Acrisol húmico	Ah	350.2433	13.5	Media	Lítica Profunda
Zona urbana	ZU	95.1193	3.7	ND	Petrocálcica
<b>Total</b>		<b>2,594.3463</b>	<b>100.0</b>		

Fuente Metadatos Edafológicos CONABIO 2008. Esc 1:1000000. Elaboración propia.

Tomando como base el Diccionario de datos edafológicos (INEGI, 2001), se describen las características principales de los suelos reportados en la microcuenca, de acuerdo con las Unidades y usos que señala la Figura 7.

**Acrisol (A).** El término Acrisol deriva del vocablo latino "acris" que significa muy ácido, haciendo alusión a su carácter ácido y su baja saturación en bases, provocada por su fuerte alteración.

Los Acrisoles se desarrollan principalmente sobre productos de alteración de rocas ácidas, con elevados niveles de arcillas muy alteradas, las cuales pueden sufrir posteriores degradaciones.

Predominan en viejas superficies con una topografía ondulada o colinada, con un clima tropical húmedo, monzónico, subtropical o muy cálido. Los bosques claros son su principal forma de vegetación natural.

El perfil es de tipo AEBtC. Las variaciones están relacionadas con las condiciones del terreno. Un somero horizonte A oscuro, con materia orgánica poco descompuesta y ácida, suele pasar gradualmente a un E amarillento. El horizonte Bt presenta un color rojizo o amarillento más fuerte que el del E.

Subsuelo arcilloso, muy pobre en nutrientes o bases (Ca, Mg, K, NA). La pobreza en nutrientes minerales, la toxicidad por aluminio, la fuerte adsorción de fosfatos y la alta susceptibilidad a la erosión, son las principales restricciones a su uso. Grandes áreas de Acrisoles se utilizan para cultivos de subsistencia, con una rotación de cultivos parcial.

**Acrisol húmico (Ah).** Acrisol con alto contenido de materia orgánica en la capa superficial del suelo y con poco menos contenido de materia orgánica en las capas de abajo. Más de un 1 % de carbono orgánico a lo largo de los primeros 50 cm.

**Feozem (H).** El término Feozem deriva del vocablo griego "phaios" que significa oscuro y del ruso "zemlja" que significa tierra, haciendo alusión al color oscuro de su horizonte superficial, debido al alto contenido de materia orgánica (Ca, Mg, K, NA).

Se asocian a regiones con un clima suficientemente húmedo para que exista lavado pero con una estación seca. El clima puede ir de cálido a frío y van de la zona templada a las tierras altas tropicales. El relieve es llano o suavemente ondulado y la vegetación de matorral tipo estepa o de bosque.

El perfil es de tipo AhBC el horizonte superficial suele ser menos oscuro y más delgado que en los Chernozem. El horizonte B puede ser de tipo Cámbico o Árgico.

Los Feozems vírgenes soportan una vegetación de matorral o bosque, si bien son muy pocos. Son suelos fértiles y soportan una gran variedad de cultivos de secano y regadío así como pastizales. Sus principales limitaciones son las inundaciones y la erosión.

**Feozem háplico (Hh).** Caracterizado por tener una superficie oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes (Ca, Mg, K, NA).

**Litosol.** Son suelos que se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Generalmente se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm hasta la roca, tepetate o calinche duro. Se localizan en mayor o menor proporción, en laderas, barrancas y malpaís, así como en lomeríos y en algunos terrenos planos (SPP, 1981).

**Luvisol.** Suelos con arcilla acumulada en el subsuelo.

**Luvisol crómico (Lc).** Luvisol con subsuelo de color rojizo.

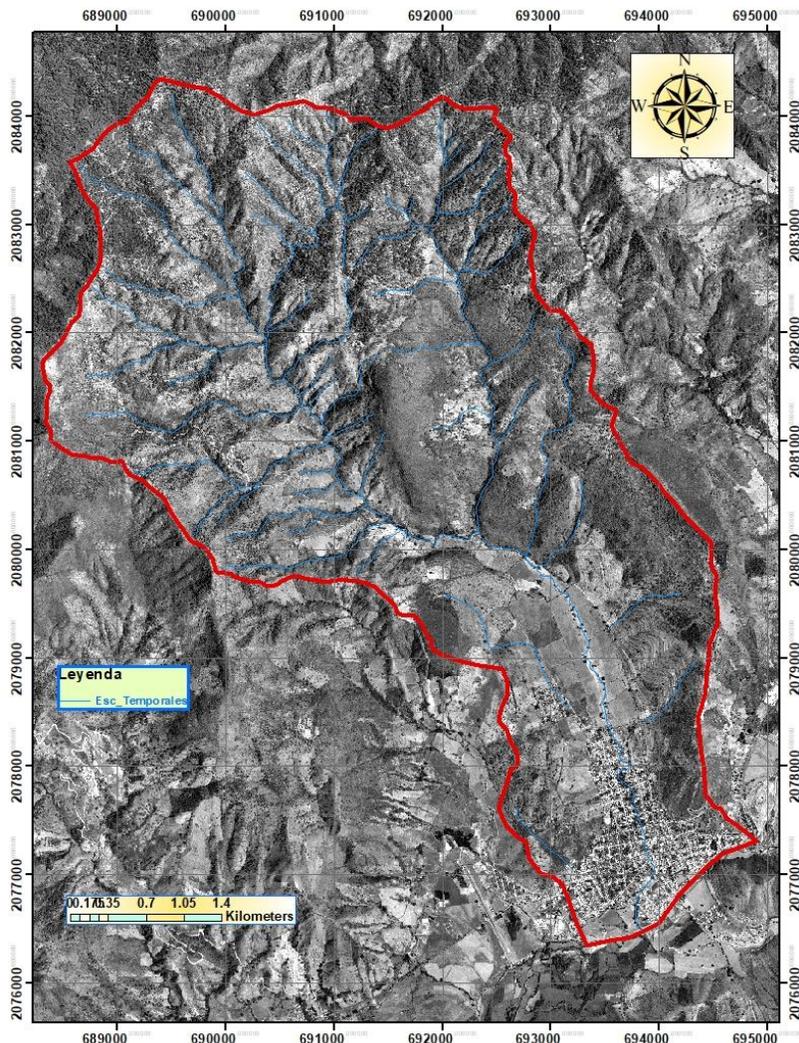
**Rendzina (E).** Los suelos rendzina se forman sobre una roca madre carbonatada, como la caliza, y suelen ser fruto de la erosión. Suelos con menos de 50 cm de espesor. El humus típico es el mull y su pH suele ser básico. La capa superficial es algo gruesa, oscura y rica en materia orgánica y nutrientes (Ca, Mg, K, NA).

**ZU.** Corresponde a la zona urbana de la cabecera municipal de Coalcomán, Mich.

La superficie ocupada por tipo o uso de suelo en la microcuenca, se puede observar en el Cuadro 6.

## Hidrología

Figura 8. Escurrimientos superficiales de la Microcuenca Río Chiquito.



Fuente: Ortofotomapa E13B65 INEGI Esc. 1:25000, 1999. Elaboración propia.

La fisiografía, dentro del espacio que comprende la microcuenca, genera una matriz de drenaje dendrítico, con escurrimientos temporales, es decir, únicamente en la temporada de lluvias se puede observar el flujo de agua en las zonas de tránsito de agua. La orientación

natural que tiene la formación conduce el flujo en dirección norte-sur, con cierta desviación hacia el sureste.

Todos los escurrimientos, tributan al Río Chiquito. Antes de llegar al lecho del río, el agua superficial que desciende del Puerto Hondo, el Cerro del Mono y El Laurel, es captada por la barranca conocida como El Rincón, en tanto que los originados en el cerro de Los Chivos, tributa a la barranca El Chipiagüi. Ambas barrancas unen sus escurrimientos en un punto conocido como el Rincón de Álvarez, a partir de donde se forma el Río Chiquito, siguiendo su cauce hasta desembocar en el Río Grande o Coalcomán, siendo una microcuenca abierta, como se observa en la Figura 8.

La vegetación presente en la microcuenca que se considera más relacionada con los volúmenes de recarga hidrológica en orden descendente es: Bosque de pino, bosque de pino-encino y vegetación secundaria de selva baja caducifolia.

### **7.1.2 Caracterización Socioeconómica**

#### **Tenencia de la tierra**

La superficie calculada para la microcuenca asciende a 2,594.3463 hectáreas, de las que 192.0945 corresponden a la zona urbana, en donde existe propiedad privada y pública, tanto municipal, estatal, como federal y el resto, es decir 2,402.2518, están en posesión de pequeños propietarios. No existe propiedad social.

#### **Población que habita en la microcuenca**

Los datos del Panorama sociodemográfico de Michoacán de Ocampo (INEGI, 2015), reportan una población total para el municipio de Coalcomán de 18,444 habitantes, con una densidad de población de 6.5 Hab/km<sup>2</sup>. Del total de población municipal, 4,670 habitan en las zonas rurales del municipio, en tanto que 13,774 son los pobladores de la cabecera municipal, correspondiéndole un 85% de esta población a los moradores de la microcuenca.

#### **Marginación**

La distancia que existe desde la cabecera municipal, hasta la ciudad de Morelia, capital del estado, donde se concentran los recursos, instituciones y servicios, es de 327 km aproximadamente. Distancia considerable, que dificulta “propagar el progreso técnico en

el conjunto de los sectores productivos, y socialmente se expresa como persistente desigualdad en la participación de los ciudadanos y grupos sociales en el proceso de desarrollo y en el disfrute de sus beneficios" (Conapo/Progres, 1998: 17).

La desigualdad en la participación de los beneficios del desarrollo de la población de Coalcomán se puede observar en los cuadros 7 y 8, donde se señalan los Indicadores de pobreza y rezago social en el municipio de Coalcomán de Vázquez Pallares, municipio de Michoacán (CONEVAL, 2010).

Cuadro 7. Indicadores de pobreza y rezago social en el municipio de Coalcomán.

Pobreza	Pobreza extrema	Pobreza moderada	Carencia social	Ingreso	No pobre y no vulnerable	Carencia por Rezago educativo	Carencia por Acceso a la salud
64.8	20.1	44.8	26.9	3.4	4.9	45.1	51.7

Fuente: estimaciones del CONEVAL con base en la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010 y el MCS-ENIGH 2010. Elaboración propia.

Cuadro 8. Indicadores de pobreza y rezago social en el municipio de Coalcomán.

Carencia por Seguridad social	Carencia por Calidad y espacios de vivienda	Carencia por Servicios básicos en la vivienda	Carencia por Acceso a la alimentación	Población con al menos una carencia	Población con al menos tres carencia	Ingreso inferior a la línea del bienestar	Ingreso inferior a la línea del bienestar mínimo
84.1	32.9	48.6	37.1	91.7	60.4	68.2	27.9

Fuente: estimaciones del CONEVAL con base en la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010 y el MCS-ENIGH 2010. Elaboración propia.

### Índice de Desarrollo Humano y Desarrollo Social

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) es una medida compuesta sobre salud, educación e ingresos, utilizado como una alternativa a las mediciones puramente económicas del progreso, como el crecimiento del PIB. El valor para el municipio de Coalcomán es de 0.637, como se muestra en el Cuadro 9, en una escala de 0 a 1, ubicándose dentro del rango de Medio Desarrollo Humano, enmarcado entre los valores 0.50 y 0.80.

Cuadro 9. Índice de Desarrollo Humano Municipal 2010.

Índice de Desarrollo Humano Municipal 2010								
Municipio	Años promedio de escolaridad	Años esperados de escolarización	Ingreso per cápita anual (dólares PPC)	Tasa de Mortalidad Infantil	Índice de educación	Índice de ingreso	Índice de salud	Valor del Índice de Desarrollo Humano (IDH)
Coalcomán	4.933	10.404	7769.233	12.482	0.477	0.623	0.870	0.637

Fuente Investigación en Desarrollo Humano (OIDH). 2014. PNUD México. Elaboración propia.

### 7.1.3 Caracterización Biológica

Describir las asociaciones vegetales y sus componentes, así como la fauna de vida libre que mora o transita por la microcuenca, tomando como referencia la información generada por las diferentes dependencias de gobierno y la bibliografía sobre el particular, resulta alejado de la realidad, debido a lo obsoleto de los datos y la dinámica de las actividades socioeconómicas que se realizan al interior de la microcuenca, modificando la cubierta vegetal y alterando los hábitats de plantas y animales. Es por ello que, para el presente trabajo, se optó por realizar recorridos de campo y entrevistas con lugareños, para obtener información sobre nombres comunes de las diferentes especies vegetales, además de referencias sobre avistamientos o evidencias de los diferentes ejemplares de fauna silvestre. No se identificaron especies endémicas en el área de estudio.

#### Tipos de vegetación de la microcuenca

La vegetación en la microcuenca se distribuye en función de las condiciones resultantes de la conjugación de factores físicos como la fisiografía, con su gradiente altitudinal y las diferentes exposiciones presentes, el tipo de suelo, con propiedades físicas, químicas y biológicas diversas, así como el clima predominante, con sus elementos y factores climáticos. Como resultado, se presenta la siguiente diversidad vegetal en forma descendente: bosque de clima templado frío, selva baja caducifolia, pastizales, además de otros usos de suelo como agricultura y asentamientos humanos.

## **Estructura**

El bosque posee una estructura vertical conformada principalmente por tres estratos; el dosel superior, representado por las copas de los individuos dominantes, un segundo estrato arbustivo y la parte baja o dosel inferior, habitado por hierbas. Estos bosques han estado bajo aprovechamiento maderable, con el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares y el tratamiento de selección. La extracción ha sido selectiva hacia el arbolado de mayores dimensiones de las especies del género *Pinus*, lo que ha ocasionado una modificación en la composición, ya que no se ha presentado regeneración natural de pino en los huecos dejados por los árboles retirados y éstos han sido ocupados por individuos del género encino y arbustos.

Horizontalmente, la vegetación no forma masas continuas, sino que se distribuye en forma discontinua debido al efecto de la exposición, ya que las áreas con orientación norte o noroeste presentan mayor cantidad de vegetación.

La selva baja caducifolia y los pastizales se distinguen por tener un solo estrato, debido a los hábitos de crecimiento de sus especies. Horizontalmente se puede observar una mayor continuidad, únicamente interrumpida por los cambios de uso de suelo realizados por los pobladores, para destinar los terrenos a actividades agrícolas.

## **Especies dominantes por estrato**

### **Bosque**

Los ejemplares representativos del estrato arbóreo se relacionan en el Cuadro 10, vegetación de clima templado-frío que se distribuye en la microcuenca desde los puntos más altos, ubicados a 2,160 msnm, hasta aproximadamente la cota de los 1,200 msnm.

Cuadro 10. Especies dominantes del estrato arbóreo.

Género	Especie	Nombre común
<b><i>Pinus</i></b>	<i>douglasiana</i>	pino blanco
	<i>devoneana</i>	pino lacio
	<i>oocarpa</i>	pino chino
<b><i>Quercus</i></b>	<i>crassifolia</i>	encino colorado
	<i>scytophylla</i>	encino blanco
	<i>crassipes</i>	encino chilillo
<b><i>Arbutus</i></b>	<i>xalapensis</i>	madroño

Fuente: Elaboración propia.

Los arbustos que encontramos con mayor abundancia en la zona boscosa, se presentan el Cuadro 11. Los individuos que conforman este estrato se distribuyen horizontalmente en forma irregular, no forman áreas compactas.

Cuadro 11. Especies dominantes del estrato arbustivo.

Género	Especie	Nombre común
<b><i>Bacharis</i></b>	<i>glutinosa</i>	jarilla
<b><i>Tagetes</i></b>	<i>sp</i>	aceitillo
<b><i>Porthyllum</i></b>	<i>ps</i>	liendrilla
<b><i>Rubus</i></b>	<i>fruticola</i>	zarzamora
<b><i>Arctostaphylos</i></b>	<i>arguta</i>	manzanilla
<b><i>Bacharis</i></b>	<i>conferta</i>	jarilla
<b><i>Senecio</i></b>	<i>sasligmus</i>	jara
<b><i>Euphorbia</i></b>	<i>hirta</i>	golondrina

Fuente: Elaboración propia.

El estrato herbáceo lo constituye una diversidad de géneros pertenecientes a las familias compuestas, gramíneas, papaveráceas y leguminosas, entre otras. Las principales especies se muestran en el cuadro 12. Al igual que el estrato arbustivo, su distribución es muy irregular.

Cuadro 12. Especies dominantes del estrato herbáceo.

Género	Especie	Nombre común
<i>Muhlebergia</i>	<i>robusta</i>	zacatón
<i>Boutelova</i>	<i>gracilis</i>	grama
<i>Bocconia</i>	<i>frutenses</i>	gordolobo
<i>Trifolium</i>	<i>sp</i>	trébol
<i>Paspalum</i>	<i>sp</i>	grama
<i>Stipa</i>	<i>sp</i>	zacatón

Fuente: Elaboración propia.

### Selva baja caducifolia

Este tipo de vegetación tiene mucha diversidad vegetal, formando masas densas o moderadamente densas, individuos de entre 6 y 12 m de alto, en ocasiones un poco mayores. Un aspecto sobresaliente es su aspecto contrastante, intensamente verde en verano y gris pardo en invierno, a diferencia de los pinos, que se mantienen siempre verdes. La gran cantidad de géneros y especies presentes, corresponden a las familias: Anacardiaceae, Bignonaceae, Bombacaceae, Boraginaceae, Burceraceae, Cactaceae, Caricaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Leguminosae, Malvaceae y Rubiaceae, por mencionar las más representativas. Algunas de las especies más comunes se muestran en el cuadro 13.

Cuadro 13. Especies dominantes de la selva baja caducifolia.

<b>Género</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
<b><i>Amphipterygium</i></b>	<i>adstringens</i>	cuachalalate
<b><i>Acacia</i></b>	<i>farnesiana</i>	huizache
<b><i>Acacia</i></b>	<i>cornigera</i>	huizache
<b><i>Acanthocereus</i></b>	<i>pentagonus</i>	cardón
<b><i>Amphipterygium</i></b>	<i>amole</i>	tepamo
<b><i>Bombax</i></b>	<i>ellipticum</i>	clavellina
<b><i>Bursera</i></b>	<i>fagaroides</i>	copal
<b><i>Bursera</i></b>	<i>lancifolia</i>	mulato
<b><i>Bursera</i></b>	<i>bipinnata</i>	copal
<b><i>Byrsonima</i></b>	<i>crassifolia</i>	nanche
<b><i>Caesalpinia</i></b>	<i>platyloba</i>	frijolillo
<b><i>Carica</i></b>	<i>mexicana</i>	bonete
<b><i>Cercidium</i></b>	<i>praecox</i>	palo verde
<b><i>Cordia</i></b>	<i>elaeagnoides</i>	cueramo
<b><i>Dalbergia</i></b>	<i>granadillo</i>	granadillo
<b><i>Enterolobium</i></b>	<i>cyclocarpum</i>	parota
<b><i>Haematoxylon</i></b>	<i>brasiletto</i>	palo Brasil
<b><i>Hura</i></b>	<i>polyandra</i>	habillo
<b><i>Jatropha</i></b>	<i>cordata</i>	higuerilla
<b><i>Lonchocarpus</i></b>	<i>caudatus</i>	palo de oro
<b><i>Opuntia</i></b>	<i>puberula</i>	nopal
<b><i>pithecellobium</i></b>	<i>dulce</i>	pinzán
<b><i>Tabebuia</i></b>	<i>rosea</i>	rosa morada
<b><i>Tabebuia</i></b>	<i>donnell-smithii</i>	primavera

Fuente: Elaboración propia.

## Pastizal

El pastizal es característico de llanuras en las que se extiende sobre mesetas, pero cubre también laderas rocosas de cerros. Los géneros que dominan son: *Bouteloua*, *Andropogon*, *Eragrostis*, *Heteropogon*, *Hilaria*, *Leptochloa*, *Lycurus* y *Muhlenbergia*.

### **Especies vegetales claves**

De las especies presentes en los ecosistemas presentes en la microcuenca, los individuos de los géneros *Pinus* y *Quercus* deben considerarse como claves ya que cuentan con los atributos con que debe contar una especie para considerarse como tal.

Su trascendencia no radica en iniciar el flujo de energía y materia hacia otros organismos; sin embargo, su participación en los ciclos biogeoquímicos es esencial, mediante acciones como; intercepción de las precipitaciones, aporte de materia orgánica, propiciar la infiltración de agua, además de brindar hábitat a fauna silvestre y proteger el suelo. Estas especies son fundamentales para el funcionamiento general de la microcuenca, considerando que su ausencia dificultaría significativamente la permanencia de las comunidades vegetales con las que comparten espacio, pero, sobre todo, se afectaría al núcleo poblacional establecido en la parte sur de la microcuenca.

### **Especies clave mutualistas**

La relación simbiótica que se establece entre las raíces de los árboles de pino y encino con especies micorrícicas permite a vegetales y hongos alimentarse, beneficiándose mutuamente de esta relación, lo que resulta clave para el funcionamiento del ecosistema bosque y por ende, de los otros integrantes que habitan la microcuenca.

### **Especies vegetales incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III**

Haciendo una revisión de la citada norma, comparándola con las especies vegetales identificadas en la microcuenca, se logró determinar que solo dos se encuentran en estatus, una amenazada (A) y otra en peligro de extinción (P), anotadas en el Cuadro 14, según el listado del Anexo Normativo III.

Cuadro 14. Especies Vegetales en Estatus

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	<i>donnell-smithii</i>	Primavera	A
Fabaceae	<i>Dalbergia</i>	<i>granadillo</i>	Granadillo	P

Fuente: NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.

## Fauna silvestre

### Especies de fauna reportadas o avistadas en la microcuenca

La región suroccidente de Michoacán se caracteriza por su diversidad vegetal y de fauna de vida libre. En estudios de gran visión, como los inventarios forestales nacionales o estatales que se han publicado a través del tiempo, es posible observar grandes listados de mamíferos, aves, reptiles, anfibios, moluscos y peces. Esto contrasta con la condición observada en la microcuenca Río Chiquito, en donde solo es posible avistar aves como ejemplares de vida libre. Por testimonio de los lugareños, y a través de observaciones de excretas o huellas, hay presencia de las especies que se observan en el cuadro 15 para mamíferos, 16 para aves y 17 para reptiles.

Cuadro 15. Mamíferos de fauna silvestre avistados en la microcuenca.

Género	Especie	Nombre común
<b><i>Sciurus</i></b>	<i>aureogaster</i>	ardilla gris
<b><i>Odocoileus</i></b>	<i>virginianus</i>	venado
<b><i>Dasyus</i></b>	<i>novemcinctus</i>	armadillo
<b><i>Didelphis</i></b>	<i>virginiana</i>	tlacuache
<b><i>Conepatus</i></b>	<i>leuconotus</i>	zorrito
<b><i>Nasua</i></b>	<i>nasua</i>	tejón
<b><i>Tayassu</i></b>	<i>tajacu</i>	pecarí de collar
<b><i>Lynx</i></b>	<i>rufus</i>	gato montes
<b><i>Puma</i></b>	<i>concolor</i>	puma
<b><i>Leopardus</i></b>	<i>pardalis</i>	ocelote

Elaboración propia.

Cuadro 16. Aves de fauna silvestre avistadas en la microcuenca.

Género	Especie	Nombre común
<b><i>Chondrohierax</i></b>	uncinatus	gavilan pico de gancho
<b><i>Buteo</i></b>	swainsoni	aguililla
<b><i>Chaetura</i></b>	vauxi	vencejo
<b><i>Coragyps</i></b>	atratus	zopilote
<b><i>Zenaida</i></b>	macroura	paloma huilota
<b><i>Ortalis</i></b>	poliocephala	chachalaca pálida
<b><i>Picoides</i></b>	scalaris	carpintero mexicano

Elaboración propia.

Cuadro 17. Reptiles de fauna silvestre avistados en la microcuenca.

Género	Especie	Nombre común
<b><i>Pituophis</i></b>	<u><i>melanoleucus</i></u>	alicante
<b><i>Lampropeltis</i></b>	<u><i>triangulum</i></u>	falsa coralillo
<b><i>Crotalus</i></b>	<u><i>durissus</i></u>	cascabel
<b><i>Crotalus</i></b>	<u><i>triseriatus</i></u>	hocico de puerco

Elaboración propia.

Es de comprender que las características físicas del terreno y los ecosistemas presentes reúnen condiciones para satisfacer las necesidades de alimento, agua, cobertura y espacio de la fauna silvestre, por lo que el listado puede parecer reducido, en comparación con lo reportado para otras zonas, pero atiende solamente testimonios de los pobladores.

### **Especies de fauna silvestre claves.**

Revisando la información recabada, aunque no sea la totalidad de especies presentes, existen individuos que ocupan la punta de la pirámide trófica, controlando las poblaciones de las especies que consumen, asegurando, además, el flujo de energía y materia en la microcuenca. En ese estatus, se encuentran los depredadores: *Lynx rufus*, *Puma concolor*, *Leopardus pardalis* y *Buteo swainsoni*.

## Especies de fauna silvestre reportadas o avistadas e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III

La norma nos indica que, en detrimento del funcionamiento de los ecosistemas de la microcuenca, especies valiosas por su relación con otros individuos están catalogadas en alguna categoría de riesgo (Cuadro 18).

Cuadro 18. Especies de fauna silvestre en estatus.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
FELIDAE	<i>Leopardus</i>	<i>pardalis</i>	ocelote	P
ACCIPITRIDAE	<i>Chondrohierax</i>	<i>uncinatus</i>	gavilan pico de gancho	Pr
ACCIPITRIDAE	<i>Buteo</i>	<i>swainsoni</i>	aguililla	Pr
COLUBRIDAE	<i>Lampropeltis</i>	<i>triangulum</i>	falsa coralillo	A
VIOERIDAE	<i>Crotalus</i>	<i>durissus</i>	casabel	Pr

Fuente NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.

A: amenazada

P: en peligro de extinción

Pr: sujeta a protección especial

### Relaciones mutualistas

No se identificaron relaciones mutualistas entre organismos de fauna silvestre. En cambio, sí hay relaciones importantes entre fauna y flora, ya que la actividad de pecoreo de las abejas y la alimentación de aves y murciélagos son actividades importantes en la polinización y dispersión de semillas, lo que contribuye a la regeneración y dispersión de plantas y, a largo plazo, a la conservación de la diversidad biológica de la microcuenca.

## **7.2 Degradación de la microcuenca.**

No se tiene establecida con exactitud la fecha en que la parte baja de la microcuenca fue poblada. Por testimonio de los lugareños, se cree que por el año 1500 habitaban en la región aborígenes mexicas. Durante la colonización, se establecieron españoles en lo que hoy es la cabecera municipal. Desde ese entonces, las actividades antropogénicas han generado impactos ambientales en forma permanente, actuando sobre la vegetación y con repercusiones hacia los otros componentes de los ecosistemas, dadas las estrechas relaciones que la vegetación tiene con el agua, el suelo y la fauna.

La cercanía de la población a la zona forestal ha motivado el cambio de uso de suelo de forestal a agropecuario, observándose en la actualidad un mosaico de condiciones diferentes de vegetación, producto del redireccionamiento de la sucesión vegetal que han venido realizando los campesinos locales, remitiendo la vegetación arbórea a las partes altas de la microcuenca.

Las actividades productivas se han realizado con principios cortoplacistas, buscando satisfacer de manera inmediata las necesidades de alimento de los pequeños propietarios mediante la siembra de maíz, y de su ganado, al establecer pastizales, por lo que es común observar ganado vacuno pastando en toda la superficie de la microcuenca. La pérdida paulatina de la cubierta arbórea de la zona, a través del aprovechamiento maderable y del método de roza, tumba y quema, ha generado una serie de impactos negativos en los ecosistemas presentes que, si bien no han sido evaluados, sí han tenido repercusión hacia el bienestar de la población.

La reducción de la vegetación, y la capa de materia orgánica que ésta produce, propicia el arrastre de partículas de suelo fértil, reduciendo los volúmenes de agua que se infiltra y azolvando la infraestructura construida para el desahogo de agua en la temporada de lluvias, lo que ha ocasionado la inundación de algunas calles en la zona urbana ubicada en la porción más baja de la microcuenca, lugar donde se acumulan todos los escurrimientos generados a lo largo de la gradiente de la microcuenca.

Las actividades antrópicas han limitado los espacios para el desarrollo de flora y fauna silvestre, afectando la biodiversidad local y con ello la posibilidad de proveerse de bienes destinados a la alimentación, construcción, combustible y herbolaria, por mencionar

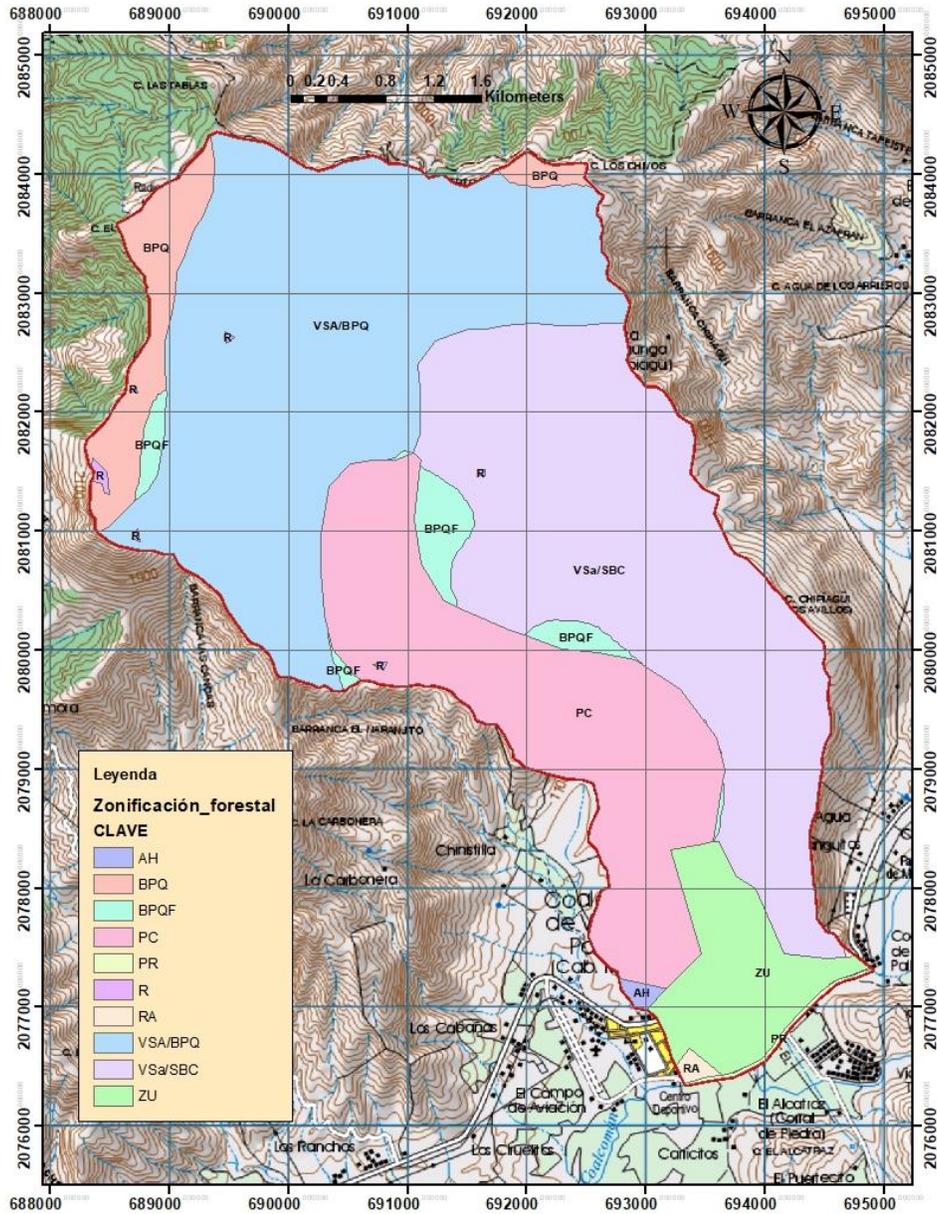
algunos. En cuanto a servicios, se disminuyen los reservorios de carbono, los espacios recreativos y de belleza escénica.

La zona donde confluyen todos los escurrimientos de la microcuenca era un escurrimiento permanente, que además de proporcionar el vital líquido a la población, era utilizado para las actividades productivas, así que, sin menospreciar la importancia de otros servicios, el que este lugar sea hoy una barranca que cruza por la parte media de la ciudad, con gasto únicamente en la temporada de lluvias, y recibiendo descargas de drenajes de las casas habitación establecidas en sus márgenes, puede considerarse como una de las afectaciones más graves que han ocurrido en la microcuenca.

Con la finalidad de confrontar los cambios de uso de suelo que sufrió la microcuenca en un periodo de 11 años (2007-2017), se obtuvo información de la cobertura del suelo para los años 2007, 2013 y 2017, cuantificando las superficies y elaborando los planos correspondientes.

# Zonificación Forestal, según el Estudio Regional Forestal inédito de la ARS del Sur Occidente de Michoacán, A.C.

Figura 9. Plano de Zonificación Forestal.



Fuente: Estudio Regional Forestal Sur Occidente Costa de Michoacán 2007. Inédito.  
Elaboración propia.

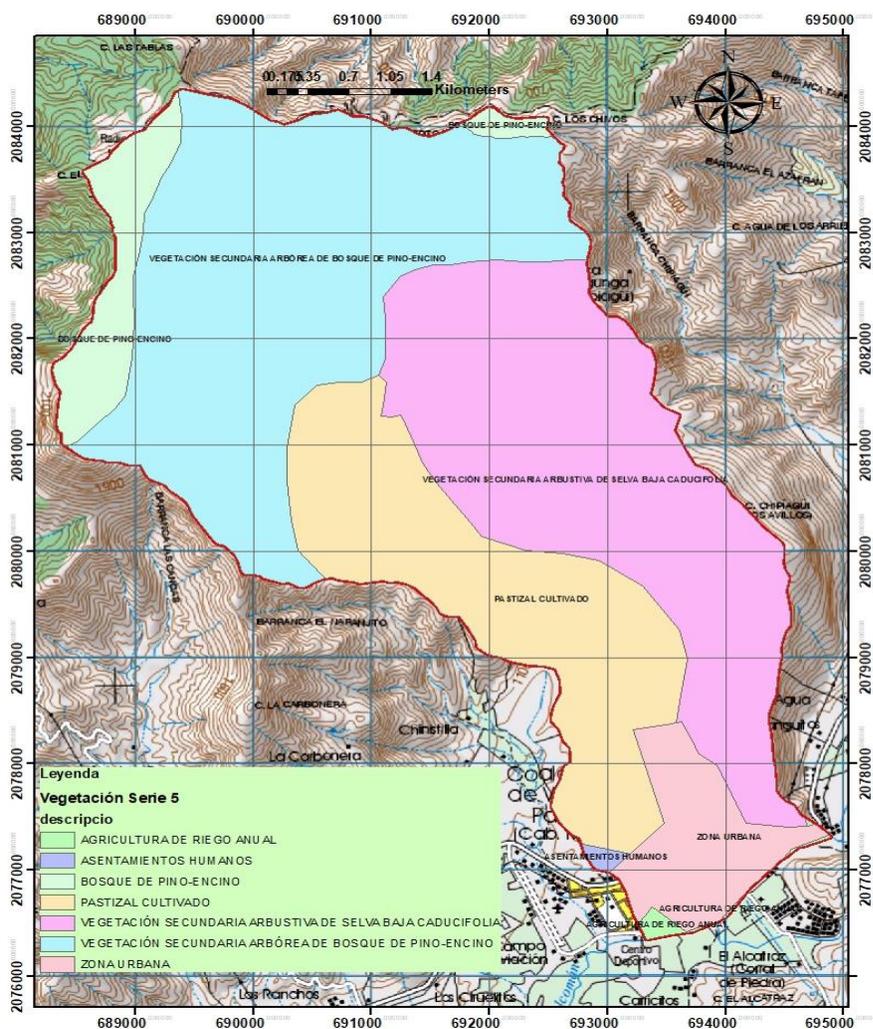
Cuadro 19. Superficie por Uso de Suelo de la microcuenca 2007.

Clave	Cobertura	Zonificación	Superficie (Ha)	Porcentaje de la Micro
PC	Pastizal cultivado	Terrenos Preferentemente Forestales	507.0660	19.5
RA	Agricultura de Riego	Terrenos Preferentemente Forestales	6.1595	0.2
Vsa/SBC	Salva Baja Caducifolia Fragmentada	Terrenos Forestales de productividad Baja	800.4906	30.9
BPQ	Bosque de Pino-Encino Cerrado	Terrenos Forestales de productividad Alta	117.8839	4.5
VSA/BPQ	Bosque de Pino-Encino Abierto	Terrenos Forestales de productividad Media	921.3564	35.5
ZU	Zona Urbana	Otros Usos No Forestales	159.7795	6.2
AH	Zona Urbana	Otros Usos No Forestales	5.4852	0.2
BPQF	Bosque de Pino-Encino Fragmentado	Terrenos Forestales o Preferentemente Forestales en Recuperación	67.6880	2.6
R		Terrenos con Pendientes mayor al 100% o 45°	3.6907	0.1
PR		Áreas de Protección	4.7465	0.2
<b>Total</b>			<b>2,594.3463</b>	<b>100.0</b>

Fuente; Estudio Regional Forestal inédito de la ARS del Sur Occidente de Michoacán, A.C. 2007. Elaboración propia.

### Uso de Suelo y Vegetación, Serie V. INEGI, 2013.

Figura 10. Plano de Vegetación y Uso de Suelo.



Fuente; Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000, Serie V. INEGI, 2013. Elaboración propia.

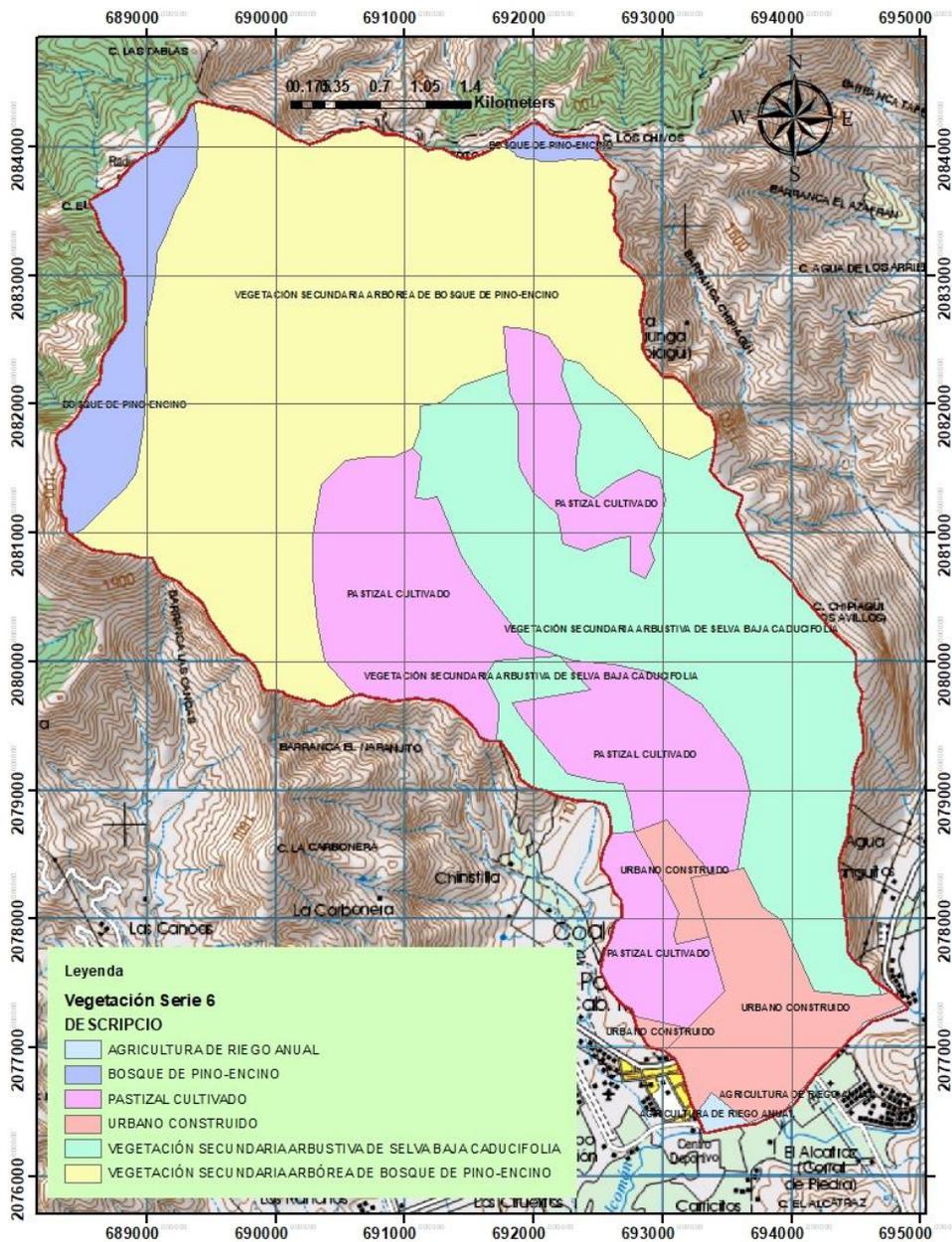
Cuadro 20. Superficie por Uso de Suelo de la microcuenca 2013.

Clave	Descripción	Superficie (Ha)	Porcentaje de la Micro
AH	Asentamientos Humanos	167.5963	6.5
BPQ	Bosque de Pino-Encino	138.1879	5.3
PC	Pastizal Cultivado	543.8714	21.0
RA	Agricultura de Riego Anual	7.4523	0.3
VSA/VPQ	Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque de Pino-Encino	925.6570	35.7
Vsa/SBC	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia	811.5814	31.3
<b>Total</b>		<b>2,594.3463</b>	<b>100.0</b>

Fuente; Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Escala 1:250,000, Serie V. INEGI, 2013. Elaboración propia.

# Uso de Suelo y Vegetación, Serie VI. INEGI, 2017.

Figura 11. Plano de Vegetación y Uso de Suelo.



Fuente; Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000, Serie VI. INEGI, 2017.

Cuadro 21. Superficie por Uso de Suelo de la microcuenca 2017.

Clave	Descripción	Superficie (Ha)	Porcentaje de la Micro
AH	Urbano Construído	192.0945	7.4
BPQ	Bosque de Pino-Encino	138.2809	5.3
PC	Pastizal Cultivado	563.6261	21.7
RA	Agricultura de Riego Anual	8.0406	0.3
VSA/VPQ	Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque de Pino-Encino	1,031.5629	39.8
Vsa/SBC	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia	660.7413	25.5
<b>Total</b>		<b>2,594.3463</b>	<b>100.0</b>

Fuente; Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000, Serie V. INEGI, 2017. Elaboración propia.

La comparación de la información de superficie por uso de suelo para las tres evaluaciones se puede observar en el cuadro 22.

Cuadro 22. Comparación de la superficie y porcentaje por Uso de Suelo en tres evaluaciones.

Descripción	2007		2013		2017	
	Superficie (Ha)	Porcentaje de la Micro	Superficie (Ha)	Porcentaje de la Micro	Superficie (Ha)	Porcentaje de la Micro
Zona Urbana	165.2647	6.4	167.5963	6.5	192.0945	7.4
Bosque de Pino-Encino Cerrado	117.8839	4.5	138.1879	5.3	138.2809	5.3
Pastizal cultivado	507.0660	19.5	543.8714	21.0	563.6261	21.7
Agricultura de Riego	10.9060	0.4	7.4523	0.3	8.0406	0.3
Bosque de Pino-Encino Fragmentado	992.7351	38.3	925.6570	35.7	1,031.5629	39.8
Salva Baja Caducifolia Fragmentada	800.4906	30.9	811.5814	31.3	660.7413	25.5
<b>Total</b>	<b>2,594.3463</b>	<b>100.0</b>	<b>2,594.3463</b>	<b>100.0</b>	<b>2,594.3463</b>	<b>100.0</b>

Elaboración propia.

Los datos del año 2013 permiten observar la tendencia en cuanto a cambios en la cubierta vegetal que estaba experimentando la microcuenca. La confrontación de lo obtenido por la organización en el año 2007 y los datos reportados por el INEGI en 2017, a 11 años de diferencia, muestran los resultados anotados en el cuadro 23.

Cuadro 23. Comparación de la superficie por Uso de Suelo entre los datos de los años 2007 y 2017.

Descripción	Año 2007	Año 2017	Cambio en el periodo 2007-2014
Zona Urbana	165.2647	192.0945	Ha crecido 26.8298 hectáreas
Bosque de Pino-Encino Cerrado	117.8839	138.2809	Aumento de 20.397 hectáreas
Pastizal cultivado	507.0660	563.6261	Aumento de 56.5601 hectáreas
Agricultura de Riego	10.9060	8.0406	Reducción de 2.8654 hectáreas
Bosque de Pino-Encino Fragmentado	992.7351	1,031.5629	Aumento de 38.8278 hectáreas
Salva Baja Caducifolia Fragmentada	800.4906	660.7413	Reducción de 139.7493 hectáreas
<b>Total</b>	<b>2,594.3463</b>	<b>2,594.3463</b>	

Fuente ARS del Sur occidente de Michoacán e INEGI. Elaboración propia.

Los cambios observados en el uso del suelo y vegetación en un periodo de 11 años, indican que efectivamente, el aprovechamiento maderable, los cambios de uso de suelo de forestal a agropecuario y el crecimiento urbano, son actividades de origen antropogénico que han modificado la composición, estructura y función de los ecosistemas presentes en la microcuenca. El manejo al que ha estado sometido el bosque de la microcuenca, ha sido dirigido de manera casi exclusiva a la extracción de arbolado de las diferentes especies del género *Pinus*.

Por otro lado, la perturbación a que es sometida la comunidad biológica de la selva baja caducifolia, mediante la roza, tumba y quema, interrumpe el curso natural de la sucesión ecológica, manteniéndola en etapas tempranas o inmaduras y eliminando la posibilidad de llegar al clímax, por lo que resulta común observar en el paisaje de la microcuenca, distintas comunidades biológicas que corresponden a diferentes etapas de la sucesión y condiciones físicas de la zona. Es decir, no existen las características señaladas por Odum (1969) para un ecosistema estable.

## **7.3 Proyecto de restauración**

### **7.3.1 Consideraciones para el proyecto**

#### **7.3.1.1 Identificación de los ecosistemas de referencia**

Partiendo de la premisa que la restauración ecológica está definida como el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido, es que, a través de la caracterización realizada en la microcuenca del Río Chiquito, se obtuvieron parámetros que permiten valorar el desequilibrio dinámico manifiesto a través de la reducción de servicios ecosistémicos hacia la población, ubicada en el límite sur de la microcuenca.

Debido a interacción hombre-cuenca, es difícil encontrar ecosistemas que no hayan sido afectados por actividades humanas. La cercanía de la cabecera municipal y las actividades productivas desarrolladas por la población, dificultan encontrar un modelo para planear la restauración y su posterior evaluación. Haciendo una búsqueda bibliográfica, la información obtenida sobre ecosistemas locales es muy general o no está actualizada. Al utilizar como herramienta la consulta con los pobladores, no nos da la certeza de estar obteniendo información propicia para evaluar la integridad biológica, ya que se percibe un sesgo debido al criterio de bienestar económico social, empleado por la población, sin considerar el bienestar del medio ambiente.

Ante esta situación, se realizó una compilación de los datos obtenidos mediante las entrevistas, información bibliográfica y las observaciones en campo, tanto para el bosque como para la selva, concluyendo, que existen ecosistemas cercanos que muestran condiciones propicias de acuerdo con el tipo de vegetación que sustentan.

El patrón de distribución de los ecosistemas circundantes al área de interés, muestran una distribución de la vegetación que atiende rangos altitudinales, presentándose en forma descendente, bosque de pino-encino en las partes altas, seguido de bosque de encino y una transición hacia selva baja caducifolia, conforme se reduce la altitud.

Estas áreas vecinas, corresponden a microcuencas donde la intromisión de actividades humanas ha tenido un menor impacto en la vegetación, siendo posible observar rodales de bosques y selvas en condiciones de poca alteración, mostrando las características de

densidad, composición y estructura, que deben poseer los ecosistemas inmersos en la microcuenca que va a estar sujeta a restauración. Debido a los atributos mencionados, es que estas áreas fueron empleadas como ecosistemas de referencia.

Las condiciones observadas en la microcuenca a restaurar demandan en primera instancia, la implementación de acciones en pro de la rehabilitación de la cabecera norte, por ser la parte alta de la microcuenca, contemplando el enriquecimiento de los rodales poblados con especies de pino, en específico; *P. douglasiana*, *P. devoneana* y *P. oocarpa*, además de proteger la regeneración de encinos, representados por *Q. crassifolia*, *Q. scytophylla* y *Q. crassipes*,

### **7.3.1.2 Perspectiva de largo plazo**

La finalidad de rehabilitar la parte alta de la microcuenca es que, en un lapso de 15 años, los individuos establecidos a partir del primer año, estén realizando las funciones propias de su especie, como son; la protección al suelo, favorecer la infiltración, aportar materia orgánica, generar condiciones propicias para el desarrollo de especies arbustiva, herbáceas, hábitats para fauna silvestre y captura de carbono, entre otras, por lo tanto, se contempla sean tangibles los siguientes Atributos Observables (SER, 2004):

#### **1. Composición de especies y estructura.**

Hay presencia de especies características de los ecosistemas y estructura comunitaria apropiada, que hace funcional el ecosistema.

#### **2. Consta de especies autóctonas hasta el grado máximo factible.**

Existen especies nativas propias del hábitat natural de la microcuenca o aquellas introducidas que han evolucionado con el desarrollo del ecosistema.

#### **3. Grupos funcionales.**

Grupos de especies que permiten el desarrollo y estabilidad continua del ecosistema están representados o se crean las condiciones para que las especies se establezcan de manera natural.

4. Ambiente físico del ecosistema restaurado.

El ecosistema restaurado posee las características físicas que le permiten soportar a especies reproductoras de las especies necesarias para su estabilidad o desarrollo, dirigiéndolo hacia la trayectoria deseada.

5. Función del ecosistema restaurado.

Existe un funcionamiento normal del ecosistema, de acuerdo a la fase ecológica de su desarrollo y no hay señales de disfunción.

6. Integración en una matriz de paisaje.

Hay una integración adecuada del ecosistema al paisaje regional, interactuando a través de flujos e intercambios abióticos y bióticos.

7. Reducción de amenazas potenciales.

Eliminación o reducción de amenazas potenciales a la salud y función del ecosistema.

8. Capacidad de recuperación.

El ecosistema soporta acontecimientos estresantes, periódicos y normales de las condiciones locales, manteniendo su integridad.

9. El ecosistema restaurado es autosostenible.

Las condiciones del ecosistema se asemejan al modelo de referencia, siendo autosostenible y tiene el potencial de persistir ante las condiciones ambientales existentes.

### **7.3.1.3 Evaluación del estado actual de la microcuenca**

Las condiciones actuales de la microcuenca denotan diversos tipos de degradación de sus componentes, mismos que se manifiestan a través de condiciones adversas para su funcionamiento, entre las que se pueden observar las siguientes:

Pérdida de la cubierta vegetal del suelo.

Erosión hídrica y eólica.

Fragmentación de ecosistemas.  
Reducción de hábitats de flora y fauna.  
Disminución de la biodiversidad.  
Decremento de bienes y servicios ambientales.  
Alteración de los procesos ecológicos y evolutivos.  
Modificación de la composición, estructura y función de los ecosistemas.

Estas alteraciones influyen negativamente en las condiciones del suelo y los recursos hídricos, fundamentales para el bienestar de los ecosistemas y la población que depende de ellos, siendo los más evidentes:

Cambios en la tasa de intercepción de agua y evapotranspiración.  
Menor tasa de infiltración de agua.  
Incremento de volúmenes de agua vía escorrentía.  
Erosión.  
Contaminación de suelo y agua.  
Poca disposición de agua para consumo humano.  
Mantillo orgánico solo en las franjas altas con bosque.  
Menor incorporación de nutrientes por integración de materia orgánica.  
Reducción de la biota edáfica.  
Alteración de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

El efecto sinérgico y acumulativo de los cambios percibidos en los ecosistemas presentes en la microcuenca afectan consecuentemente la flora y fauna local, al presentarse los siguientes fenómenos:

Perturbación de hábitats.  
Alteración de los parámetros poblacionales de flora y fauna.  
Pérdida de la variabilidad genética.  
Variación de las interacciones bióticas.  
Intromisión de especies exóticas.  
Daños físicos y efecto desecante del viento.

Reducción de biomasa.

Presencia de plagas y enfermedades.

#### **7.3.1.4 Definición de niveles y escalas de organización**

La escala a la que se trabajará es Local, ya que se trata de una microcuenca. El Nivel de organización es de Comunidad, buscando asemejar los procesos que ocurren en el bosque, a los presentados en una comunidad sin alteración y redireccionando la sucesión forestal que han estado modificando los campesinos locales, hacia una condición estable. En cuanto al paisaje, la restauración del bosque tendrá como resultados, que se cubran de vegetación arbórea los espacios que actualmente se encuentran poblados por hierbas y arbustos, generando una distribución fragmentada del bosque.

#### **7.3.1.5 Escalas y jerarquías de disturbios**

El espacio de la microcuenca no se caracteriza por la presencia de fenómenos naturales relevantes que impacten en la abundancia o composición de las especies presentes. Las perturbaciones que tienen lugar son antropogénicas, y se manifiestan principalmente por claros en el bosque y presencia de ganado vacuno pastando de manera extensiva. Ambos disturbios son de tamaño pequeño, de duración intermedia para el caso de los claros y larga para el pastoreo, con intensidad moderada para ambos casos, ya que los espacios sin cobertura vegetal son el resultado de la muerte de árboles que han concluido su turno físico o debido a la ausencia de regeneración natural, no por la tala inmoderada. En cuanto al pastoreo, éste se realiza en forma extensiva, con un índice de agostadero de 4 a 5 hectáreas por cabeza de ganado, reduciendo daños a la vegetación y al suelo por sobrepastoreo y compactación. Esta condición es manifiesta a lo largo de las 1,169.8438 hectáreas que conforman el bosque de pino-encino y la vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino

En la parte media de la cuenca los disturbios son de intensidad moderada, tamaño moderado y duración intermedia, ya que se llevan a cabo actividades de agricultura migratoria, utilizando el método de roza, tumba y quema, además de pastoreo extensivo, en las 1,232.408 hectáreas de pastizal, agricultura y vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia. La valoración anterior, se sustenta en el poder de regeneración de

la selva baja caducifolia, ya que al abandonar las tierras utilizadas para actividades agropecuarias, estas son ocupadas nuevamente por individuos pertenecientes al ecosistema afectado y en un lapso relativamente corto de tiempo, cubren los espacios abiertos, restableciéndose el proceso de sucesión vegetativa. El pastoreo es extensivo, con bajo coeficiente de agostadero durante la temporada de lluvias, condición similar para la agricultura, ya que no existen riegos, únicamente se siembra de temporal.

Las 192.0945 hectáreas que ocupan la zona urbana en el sur de la microcuenca, presentan los mayores disturbios, debido al cambio de uso de suelo, su intensidad es alta, duración permanente y tamaño pequeño, pues solo representan el 7.40% de la superficie.

#### **7.3.1.6 Participación comunitaria**

El flujo de bienes y servicios que los ecosistemas aportan al bienestar social es un aspecto ignorado por la gran mayoría de la población. El desconocimiento de la función que cada especie o grupo de especies tiene dentro del ecosistema, ha propiciado el aprovechamiento de plantas y animales sin principios sustentables, alterando la armonía en las relaciones de los elementos bióticos y abióticos que, si bien se manifiestan a nivel local, también aportan a las modificaciones de los ecosistemas a nivel global.

El involucramiento de la comunidad es muy importante para el éxito de las actividades de restauración de ecosistemas, por lo que se ha tenido acercamiento con organizaciones locales de la sociedad civil, en específico silvicultores y dueños de monte, una institución educativa a nivel superior, que oferta la carrera de Ingeniería en Desarrollo Comunitario y existe la disposición de autoridades estatales y municipales, de conjuntar esfuerzos y llevar a cabo actividades de concientización, capacitación y difusión del programa de restauración.

### **7.3.2 Actividades de restauración**

#### **7.3.2.1 Potencial de regeneración del bosque de pino-encino**

Se definió la parte alta de la microcuenca como la zona de interés para la restauración. En esta parte, las especies dominantes son las pertenecientes al género *Pinus* y durante los recorridos de campo se constató que conforman masas arboladas abiertas y la

ausencia de regeneración natural. Como se mencionó anteriormente, estas especies son consideradas clave y es por ello que se actuará para reforzar su presencia. Se propone realizar reforestaciones de enriquecimiento para resolver el problema de esta carencia de renuevo, contemplándose en un futuro próximo, identificar las causas que originan esta condición. El encino presenta regeneración natural, denotando mayor potencial de regeneración y ser la especie codominante. De acuerdo a lo observado, las especies de herbáceas y arbustivas, se distribuyen regularmente, sin evidenciar problemas para su regeneración, dando continuidad a una de sus funciones importantes, la generación de hábitats para fauna nativa.

### **7.3.2.2 Barreras para la rehabilitación de la parte alta de la cuenca**

Aparentemente no existen impedimentos ecológicos para rehabilitar la parte alta de la cuenca, puesto que las especies a reforestar se encuentran presente en el área. El régimen de propiedad podría considerarse una barrera de tipo socioeconómico para el logro de los objetivos; sin embargo, los propietarios ven con entusiasmo la rehabilitación del bosque, debido a que las bajas existencias han desmotivado a las empresas forestales establecidas en la cabecera municipal, quienes consideran incosteable el aprovechamiento, aunado a esto, los pequeños propietarios visualizan un bosque con la capacidad de proporcionar servicios ambientales hacia el resto de la microcuenca, con los beneficios para sus terrenos y el bienestar social.

### **7.3.2.3 Selección de especies para la rehabilitación**

La determinación de especies del género *Pinus* y *Quercus* como claves en el funcionamiento del ecosistema, direcciona las actividades hacia el enriquecimiento de los rodales vía reforestación con plántulas de *Pinus douglasiana*, *P. devoniana* y *P. oocarpa* producidas en vivero. Se considera que los encinos demuestran una mayor agresividad cuando se presentan espacios disponibles para colonizar, por lo que solo se contempla la protección de la regeneración natural. Los arbustos y pastos tienen una función importante en la protección y retención de suelo, creando condiciones propicias para el desarrollo de otras especies vegetales y animales, por lo tanto, la presencia actual de estos dos estratos en el área, no requiere de labores adicionales para incrementar su

presencia, pero sí de acciones de protección contra incendios, como parte del manejo de hábitat, por ser los que sufren los mayores daños en caso de algún siniestro.

#### **7.3.2.4 Propuesta de propagación y manejo de especies**

Las actividades por realizar para propagar las especies de pino se harán de manera colaborativa, al amparo de la experiencia del personal participante asignado, una vez que ha sido acordada su participación. Quienes se involucrarán en la restauración son organizaciones, instituciones y autoridades, contemplando las actividades y responsabilidades siguientes:

- Recolección de germoplasma de las especies de pino de interés, por personal de la Asociación de Industriales Forestales de los municipios de Coalcomán y Aguililla, A.C.
- Manejo y reproducción de las semillas colectadas, en el vivero de la Asociación Regional de Silvicultores del Sur Occidente de Michoacán, A.C.
- Reforestación de enriquecimiento con 20,000 plantas en 50 hectáreas anuales, a razón de 400 plantas por hectárea, por un periodo de 20 años, lo que totalizaría 1000 hectáreas a reforestar, actividad a realizar con personal del H. Ayuntamiento de Coalcomán, Mich., y alumnos de servicio social del Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán. La proyección de la superficie a reforestar, parte del cálculo de las 1,169.8438 hectáreas de bosque de pino-encino, de las cuales, una porción de aproximadamente 150 hectáreas es una zona de difícil acceso. La propuesta de densidad de plantación y cantidad de hectáreas a reforestar anualmente, toma en consideración que la actividad será realizada por alumnos prestadores de servicio social, no acostumbrados a largas faenas laborales y menos aún, en una actividad tan demandante físicamente como la reforestación.

Cada una de las acciones mencionadas, llevará implícito un programa de actividades, que será diseñado por el Coordinador Operativo de la Asociación Regional de Silvicultores. No se contemplan erogaciones, por así haberse establecido en el acuerdo de participación, por lo que los costos serán absorbidos por cada ente responsable.

#### **7.3.2.5 Monitoreo del proceso de restauración**

Como sucede con cualquier proyecto, la restauración requiere definir acciones de seguimiento y evaluación de la respuesta del ecosistema ante las actividades realizadas. La propuesta de iniciar con la parte alta de la microcuenca tiene el propósito de lograr cambios de manera descendente, de tal manera que se reestablezcan las relaciones de interdependencia entre los elementos bióticos y abióticos del bosque, al favorecer el desarrollo de las especies vegetales clave y propiciar hábitat para vegetación y fauna silvestre. Esto beneficiará a la parte media y baja de la cuenca, al retenerse el suelo, propiciar la infiltración y lograr que la zona de escurrimiento principal vuelva a presentar agua durante la temporada de estiaje. De no presentarse estos cambios deseables, el monitoreo dará la oportunidad de hacer los ajustes pertinentes, hasta lograr los beneficios esperados.

Espacialmente, el monitoreo estará dirigido al área a reforestar con una periodicidad anual, evaluando el porcentaje de sobrevivencia, la sanidad y vigor de las plantas. En periodos que abarcarán 5 años, se considerarán modificaciones en la estructura vertical y horizontal del bosque, así como la presencia de especies vegetales y fauna silvestre. Los cambios en la parte media se evaluarán cada 5 años, observando el incremento en la disposición de agua, la permanencia del gasto en las zonas de escurrimientos, así como el incremento de ejemplares de fauna silvestre.

El cambio en la parte baja de la micro se espera que se manifieste en un tiempo mayor, contemplándose su monitoreo hasta los 10 años, observando las modificaciones en la zona de escurrimiento principal que cruza la población, haciendo las observaciones antes que el agua ingrese a la ciudad, debido a la contaminación a que es sujeta durante su recorrido.

### **7.3.3 Principios en los que se basará la restauración**

#### **7.3.3.1 Restauración basada en procesos naturales.**

Los procesos que ocurren en los ecosistemas se dan a diferentes niveles, que van desde los individuales, poblacionales, en las comunidades, hasta llegar al nivel paisaje. La participación de los seres humanos en su interacción con los ecosistemas ha modificado negativamente esos procesos, siendo los más reconocidos, los ocasionados a nivel poblacional, alterando la estructura de edades y tamaño de los individuos, mediante la

extracción de individuos del género pino en el bosque y remoción total de la vegetación por cambio de uso de suelo en la selva baja caducifolia, además de propiciar la colonización en los espacios generados por especies oportunistas. A nivel comunidades, existe una exclusión competitiva al reducir el número de especies y alterar el flujo de energía y el aporte de materia orgánica, pues se presenta exportación de nutrientes durante la cosecha. Finalmente, el paisaje observado en la microcuenca denota interrupciones en la conectividad de la vegetación, ocasionadas por actividades agropecuarias y generando una matriz con alternancia entre claros y vegetación, debido a lo fragmentando de los ecosistemas.

Con las actividades propuestas a realizar, se pretende recuperar la capacidad del ecosistema bosque, de mantener el dinamismo de la comunidad y su funcionalidad, equiparable a un bosque sin alteración, beneficiando en forma descendiente la vegetación y el núcleo poblacional ubicados en la parte media y baja de la microcuenca, al proteger las áreas de captación de agua, fomentando así, la continuidad del ciclo hidrológico.

#### **7.3.3.2 Actuación dentro de los límites naturales de los ecosistemas**

La distribución de la vegetación de la microcuenca responde a rangos altitudinales, dentro de los cuales las especies encuentran las condiciones propicias para su establecimiento, desarrollo y reproducción. Si no se presentan disturbios, las especies pueden permanecer a largo plazo en el ecosistema, siempre dentro de las etapas de la sucesión forestal a las que pertenezcan. Este principio es considerado al momento de proponer el enriquecimiento de las áreas boscosas con *Pinus douglasiana*, *P. devoneana* y *P. oocarpa*, especies que tienen como hábitat la parte alta de la microcuenca.

#### **7.3.3.3 Restauración de la salud forestal en la totalidad de la cuenca**

Este principio, propuesto por Leopold (1948), pone de manifiesto la importancia de considerar todos los componentes de las microcuencas, atendiendo las múltiples interacciones que se dan entre los componentes bióticos y abióticos dentro de las zonas funcionales de la cuenca, enfatizando en el mantenimiento de la integridad, funcionalidad y belleza de los ecosistemas. Atendiendo este precepto de ética ecológica, es que, en la

propuesta de restauración, se ha puesto especial cuidado en observar estas características básicas:

No provocar extinción de especies, por el contrario, trabajar reintroduciendo especies locales.

Las especies por introducir serán únicamente nativas.

No habrá extracción de energía del suelo, para liberarse en la biota, ni se verterán sustancias contaminantes.

Las corrientes de agua no se contaminarán, ni se modificarán las zonas de escurrimiento natural.

Se cuidarán hábitats y espacios necesarios para la conservación de animales depredadores.

Se tiene contemplado integrar a la comunidad para lograr las metas sociales y ambientales establecidas en la restauración.

Buscar el balance entre valores de consumo y servicios.

No se afectarán los niveles de la biodiversidad.

#### **7.3.3.4 Diseño de estrategias de supresión o atenuación de factores de degradación en la cuenca**

Una vez realizada la reforestación, se programarán actividades de mantenimiento, como cercar las áreas plantadas o, por lo menos, excluir temporalmente el pastoreo en esas zonas, hasta que las plántulas no se vean afectadas por el tránsito del ganado. Al año siguiente, se deben reponer las pérdidas y de ser el caso, reforzar las cercas. Estas actividades serán realizadas por la Asociación de Dueños de Monte de los municipios de Coalcomán y Aguililla y personal del H. Ayuntamiento de Coalcomán, Michoacán.

Los propietarios de los terrenos y los alumnos de servicio social del Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán se encargarán del acordonamiento de material muerto siguiendo las curvas de nivel, en áreas con riesgo de pérdida de suelo.

Con el apoyo del personal de la Comisión Forestal del Estado de Michoacán, se difundirá entre los propietarios de terrenos forestales y preferentemente forestales la Norma 015

Semarnat/Sagarpa-2007, la cual establece las especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario.

El personal de las brigadas contra incendios forestales establecidas en la cabecera municipal por organizaciones y autoridades colaborarán en la construcción y relimpia de brechas corta fuego en las áreas reforestadas, además de la zona boscosa donde su fisiografía lo permita, como medida de prevención de incendios forestales.

#### **7.3.4 Resultados esperados**

La ejecución del presente proyecto revertirá paulatinamente los efectos negativos de las actividades humanas en la parte alta de la microcuenca, restableciendo los procesos ecosistémicos, al actuar sobre la composición, estructura y función del ecosistema, reforestando con especies nativas del género *Pinus*, acciones encaminadas a darle continuidad al flujo de servicios ambientales, principalmente hidrológicos.

El aspecto socioeconómico y cultural se abordará mediante trabajo colaborativo entre organizaciones de la sociedad civil, instituciones y dependencias de los tres niveles de gobierno, con quienes ya se tuvo acercamiento. Ellos colaborarán, de acuerdo a sus capacidades y recursos disponibles, en la integración de programas de difusión, capacitación y cultura ambiental, con énfasis en el manejo de cuencas, dada la importancia del espacio físico en el que interactúan la sociedad y los recursos naturales de la microcuenca.

Se espera, que los resultados que se obtengan de estas acciones fortalezcan la zona boscosa, reduciendo los efectos negativos del cambio climático a nivel individual y poblacional, además de generar un efecto cascada hacia la parte media y baja de la micro, sensibilizando a la población que la habita a ser partícipes del cambio en pro de los recursos naturales, los servicios que brinda y de su propio bienestar.

## 8 CONCLUSIONES

La superficie total calculada para la cuenca es de 2,594.3463 hectáreas. De estas, 192.0945 hectáreas están ocupadas por la zona urbana, en tanto que las restantes 2,402.2518 hectáreas, corresponden a diversos usos y tipos de vegetación, con régimen de pequeña propiedad.

La extracción selectiva de especies forestales de interés económico que se ha realizado en la superficie ocupada con bosque ha modificado de manera continua y cíclica, los procesos que genera la diversidad biológica

No solo el bosque ha sido modificado en sus procesos ecológicos, sino la totalidad de la superficie presenta evidencias de alteración, sobre todo en la selva baja caducifolia donde se ha sustituido la vegetación nativa por cultivos anuales y pastizales. Aún más notorios son los impactos en la zona urbana, por el cambio de uso de suelo hacia un uso residencial y el vertedero de aguas negras al cauce del Río Chiquito.

El proyecto de rehabilitación considera enriquecer 1,000 hectáreas de vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, a través de la reforestación con tres especies nativas de pino, las cuales son *Pinus douglasiana*, *P. devoniana* y *P. oocarpa*, a razón de 400 plantas por hectárea, plantando 50 hectáreas anuales, por un periodo de 20 años.

La propuesta se sustenta en varios puntos:

**Modelo de referencia.** Se tomaron como referencia rodales de bosques en cuencas vecinas, en condiciones de poca alteración, que muestran características de densidad, composición y estructura, a las que se aspira posea el ecosistema de clima templado frío inmerso en la microcuenca. Las comunidades de referencia generan servicios ecosistémicos, resultado de la armonía en las relaciones de interdependencia que existe entre los componentes que las integran, condición a imitar, una vez cubiertas las actividades de restauración.

**Árboles y arbustos que favorecen el desarrollo de otras especies vegetales y animales.** Se espera que una vez que los individuos plantados logren establecerse en el sitio, paulatinamente contribuirán a la modificación de las condiciones del área. Como se ha mencionado con anterioridad, la reforestación será de enriquecimiento, dirigiéndose a hacia los huecos que existen actualmente en el dosel superior, lo que, aunado a la cobertura arbustiva presente, creará ambientes ideales para que otras especies vegetales y de fauna silvestre, encuentren lugares propicios para satisfacer sus necesidades de espacio, nutrientes o alimento.

**Creación de hábitats idóneos para especies locales.** Como estrategia, se ha planeado coleccionar germoplasma de las especies de pino presentes en la microcuenca, reproducirlas en vivero y establecerlas en campo, tratando de imitar las condiciones de los modelos de referencia, donde las especies locales encuentran los escenarios ideales para su establecimiento, desarrollo, reproducción y permanencia.

**Protección de las áreas de captación de agua.** Uno de los principios en que se sustenta la propuesta de restauración es que está basada en los procesos naturales. Como se ha mencionado en diversas partes del documento, las partes altas de las microcuencas realizan la importante función de interceptar las precipitaciones y propiciar la infiltración, siempre y cuando la vegetación natural esté presente para realizar esta importante función. De la comprensión de este proceso, es que los esfuerzos de restauración se dirigirán a rehabilitar las áreas de captación de agua.

**Fomento del ciclo hidrológico.** El agua realiza un ciclo mixto, pasando parte de éste en la corteza terrestre. De no encontrar oposición en la superficie, las precipitaciones se convierten en escorrentía y regresan al mar. Si bien no se interrumpe el ciclo, sí se altera el proceso de infiltración y abastecimiento a los mantos freáticos, reduciéndose así la disponibilidad de agua para vegetales, animales y humanos, quienes formamos parte de la hidrosfera y participamos en el ciclo.

**Respeto al máximo de las especies nativas.** Este es otro aspecto que forma parte de los principios sobre los que descansa el proyecto de restauración. El enriquecimiento del área boscosa a través de la reforestación de especies arbóreas nativas y la protección

contra incendios de los estratos herbáceo y arbustivo, favorecerán la protección, conservación y distribución natural de la fauna silvestre local.

La trascendencia de los ecosistemas forestales radica en aspectos fundamentales para el bienestar de la sociedad, con procesos como la continuidad en el flujo de materiales y energía a través de los ciclos biogeoquímicos, la aportación de materia orgánica y por ende, la protección e incorporación de nutrientes al suelo. Por ello, a través de la restauración, se busca recuperar las funciones ecosistémicas, sus procesos y productividad.

Las partes interesadas en la restauración, como propietarios, organizaciones, instituciones y autoridades, han manifestado su voluntad de apoyar las acciones que implica el proyecto, lo cual se considera muy importante para garantizar el éxito de la restauración.

La vegetación presente en la microcuenca genera una gama muy amplia de bienes y servicios, gracias a los procesos ecológicos que, a pesar de las alteraciones sufridas, permiten la dinámica funcional de estos ecosistemas. Dentro de estos servicios, la disponibilidad de agua juega un papel fundamental para los seres vivos, ya que prácticamente todas las funciones vitales de los organismos dependen del agua, aunado a que muchos factores del medio ambiente están regulados por ella.

Pese a lo robusto que resulta el acervo legislativo en lo que respecta a la protección, conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos inmersos en las cuencas hidrográficas, a través de la asignación de atribuciones y responsabilidades de autoridades y de la población, no se identificaron acciones en respuesta a estos mandatos legales en el área de estudio. Lo anterior indica un vacío en la aplicación de leyes, reglamentos y normas, en detrimento de los recursos naturales existentes en la microcuenca.

La situación que vive el recurso hídrico en Coalcomán, Michoacán, se convierte en una demanda social improrrogable, que clama por la participación responsable de todos los involucrados en la protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales de la microcuenca y que éstos se realicen con principios de sustentabilidad.

## 9 LITERATURA CITADA

- Aguilar, V., Kolb, M., Koleff, P. y Urquiza, H.T. 2010. Las cuencas de México y su biodiversidad: Una visión integral de las prioridades de conservación. *In*: Cotler A., H. (Coord.). Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización. pp. 142-153. SEMARNAT, INE, Fundación Gonzalo Río Arronte.
- Bezaury-Creel, J.E., J.F. Torres, L.M. Ochoa Ochoa, Marco Castro Campos y N. Moreno, 2009b. Base de Datos Geográfica de Áreas Naturales Protegidas Estatales, del Distrito Federal y Municipales de México, Versión 2.0, Julio 31, 2009, The Nature Conservancy/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2 Capas ArcGIS 9.2 + 2 Capas Goggle Earth KMZ + 1 Archivo de Metadatos Word.
- Bezaury, C.J. y Enríquez, G.C. 2010. Instrumentos de política pública e iniciativas de acción social. *In*: Cotler A., H. (Coord.). Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización. pp. 157-161. SEMARNAT, INE, Fundación Gonzalo Río Arronte.
- Black, P.E., 1996. Watershed Hydrology, Second Edition, Lewis Publisher Boca Raton, Florida, U.S.A.
- Cuevas, M.L., Garrido, A., Pérez D., J.L. y Iura, G.D. 2010a. Estado actual de la vegetación en las cuencas de México. *In*: Cotler A., H. (Coord.). Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización. pp. 50-58. SEMARNAT, INE, Fundación Gonzalo Río Arronte.
- Cuevas, M.L., Garrido, A., Pérez D., J.L. y Iura, G.D. 2010b. Procesos de cambio de uso de suelo y degradación de la vegetación natural. *In*: Cotler A., H. (Coord.). Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización. pp. 96-103. SEMARNAT, INE, Fundación Gonzalo Río Arronte.
- Cuevas, M.L., Garrido, A. y Sotelo, E.I. 2010. Regionalización de las cuencas hidrográficas de México. *In*: Cotler A., H. (Coord.). Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización. pp. 10-13. SEMARNAT, INE, Fundación Gonzalo Río Arronte.
- Cámara de Diputados. Leyes Federales. Disponibles en:  
<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm>
- Cartografía INEGI. Disponible en:  
<https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
- Congreso del estado de Michoacán. Leyes estatales. Disponibles en:  
<http://congresomich.gob.mx/leyes/>

- Cuevas et al. Regionalización de las Cuencas Hidrográficas de México. Disponible en; <https://micrositios.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/639/regionalizacion.pdf>
- Forman, R.T.T. y M. Godron, 1986. Landscape Ecology, John Wiley & Sons, New York.
- Garrido, A., Pérez D., J.L. y Enríquez G., C. 2010. Delimitación de las zonas funcionales de las cuencas hidrográficas de México. *In*: Cotler A., H. (Coord.). Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización. pp. 14-17. SEMARNAT, INE, Fundación Gonzalo Río Arronte.
- Garrido, A., Cloter, H. 2010b. Degradación de los suelos en las cuencas hidrográficas de México. *In*: Cotler A., H. (Coord.). Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización. pp. 104-107. SEMARNAT, INE, Fundación Gonzalo Río Arronte.
- H. Ayuntamiento Constitucional de Coalcomán. 2006. Reglamento para regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del municipio de Coalcomán de Vázquez Pallares de Michoacán de Ocampo.
- Inventario Nacional de Humedales. 2012. Glosario general de términos del desarrollo de la base metodológica para el inventario nacional de humedales de México. Estudio interdisciplinario de los humedales de la república mexicana: desarrollo metodológico para el inventario nacional de humedales y su validación a nivel piloto. 164 p.
- Matthews, E., M. Rohweder, R. Payne y S. Murra. 2000. Pilot Analysis of Global Ecosystems: Forest Ecosystems. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Oldeman, L.R., R.T.A. Hakkeling y W.G. Sombroek, 1991. World Map on Status of Human-Induced Soil Degradation: An Explanatory Note, second revised edition, ISRIC/UNEP.
- Revenga, C., S. Murray, J. Abramovitz y A. Hammond, 1998. Watersheds of the World. Ecological Value and Vulnerability, World Resources Institute, Washington, D.C.
- Reynolds, J.F. y D.M. Stafford Smith, 2002. Global Desertification. Do Humans Cause Deserts? Dahlem University Press, Berlin, Germany.
- Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de Trabajo sobre Ciencia y Políticas. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. [www.ser.org](http://www.ser.org).
- Universidad José Cecilio Del Valle. Cuenca Hidrográfica y Cuenca Hidrológica. Disponible en: [https://hidrologiaujcv.wordpress.com/2011/05/20/cuenca-hidrografica/#:~:text=Una%20cuenca%20hidrogr%C3%A1fica%20y%20una,las%20aguas%20subterr%C3%A1neas%20\(acu%C3%ADferos\).](https://hidrologiaujcv.wordpress.com/2011/05/20/cuenca-hidrografica/#:~:text=Una%20cuenca%20hidrogr%C3%A1fica%20y%20una,las%20aguas%20subterr%C3%A1neas%20(acu%C3%ADferos).)
- Vitousek, P.M., H.A. Mooney, J. Lubchenco y J.M. Melillo, 1997. Human Domination of Earth's Ecosystems, *Science*, vol. 277: 494-499