

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE



**Caracterización de especies forestales y arbustivas apropiadas para la
conservación y protección de nacimientos de agua en la microrregión I del
Municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.**

POR:

Eleazar José Aguilar González

ASESORES:

Asesor principal: MSc. Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González

Asesor adjunto: MSc. Mairon Asaél Méndez Méndez

San Marcos, Febrero de 2,025

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO

MsC. Juan Carlos López Navarro	DIRECTOR
Licda. Astrid Fabiola Fuentes Mazariegos	SECRETARIA CONSEJO DIRCTIVO
Ing. Agr. Roy Walter Villacinda Maldonado	REPRESENTANTES DOCENTES
Lic. Oscar Alberto Ramírez Monzón	REPRESENTANTE ESTUDIANTEL
Br. Luis David Corzo Rodríguez	REPRESENTANTE ESTUDIANTEL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

MIEMBROS DE LA COORDINACIÓN ACADÉMICA.

PhD. Robert Enrique Orozco
Sánchez

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios
Morales

COORDINADOR DE LAS CARRERAS
DE TÉCNICO EN PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA E INGENIERO AGRÓNOMO
CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA
SOSTENIBLE

Lic. Heliuv Edilzar Vásquez
Navarro

COORDINADOR CARRERA DE
PEDAGOGÍA Y CIENCIAS DE LA
EDUCACIÓN

Licda. Aminta Esmeralda
Guillén Ruiz

COORDINADORA DE LA CARRERA
DE TRABAJO SOCIAL, TÉCNICO Y
LICENCIATURA

Ing. Víctor Manuel Fuentes
López

COORDINADOR CARRERA DE
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS,
TÉCNICO Y LICENCIATURA

Lic. Mauro Estuardo Rodríguez
Hernández

COORDINADOR DE LA CARRERA DE
ABOGADO Y NOTARIO Y
LICENCIATURA EN CIENCIAS
JURÍDICAS Y SOCIALES

Dr. Byron Geovany García
Orozco

COORDINADOR CARRERA MEDICO Y
CIRUJANO

Lic. Nelson de Jesús Bautista
López

COORDINADOR PEDAGOGÍA
DE SAN MARCOS

Licda. Julia Maritza Gándara
González

COORDINADORA EXTENSIÓN
MALACATAN

Licda. Mirna Lisbet de León
Rodríguez

COORDINADORA EXTENSIÓN
TEJUTLA

Lic. Marvin Evelio Navarro
Bautista

COORDINADOR EXTENSIÓN
TACANÁ

Lic. Robert Enrique Orozco
Sánchez

COORDINADOR DEL INSTITUTO
DE INVESTIGACIÓN

Lic. Mario René Requena

COORDINADOR DE ÁREA DE
EXTENSIÓN

Ing. Oscar Ernesto Chávez
Ángel

COORDINADOR DE CARRERA DE
INGENIERÍA CIVIL

Lic. Carlos Edelmar Velásquez
González

COORDINADOR CARRERA DE
CONTADURÍA PÚBLICA Y
AUDITORIA

Lic. Danilo Alberto Fuentes
Bravo

COORDINADOR CARRERA
PROFESORADO EN EDUCACIÓN
PRIMARIA BILINGÜE
INTERCULTURAL

Lic. Yovani Alberto Cux Chan

COORDINADOR CARRERAS
SOCIOLOGÍA, CIENCIAS POLÍTICAS
Y RELACIONES INTERNACIONALES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

TRIBUNAL EXAMINADOR

DIRECTOR	MsC. Juan Carlos López Navarro
Coordinador Académico	Lic. Robert Enrique Orozco Sánchez
Coordinador de Carrera	Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales
Asesor Principal	MsC. Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González
Asesor Adjunto	MSc. Mairon Asaél Méndez Méndez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

COMITÉ TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing.Agr. Jorge Robelio Juárez González	COORDINADOR
Ing.Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón	SECRETARIO
Licda. María de Lourdes Carrera Munguía	VOCAL

San Marcos, 11 de Noviembre de 2024

Señores

Miembros del Comité de Trabajos de Graduación

Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible -IAOAS-

Universidad de San Carlos de Guatemala - Centro Universitario de San Marcos

USAC-CUSAM

De manera atenta y respetuosa me dirijo ante ustedes, deseándoles éxitos en las actividades que a diario realizan.

Por este medio expreso lo siguiente: En mi calidad de Asesor Principal del trabajo de graduación (Tesis) Titulado **“Caracterización de especies forestales y arbustivas apropiadas para la conservación y protección de nacimientos de agua en la microrregión I del Municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos”** desarrollado por el estudiante **Eleazar José Aguilar González**, con número de Carné **201646428**, de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible -IAOAS- del Centro Universitario de San Marcos -CUSAM-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC- DECLARO: Haber obtenido el Informe Final del mismo, el cual ha atendido a las correcciones y sugerencias brindadas por los miembros de la terna evaluadora de la actividad de Seminario II, y para lo cual emito **Dictamen de Aprobación** para que este continúe con los procesos correspondientes, considerando que dicho informe ha cumplido con lo establecido en el normativo para la elaboración de Trabajos de Graduación.

Sin más que agregar a la presente y agradeciéndoles la atención a la misma; me suscribo de ustedes.

Atentamente:



MsC. Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez G.
Asesor Principal
No. Colegiado: 788

San Marcos, 11 de Noviembre de 2,024

Señores

Miembros del Comité de Trabajos de Graduación

Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible -IAOAS-

Universidad de San Carlos de Guatemala - Centro Universitario de San Marcos

USAC-CUSAM

De manera atenta y respetuosa me dirijo ante ustedes, deseándoles éxitos en las actividades que a diario realizan.

Por este medio expreso lo siguiente: En mi calidad de Asesor Adjunto del trabajo de graduación (Tesis) Titulado **“Caracterización de especies forestales y arbustivas apropiadas para la conservación y protección de nacimientos de agua en la microrregión I del Municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos”** desarrollado por el estudiante **Eleazar José Aguilar González**, con número de Carné **201646428**, de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible -IAOAS- del Centro Universitario de San Marcos -CUSAM-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC- DECLARO: Haber obtenido el Informe Final del mismo, el cual ha atendido a las correcciones y sugerencias brindadas por los miembros de la terna evaluadora de la actividad de Seminario II, y para lo cual emito **Dictamen de Aprobación** para que este continúe con los procesos correspondientes, considerando que dicho informe ha cumplido con lo establecido en el normativo para la elaboración de Trabajos de Graduación.

Sin más que agregar a la presente y agradeciéndoles la atención a la misma; me suscribo de ustedes.

Atentamente:



MSc. Mairon Asaél Méndez Méndez.

Asesor Adjunto

No. Colegiado: 4,006

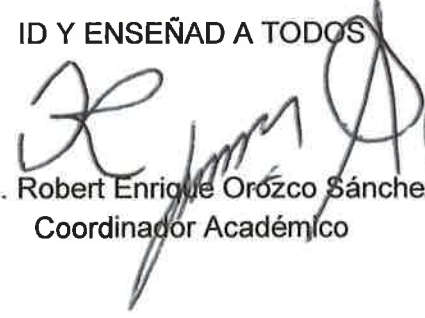
ESTUDIANTE: ELEAZAR JOSÉ AGUILAR GONZÁLEZ
CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.
CUSAM, Edificio.

Atentamente transcribo a usted el Punto **QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS, inciso a) subinciso a.10) del Acta No. 003-2025**, de sesión ordinaria celebrada por la Coordinación Académica, el 12 de febrero de 2025, que dice:

“QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS: a) ORDENES DE IMPRESIÓN. CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. a.10) La Coordinación Académica conoció Providencia No. CACUSAM-6-2025, de fecha 3 febrero de 2024, suscrita por el Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales, Coordinador Carrera Agronomía, a la que adjunta solicitud del estudiante: ELEAZAR JOSÉ AGUILAR GONZÁLEZ, Carné No. 201646428, en el sentido se le **AUTORICE IMPRESIÓN DE LA TESIS CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES FORESTALES Y ARBUSTIVAS APROPIADAS PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE NACIENTOS DE AGUA EN LA MICRORREGIÓN I DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS**, previo a conferírsele el Título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. La Coordinación Académica en base a la opinión favorable del Asesor, Comisión de Revisión y Coordinador de Carrera, **ACORDÓ: AUTORIZAR IMPRESIÓN DE LA TESIS CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES FORESTALES Y ARBUSTIVAS APROPIADAS PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE NACIENTOS DE AGUA EN LA MICRORREGIÓN I DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS**, al estudiante: ELEAZAR JOSÉ AGUILAR GONZÁLEZ, Carné No. 201646428, previo a conferírsele el Título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.”

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez
Coordinador Académico



c.c. Archivo
REOS/ejle

ACTO QUE DEDICO

A DIOS	Porque Él es la base de mi vida y en su infinita gracia me ha concedido este logro tan especial, porque su amor y misericordia han sido mi fortaleza en todo momento y su voluntad se ha manifestado en mi vida.
A MIS PADRES	Salvador Longino Aguilar González y Catalina Juana González Cinto, Porque han sido mi guía desde el principio de mis días y su apoyo ha sido la base principal de cada uno de mis logros.
A MI FAMILIA	Por su apoyo incondicional y motivación en los diferentes aspectos de mi vida.
A MI NOVIA	Por su amor y cariño, su apoyo y compañía en todo momento, por creer en mí y ser una motivación tan especial en mi vida.

**Caracterización de especies forestales y arbustivas apropiadas para la
conservación y protección de nacimientos de agua en la microrregión I del
Municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.**

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
III.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
IV.	MARCO TEÓRICO	7
4.1.	MARCO CONCEPTUAL	7
4.1.1.1.	Sector Forestal de Guatemala	7
4.1.1.2.	Especies forestales del altiplano occidental de Guatemala	8
4.1.1.3.	Especies arbustivas	8
4.1.1.4.	Características anatómicas y morfológicas de especies vegetales.	9
4.1.2.	Estado de la diversidad biológica forestal en Guatemala.....	10
4.1.2.1.	Árboles y arbustos para conservación de ecosistemas	11
4.1.2.2.	Condiciones de la vegetación en San Miguel Ixtahuacán.....	12
4.1.2.3.	Recursos forestales en el municipio de San Miguel Ixtahuacán	12
4.1.2.4.	Necesidades para conservar de la diversidad forestal y arbustiva	14
4.1.2.5.	Amenazas y limitantes en la conservación de la diversidad vegetal... 14	
4.1.3.	Estudio de la vegetación en zonas boscosas	15
4.1.3.1.	Importancia de la identificación de especies vegetales.	16
4.1.3.2.	Selección y delimitación de zonas de estudio.	17
4.1.3.3.	Muestreo de la vegetación	18
4.1.3.4.	Tamaño y forma de las unidades muestrales	19
4.1.4.	Fuentes de agua superficiales.	21
4.1.4.1.	Nacimientos de agua	21
4.1.4.2.	Degradación de los nacimientos de agua	22
4.1.4.3.	Protección y conservación de nacimientos de agua.	22
4.1.4.4.	Condiciones del agua en el Departamento de San Marcos.	24
4.1.4.5.	Recursos hídricos en el municipio de San Miguel Ixtahuacán.	25
4.1.5.	Investigación, educación y capacitación forestal.	26
4.1.5.1.	Estado de los programas, investigación, legislación y cooperación ...	27
4.1.6.	Política de diversidad biológica	29

4.2. MARCO REFERENCIAL.....	30
4.2.1. Información general del municipio de San Miguel Ixtahuacán.	30
4.2.1.1. Colindancias	30
4.2.1.2. Aspectos geográficos.....	31
4.2.1.3. Vías de acceso	32
4.2.1.4. Altura sobre el nivel del mar.....	32
4.2.1.5. Fisiografía	33
4.2.2. Aspectos Climáticos	33
4.2.2.1. Precipitación pluvial	33
4.2.2.2. Zonas de vida	33
4.2.3. Hidrografía	35
4.2.4. Uso del suelo.....	36
4.2.5. Organización actual del territorio	37
4.2.6. Demografía.....	38
V. OBJETIVOS.....	40
5.1. GENERAL.....	40
5.2. ESPECÍFICOS.....	40
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	41
6.1. METODOLOGÍA	41
6.1.1. Tipo de investigación.....	41
6.1.2. Variables y atributos evaluados	42
6.1.3. PRIMERA FASE DE GABINETE	42
6.1.3.1. Selección del área para desarrollo de la investigación	42
6.1.3.2. Revisión y análisis de información.	43
6.1.3.3. Identificación de las zonas específicas de intervención.....	43
6.1.4. FASE DE CAMPO	44
6.1.4.1. Reuniones comunitarias.....	44
6.1.4.2. Exploración de zonas a investigar	45
6.1.4.3. Georreferenciación de áreas de intervención	45
6.1.4.4. Reconocimiento general del área y elaboración de mapa base	46
6.1.4.5. Coordinación de visitas de campo para levantamiento de datos	49

6.1.4.6.	Levantamiento de datos de campo	49
6.1.5.	SEGUNDA FASE DE GABINETE.....	55
6.1.5.1.	Tabulación y procesamiento de datos obtenidos en campo	55
6.1.5.2.	Caracterización de las especies encontradas.	59
6.1.6.	Sistematización de la información de caracterización de las especies	60
6.1.7.	Elaboración de catálogo de las especies identificadas	60
6.1.8.	Análisis de resultados y redacción del documento de investigación	61
6.2.	MATERIALES Y RECURSOS.....	61
6.2.1.	Recursos Físicos.....	61
6.2.1.1.	Materiales e instrumentos	61
6.2.1.2.	Medios de comunicación y consulta.....	62
6.2.1.3.	Transporte	62
6.2.2.	Recursos Institucionales.....	62
6.2.3.	Recursos humanos.....	62
VII.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
7.1.	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE DIVERSIDAD VEGETAL.....	63
7.1.1.	Diversidad de especies de árboles y arbustos.....	63
7.1.2.	Similitud entre unidades de muestreo (Matriz Q)	67
7.1.3.	Estimación de similitud entre unidades de muestreo y dendrograma.	71
7.2.	ANÁLISIS DE INDICADORES ECOLÓGICOS DE LA VEGETACIÓN	76
7.2.1.	Índice de valor de importancia de especies vegetales (IVI)	76
7.2.1.1.	Estrato Arbóreo.....	76
7.2.1.2.	Estrato Arbustivo.....	78
7.2.2.	Usos socioeconómicos y culturales de especies identificadas.....	80
7.2.2.1.	Usos socioeconómicos de las especies arbóreas	80
7.2.2.2.	Usos socioeconómicos de las especies arbustivas	83
7.3.	CARACTERIZACIÓN DE LAS ESPECIES IDENTIFICADAS.....	85
7.3.1.	Catálogo de especies identificadas	85
7.4.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE CONDICIONES DEL SITIO ESTUDIADO	121
7.4.1.	Principales características de la microrregión I.....	121
7.4.1.1.	Geografía.....	121

7.4.1.2.	Clima	121
7.4.1.3.	Precipitación pluvial	121
7.4.1.4.	Zonas de vida	122
7.4.1.5.	Suelos.....	122
7.4.1.6.	Hidrografía	122
VIII.	CONCLUSIONES	123
IX.	RECOMENDACIONES	126
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
XI.	ANEXOS	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de cobertura forestal del municipio de San Miguel Ixtahuacán	13
Figura 2. Diseño de parcela utilizada para muestreo de vegetación.	20
Figura 3. Mapa de ubicación de Fuentes de agua en reserva	26
Figura 4. Mapa de ubicación del municipio de San Miguel Ixtahuacán.	31
Figura 5. Mapa de zonas de vida del municipio de San Miguel Ixtahuacán.....	35
Figura 6. Mapa base del municipio de San Miguel Ixtahuacán.....	38
Figura 7. Mapa de Ubicación de los Nacimientos de Agua Intervenidos.	46
Figura 8. Estado de las especies Arbóreas y Arbustivas en los Nacimientos	65
Figura 9. Diversidad de especies dentro de las Familias Vegetales.	66
Figura 10. Dendrograma de las unidades de muestreo del estrato arbóreo	72
Figura 11. Dendrograma de las unidades de muestreo del estrato arbustivo.....	74
Figura 12. Gráfico de Índice de Valor de Importancia de especies arbóreas.....	77
Figura 13. Gráfico de Índice de Valor de Importancia de las especies arbustivas.	79
Figura 14. Gráfico de Usos socioeconómicos de las especies arbóreas	82
Figura 15. Gráfico de Usos socioeconómicos de las especies arbustivas.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos generales del departamento de San Marcos.	24
Tabla 2. Ubicación administrativa y geográfica de los sitios de muestreo.	47
Tabla 3. Diversidad vegetal arbórea y arbustiva en los nacimientos de agua.	63
Tabla 4. Matriz Q del estrato arbóreo en base a Coeficiente de Comunidad Jaccard. .	67
Tabla 5. Matriz Q del estrato arbustivo en base a Coeficiente de Comunidad Jaccard.	69
Tabla 6. Índice de valor de importancia (IVI) de especies vegetales arbóreas.	76
Tabla 7. Índice de valor de importancia (IVI) de especies vegetales arbustivas.....	78
Tabla 8. Usos socioeconómicos de las especies arbóreas en las comunidades.	81
Tabla 9. Usos socioeconómicos de las especies arbustivas en las comunidades.....	83

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato para colecta de información de especies forestales	129
Anexo 2. Boleta de encuesta para identificación de especies.	130
Anexo 3. Ficha de colecta de muestras de especies.....	131
Anexo 4. Ficha de colecta de información para caracterización de zonas a intervenir	132
Anexo 5. Selección y propuesta del área para desarrollo de la investigación.	133
Anexo 6. Identificación de las zonas de intervención.	133
Anexo 7. Reuniones comunitarias para socialización de la investigación.....	134
Anexo 8. Exploración de zonas a intervenir.	134
Anexo 9. Conocimiento general del área y elaboración de mapa base.	135
Anexo 10. Coordinación de visitas para levantamiento de datos.	135
Anexo 11. Levantamiento de datos de campo.	136
Anexo 12. Participación en Taller Sobre colecta e identificación de especies	136
Anexo 13. Colecta de muestras vegetales de las especies arbustivas y arbóreas.	137
Anexo 14. Modelo de herbario elaborado de especies identificadas.	137
Anexo 15. Documentos de apoyo para Identificación de especies.	138
Anexo 16. Catálogo de especies elaborado.	138

RESUMEN

Guatemala alberga gran diversidad de especies de flora silvestre, esta diversidad de especies en los ecosistemas genera una serie de beneficios socioeconómicos y ambientales. El impacto de la deforestación; específicamente en zonas con existencia de nacimientos de agua, se traducen en dos posibles respuestas: a) Restauración forestal con presencia de especies de hierbas, arbustos y árboles nativos de la región y b) Protección, mantenimiento y/o incremento de la condición actualmente existente. Para lograr estas respuestas es pertinente generar conocimiento de la diversidad de especies de árboles y arbustos, en los procesos de restauración pasiva que suceden en los bosques impactados y al mismo tiempo para la conservación de las mismas. El objetivo de la investigación consistió en caracterizar especies de árboles y arbustos apropiados para la conservación y protección de nacimientos de agua en el área que ocupa la microrregión I, del municipio de San Miguel Ixtahuacán. Se utilizó el método de investigación cualitativo / descriptivo, mediante análisis y sistematización de datos de campo colectados en zonas de bosques naturales en los alrededores de nacimientos de agua y dentro del ecosistema de bosque mixto. Por medio de la investigación se caracterizaron a un total de 31 especies vegetales distribuidas en 15 familias, de estas; 11 especies corresponden al estrato arbóreo distribuidos en 4 familias y 20 especies corresponden al estrato arbustivo pertenecientes a 11 familias; especies que por sus beneficios ecosistémicos contribuyen a la conservación y protección de los nacimientos de agua, por lo que es importante considerar a estas especies en procesos de restauración en zonas y ecosistemas similares.

ABSTRACT

Guatemala is home to a great diversity of wild flora species; this diversity of species in ecosystems generates a series of socioeconomic and environmental benefits. The impact of deforestation; specifically in areas with the existence of water sources, they translate into two possible responses: a) Forest restoration with the presence of species of herbs, shrubs and trees native to the region and b) Protection, maintenance and/or increase of the currently existing condition. To achieve these answers, it is pertinent to generate knowledge of the diversity of tree and shrub species, in the passive restoration processes that occur in impacted forests and at the same time for their conservation. The objective of the research was to characterize species of trees and shrubs appropriate for the conservation and protection of water sources in the area occupied by microregion I, of the municipality of San Miguel Ixtahuacán. The qualitative/descriptive research method was used, through analysis and systematization of field data collected in natural forest areas around water sources and within the mixed forest ecosystem. Through the research, a total of 31 plant species distributed in 15 families were characterized, of these; 11 species correspond to the tree stratum distributed in 4 families and 20 species correspond to the shrub stratum belonging to 11 families; species that, due to their ecosystem benefits, contribute to the conservation and protection of water sources, so it is important to consider these species in restoration processes in similar areas and ecosystems.

I. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país megabiodiverso que cuenta con 14 zonas de vida, en su interior alberga una alta cantidad de especies de flora silvestre, las cuales se desarrollan en diversos ambientes, esta diversidad de genes, especies y ecosistemas es importante debido a que genera una serie de beneficios para la sociedad el medio ambiente y el sistema económico.

Respecto al estado de los bienes forestales, para el año 2,020, el país contaba con una superficie de 3,601,567 hectáreas, equivalentes al 33.3% del territorio nacional. El análisis de la dinámica de la cobertura forestal para el período 2016-2020, revela que en ese lapso se produjo una pérdida de 244 mil 395 hectáreas, Sin embargo, en el mismo período se logró la recuperación de 191 mil 658 hectáreas, resultando en una pérdida neta de -52 mil 736 hectáreas. (INAB, CONAP 2,022).

El municipio de San Miguel Ixtahuacán cuenta con una cobertura forestal de 5,353 hectáreas (Dinámica cobertura forestal 2,020 -INAB- 2,023), los arbustos y matorrales se presentan en forma discontinua y en pequeñas áreas, la cuales cubren una superficie de 6,399.23 hectáreas, tales especies poseen funciones muy importantes dentro del ecosistema en el que se encuentran y una de las más relevantes es su contribución en los ciclos hidrológicos, sin embargo éstos recursos se están deteriorando a causa principalmente de la actividad humana.

El impacto de la deforestación; específicamente en zonas con existencia de nacimientos de agua, se traducen en dos posibles respuestas: a) Restauración forestal con presencia de especies de hierbas, arbustos y árboles nativos de la región y b) Protección, mantenimiento y/o incremento de la condición actualmente existente. Para lograr estas respuestas es pertinente generar conocimiento de la diversidad de especies de árboles y arbustos, en los procesos de restauración pasiva que suceden en los bosques impactados y al mismo tiempo para la conservación de las mismas.

El objetivo de la investigación consistió en la caracterización de especies de árboles y arbustos apropiados para la conservación y protección de nacimientos de agua, mediante el uso del método de investigación cualitativo/descriptivo y utilizando una metodología dividida en tres fases, siendo estas: a) Primera Fase de Gabinete; se realizaron actividades de documentación, revisiones bibliográficas, y planificación de actividades, b) Fase de campo; se realizó la recolección de datos de las especies forestales y arbustivas en áreas a los alrededores de nacimientos de agua para su posterior caracterización e identificación, y c) Segunda Fase de Gabinete; consistió en actividades de sistematización, análisis y redacción de la información final.

El estudio se desarrolló enfocándose en las especies de importancia ecológica que existen en el bosque maduro en áreas con existencia de nacimientos de agua, esto debido a la contribución que representa la vegetación para la sostenibilidad de los ecosistemas especialmente para desarrollo del ciclo hidrológico, considerando que el recurso hídrico posee gran potencial para contribuir a los procesos ambientales, agroalimentarios, industriales y mineros, como también para la generación de fuentes alternas de energía, es necesario priorizar la conservación y protección de los nacimientos de agua tomando como punto de partida la generación de información relacionada con éste recurso.

La presente investigación se desarrolló dentro del área que ocupa la microrregión I del municipio de San Miguel Ixtahuacán, en la que se estudiaron 45 nacimientos de agua y donde se identificaron a un total de 31 especies vegetales distribuidas en 15 familias, de estas; 11 especies corresponden al estrato arbóreo distribuidos en 4 familias y 20 especies corresponden al estrato arbustivo pertenecientes a 11 familias. Las familias con la mayor diversidad de especies para ambos estratos son: Asteraceae, Solanaceae, Fagaceae, (5 especies de cada una) y Pinaceae (4 especies).

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El municipio de San Miguel Ixtahuacán, cuenta con una cobertura forestal equivalente al 45.91% del territorio total (Dinámica de cobertura forestal INAB 2,020 - 2,023), los arbustos y matorrales se presentan en forma discontinua y en pequeñas áreas, la cuales cubren una superficie equivalente al 33.18%, y dentro del territorio que ocupa este municipio se han registrado 235 nacimientos de agua dispersos en las 5 microrregiones en las que se subdivide (PDM-2,018).

Dentro de las áreas donde se localizan nacimientos de agua se observa gran diversidad de especies vegetales forestales y arbustivas silvestres, mismos que son propias de la región y se han propagado de manera natural, por lo que representan gran importancia dentro de los ecosistemas en los que se encuentran; lamentablemente estas especies presentan diversas amenazas tales como la deforestación por la actividad humana, incendios forestales, plagas y enfermedades y pastoreo de animales, lo que conlleva a un deterioro de dichas áreas y que cada vez son más afectadas.

La cobertura forestal de Guatemala ha sido objeto de monitoreo desde el año 1,988 comenzando a través de la colaboración de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), y dándole continuidad por el Instituto Nacional de Bosques -INAB- a partir del año 1,996.

Por medio de los estudios sobre la dinámica de la cobertura forestal se ha evidenciado el constante deterioro de la masa boscosa en el país, lo cual ha provocado diversas consecuencias en los sectores: Social; en la que se ha producido la escasez de recursos maderables para actividades humanas, Económico; por medio de la alza en los precios de madera y leña; y el Ambiental; en el que se observa el deterioro general de los recursos naturales, de los cuales uno de los más afectados es el recurso hídrico proveniente de los nacimientos de agua, esto por la reducción de caudales, contaminación, erosiones, entre otros,

aspecto al que se le ha atribuido poca relevancia para su reversibilidad (FAO/G Samaniego 2,019).

Desde la problemática que se evidencia debido a la pérdida de la masa boscosa se hace un análisis de las consecuencias derivadas de no preservar los bosques y potenciar sus múltiples beneficios, (entre otras la contribución al ciclo hidrológico y la protección de los suelos, permitiendo y ayudando al aumento de la biodiversidad) y de la misma manera se hace necesario el análisis para el desarrollo de acciones que permitan la restauración de las áreas afectadas y la conservación de los bosques por medio del manejo sostenible, tales acciones han sido limitadas por la escasas o nula información acerca de las especies vegetales que conforman las zonas boscosas y que pueden ser utilizadas para los procesos de restauración forestal.

Según Base de datos de Investigaciones y estudios realizados del año 1,998 al año 2,015 de la Dirección de Desarrollo Forestal mediante el departamento de Investigación Forestal del Instituto Nacional de Bosques, no se han realizado investigaciones que identifiquen y caractericen especies forestales apropiadas para la conservación y/o protección de nacimientos de agua, lo cual sugiere que existe escasas de información relacionada específicamente a esta temática.

El desconocimiento y la falta de información generan incertidumbre sobre el manejo adecuado de los bosques en zonas con existencia de nacimientos de agua, dificultando la realización de actividades para la protección, conservación y restauración de los mismos, y en base a ello se originan principalmente las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son las especies forestales y arbustivas apropiadas para la conservación y protección de los nacimientos de agua?, ¿Cuáles son las especies forestales y arbustivas a utilizar en procesos de restauración de zonas con existencia de nacimientos agua?

III. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de investigaciones sobre especies silvestres poco estudiadas es de suma importancia, ya que permite la generación y consolidación de información concerniente a los beneficios que éstas presentan en el medio en el que se localizan.

El desafío actual para alcanzar la protección, conservación y restauración en el sector forestal, específicamente en zonas con existencia de nacimientos de agua, es en primer plano la generación de información, la cual es base para fundamentar y recomendar posteriores acciones, propuestas y/o estrategias que contribuyan a los procesos de restauración de los bosques degradados en estas áreas. Resulta evidente entonces que la generación de información permitirá abordar y desarrollar herramientas que incidan en la recuperación de la cobertura forestal, contribuyendo además al desarrollo integral de los ecosistemas.

Para la generación de información surge la necesidad de abordar estrategias, investigaciones y/o estudios respecto a la identificación de las especies apropiadas para la conservación y protección de nacimientos de agua, para ello, particularmente el departamento de investigación forestal del Instituto Nacional de Bosques INAB, en el año 2,023 priorizó el desarrollo de investigaciones sobre este tema en específico, dirigidas para las zonas del altiplano occidental de Guatemala, esto considerando que en éstas áreas se localizan ecosistemas reconocidos por su importancia en el rol que juegan en la regulación del ciclo hidrológico, estabilizando los sitios físicos, la calidad del agua y manteniendo los patrones de flujo natural de éste en los nacimientos de agua (CONAP 2,021).

Los resultados de la investigación permitieron describir las características anatómicas y morfológicas de las especies y su función dentro del ecosistema en el que se encuentran. Al generar información concerniente a la cobertura forestal y arbustiva apropiada para la conservación y/o protección de los nacimientos de agua, se contribuye a la generación de estrategias y acciones que conlleven a la restauración de zonas degradadas y contribuir con la permanencia y protección de dichos nacimientos por medio del manejo adecuado de la vegetación.

El continuo aumento de la demanda de especies forestales hace necesario que existan procedimientos que favorezcan el aprovechamiento sostenido de las especies forestales, esto con el fin de conservar, proteger y restaurar los recursos naturales existentes en el medio ambiente. Para alcanzar este manejo se necesita del conocimiento de la biología de las especies y es en ésta la parte dónde se contribuye con la información obtenida en la presente investigación.

Para el municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos no se encontraron estudios o investigaciones relacionados a la caracterización de especies apropiadas para la conservación y/o protección de nacimientos de agua, por lo que el desarrollo de la presente investigación contribuye en la generación de información concerniente sobre esta temática y será de utilidad para la implementación de estrategias de protección, conservación y restauración de los bosques en diferentes áreas con presencia de nacimientos de agua de este municipio.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. MARCO CONCEPTUAL

4.1.1.1. Sector Forestal de Guatemala

La Agenda Forestal Nacional (INAB, 2003), de forma literal, define al Sector Forestal del país como: Un subsistema del sistema económico nacional, que sobre la base de motivaciones y decisiones socioeconómicas y ambientales desarrolladas en torno de ecosistemas; con distintos grados de intervención, cuyo componente dominante son los árboles, genera múltiples bienes (maderables y no maderables) y servicios ambientales (regulación, apoyo, información), producto del desarrollo de un conjunto de actividades que se aplican de acuerdo a un régimen de ordenación con objetivos bien definidos que pueden incluir la extracción y aprovechamiento, la protección absoluta o la restauración de tierras forestales degradadas.

Según sea el régimen de ordenación así será también la intensidad de actividades de cosecha, industrialización, comercialización y/o conservación de los bienes y servicios. Estas acciones descansan sobre una plataforma institucional pública y privada que incluye los ámbitos legal, financiero, académico y empresarial y que en conjunto determinan un desempeño que podría reflejarse en las cuentas nacionales.

El sector forestal en Guatemala está conformado por instituciones del gobierno, dentro de las que se incluyen las municipalidades y los consejos de desarrollo. El sector privado está conformado por organizaciones comunitarias y grupos de campesinos propietarios colectivos de bosques; por las instituciones de la sociedad civil con gremios y asociaciones forestales; centros de investigación públicos y privados y por el sector empresarial.

4.1.1.2. Especies forestales del altiplano occidental de Guatemala

Se define como plantas forestales a aquellas que están presentes en bosques con predominancia de árboles, por lo que hay una gran cantidad de estas especies en todo el mundo y, todas ellas tienen características diferentes en función del clima y características de la zona en la que se encuentran.

Los árboles localizados en la parte del altiplano occidental de Guatemala según Informe final de investigación de Identificación de especies de árboles del ecosistema bosque tropical montano nuboso en etapas de restauración ecológica forestal en el altiplano occidental de Guatemala están representados por 71 especies, distribuidos en 29 familias (Godínez, Basilio, Mendoza 2,017).

4.1.1.3. Especies arbustivas

Se llama arbusto a la planta leñosa perenne de cierto porte cuando, a diferencia de los árboles, no se yergue sobre un solo tronco o fuste, sino que se ramifica desde la misma base. Los arbustos pueden tener varios metros de altura. Al bioma o ecosistema con predominio de arbustos se le denomina matorral. Se diferencia de los árboles por sus múltiples tallos y menor altura, inferior a 5-10 metros.

Es frecuente que especies que se presentan normalmente como arbustos crezcan como árboles, o donde las circunstancias ecológicas son distintas. Los arbustivos o sufrútices llegan a desarrollar tejidos secundarios, pero solo en la región próxima a la base, manteniendo la parte superior de la planta siempre con tejidos jóvenes (William Hawthorne (2,006).

4.1.1.4. Características anatómicas y morfológicas de especies vegetales.

El estudio de las plantas es de vital importancia, su conocimiento permite, entre otras cosas, comprender la interacción con los otros seres vivos y el ambiente en el que habitan el planeta. Sin su presencia la tierra sería un planeta sombrío y desolado. Ningún organismo puede reemplazarlas en sus funciones.

La morfología, externa e interna, es la columna vertebral de la sistemática de la plantas, misma que permite entender, la diversidad, filogenia y evolución vegetal. Además, esta rama de la botánica al estudiarla se entenderán los esquemas de clasificación y nomenclatura con fines comparativos entre taxones. Se resalta que el conocimiento de la forma y estructura de la planta es esencial para entender su funcionamiento (Chuncho G., Chuncho C., y Aguirre Z. 2,019).

✓ Anatomía y Morfología

Rama general de la Botánica que estudia la organización interna y la forma externa de la planta. La morfología interna (anatomía) incluye la citología e histología y la morfología externa trata exclusivamente de la forma (Müller, 2,000).

En este contexto se define a la morfología vegetal, en sentido amplio, como la "Teoría general de la estructura y forma de las plantas", e incluye la citología y la histología. En donde la primera estudia la constitución de la célula y la segunda del estudio de los tejidos. Ambas disciplinas son necesarias para comprender la estructura de las plantas y es un complemento de la organografía o morfología en sentido estricto, que trata de la forma externa (Müller, 2,000).

Las plantas nos ofrecen una gran infinidad de formas particulares y el objetivo de la morfología es descubrir lo que existe de regular y general en el fondo de tal riqueza, asimismo comprender y describir esta diversidad desde varios puntos de vista. Para alcanzar este fin se pueden seguir dos caminos:

- a) La morfología puede estudiarse a base de simples observaciones, sin tomar en cuenta criterios de casualidad, mediante el examen comparativo. Mediante suposiciones de muchas formas individuales, en el cual se puede encontrar el plan fundamental o el tipo de un grupo de formas.
- b) Es también posible plantearse la cuestión acerca del origen de tales tipos e investigar las causas a las que se deben las concordancias topológicas.

4.1.2. Estado de la diversidad biológica forestal en Guatemala

Durante la décima reunión de la Conferencia de las Partes del Convenio de Diversidad Biológica, CDB, realizada en Nagoya, Japón (2,010), Guatemala fue incluida en el grupo de países Megadiversos; dando oportunidad de tener acceso a mayor cooperación internacional para desarrollar proyectos de conservación y aprovechamiento de la diversidad biológica, en apoyo al desarrollo del país. El reconocimiento de megadiversidad se relaciona directamente a su alto potencial en diversidad biológica, y por lo tanto, a su alto potencial como país con una gran riqueza en recursos genéticos (CONAP 2,011).

Se elaboró el Inventario Nacional Forestal, INF (FAO-INAB, 2,016), con el que se generó información estratégica de campo proveniente de todo el país, y se contribuyó con una nueva metodología de muestreo, que aunque de bajo detalle, permitió una caracterización general de los recursos forestales del país. Los datos del INF permiten hacer evaluaciones del estado actual de los recursos forestales y de sus productos en Guatemala. El uso del INF permitirá hacer comparaciones, en el tiempo, del avance de ejecución de políticas y planes relacionados a estos recursos.

4.1.2.1. Árboles y arbustos para conservación de ecosistemas

Las plantas constituyen el nivel basal de los ecosistemas y sostienen la supervivencia y crecimiento de las poblaciones de los animales (Fretwell, 1,987). Los árboles y los arbustos destacan por su capacidad de proyectar su crecimiento verticalmente, aprovechando mejor el espacio. Esto les permite sostener una mayor biomasa por unidad de superficie de tierra lo que se traduce en una mayor capacidad de fijación de carbono y de liberación de oxígeno por unidad de espacio (Brown, 1,997).

Los árboles y los arbustos contribuyen al sostenimiento de la diversidad animal y ayudan a descontaminar la atmósfera, secuestrar carbono, aportar oxígeno, proveer sombra, reducir la erosión, conservar el suelo y generar sustrato estructural para muchas especies de fauna y flora. Al desprenderse de sus hojas, los árboles contribuyen a incorporar nitrógeno y otros elementos orgánicos al suelo. El lecho de hojas caídas permite el sostenimiento de poblaciones de insectos, arácnidos y pequeños vertebrados. El papel de los árboles y los arbustos es clave para el funcionamiento de los ecosistemas, para el sostenimiento de una buena parte de la diversidad animal y para el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos atmosféricos (Jim & Chen, 2,008; Jose, 2,009).

✓ Los vegetales como componentes fundamentales de la Biocenosis

Al ser las plantas componentes fundamentales de la biocenosis, parte de la estructura de los ecosistemas, interaccionan de tal manera que hacen posible el funcionamiento armónico de estas unidades de la naturaleza.

A más de ser los organismos denominados productores, por la particularidad única que tiene para captar la energía solar que, junto con otros factores, les permite sintetizar compuestos orgánicos complejos, válidos para el crecimiento y desarrollo de otros organismos; son el hábitat de sí mismas, de aves, insectos, reptiles y mamíferos.

Otro aspecto muy importante de los vegetales es que cumplen otras funciones como: la regulación del ciclo hidrológico, atenuación de la erosión de los suelos y contaminación atmosférica. En definitiva equilibran los ecosistemas, posibilitando, en esas condiciones, la perpetuidad de la vida. (Barreto y Paredes, 2015)

4.1.2.2. Condiciones de la vegetación en San Miguel Ixtahuacán

De acuerdo al Mapa de Uso de la Tierra elaborado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) en 2,010, a escala 1:225.000, la cobertura del suelo en el municipio de San Miguel Ixtahuacán refleja un paisaje predominantemente rural, con casi 3,909.33 has (20.27%) de superficie agrícola, correspondiendo la mayoría a cultivos anuales o temporales (granos básicos). Un segundo grupo de actividades agrícolas presentan terrenos con fines de producción forestal pero con espacios de vegetación y sistemas agroforestales (café).

Las zonas forestales predominantemente de coníferas con vegetación natural y espacios abiertos también recubren una parte importante del territorio municipal (8856,47 has que corresponde al 45.91%). Estas zonas forestales se distribuyen en bosques de coníferas y latifoliadas. Los arbustos y matorrales que se presentan en forma discontinua y en pequeñas áreas cubren una superficie de 6,399.23 has (33.18%); este tipo de vegetación se desarrolla principalmente en la zona de las microcuencas El Arenal, La Cal, La Peña, Sac Pic, Sijbton y Tzalá (PDM-2,018).

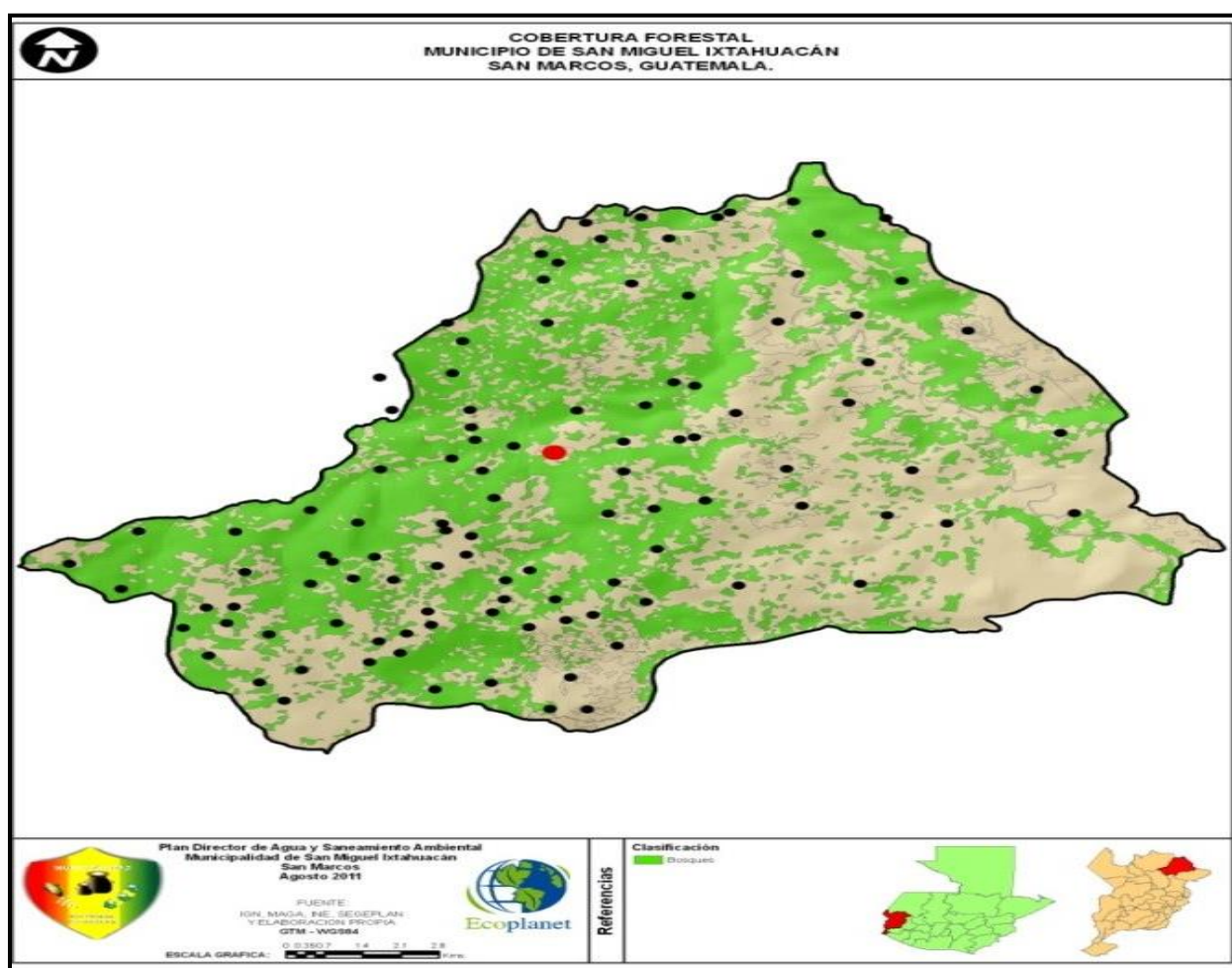
4.1.2.3. Recursos forestales en el municipio de San Miguel Ixtahuacán

De acuerdo al Mapa de Cobertura Forestal elaborado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) en 2,010, a escala 1:225,000, el territorio de San Miguel Ixtahuacán presenta dos tipos de bosque:

- ✓ **Bosque conífero:** Predominante con 7,327.00 has que representa el 37.99% del territorio municipal.
- ✓ **Bosque mixto:** Ocupa una extensión de 1,529.48 has correspondiente al 7.93% del suelo municipal.

Las especies predominantes en estos tipos de bosque son: Ciprés (*Cupresus lusitánica*), pino (*Pinus sp*), aliso (*Alus sp*), encino (*Quercus sp*), roble (*Quercus sp*), pinabete (*Abies guatemalensis*), eucalipto (*Eucalyptus sp*) y madrón (*Arbutus xalapensis*), las cuales se desarrollan sobre dos zonas de vida bien definidas: Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB) y Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB) (Plan de Desarrollo Municipal, SEGEPLAN 2,010).

Figura 1. Mapa de cobertura forestal del municipio de San Miguel Ixtahuacán



Fuente: Plan Director de Agua y Saneamiento Ambiental, Municipalidad de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos (2,018).

4.1.2.4. Necesidades para conservar de la diversidad forestal y arbustiva

Existe la necesidad de dar mayor difusión a nivel nacional de lo que son los recursos forestales y la importancia de su conservación, tanto en términos biológicos y ambientales, como en términos sociales y económicos. El concepto, e impacto nacional, de la conservación del recurso ambiental forestal, deberá incluirse y aparecer en la Política Forestal y el Programa Forestal Nacional.

Para poder conservar la diversidad forestal, se necesita conocer cuánta hay y cómo está distribuida en las diferentes poblaciones. Este conocimiento permite priorizar aquellas áreas donde la diversidad ambiental es mayor y permite racionalizar los recursos financieros para que los esfuerzos de conservación sean efectivos y se centren en las áreas de mayor diversidad; o donde ésta tenga valores estratégicos por su contribución a actividades económicas, sociales y culturales, además de biológicas. El conocimiento de la estructura forestal de las poblaciones es imprescindible para aplicarse en las decisiones de conservación nacional (CONAP, 2,010b).

4.1.2.5. Amenazas y limitantes en la conservación de la diversidad vegetal.

El informe de análisis de vacíos y estrategias para conservación de la diversidad biológica (CONAP, 2,010b), analizó las amenazas a la conservación de la diversidad biológica en 100 Áreas Protegidas; donde se identificó que la agricultura no sostenible, incluyendo el avance de la frontera agrícola, es la presión más fuerte que tiene el mecanismo de conservación de diversidad biológica en Áreas Protegidas. En las regiones del Altiplano Central y Occidental identificaron la densidad y crecimiento poblacional como la mayor presión.

La segunda presión identificada fueron los incendios forestales y la tala del bosque para el aprovechamiento del recurso forestal por actos ilícitos; las regiones más afectadas son el Nororiente y las Verapaces. Las invasiones y usurpaciones también representan una amenaza por su impacto y permanencia potencial, así como la vulnerabilidad ante el cambio climático debido a la sedimentación y erosión debido a la pérdida de cobertura forestal (CONAP, 2,010a).

Según el IV Informe Nacional de Cumplimiento a los Acuerdos del Convenio sobre Diversidad Biológica (CONAP, 2,009a), la impunidad ambiental y la debilidad en los mecanismos para aplicar la legislación vigente relacionada a la conservación y manejo de los recursos naturales se constituyen en amenazas a la diversidad biológica. El aumento de la población y aumento de la pobreza genera presión sobre los bosques por el avance de la frontera agrícola y el consumo de leña.

4.1.3. Estudio de la vegetación en zonas boscosas

El conocimiento de la vegetación es necesario para innumerables actividades de investigación y desarrollo por su importancia como subsistema fundamental del sistema ecológico: captura y transformación de energía solar, puerta de entrada de la energía y de la materia a la trama trófica, almacenadora de energía, proveedora de refugio de la fauna, agente anti erosivo del suelo, agente regulador del clima local, agente reductor de la contaminación atmosférica y del ruido, fuente de materia prima para el hombre, fuente de bienestar espiritual y cultural por su valor estético, recreativo y educativo.

Los estudios de la vegetación se enfocan con propósito académico con miras a obtener conocimientos en el campo de la ciencia de la vegetación, o con una finalidad utilitaria, la cual es para emplear los conocimientos a la solución de problemas aplicados. Las investigaciones van desde el estudio, descripción, clasificación y cartografía de la vegetación de zonas desconocidas o poco estudiadas, hasta la búsqueda de un modelo general de la vegetación. La diferencia en los enfoques no radica tanto en el tipo de estudio que se realiza, como en el uso que se hace de los resultados, y con frecuencia aquellos que se complementan.

Los cambios en la estructura, la composición y el patrón espacial de las comunidades vegetales sirven a menudo de índices e indicadores de los efectos del manejo (capacidad de carga, explotación forestal) o de tratamientos a largo o mediano plazo (fertilización, riego y reforestación). Dado que la vegetación es muy sensible a los cambios en la huella energética, las perturbaciones en el ecosistema pueden ser detectadas y vigiladas por los cambios en la fisonomía, la composición florística y las relaciones numéricas dentro y entre las comunidades. Los estudios de cambios temporales, ya sea sucesionales o retrogresionales, pueden servir de base para predecir la respuesta a la acción del hombre sobre los ecosistemas, y a la aplicación de medidas correctivas o conservacionistas cuando ello se estime necesario. (SOSA, E. 1,999).

4.1.3.1. Importancia de la identificación de especies vegetales.

Las plantas juegan un rol determinante para la vida humana (y del planeta en general), sin embargo la mayoría de las personas hoy en día saben poco de las especies vegetales que las rodean: si se puede usar como alimento, medicina, si tiene alguna significancia especial para algún grupo humano, etc. Tal conocimiento forma parte del saber humano, sólo que no se ha masificado.

A lo largo de la historia, el hombre se ha preocupado en diferenciar especies de plantas para su utilización y tratar de aprovechar semillas, frutos, flores, tallos, hojas y raíces para fines diversos. De este modo, la humanidad no sólo se ha interesado de su conocimiento, que es importante, sino también de su mantenimiento y acondicionamiento en sus diferentes ambientes.

La identificación de las especies es importante porque:

- ✓ Se adquiere conocimiento con mayor exactitud de las especies presentes.
- ✓ Se pueden invertir recursos y esfuerzos de trabajo de para su conservación.
- ✓ Se identifican gestiones y medidas a tomar para la sostenibilidad.
- ✓ Se obtiene una visión completa de la magnitud las especies y de los posibles peligros y riesgos que las amenazan (SOSA, E. 1,999).

4.1.3.2. Selección y delimitación de zonas de estudio.

La Selección y delimitación de zonas de estudio es necesariamente subjetivo y depende del objetivo del estudio; es imposible hacer una selección objetiva antes de haber tomado las muestras y hecho mediciones. Los criterios para seleccionar y delimitar la zona varían desde los de índole administrativos (cuando hay que estudiar la vegetación de un país, una provincia, o cualquier otro territorio con límites administrativos) hasta los de carácter ambiental (topográficos, climáticos, geográficos, etc.) o vegetacionales. Cualquiera que sea el criterio de selección debe expresarse claramente, puesto que los resultados y conclusiones sólo serán aplicables a la zona delimitada. (MATEUCCI- COLMA, 1,982, MARTINEZ, H. 2,001, MANZANERO, M. 1,999.).

4.1.3.3. Muestreo de la vegetación

En la mayoría de los estudios de la vegetación no es operativo enumerar y medir todos los individuos de la comunidad, por ello hay que realizar muestreos de la misma y estimar el valor de los parámetros de la población. Aunque fuera posible localizar y medir todas las unidades de población, en cuyo caso se obtendría el valor del parámetro y no su estimación, la información obtenida no sería más útil, que la derivada de un muestreo adecuado. En todo muestreo hay que realizar una serie de etapas o pasos para poder adoptar decisiones referentes a la selección de alternativas posibles (MATEUCCI - COLMA, 1,982).

a) Muestreo Estratificado

Este muestreo tiene como propósito aumentar la eficiencia del muestreo, por medio de la división de la zona de muestreo en áreas más pequeñas o estratos. Los estratos deben ser más homogéneos que el área total, reduciéndose de esta forma la variabilidad, estos estratos pueden tener el mismo tamaño, pero son variables. (GALINDO, C. s. f.).

b) Muestreo dirigido o intencional

Consiste en seleccionar las unidades elementales de la población según el juicio de los investigadores, dado que las unidades seleccionadas gozan de representatividad. En el muestreo dirigido, la probabilidad de que una unidad elemental sea elegida es desconocida; en consecuencia, no se pueden construir intervalos de confianza para estimar el valor poblacional, sino que solo se pueden hacer estimaciones puntuales.

El muestreo dirigido bien manejado puede ser de mucha utilidad. Es aconsejable usar el muestreo dirigido para los estudios pilotos o de sondeo. La confiabilidad de los resultados muestrales en éste depende, en gran medida, de la calidad de los conocimientos o del juicio del investigador (GALINDO, C. s. f.).

4.1.3.4. Tamaño y forma de las unidades muestrales

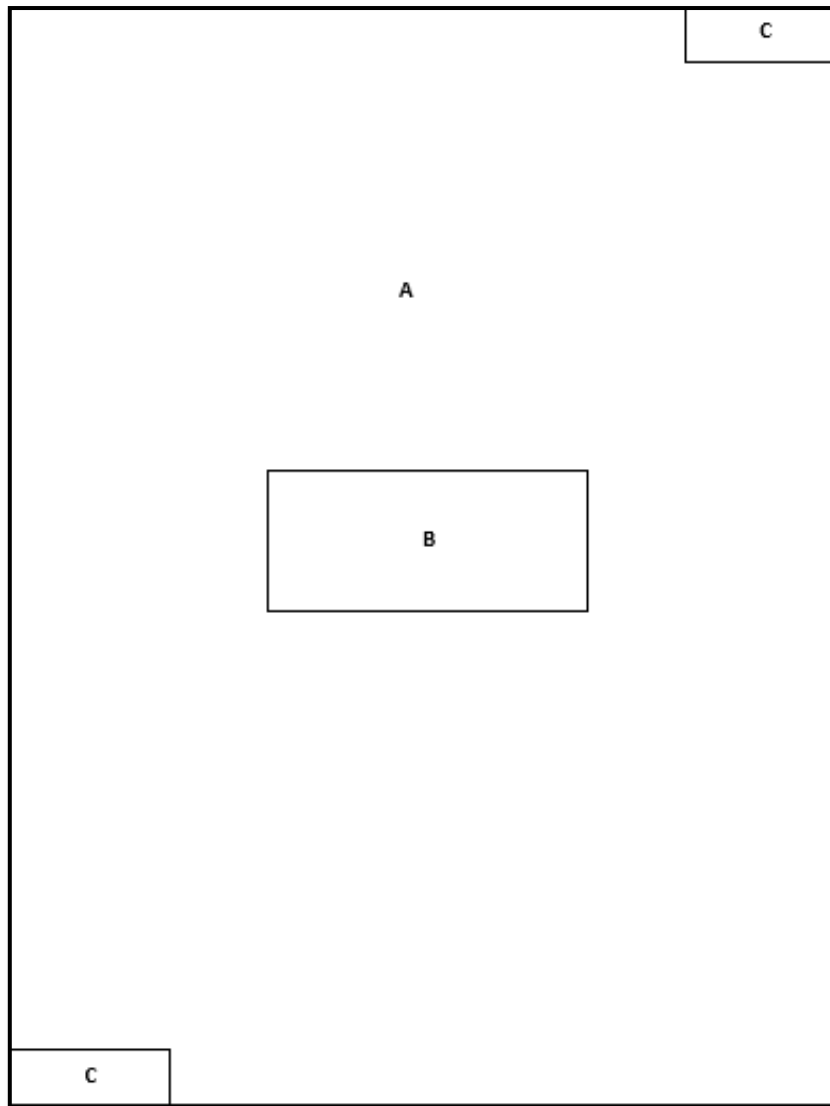
Existen varias decisiones en cuanto al tipo de muestreo. El muestreo puede llevarse a cabo por medio de métodos con parcelas o sin parcelas. Los métodos sin parcelas incluyen captura-recaptura, método del vecino más cercano entre otros. En los métodos de parcelas se pueden utilizar círculos, cuadrantes, rectángulos, etc. En estos últimos es necesario decidir la forma y tamaño de las parcelas, su disposición y su número. (GALINDO, C. s. f.).

Tradicionalmente se han utilizado parcelas de forma cuadrada; pero ha resultado a veces que con unidades rectangulares o circulares se pueden obtener datos con varianzas menores. Sin embargo, esto se relaciona con el patrón de distribución de las especies u con la forma de los manchones, en todo caso la consideración más importante a tener en cuenta es el efecto de borde.

En cuanto al tamaño, las unidades muestrales deben satisfacer tres requisitos: a) Deben distinguirse claramente, b) Las reglas de exclusión e inclusión del material vegetal a medir deben establecerse de antemano y ser respetadas durante la obtención de los datos, c) Una vez seleccionadas la forma y el tamaño, deben mantenerse tan uniformes como sea posible a lo largo del trabajo.

Es conveniente y a veces necesario, adecuar el tamaño de la unidad muestral al de los individuos que se encuentran o miden. En la mayoría de los estudios en que se usan enfoques estadísticos, se seleccionan tamaños mayores para árboles, tamaños medianos para arbustos y tamaños pequeños para las herbáceas. En este caso, se elige algún modelo de disposición de las unidades que sea práctico. Por ejemplo, si el patrón de muestreo es aleatorio, en cada punto, las unidades muestrales se colocan en forma concéntrica. (MATEUCCI- COLMA, 1,998).

Figura 2. Diseño de parcela utilizada para muestreo de vegetación.



Fuente: (BOLFOR; Mostacedo, Bonifacio; Fredericksen, Todd S. 2,000).

Diseño de parcelas utilizadas para el muestreo de la vegetación: La parcela A es el más grande y se utiliza para muestrear árboles mayores de 10 cm de DAP (puede ser de las medidas de 25 m x 40 m). La parcela B generalmente son de tamaños menores (por ejemplo: 5 m x 10 m) se utilizan para muestrear árboles menores a 10 cm de DAP, regeneración natural y especies arbustivas. Las parcelas C son de tamaño menor (Por ejemplo: 2 m x 5 m) y sirven para muestrear hierbas y arbustos menores a 2 m de altura y regeneración natural (BOLFOR; Mostacedo, Bonifacio; Fredericksen, Todd S. 2,000).

4.1.4. Fuentes de agua superficiales.

El agua es un elemento fundamental para la vida del ser humano y los seres vivos. Dicho líquido es captado por la vegetación natural y principalmente los bosques, donde superficialmente se libera en la forma de nacimientos, ojos de agua y arroyos.

Las aguas superficiales son las aguas que circulan sobre la superficie del suelo. El agua superficial se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas. Una vez producida, el agua superficial sigue el camino que le ofrece menor resistencia pudiéndose presentar en forma correntosa, como en el caso de ríos, nacimientos y arroyos, o quietas si se trata de lagos o embalses (Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, 2,003).

La mayor parte del agua superficial está contaminada y generalmente no es usada para el suministro de agua. Sin embargo, en las zonas occidentales de Guatemala identificadas como tierras altas, los ríos y nacimientos se originan en las montañas volcánicas y generalmente no están muy contaminados; Se usan para el suministro de agua con muy poco tratamiento o con ninguno.

4.1.4.1. Nacimientos de agua

Un nacimiento de agua es un punto de salida natural de agua subterránea que fluye hacia la parte superior de la corteza terrestre. Puede ser permanente o temporal. Se origina en la filtración de agua, de lluvia o de nieve, que penetra en un área y emerge en otra de menor altitud. Generalmente los nacimientos van ligados a la presencia de niveles impermeables en el subsuelo, que impiden que el agua se siga infiltrando y la obligan a salir a la superficie. Estas surgencias suelen ser abundantes. Los cursos subterráneos a veces se calientan por el contacto con rocas ígneas y afloran como aguas termales.

Dependiendo de la frecuencia del origen (caída de lluvia o nieve derretida que infiltra la tierra), un manantial o naciente puede ser efímero (intermitente), perenne (continuo) o artesiano (FAO/G Samaniego 2,019).

4.1.4.2. Degradación de los nacimientos de agua

Existen dos problemas básicos asociados con el recurso hídrico:

- a) disminución del agua disponible y pérdida de su calidad: La disminución del agua (degradación cuantitativa) ocurre cuando el balance hídrico está alterado y se utiliza más agua de la que se encuentra disponible.

La deforestación y la fisiografía también afectan la cantidad de agua superficial disponible en una región específica.

- b) La pérdida de calidad (contaminación) sucede cuando la utilidad del agua se ve reducida y las propiedades del agua están dañadas por el entorno y sus organismos. Se produce por la falta de tratamiento de aguas residuales, el uso excesivo de abonos y agroquímicos, la irrigación excesiva, y la contaminación por usos industriales, minero o energético.

Los recursos de agua se están agotando debido al incremento de su demanda. Cada año, la habilidad de suministrar agua se vuelve más difícil debido a lo limitado de los recursos y a la capacidad limitada del sistema de distribución. Aproximadamente el 4 por ciento del total del suministro de agua está localizado en las tierras altas, que son las áreas más pobladas en el país (FAO/G Samaniego 2019).

4.1.4.3. Protección y conservación de nacimientos de agua.

Existen acciones de manejos individuales y comunitarios sobre los nacimientos de agua (José, 2,009). Se sugiere seguir los siguientes pasos:

- ✓ Identificar y los sitios de donde proviene el agua. Es necesario efectuar un recorrido por partes altas del nacedero con el fin de identificar áreas de matorrales y bosques para saber dónde podría infiltrarse el agua.
- ✓ Determinar las condiciones en que está la fuente de agua o la zona de carga: cultivos, pastos, rastrojos, vegetación y derechos d propiedad de los predios.
- ✓ Definir las acciones necesarias para un buen mantenimiento de la fuente, por ejemplo, conservar la vegetación existente, revegetalizar o evitar las tumbas, quemas, mecanización del suelo y pastoreo excesivo.
- ✓ Efectuar las acciones de manejo. Se puede realizar individual o comunalmente, con los beneficiarios directos, los propietarios de terrenos y las autoridades locales.
- ✓ Hacer analizar el agua del nacedero para saber si contiene bacterias o sustancias que puedan afectar la salud o la sanidad animal o vegetal.

✓ **Relación Bosque y Agua**

Los bosques son fundamentales en el ciclo del agua: ayudan a mantener una elevada calidad de esta, influyen en la cantidad disponible y contribuyen a la reducción de riesgos relacionados con el agua, como desprendimientos de tierra, inundaciones y sequías.

Por otro lado, al encontrarse en zonas de transición terrestre-acuática, la vegetación es muy importante para la conservación y protección de las fuentes de agua, ya que ofrece diversos servicios ambientales. Por ejemplo, las raíces de los árboles y arbustos en las orillas permiten que la infiltración del agua en el suelo sea mayor, lo que disminuye la erosión de las orillas de dichas fuentes y reduce las escorrentías superficiales, de manera que también se recarga el manto freático.

La relación que existe entre el agua y los árboles es esencial para la vida del planeta. Las copas de éstos sirven para recolectar la mayor cantidad de lluvia posible, que se desliza entre las hojas, ramas y el tronco hasta alcanzar el suelo, humedeciéndolo para protegerlo contra la erosión. Y el agua que se filtra hasta las raíces sirve para nutrir toda la vegetación (José, 2,009). Debemos recordar que gran parte del agua potable en el mundo proviene de zonas boscosas, además que millones de personas dependen del agua dulce que fluye de los bosques.

4.1.4.4. Condiciones del agua en el Departamento de San Marcos.

Tabla 1. Datos generales del departamento de San Marcos.

Área y Extensión Relativa:	3,791 kilómetros cuadrados (3.5 por ciento del país).
Población Estimada (2020):	Total: 1,172,210.
Densidad de la Población:	309.21 personas por kilómetro cuadrado
Ubicación:	Situado en la región suroccidental del país.

Fuente: Elaboración propia Tesista, Eleazar José Aguilar González.

Durante la estación lluviosa, de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de casi una quinta parte del departamento en el Río Suchiate, Río Cabuz, Río Nahuatan, Río Melendez y Río Naranjo. Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. Esta región está localizada en las partes norte y sur del departamento. El acceso se considera difícil en el lado norte debido a lo empinado del terreno y la espesa vegetación. En el sur, el acceso es fácil.

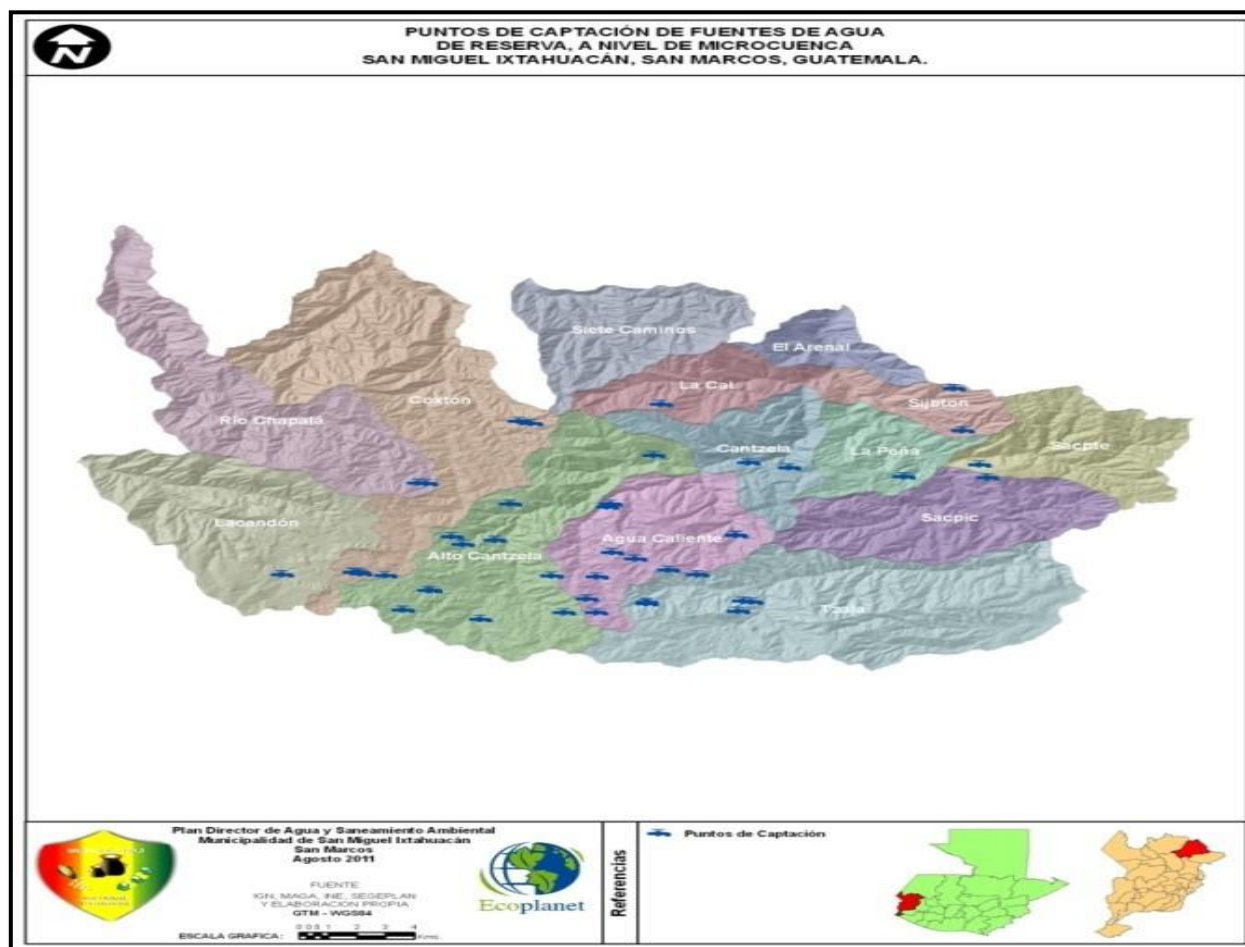
Durante la estación lluviosa, aproximadamente una tercera parte del departamento proporciona pequeñas cantidades de agua provenientes de las extensiones altas de los Ríos Suchiate, Cabuz Nahuatan, Melendez y Naranjo, las cantidades disminuyen durante la estación seca. Esta región está localizada en las secciones noroeste y central sur del departamento.

La región central (Aproximadamente una tercera parte del departamento). Generalmente durante los meses de Mayo a Octubre de escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de los ríos, estas cantidades disminuyen durante los meses de Noviembre a Abril. La capital del departamento es San Marco y se encuentra dentro de esta región. Además, en la región central, en dos áreas a lo largo del Océano Pacífico, de grandes a enormes cantidades de agua salobre o salina, son abundantes durante todo el año, provenientes de pantanos costeros, lagunas y ciénagas.

4.1.4.5. Recursos hídricos en el municipio de San Miguel Ixtahuacán.

Para la caracterización del recurso hídrico, se desarrollaron jornadas técnicas dentro de las actividades del Plan Director de Agua y Saneamiento Ambiental del municipio de San Miguel Ixtahuacán, identificando 235 nacimientos de agua y un pozo perforado profundo que en conjunto abastecen 98 sistemas de consumo doméstico, 50 fuentes de reserva con potencial de ser captadas para el mismo fin y 5 fuentes aprovechadas por los sectores doméstico y agrícola. Se registraron también 7 tomas en ríos que abastecen a igual número de sistemas de riego; esta información fue recopilada en el transcurso de los meses de febrero a junio de 2,018.

Figura 3. Mapa de ubicación de Fuentes de agua en reserva de San Miguel Ixtahuacán.



Fuente: Plan Director de Agua y Saneamiento Ambiental, Municipalidad de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos 2,018.

4.1.5. Investigación, educación y capacitación forestal.

En los últimos 10 años la investigación sobre temas forestales fue realizada por las Universidades (principalmente USAC, UVG y IARNA-URL), algunas ONGs; por instituciones gubernamentales como INAB e ICTA, y dentro de las Áreas Protegidas CECON Y CONAP condujeron o coordinaron estudios o proyectos de investigación.

En 1,998 se hizo la propuesta para establecer el Sistema Nacional de Investigación Forestal, con 13 áreas y líneas que incluían los temas de interés para el Sector Forestal, tanto para la conservación del recurso, como para su uso y aprovechamiento. Una de las líneas directamente relacionadas a los RGF fue la de mejoramiento genético y conservación forestal (Donado y Barrios, 1,998).

El INAB se encargó de dar seguimiento a esta propuesta, estableciendo dentro de la institución un proyecto permanente de investigación.

El proyecto se ha encargado de generar, adaptar y transferir información relacionada a ecosistemas forestales, recursos naturales y en temas relacionados a la productividad de los bosques y conservación de ecosistemas forestales (INAB, 2,011).

4.1.5.1. Estado de los programas, investigación, legislación y cooperación

Guatemala tiene un programa forestal nacional que está a cargo de la evaluación y cumplimiento de la política forestal y de dar seguimiento a la Agenda Nacional Forestal.

Se financiaron un total de 136 proyectos de investigación relacionados con recursos forestales y 17 específicos sobre RGF; de estos, cinco fueron sobre la propagación in vitro de especies amenazadas (*Abies guatemalensis*, *Acer skutchii*) y de otras especies de importancia en recarga hídrica como el Pino Blanco (*Pinus ayacahuite*), y para aprovechamiento como el Palo Blanco (*Roseodendron donnell-smithii*).

Se realizaron los primeros estudios de diversidad genética, en Guatemala, de una especie forestal (*Pinus ayacahuite*), empleando técnicas bioquímicas (isoenzimas) y moleculares (cpSSR).

De lo más relevante en estos diez años, ha sido la participación comunitaria y de las municipalidades en el desarrollo de estudios e investigación en los bosques comunitarios, mostrando resultados en el fortalecimiento de capacidades de las propias comunidades, para generar sus propios proyectos de conservación, haciendo un uso sostenible de sus bosques.

Guatemala tiene un amplio marco legal para la protección de la diversidad biológica y de los RGF como: i) la Ley Forestal, ii) Ley de Áreas Protegidas, iii) Ley de Protección del Medio Ambiente; así como políticas relacionadas: Política de Diversidad biológica y la Política Forestal.

Establecimiento de una política de estado e individuales así como mecanismos financieros con el objetivo de aumentar la cobertura boscosa del país (Reverdecer Guatemala, además de PINFOR y PINPEP) Creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN, en el año 2,001.

Bajo el Acuerdo Gubernativo 220-2011, se hizo oficial este año, la aprobación de la Política de Diversidad biológica, propuesta y elaborada por el CONAP y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN. A través de esta política se crea un compromiso de estado para la conservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de sus componentes, el reparto justo y equitativo de los beneficios producidos por el uso de los recursos genéticos, incluyendo el acceso apropiado a los recursos y la transferencia de tecnologías (CONAP 2,011b).

4.1.6. Política de diversidad biológica

Bajo el acuerdo gubernativo 220-2,011, se hizo oficial este año, la aprobación de la política de diversidad biológica, propuesta y elaborada por el CONAP y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). A través de esta política se crea un compromiso de estado para la conservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de sus componentes, el reparto justo y equitativo de los beneficios producidos por el uso de los recursos genéticos, incluyendo el acceso apropiado a los recursos y la transferencia de tecnologías (CONAP 2,011b).

La política contiene los siguientes cuatro ejes temáticos:

- a) Conocimiento y valoración de la diversidad biológica.
- b) Conservación y restauración de la diversidad biológica.
- c) Utilización sostenible de la diversidad biológica y sus servicios ecosistémicos.
- d) Diversidad biológica en la mitigación y adaptación al cambio climático.

Además establece un marco general y de largo plazo para orientar las estrategias nacionales, los instrumentos para facilitar su implementación y su estrategia de ejecución (CONAP 2,011b).

4.2. MARCO REFERENCIAL

4.2.1. Información general del municipio de San Miguel Ixtahuacán.

El municipio de San Miguel Ixtahuacán fue fundado el 8 de agosto de 1,800. Los primeros pobladores fueron los Mames que ya habitaban estas tierras antes de la venida de los españoles, quienes se encontraban divididos en dos tribus y sus asentamientos se encontraban a orillas del río que pasa por el Zapote y el Salitre.

Según el diagnóstico municipal (2,009), existen varios significados para la palabra Ixtahuacán, uno de ellos es "Se fue el dueño del agua" en mam se dice: "ex twuil a'ca'n". Otros dicen "cabeza de culebra", también existen otras interpretaciones que significa "siete culebras sobre el agua", o posiblemente se deriva de "exta'can", que significa "se fue el agua de las culebras", porque en la antigüedad en la cabecera municipal, había una laguna donde habitaban muchas serpientes.

El municipio de San Miguel Ixtahuacán forma parte de los municipios del Altiplano del Departamento de San Marcos, está delimitado geográficamente entre las coordenadas 15° 16' 18'' de latitud sur y 91° 45' 56.20'' de longitud oeste, se localiza en la parte norte de la cabecera departamental, su extensión territorial es de 184 km² lo que equivale al 4.85% del territorio departamental (3,791 km²).

4.2.1.1. Colindancias

El municipio limita al norte con los municipios de San Gaspar Ixchil y Santa Bárbara del departamento de Huehuetenango, al sur con los municipios de Tejutla y Comitancillo, del departamento de San Marcos. Al este con el municipio de Malacatancito, Huehuetenango y Sipacapa, San Marcos y al oeste con el municipio de Concepción Tutuapa, San Marcos.

4.2.1.3. Vías de acceso

Según taller participativo (SEGEPLÁN, 2,018) el municipio cuenta con cinco vías de accesos:

- ✓ Una vía que conduce de la cabecera municipal hacia la cabecera departamental de San Marcos a una distancia de 64 km, totalmente asfaltada;
- ✓ La otra vía es carretera asfaltada con distancia de 28 km que comunica a los municipios de San Gaspar Ixchil y Colotenango del departamento de Huehuetenango, con bifurcación con carretera interamericana CA-1 que conduce de la Ciudad de Guatemala a Huehuetenango en el km 288.5;
- ✓ La tercera vía es de asfalto y conduce de la cabecera municipal, pasando por las aldeas El Salitre, Siete Platos, Horcones y La Cal, y conecta con la carretera interamericana CA-1 Guatemala - La Mesilla en el km 241;
- ✓ Otras vías comunican con la cabecera de Sipacapa, pasando por la comunidad de San Antonio de los Altos, Agel y la mina Marlín;
- ✓ Por último, la que comunica al municipio con Concepción Tutuapa, pasando, por las comunidades de Chisnán, Tierra Colorada, Las Escobas, Mulebac y El Colmito, y luego la cabecera municipal de Concepción Tutuapa con un recorrido de 14 km (Segeplán, 2,018).

4.2.1.4. Altura sobre el nivel del mar

El municipio de San Miguel Ixtahuacán al formar parte del altiplano occidental de Guatemala posee una elevación sobre el nivel del mar de 2,065 metros.

4.2.1.5. Fisiografía

Según el Mapa Fisiográfico-Geomorfológico elaborado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) en 2010, a escala 1:225.000, en el territorio de San Miguel Ixtahuacán se distinguen dos unidades fisiográficas: Tierras Altas Cristalinas con una extensión de 12,746.78 has equivalente a 62.93% y Tierras Altas Volcánicas que ocupan una superficie de 7,507.89 has que representa 37.07% del total de territorio municipal. Considerando parámetros como altura, drenaje y grado de disección, se identifican dos subdivisiones dentro de estas grandes unidades: Laderas muy inclinadas y escarpe de erosión de la Sierra Madre y Montañas volcánicas altas de Occidente.

4.2.2. Aspectos Climáticos

De acuerdo a la información proporcionada por el Instituto de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH-, el municipio posee un clima que va desde templado a semi frío, la temperatura media anual es de 15.4°C, con variaciones de 9 a 25.4°C, y 64 a 100 días de calor.

4.2.2.1. Precipitación pluvial

La precipitación pluvial promedio es de 678 mm anuales con máximas de 2,799.08 mm y 64 a 127 días de lluvia.

4.2.2.2. Zonas de vida

De acuerdo al Mapa de Zonas de Vida de Holdridge elaborado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) en 2,010, a escala 1:225.000, el territorio de San Miguel Ixtahuacán se localiza en las siguientes zonas de vida:

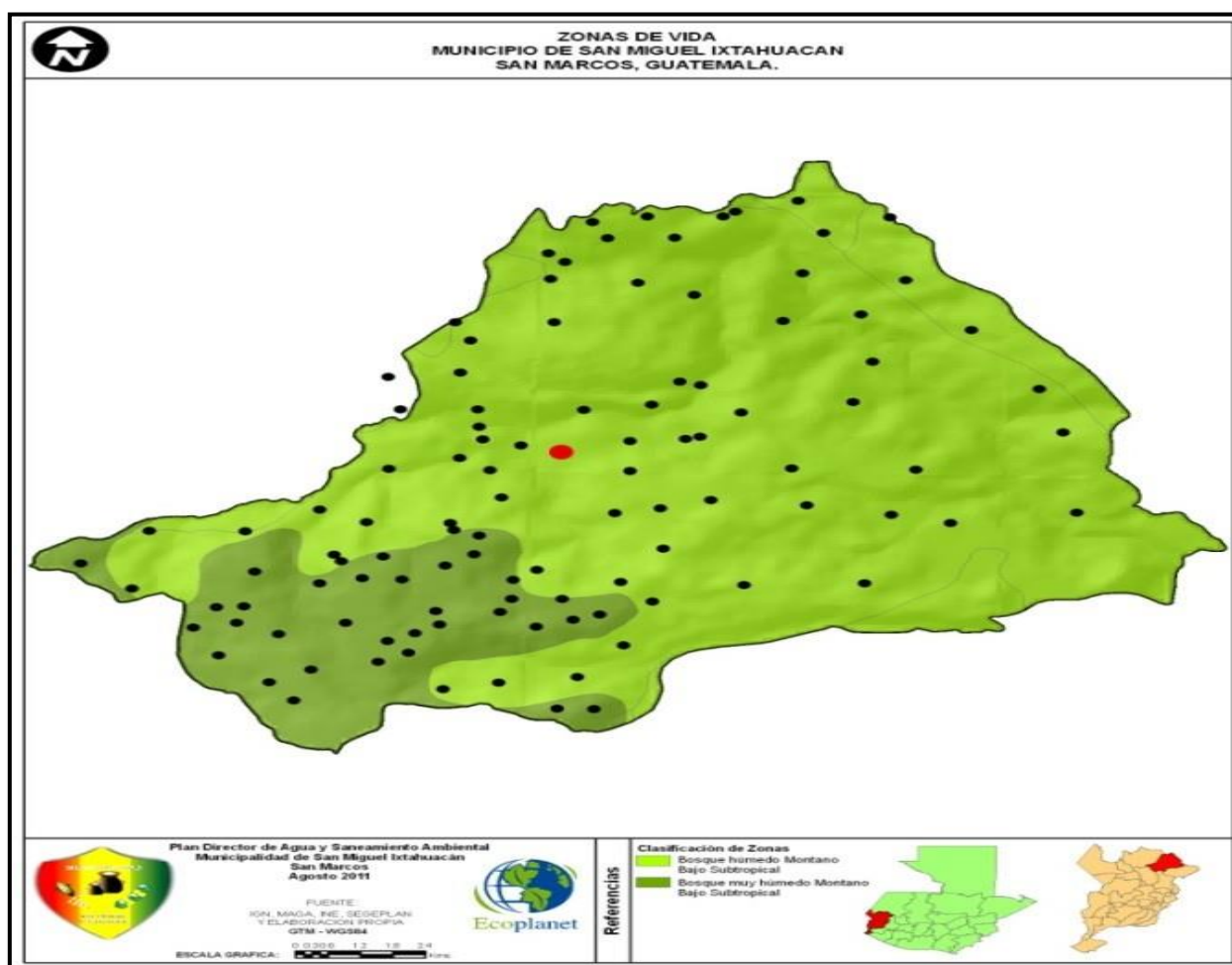
✓ **Bosque húmedo Montano Bajo subtropical (bh-MB)**

Tiene una extensión de 1,6673.28 has que representa el 82.31% de la superficie total del municipio, distribuida principalmente sobre Tierras Altas Cristalinas, se caracteriza por presentar un relieve plano a accidentado, vegetación natural que está representada por rodales de *Quercus sp* (roble, encino), *Pinus pseudostrobus* (pino triste) y *Pinus montezumae* (pino colorado). El uso apropiado para esta zona es fitocultural (maíz, frijol, trigo, verduras y frutales como durazno, manzana, pera y aguacate) (Plan de Desarrollo Municipal, SEGEPLAN 2,010).

✓ **Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB)**

Esta zona está representada por una superficie de 35.81 has, que equivale al 17.68% del territorio total del municipio, extendida principalmente sobre Tierras Altas Volcánicas, se caracteriza por tener un relieve accidentado, la vegetación natural es *Cupressus lusitánica* (ciprés común), *Alnus jorullensis* y *Quercus sp* (roble, encino). Se puede dar uso combinado de fitocultivo y bosque y los cultivos principales pueden ser trigo, maíz, papa, haba, verduras, frutales como manzana, durazno y pera (Plan de Desarrollo Municipal, SEGEPLAN 2,010).

Figura 5. Mapa de zonas de vida del municipio de San Miguel Ixtahuacán



Fuente: Plan Director de Agua y Saneamiento Ambiental, Municipalidad de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos (2,018).

4.2.3. Hidrografía

En el territorio del municipio de San Miguel Ixtahuacán, se encuentran tres ríos importantes:

- ✓ Río Cuilco que pasa al sudeste de la cabecera Municipal, recorriendo las comunidades de Siete platos, Salitre, la Peña, El Zapote, Tierra Blanca el Zapote, la Lima y el Arenal

- ✓ Río Cantzela que pasa al norte de la cabecera Municipal recorriendo las comunidades de Chisnan, Ixcail, Satla, Cabecera Municipal, Sholtanan, Legual, Tzalé, las Maravillas y Cantzela para luego desembocar en el río Cuilco
- ✓ Río Tzalá que divide en parte al municipio de San Miguel Ixtahuacán y Sipacapa, recorriendo las comunidades de Cabajchún, Chininguitz, Agel, Exial linda Vista y Mina Marlin.

En el territorio de San Miguel Ixtahuacán también se localizan otros ríos de importancia que son colectores principales e identifican a las microcuencas que se forman en el territorio municipal, los cuales son: Agua Caliente, Cabajchum, Cacalton, Cantzela, Chacala, Chistnam, Ixcab, Ixpuna, La Cal, Sac Pic, Salitre, Txana y Tzala, también se encuentran vestigios de una laguneta en la aldea Cabajchun; otros recursos hidrológicos en el municipio son nacimientos localizados en las microcuencas Agua Caliente, Alto Cantzela y Tzalá, además de arroyos, riachuelos y quebradas que alimentan a los ríos principales con caudal durante la época de lluvia y pozos profundos para extracción de agua.

4.2.4. Uso del suelo

De acuerdo al Mapa de Uso de la Tierra elaborado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) en 2,020, a escala 1:50.000, la cobertura del suelo en el municipio de San Miguel Ixtahuacán refleja un paisaje predominantemente rural, con casi 6,499.94 has (39.34%) de superficie agrícola, correspondiendo la mayoría a cultivos anuales o temporales (granos básicos). Un segundo grupo de actividades agrícolas presentan terrenos principalmente con fines de producción forestal pero con espacios de vegetación y sistemas agroforestales (café).

Las zonas forestales predominantemente de coníferas con vegetación natural y espacios abiertos también recubren una parte importante del territorio municipal (4,961 has que corresponde al 26.96%). Estas zonas forestales se distribuyen en bosques de coníferas y latifoliadas. Los arbustos y matorrales que se presentan en forma discontinua y en pequeñas áreas cubren una superficie de 6,808.25 has (33.62%); este tipo de vegetación se desarrolla principalmente en la zona de las microcuencas El Arenal, La Cal, La Peña, Sac Pic, Sijbton y Tzala (Plan de Desarrollo Municipal, SEGEPLAN 2,010).

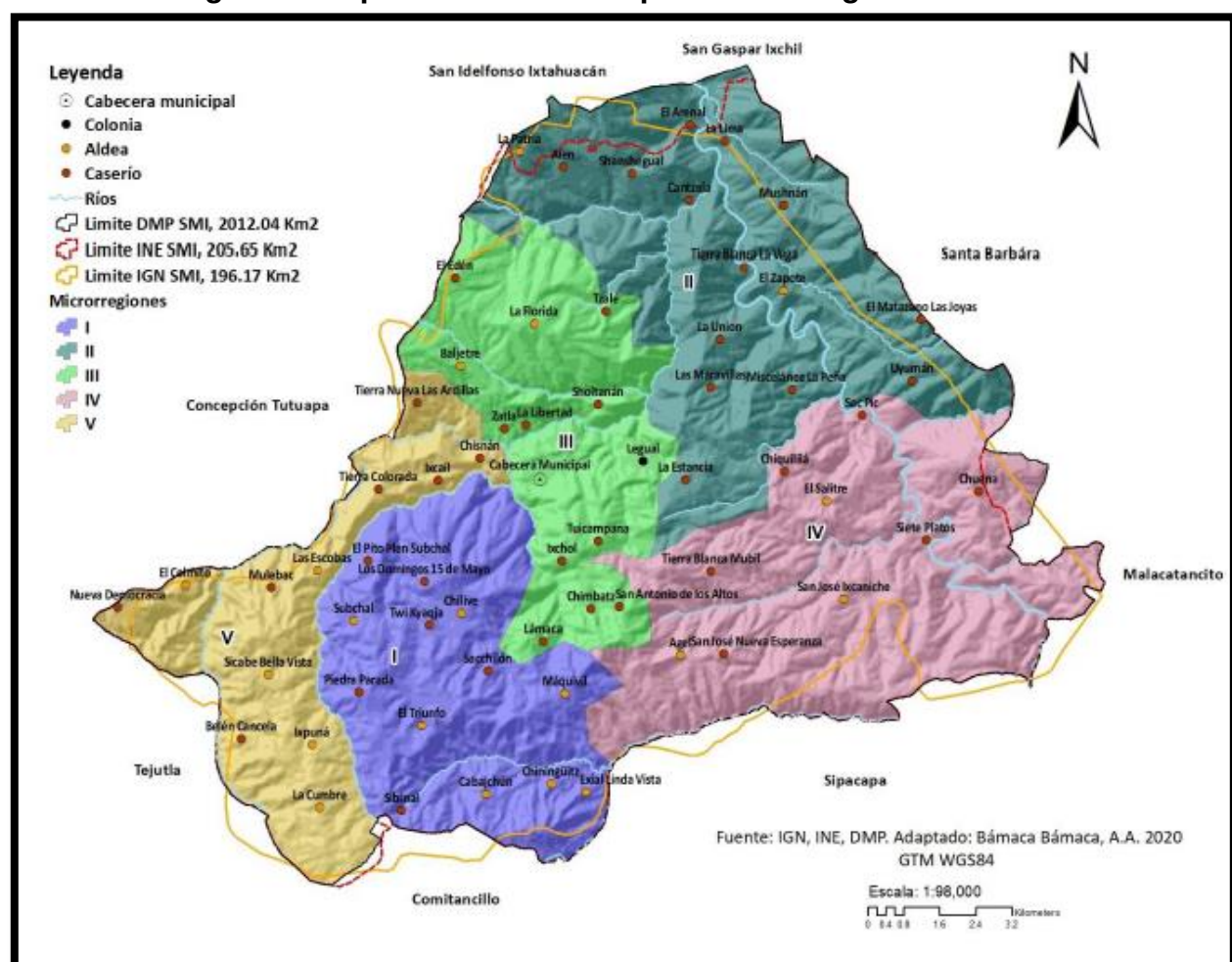
4.2.5. Organización actual del territorio

El municipio se divide en 63 centros poblados los cuales están divididos política y administrativamente en 5 microrregiones, las cuales fueron organizadas debido a los servicios con los que cuenta cada una y el crecimiento poblacional. Los 63 lugares poblados comprenden la cabecera municipal, 19 aldeas, 42 caseríos y 1 colonia.

En la actualidad para su funcionamiento; el municipio de San Miguel Ixtahuacán cuenta con 63 Consejos Comunitarios de Desarrollo –COCODE-, debidamente acreditados y con su respectiva Junta Directiva; además existen 5 COCODE de segundo nivel los cuales tienen representación en las reuniones del Consejo Municipal de Desarrollo –COMUDE-, de San Miguel Ixtahuacán.

A nivel municipal se tiene formado el COMUDE con un funcionamiento e incidencia media, debido a que la corporación municipal le ha brindado la apertura a estos procesos de participación ciudadana como lo enmarca la Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural. La municipalidad de San Miguel Ixtahuacán promueve la participación e incidencia de las mujeres en espacios políticos, sociales y económicos.

Figura 6. Mapa base del municipio de San Miguel Ixtahuacán.



Fuente: Base cartográfica IGN, INE, DMP. Elaboración: Municipalidad de San Miguel Ixtahuacán (2020).

4.2.6. Demografía

✓ Población

De acuerdo a las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística -INE-, para el año 2,017 la población del municipio sería de 39,997 habitantes; con una densidad de población de 257.07 habitantes/km² y para el año 2,018 se reporta un total de 47,301 habitantes según resultados del XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda, con un incremento poblacional del 25.42 % respecto al año 2,010. Esto conlleva desafíos importantes en diversos ámbitos sociales y económicos en el territorio.

El 51.35% de la población son mujeres y 48.65% hombres, esto indica que existe mayor proporción de mujeres que hombres. En San Miguel Ixtahuacán predomina la población en edad mayor a los 15 años y del pueblo maya 98.17% de la comunidad lingüística mam, 1.65% Ladino, 0.11% Afrodescendientes, 0.05% Garífuna, 0.002% Xinka y extranjero 0.01%. El 7.14% es población urbana y el 92.86% población rural; esta es una característica muy peculiar que se manifiesta a nivel departamental y nacional donde a diferencia de la mayoría de las naciones latinoamericanas, Guatemala se caracteriza todavía por ser un país rural.

El índice de desarrollo humano según el Programa de Naciones Unidas PNUD 2,011 es de 0.502. El índice de pobreza general es de 86.4% y de pobreza extrema 32.84%.

V. OBJETIVOS

5.1. GENERAL

- ✓ Determinar las especies forestales y arbustivas apropiadas para la conservación y protección de nacimientos de agua en la microrregión I del municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.

5.2. ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar las especies forestales y arbustivas que se encuentran en las áreas con existencia de nacimientos de agua.
- ✓ Caracterizar las especies forestales y arbustivas que se obtengan en los nacimientos de agua estudiados.
- ✓ Describir las principales condiciones del sitio en las que se desarrollan las especies forestales y arbustivas.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. METODOLOGÍA

6.1.1. Tipo de investigación

El enfoque de la investigación consistió en una investigación de carácter cualitativo y de alcance descriptivo.

Debido a la naturaleza de la investigación se realizó el análisis reflexivo de los individuos que forman parte de las realidades en las áreas estudiadas.

✓ Método analítico

El método analítico consiste en el procedimiento que descompone un todo en sus elementos básicos y, por tanto, que va de lo general a lo específico. También es posible concebirlo como un camino que parte de los fenómenos para llegar a las leyes, es decir, de los efectos a las causas.

El método analítico fue utilizado con la finalidad de analizar los datos que se obtuvieron en campo y por medio de las distintas fuentes de información. Este método permitió comparar y determinar la presencia de las especies en el área de estudio y sus características y su función dentro del ecosistema.

✓ Método Descriptivo

Por medio del método descriptivo se plasmaron el estado y comportamiento de las especies de árboles y arbustos apropiados para la conservación y protección de nacimientos de agua y se enfatizó en la descripción de las características fisiológicas, morfológicas y taxonómicas, así mismo en los beneficios sociales, económicos y ambientales.

6.1.2. Variables y atributos evaluados

Los atributos de las especies de árboles y arbustos evaluados fueron:

- ✓ Características anatómicas (descripción de la estructura de los órganos principales de las plantas).
- ✓ Características morfológicas (descripción de la forma de los órganos de las especies).

6.1.3. PRIMERA FASE DE GABINETE

6.1.3.1. Selección del área para desarrollo de la investigación

Se realizó la propuesta para el desarrollo de la investigación en el área que ocupa la microrregión número I del municipio de San Miguel Ixtahuacán, departamento de San Marcos (Anexo 5).

La microrregión I del municipio de San Miguel Ixtahuacán, está compuesta por 7 aldeas, siendo estas: Cabajchun, Exial Linda Vista, Máquivil, Subchal, Chiningüitz, El Triunfo y Chílve y 6 caseríos, los cuales son: Los Domingo 15 de Mayo, Piedra Parada, Sacchilón, Sibinal, El Pito Plan Subchal y Twi kyaqja (Figura 6) (PDM-OT 2,018).

Para el desarrollo de la investigación se tomaron en consideración dos criterios principales para la intervención en los nacimientos de agua estudiados:

- a) Se priorizaron áreas conservadas en su estado natural con poca o nula perturbación alrededor de nacimientos de agua.
- b) Se tomó en consideración el permiso de acceso a los terrenos en las zonas con existencia de nacimientos de agua por parte de los propietarios.

6.1.3.2. Revisión y análisis de información.

Se revisó y analizó documentación concerniente a nacimientos de agua en el altiplano occidental de Guatemala, específicamente en el municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos, también de las principales especies arbóreas y arbustivas utilizadas para la conservación de dichas fuentes. Se efectuaron revisiones bibliográficas, búsquedas en sitios confiables de internet, consultas con especialistas, entre otras fuentes de información.

Para la evaluación de la zona de estudio se utilizaron los siguientes documentos: Informes de proyectos de desarrollo, Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial, Plan Director de Agua y Saneamiento Ambiental, diagnósticos rurales participativos e investigaciones, Mapas topográficos, Geológicos y de zonas de vida; procesando las principales características físicas y ambientales de la zona de interés.

6.1.3.3. Identificación de las zonas específicas de intervención.

La ubicación y reconocimiento de las zonas de estudio se realizó con el apoyo de diversas entidades locales, como la Oficina Municipal de Agua y Saneamiento OMAS, de la municipalidad de San Miguel Ixtahuacán, autoridades comunitarias y propietarios de terrenos particulares, con los que se realizó un acercamiento y se les socializó la investigación y se solicitó la autorización para el desarrollo de la mismo en las áreas de interés (Anexo 6).

Para la caracterización del recurso hídrico, dentro de las actividades del Plan Director de Agua y Saneamiento Ambiental del municipio de San Miguel Ixtahuacán, para el año 2018, en la microrregión I se identificaron 68 nacimientos de agua, según información generada por la Oficina Municipal de Agua y Saneamiento del mismo municipio, para el año 2022 en 23 de los 68 nacimientos existe prohibición en acceso a los mismos de parte de los propietarios, esto debido a la desinformación que existe en el área, lo que ha provocado que las acciones que se relacionan con la intervención en dichos nacimientos se han tomado en el contexto de explotación minera y los propietarios han negado la accesibilidad a los mismos y por consiguiente no fueron sujetas a estudio, resultando un total de 45 nacimientos intervenidos.

Con el apoyo de las entidades descritas se identificaron los nacimientos de agua conservadas en su estado natural y con accesibilidad dentro de la microrregión I del municipio, en las que se realizó el estudio sobre la de vegetación arbórea y arbustiva localizada en sus alrededores (Tabla 2).

6.1.4. FASE DE CAMPO

6.1.4.1. Reuniones comunitarias

Se socializaron las líneas de acción del estudio con representantes de los órganos de coordinación de COCODEs, representantes de auxiliaturas, fontaneros y personas particulares involucradas en el proceso de la investigación, se contó con la estructura y nivel organizativo de cada comunidad, con quienes se logró la aprobación, autorización, apoyo y participación activa de los mismos al momento de desarrollar las distintas acciones (Anexo 7).

6.1.4.2. Exploración de zonas a investigar

Posterior al proceso de identificación de las zonas de interés, se realizó una exploración a las áreas con nacimientos de agua, se localizaron a los propietarios para la socialización y aprobación de la investigación y se evaluó la viabilidad de realizar el mismo en cada área específica identificada, tomando como criterio principal que se encuentren conservadas en su estado natural.

Se exploraron las áreas con presencia de nacimientos de agua y se observó de manera general las poblaciones silvestres de especies forestales y arbustivas. La exploración permitió conocer en forma directa las características generales de las áreas a intervenir (Anexo 8).

6.1.4.3. Georreferenciación de áreas de intervención

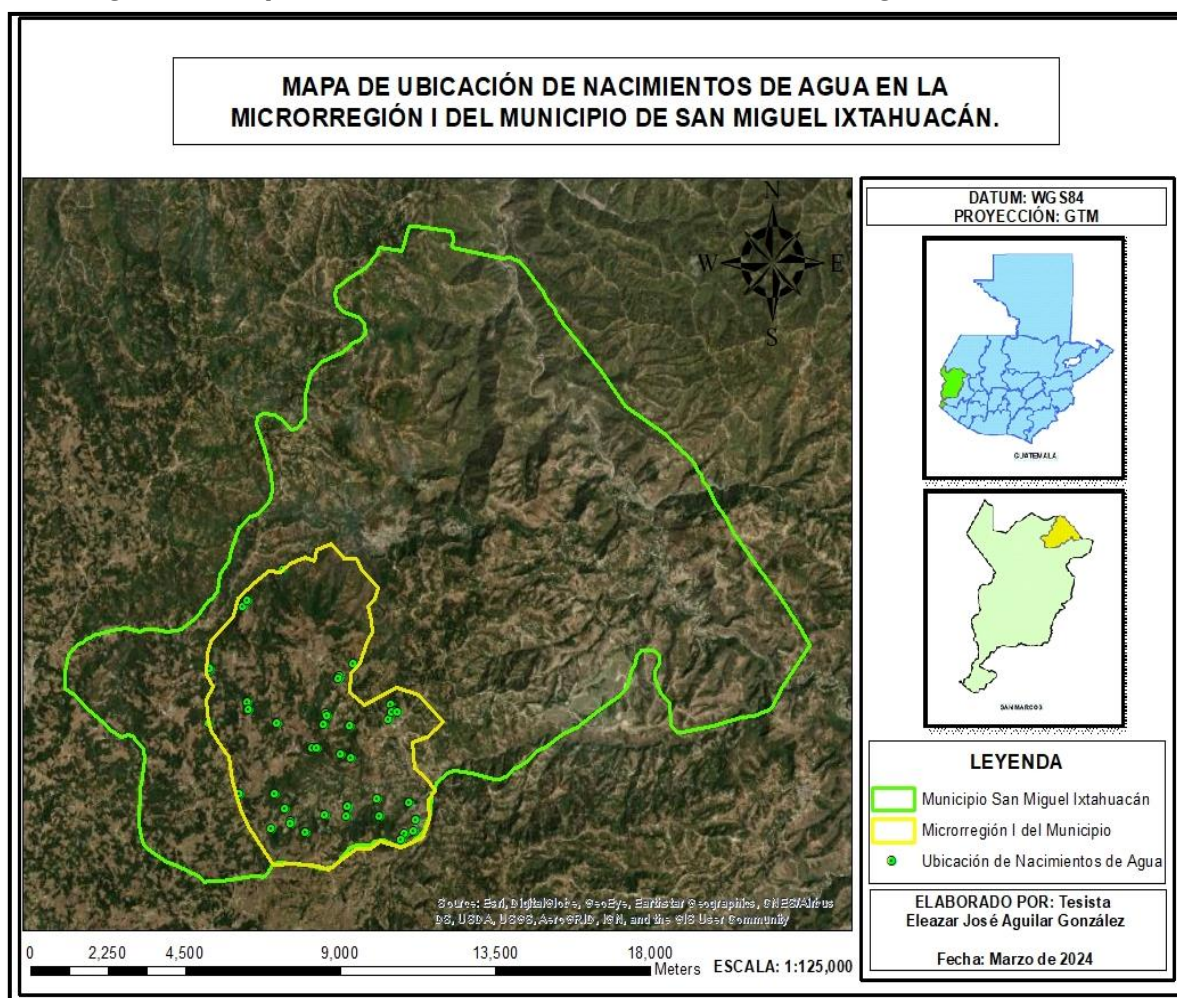
La georreferenciación de las áreas intervenidas para efectos de la investigación permitió determinar su posición específica en un sistema de coordenadas geográficas (Anexo 9) y se realizó por medio de la utilización del aparato denominado GPS (Sistema de Posicionamiento Global) considerando los siguientes aspectos:

- a) La medición del área se evaluó y aprobó con base a un error +- 5 %.
- b) En la determinación del geo-posicionamiento se utilizó el modelo: Datum WGS84 (World Geodetic System 1,984).
- c) Se utilizó la proyección GTM (Guatemala Tranverse Mercator), la cual consiste en el Sistema de Coordenadas locales para la república de Guatemala.

6.1.4.4. Reconocimiento general del área y elaboración de mapa base

Se realizó el reconocimiento de las áreas a investigar para identificar los puntos de interés, con lo que se obtuvo un mejor conocimiento sobre aspectos de relieve del terreno y conocimiento sobre el patrón de distribución espacial de las áreas a intervenir, finalmente se generó un mapa base (Figura 7) tomando en cuenta las coordenadas de los nacimientos de agua identificados, tales que fueron sujetas a estudio. Se elaboró el mapa base sobre las zonas de intervención, para lo cual se utilizaron programas virtuales de sistematización y procesamiento de datos, siendo éstos: Microsoft Excel (V. 2013) y Arcgis (V. 10.8) (Anexo 9).

Figura 7. Mapa de ubicación de los nacimientos de agua Intervenidos.



Fuente: Elaboración Propia Tesista Eleazar José Aguilar González

La ubicación administrativa y geográfica de los sitios de muestreo y sus características se detalla en la tabla siguiente:

Tabla 2. Ubicación administrativa y geográfica de los sitios de muestreo.

NO	UBICACIÓN (ALDEA/CASERÍO)	CANTÓN/ PARAJE	NOMBRE FUENTE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (GTM)		TIPO DE USO	BENEFI- CIARIOS	CAU- DAL (lt/seg)	ZONA DE VIDA	CLIMA	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m)	PROME- DIO DE PENDIEN TE (%)	TIPO DE SUELO
				X	Y								
1	Aldea Cabajchún		Cerro Alto	363721	1681377	Doméstico	137	1.37	(bh-MB)	Frío	2700	45	Arcillo-arenoso
2	Caserío Sacchilón		Nacimiento Sacchilon	364333	1684559	Doméstico	267	1.84	(bmh-MB)	Frío	2590	31	Franco limo- arcillo-arenoso
3	Caserío Sacchilón		Sienega	364370	1684506	Reserva	24	0.18	(bmh-MB)	Frío	2582	41	Franco limo- arcillo-arenoso
4	Caserío Sacchilón		Sacchilon	364273	1684259	Reserva	17	0.12	(bmh-MB)	Frío	2704	57	Arenoso
5	Aldea Cabajchún		Cabajchun	364952	1682056	Reserva	146	0.25	(bh-MB)	Frío	2500	28	Franco limo- arcillo-arenoso
6	Aldea Cabajchún		Cabajchun	364974	1682070	Reserva	57	0.14	(bh-MB)	Frío	2495	35	Franco limo- arcillo-arenoso
7	Aldea Máquivil	Paraje Salá	Tuj xog	366137	1684404	Reserva	9	0.10	(bmh-MB)	Frío	2557	37	Franco limo- arcillo-arenoso
8	Aldea Máquivil	tze' Piq	tze' Piq	366207	1684784	Reserva	11	0.13	(bmh-MB)	Frío	2486	41	Franco limo- arcillo-arenoso
9	Caserío Sibinal		La Peña	363145	1682004	Doméstico	29	0.32	(bmh-MB)	Frío	2560	51	Franco limo- arcillo-arenoso
10	Aldea Chiningüitz		Chiningüitz	365893	1681828	Doméstico	33	0.58	(bh-MB)	Templado	2485	44	Arcillo-arenoso
11	Aldea Chiningüitz		Cerro Sacchim	365812	1682297	Doméstico	18	0.39	(bh-MB)	Templado	2335	47	Arcillo-arenoso
12	Aldea Cabajchún		Laguna	364942	1681832	Doméstico	33	0.79	(bh-MB)	Frío	2515	35	Arcillo-arenoso
13	Aldea Máquivil	Tuixq`uq`al	Tuixq`uq`al	365068	1683377	Reserva	65	0.15	(bmh-MB)	Frío	2510	53	Arcillo-arenoso
14	Aldea El Triunfo		Tuiminiz El Triunfo	362852	1682427	Doméstico	105	0.51	(bmh-MB)	Frío	2607	46	Franco limo- arcillo-arenoso
15	Caserío Sibinal	Sibinal 1	Nacimiento Sibinal 1	363320	1681704	Reserva	33	0.38	(bmh-MB)	Frío	2652	32	Franco limo- arcillo-arenoso
16	Caserío Sibinal	Sibinal 2	Nacimiento Sibinal 2	363295	1681636	Reserva	41	0.32	(bmh-MB)	Frío	2684	46	Franco limo- arcillo-arenoso
17	Aldea Chiningüitz	Paraje Cantarrana	Cantarrana	366748	1682190	Doméstico/ riego	17	1.59	(bh-MB)	Templado	2332	37	Arcillo-arenoso
18	Aldea Cabajchún		Cabajchun	364287	1681871	Reserva	22	0.11	(bh-MB)	Frío	2535	39	Arcillo-arenoso
19	Aldea Subchal	Sector Velásquez	Sector Velásquez	363068	1688422	Doméstico	19	0.21	(bh-MB)	Frío	2190	58	Franco limo- arcillo-arenoso
20	Aldea El Triunfo		Txe Q`ij, (Al pie del sol)	363925	1683645	Doméstico	90	0.63	(bmh-MB)	Frío	2690	54	Franco limo- arcillo-arenoso
21	Aldea El Triunfo		Txe Q`ij, (Al pie del sol)	364773	1683468	Doméstico	112	0.89	(bmh-MB)	Frío	2500	52	Franco limo- arcillo-arenoso
22	Aldea El Triunfo		Txe Q`ij (Al pie del sol)	364067	1683645	Reserva	90	0.14	(bmh-MB)	Frío	2612	49	Franco limo- arcillo-arenoso

23	Aldea El Triunfo	Paraje Onón	Nacimiento Onon	362923	1684295	Reserva	75	0.37	(bmh-MB)	Frío	2618	44	Franco limo-arcillo-arenoso
24	Aldea Exial Linda Vista	Paraje Cantarrana	Cantarrana	366878	1681426	Doméstico	54	0.84	(bmh-MB)	Templado	2340	37	Arcillo-arenoso
25	Aldea Exial Linda Vista		Exial	366629	1681367	Doméstico	29	0.19	(bmh-MB)	Templado	2428	48	Arcillo-arenoso
26	Aldea Exial Linda Vista		Txe'sil	366507	1681194	Reserva	10	0.06	(bmh-MB)	Templado	2443	36	Arcillo-arenoso
27	Aldea Exial Linda Vista		Jardín	366952	1681737	Reserva	6	0.22	(bmh-MB)	Templado	2338	42	Arcillo-arenoso
28	Aldea Chílve		Nacimiento Chilive	364706	1685499	Domestico	13	0.09	(bmh-MB)	Frío	2439	44	Arcilloso
29	Aldea Chílve		Nacimiento Chilive	364719	1685557	Domestico	7	0.06	(bmh-MB)	Frío	2441	47	Arcilloso
30	Caserío Sacchilón		Nacimiento Sacchilon	365017	1684237	Domestico	89	0.16	(bmh-MB)	Frío	2528	54	Arcilloso
31	Aldea Chílve		Las Maravillas	364686	1685490	Doméstico	71	0.62	(bmh-MB)	Frío	2442	51	Arcilloso
32	Aldea Subchal		Las Maravillas 1	361918	1687410	Reserva	71	0.62	(bh-MB)	Frío	2434	55	Franco limo-arcillo-arenoso
33	Aldea Subchal		Las Maravillas 2	362046	1687578	Reserva	35	0.18	(bh-MB)	Frío	2436	52	Franco limo-arcillo-arenoso
34	Aldea Chílve	Paraje Lámaca	Lamaca	365134	1685882	Doméstico	160	0.78	(bh-MB)	Frío	2372	48	Arcilloso
35	Caserío Sibinal		Nacimiento Sibinal	362745	1681486	Doméstico	118	1.42	(bmh-MB)	Frío	2713	51	Franco limo-arcillo-arenoso
36	Aldea El Triunfo	Paraje	Nacimiento Sumbel	361828	1682411	Doméstico	25	0.22	(bmh-MB)	Frío	2673	47	Franco limo-arcillo-arenoso
37	Aldea Subchal		Pavil	362040	1684853	Doméstico	15	0.07	(bmh-MB)	Frío	2683	52	Franco limo-arcillo-arenoso
38	Aldea Subchal		Fuente Auxiliatura	362094	1684681	Reserva	34	0.32	(bmh-MB)	Frío	2740	48	Franco limo-arcillo-arenoso
39	Aldea Subchal	Vista Hermosa	Vista Hermosa 1	360935	1685703	Doméstico	75	0.71	(bh-MB)	Frío	2497	53	Franco limo-arcillo-arenoso
40	Aldea Subchal	Vista Hermosa	Vista Hermosa2	360962	1685773	Doméstico	62	0.35	(bh-MB)	Frío	2495	46	Franco limo-arcillo-arenoso
41	Caserío Güinca Piedra Parada		Güinca	360920	1684298	Doméstico	89	0.79	(bmh-MB)	Frío	2567	31	Franco limo-arcillo-arenoso
42	Aldea Máquivil	P. Salá	Proyecto 1	366349	1684634	Doméstico	30	0.33	(bmh-MB)	Frío	2532	29	Arcilloso
43	Aldea Máquivil	P. Salá	Proyecto 2	366242	1684608	Doméstico	53	0.59	(bmh-MB)	Frío	2521	34	Arcilloso
44	Aldea Máquivil	P. Salá	Proyecto 3	366247	1684614	Doméstico	57	0.43	(bmh-MB)	Frío	2520	36	Arcilloso
45	Aldea Máquivil	P. Salá	Maquivil	366402	1684615	Reserva	30	0.06	(bmh-MB)	Frío	2539	31	Arcilloso

Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

6.1.4.5. Coordinación de visitas de campo para levantamiento de datos

Se planificaron las actividades de visitas de campo con los propietarios de terrenos en los que se ubican los nacimientos de agua identificados con anterioridad y en casos necesarios se incluyeron a personas propietarias de terrenos aledaños a dichas fuentes (Anexo 10).

Se realizaron las actividades de campo con el debido acompañamiento del o los propietarios de terrenos en áreas de interés para el desarrollo de la investigación y en casos oportunos se tuvo el acompañamiento de autoridades comunitarias y personal de la municipalidad de San Miguel Ixtahuacán.

6.1.4.6. Levantamiento de datos de campo

Se contemplaron cuatro actividades principales para el levantamiento de datos de campo, las cuales se describen a continuación:

a) Delimitación de parcelas para levantamiento de información.

Tomando como base las “Consideraciones Técnicas y Propuesta de Normas de Manejo Forestal para la Conservación de Suelo y Agua” definidas por el Instituto Nacional de Bosques (INAB 2,003), los cuales indican la zona de protección forestal alrededor de cuerpos de agua y establece que para los nacimientos de agua las distancias horizontales mínimas para definir zonas de protección forestal van desde 50 hasta 100 metros a la redonda, esto dependiendo del porcentaje de pendiente del terreno, lo que sugiere que en éste área se encuentra la vegetación representativa del área alrededor de dichas fuentes que contribuyen a la protección y conservación de los mismos, se delimitaron las parcelas de muestreo dentro de dichas áreas en cada nacimiento de agua sujeto a estudio (Anexo 11).

Se recolectó información cualitativa y cuantitativa mediante una parcela delimitada de forma rectangular (Figura 2), de 25 metros por 40 metros (1,000 metros cuadrados), misma que se realizó a lo largo y a favor de la pendiente, considerando realizar la delimitación en un área que se encuentre dentro de las Distancias Horizontales mínimas para definir zonas de protección forestal para nacimientos de agua, y dentro de dicha parcela se delimitaron sub-parcelas para el estudio de especies menores, tales que se describen posteriormente.

Para la toma de datos de las especies arbóreas se tomaron en consideración a las plantas con DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) iguales o mayores a 10 centímetros (Fustales) en la totalidad del área de la parcela delimitada con anterioridad (Anexo 1).

Para la toma de datos de la regeneración natural de las especies a investigar; se establecieron 3 sub-parcelas dentro del área rectangular delimitada de 1,000 metros cuadrados, de las cuales 2 sub-parcelas consistieron en un área de 10 metros cuadrados cada uno (2 m x 5 m), tales que fueron trazadas y ubicadas en dos vértices del rectángulo (uno en el vértice inferior izquierdo y el otro en el vértice superior derecho) y posteriormente se delimitó una sub-parcela en el centro, tal que consistió de 50 metros cuadrados (5m x 10m) (Figura 2) (BOLFOR; Mostacedo, Bonifacio; Fredericksen, Todd S. 2,000).

Las distancias horizontales de las parcelas establecidas se midieron por medio del uso de una cinta métrica, contemplando la compensación de las distancias debido a la pendiente del terreno, los límites de cada parcela se demarcaron por medio de la utilización de estacas de madera de 1 metro de largo, debidamente señalizados con el uso nylon de diferentes colores, con los que se identificaron y diferenciaron las parcelas establecidas.

b) Levantamiento de datos e identificación de especies forestales

Se realizó el proceso de identificación de algunas plantas forestales a la vez que se realizó el levantamiento de datos en campo, lo cual se realizó apoyándose de documentos sobre especies de la región, tales como “Encinos de Guatemala”, “Guía de campo Flora y Fauna Silvestre Mina Marlin y sus alrededores” (Anexo 15), entre otros medios de documentación como como la flora de Guatemala y herbarios de la facultad de agronomía y de la escuela de biología de la USAC y se realizaron revisiones bibliográficas de fuentes confiables para el desarrollo de dicho proceso clasificando a las plantas según su especie.

Como complemento al proceso de identificación de las especies arbóreas en campo se realizaron consultas (utilizadas como referencias para generar, corroborar y/o comprar información) a documentos elaborados en la región, tal como lo son los planes de manejo forestal con fines de protección realizados dentro de la microrregión I del municipio de San Miguel Ixtahuacán, ingresados y aprobados por el Instituto Nacional de Bosques -INAB-, en las que se observan aspectos relacionadas a la vegetación existente en las distintas áreas protegidas. Así mismo, se contempló la realización de consultas verbales a técnicos y expertos de la misma y otras instituciones que poseen conocimientos sobre el tema de interés.

Para las especies que no se identificaron en campo a nivel local de las maneras anteriormente mencionadas se colectaron muestras vegetativas (Anexos 3 y 13) (basándose en la “Guía para la recolecta y preparación de muestras botánicas” Alfredo C. 2,008) y se procedió a analizar sus características anatómicas y morfológicas para su posterior identificación, apoyándose de profesionales sobre temas de identificación de especies vegetales y personal técnico y profesional Instituto Nacional de Bosques.

Para obtener un mejor conocimiento de la masa forestal existente en el área se realizaron los siguientes procesos con los que se realizaron los análisis estadísticos:

✓ **Medición de DAP:**

La medición del DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) se realizó por medio de la utilización del instrumento denominado cinta diamétrica, y se contemplaron diámetros iguales o mayores a 10 centímetros, esto con el fin de obtener datos para la estimación de la existencia de fustales en el área (Anexo 1).

✓ **Conteo de regeneración natural**

Para el levantamiento de información concerniente a las especies forestales se consideró también el conteo del número de plántulas encontradas como regeneración natural y para el registro de la información general se utilizó una base de datos en el que se sistematizarán los resultados (Anexo 1).

Para el caso de la regeneración natural se consideraron individuos cuyo DAP era menor a 10 centímetros, y para el ello se evaluaron 3 categorías de desarrollo:

- **Plántulas:** Individuos con alturas entre el rango de 0 a 30 centímetros.
- **Brinzales:** Individuos con alturas de 30 a 100 centímetros.
- **Latizales:** Especies con alturas mayores a 1 metro y con DAP menor a 10 centímetros.

Considerando la naturaleza de la investigación; las plantas de regeneración natural únicamente se contabilizaron con el fin de evaluar su presencia en cada una de las unidades de muestreo.

c) Levantamiento de datos e identificación de especies arbustivas

Para la identificación de las especies arbustivas se colectaron muestras vegetales (Anexo 13), considerando que estas contaran con hojas, flores y frutos, tomando fotografías de las mismas y anotando los rasgos que se utilizaron para su identificación, tales como nombre común, descripción del sitio de recolección, altitud (Metros sobre el nivel del mar), usos locales, vegetación asociada, observaciones, etc. (Anexo 3). Para el proceso de recolección de muestras vegetales se utilizó prensa para evitar su deterioro, tales muestras fueron recolectadas también para la elaboración del herbario de especies, y se colectaron basándose en la “Guía para la recolecta y preparación de muestras botánicas” descrita por Alfredo Cascante Marín (Museo Nacional de Costa Rica, San José, Costa Rica 2,008).

Los materiales y datos tomados en campo se clasificaron tomando de base sus caracteres primarios y secundarios, y se identificaron utilizando documentos de apoyo tales como: la flora de Guatemala, flora de Centro américa, catálogos de especies vegetales de la localidad, etc. y apoyándose del herbario de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC), entre otras fuentes de información bibliográfica (Anexo 15).

Para contribuir con el proceso de identificación de las especies arbustivas no conocidas dentro de las parcelas de muestreo se optó por el uso de boletas elaboradas por el investigador (anexo 2), el cual se socializaron con personas de la localidad, con las que se determinaron y plasmaron las características principales de dichas especies, esto considerando que para la identificación de las especies es importante el apoyo de personas conocedoras de la comunidad, debido a que generalmente estas personas poseen conocimientos sobre especies vegetales silvestres por medio de su nombre común, los usos que se les dan, etc. y de esta manera se consolidó la información de campo para su posterior análisis y estudio.

d) Levantamiento de datos para describir las condiciones del sitio en el que se localizan los nacimientos de agua.

Se realizó una caracterización generalizada de las condiciones de las zonas de intervención para el desarrollo de la investigación, en la que se contemplaron aspectos físicos del área de cada una de las zonas con nacimientos de agua intervenidos (Tabla 2). La consolidación de la información se realizó por medio de una boleta de registro de datos (Anexo 4) en la que se contemplaron aspectos como: Número o nombre del nacimiento de agua intervenido, ubicación física de la fuente (Aldea, caserío u otro), Coordenadas geográficas, Altitud sobre el nivel del mar, porcentaje de pendiente, tipo de suelo, zona de vida, entre otros aspectos.

Para la caracterización de las zonas estudiadas se contó con el apoyo de instrumentos como: Cinta métrica (Para determinar porcentajes de pendiente) GPS (Para determinar Coordenadas geográficas y altura sobre el nivel del mar) y se apoyó también del uso de mapas de zonas de vida, textura y uso de los suelos.

e) Desarrollo de entrevistas a personas locales

Se tomó en cuenta el conocimiento ancestral y/o local de las personas que habitan en las áreas o alrededores donde existen nacimientos de agua, información que fue sistematizada y consolidada para la generación de conocimientos empíricos sobre las especies de árboles y arbustos de la región.

La colecta de información relacionada con el conocimiento local de las especies encontradas se realizó por medio de entrevistas a personas de las comunidades intervenidas y por medio del uso del instrumento de recolección de información denominado boletas de entrevistas, elaborado por el investigador (Anexo 2).

6.1.5. SEGUNDA FASE DE GABINETE

6.1.5.1. Tabulación y procesamiento de datos obtenidos en campo

La tabulación de datos consistió en el proceso de combinar y comparar los datos obtenidos de las múltiples fuentes de información, verificando su ordenamiento y eliminando posibles errores, esto para posteriormente consolidarlos, almacenarlos y analizarlos.

La tabulación y procesamiento de datos se realizó por medio del uso de instrumentos y programas de computación, tales como Microsoft Word y Microsoft Excel (versión 2,013), programa de Sistema de Información Geográfico denominado Arc gis (versión 10.0) y programa estadístico denominado Past (versión libre 4.0).

a) Diversidad de especies encontradas

Se elaboró un listado general de la diversidad de especies de árboles y arbustos hallados, ordenados por familia y nombre científico, derivado del procesamiento y análisis de la información colectada en campo. De este listado se derivaron listados de diversidad de especies, presencia/ausencia de especies, densidades, etc.

Toda la información colectada en las boletas de registro fue ordenada y clasificada, en las distintas unidades de muestreo, con ello se determinaron las familias vegetales que poseen más especies en el área (Tabla 2), reflejando los resultados por medio de la elaboración una gráfica, colocando en el eje horizontal (X) a las familias y en el eje vertical (Y) el número de especies (figura 9).

b) Estimación de similitud entre unidades de muestreo

La similitud y diversidad de especies en las diferentes unidades de muestreo, se determinó estimando los índices de similitud de Jaccard (I_j), el cual mide el grado de similitud entre dos conjuntos. Es decir, la cardinalidad de la intersección de ambos conjuntos dividida por la cardinalidad de su unión.

Se sometieron los datos de las unidades de muestro a una tabla de presencia/ausencia, elaborada con todas las especies en sus distintas formas de crecimiento tanto para el estrato arbóreo como arbustivo y se obtuvo la denominada matriz Q “Índices de similitud entre unidades de muestreo” (Tablas 3 y 4), esto se desarrolló por medio de la utilización del programa estadístico de cómputo denominado “Past (Versión libre 4.0)”, basándose en la fórmula siguiente:

$$I_j = \frac{c}{a + b + c}$$

Dónde: I_j = Coeficiente de Comunidad de Jaccard
a = Especies presentes en la parcela A
b = Especies presentes en la parcela B
c = Especies comunes a las parcelas A y B

Para una mejor comprensión de los resultados podremos decir que: Si el Coeficiente de Comunidad I_j es igual a 1 significa que todas las especies son comunes y las muestras son entonces idénticas; y por el caso contrario; si I_j es igual a 0, indica que no existen especies comunes entre unidades de muestreo.

c) Clasificación de las unidades de muestreo y elaboración del dendrograma.

En base a la información de presencia y ausencia de especies en las unidades de muestreo se obtuvieron los dendrogramas de cada estrato vegetal, dicha información se analizó mediante el programa de computo “Past (Versión libre 4.0)”, obteniendo de ésta manera un cuadro de fusiones, el cual permite observar la organización de la vegetación en las diferentes zonas evaluadas (Figuras 10 y 11).

d) Estimación del Índice de Valor de Importancia de las especies (IVI)

Al considerar las variables evaluadas en la vegetación (área basal, presencia de especies, cobertura y densidad), permite determinar adecuadamente el grado de homogeneidad o heterogeneidad en la composición vegetal, así como conocer el nivel de importancia ecológico de las especies en las comunidades (Lamprecht 1,964), por lo tanto se hizo un análisis de Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies arbóreas y arbustivas.

✓ Cálculo del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies arbóreas

El Índice de Valor de Importancia del estrato arbóreo se calculó con la fórmula:

$$IVI = \frac{\text{Densidad relativa} + \text{Frecuencia relativa} + \text{Cobertura relativa}}{3}$$

Las variables de la fórmula anterior se calcularon mediante las fórmulas:

- **Densidad:**

$$\text{Densidad} = \frac{\text{No. de individuos por especie}}{\text{Área total evaluada (m}^2\text{)}} \times 100$$

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad de la especie}}{\text{Sumatoria de densidades de todas las especies}} \times 100$$

- **Frecuencia:**

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{No. unidades muestrales donde estuvo presente la especie}}{\text{No. total de unidades muestrales levantadas}} \times 100$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de la especie}}{\text{Sumatoria de frecuencias de todas las especies}} \times 100$$

- **Dominancia:**

$$\text{Dominancia} = \frac{\text{Dominancia de la especies en (base al área basal)}}{\text{Sumatoria de las dominancias de todas las especies}} \times 100$$

- **Área Basal**

$$\text{Área basal} = \frac{\pi \times \text{DAP}^2}{4}$$

Si las especies alcanzan un valor de 4.89% de Índice de Valor de Importancia en adelante, se consideran dominantes (Chinchilla 1,994).

✓ **Cálculo del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies arbustivas**

El Índice de Valor de Importancia para las especies arbustivas se calculó a través de las mismas fórmulas utilizadas para el estrato arbóreo, con la diferencia de que la fórmula para éste caso tiene una variable menos (Dominancia en base al área basal), quedando la fórmula general de la siguiente manera:

$$IVI = \frac{\text{Densidad relativa} + \text{Frecuencia relativa}}{2}$$

Utilizando el mismo criterio de las especies arbóreas, se procedió a definir las especies arbustivas de mayor Importancia ecológica.

Los resultados obtenidos del IVI de cada una de las especies se consolidaron y plasmaron en tablas de resultados, ordenándolos en orden descendente y agrupándolos por estratos vegetales, arbóreos y arbustivos respectivamente (Tablas 5 y 6) y al mismo tiempo se elaboraron ilustraciones en los que se plasmaron los Índices de Valor de Importancia de cada estrato (Figuras 12 y 13).

e) Sistematización de información de usos locales de las especies

Se realizaron entrevistas con los propietarios de los terrenos, acompañantes y vecinos en cada uno de los nacimientos de agua estudiados, esto con la finalidad de obtener información sobre el uso de especies vegetales en las actividades sociales, económicas y culturales. La información generada se sistematizó y ordenó en tablas de usos de las especies para cada estrato evaluado (Tablas 7 y 8) y de igual manera se reflejaron los usos de las especies por medio la elaboración de gráficas de resultados (Figuras 14 y 15).

f) Sistematización de información para la caracterización de los sitios intervenidos:

Se elaboró una tabla como resultado de la caracterización de las condiciones físicas de las zonas de intervención para el desarrollo de la investigación, en la que se describen cada uno de los aspectos generales encontrados en cada una de las áreas estudiadas (Tabla 2).

6.1.5.2. Caracterización de las especies encontradas.

Teniendo en cuenta que el proceso de caracterización consiste en establecer todos los caracteres posibles de las especies o individuos. La caracterización de las especies vegetales identificadas para efectos de la investigación se realizó mediante la selección y agrupación de sus características definidas mediante las diferentes fuentes de información y procesamiento de datos, para lo cual se contemplaron dos actividades:

a) Consolidación y procesamiento de la información de campo.

Se consolidó la información proveniente de las boletas de campo dirigidas a los comunitario de las áreas intervenidas, con ello se sistematizó la información local, la cual fue de utilidad para la realización de la caracterización de las especies identificadas.

b) Consultas bibliográficas

Con la finalidad de conocer aspectos técnicos y científicos sobre las plantas identificadas y complementar información de cada una de ellas; se realizaron consultas bibliográficas sobre estudios específicos realizados de cada especie, con lo cual se consolidó información importante relacionada a ellas, esto derivado de distintas fuentes bibliográficas.

✓ **Enfoques de la caracterización de especies**

La caracterización de las especies identificadas para efectos de la investigación se enfocó en tres aspectos principales:

- **Su clasificación taxonómica:** Con lo que se conocieron aspectos taxonómicos específicos de cada una de las especies (Anexo 16).
- **Sus principales características anatómicas y morfológicas:** Con lo que se describieron las características físicas de las especies (Anexo 16).
- **Su utilidad en la sociedad:** Por medio del cual se conocieron las utilidades que se le da a cada especie por parte de los pobladores y que con ello se consolidó una base sobre los usos de cada especie (Tablas 7 y 8).

6.1.6. Sistematización de la información de caracterización de las especies

La sistematización de información consistió en un ordenamiento, selección y clasificación de todo tipo de información recopilada concerniente a las especies identificadas para efectos de la investigación. La información recopilada se analizó bajo criterios técnicos y científicos, categorías, relaciones, etc. Y su materialización más extendida consistió en la elaboración de un catálogo de las especies identificadas.

6.1.7. Elaboración de catálogo de las especies identificadas

Se elaboró un catálogo de las especies identificadas durante el desarrollo de la investigación, en el que se plasmaron las principales características taxonómicas, anatómicas y morfológicas de cada especie arbórea y arbustiva, así como los diferentes usos que éstas poseen en la sociedad. El catálogo se ilustró con fotografías tomadas a las plantas y a las partes vegetativas de cada una de ellas, donde se observan las principales características que dichas plantas poseen (Anexo 16).

6.1.8. Análisis de resultados y redacción del documento de investigación

El análisis de resultados consistió en la parte final y conclusiva de la investigación; en él que se procesó toda la información generada para efectos de la investigación, el cual se realizó de manera ordenada y comprensible y con el fin de evaluar el alcance de los objetivos trazados.

Se elaboró un documento escrito en el cual se redactan los aspectos metodológicos de la investigación, en el que resaltarán los resultados obtenidos del estudio y en el que también se incluyen los impactos que reflejen los datos obtenidos, los enfoques, las tendencias, observaciones, críticas, recomendaciones, entre otros aspectos generados mediante el desarrollo de la investigación.

6.2. MATERIALES Y RECURSOS

6.2.1. Recursos Físicos

6.2.1.1. Materiales e instrumentos

- ✓ Cinta Métrica.
- ✓ Cinta diamétrica.
- ✓ Hipsómetro.
- ✓ Aparato GPS.
- ✓ Libreta de campo.
- ✓ Lapiceros.
- ✓ Prensa de campo.
- ✓ Computadora.
- ✓ Memoria USB.
- ✓ Celular.
- ✓ Impresiones.

6.2.1.2. Medios de comunicación y consulta

- ✓ Saldo de telefonía celular.
- ✓ Internet.

6.2.1.3. Transporte

- ✓ Motocicleta.
- ✓ Combustible.

6.2.2. Recursos Institucionales

- ✓ Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-
- ✓ Centro Universitario de San Marcos –CUSAM-
- ✓ Instituto Nacional de Bosques -INAB-
- ✓ Oficina Municipal de Agua y Saneamiento, San Miguel Ixtahuacán –OMAS-

6.2.3. Recursos humanos

- ✓ Autoridades comunitarias.
- ✓ Propietarios de terrenos donde se localicen nacimientos de agua.
- ✓ Docentes del Centro Universitario de San Marcos -CUSAM-
- ✓ Personal del instituto Nacional de Bosques –INAB-.
- ✓ Personal de la Oficina Municipal de Agua y Saneamiento –OMAS-
- ✓ Asesores de tesis.
- ✓ Estudiante Tesista.

VII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE DIVERSIDAD VEGETAL

7.1.1. Diversidad de especies de árboles y arbustos

La diversidad de especies de árboles y arbustos identificados en las áreas estudiadas de bosque maduro de los 45 nacimientos de agua evaluados, está representada por 31 especies distribuidas en 15 familias en sus distintos grados de desarrollo.

Los árboles están representados por 11 especies, distribuidos en 4 familias y se identificaron 20 especies de arbustos pertenecientes a 11 familias. Las familias con la mayor diversidad de especies son Asteraceae, Solanaceae, Fagaceae, (5 especies cada una) y Pinaceae (4 especies).

Tabla 3. Diversidad vegetal arbórea y arbustiva en los nacimientos de agua de la microrregión I, del municipio de San Miguel Ixtahuacán.

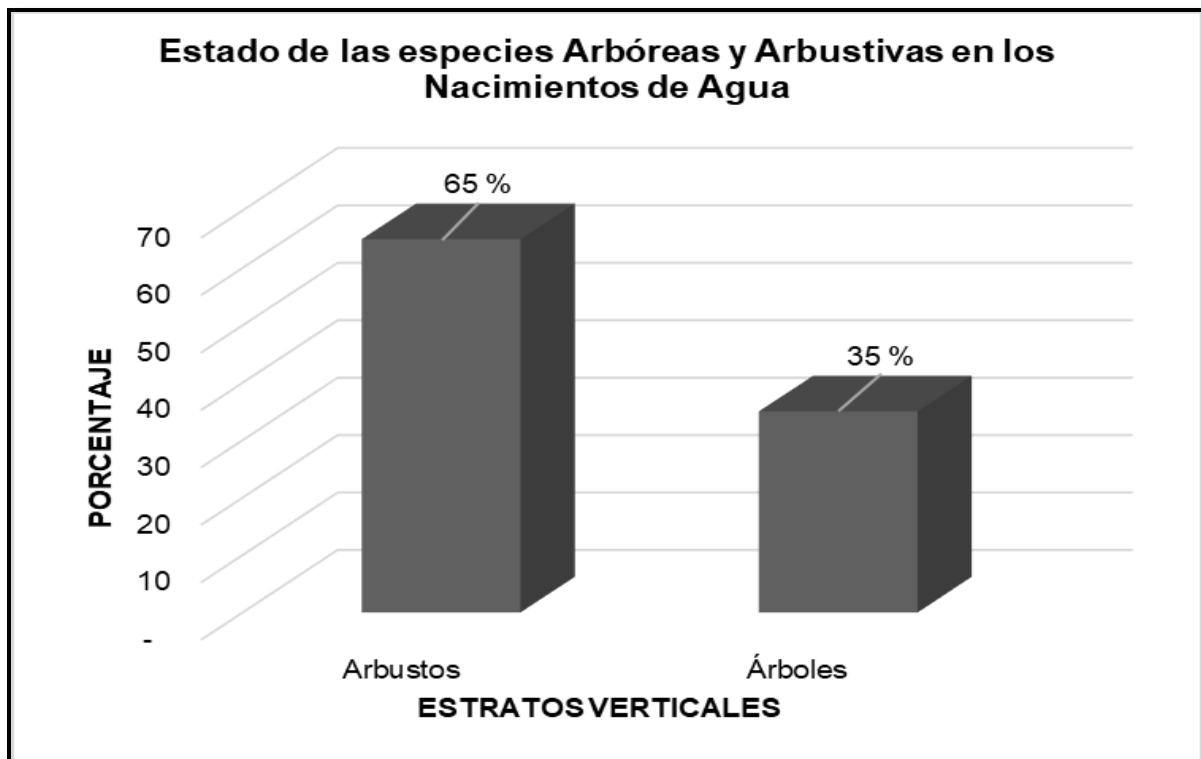
NO	FAMILIAS	NO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	HÁBITO
I	Actinidiaceae	1	<i>Saurauia montana</i>	Moquillo	Arbusto
II	Araliaceae	2	<i>Oreopanax sp.</i>	Escobillo	Arbusto
III	Asteraceae	3	<i>Montanoa hibiscifolia</i>	Saq b'ajlac (idioma mam)	Arbusto
		4	<i>Roldana petasitis</i>	Geranio de montaña	Arbusto
		5	<i>Ageratina ligustrina</i>	Palo robusto	Arbusto
		6	<i>Verbesina calcephila</i>	Saq b'ajlac de flores amarillas (idioma mam)	Arbusto
		7	<i>Ageratina mairetiana</i>	Arbusto morado	Arbusto
IV	Betulaceae	8	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso (Q'an Tze' en idioma mam)	Árbol
V	Boraginaceae	9	<i>Wigandia urens</i>	Chichicaste ancho	Arbusto
VI	Euforbiaceae	10	<i>Croton sp.</i>	Planta de Chicle	Arbusto
VII	Fagaceae	11	<i>Quercus rugosa</i>	Roble (K'ol en idioma mam)	Árbol

		12	<i>Quercus acutifolia</i>	Roble, Encino, Sical	Árbol
		13	<i>Quercus crassifolia</i>	Roble, Encino (K'ol en idioma mam)	Árbol
		14	<i>Quercus crispifolia</i>	Encino, Roble	Árbol
		15	<i>Quercus acatenanguensis</i>	Encino (K'ol en mam)	Árbol
VIII	Melastomataceae	16	<i>Miconia subseriata</i>	Palo de ardilla	Arbusto
IX	Myricaceae	17	<i>Myrica cerifera</i>	Arrayan de montaña	Arbusto
X	Onagraceae	18	<i>Fuchsia microphylla</i>	Palo de agua (I'x)	Arbusto
		19	<i>Fuchsia paniculata</i>	Palo de Agua (I'x)	Arbusto
XI	Pinaceae	20	<i>Pinus pseudostrabus</i>	Pino (Tzaj, idioma mam)	Árbol
		21	<i>Pinus montezumae</i>	Pino Macho (Tzaj en mam)	Árbol
		22	<i>Pinus maximinoi</i>	Pino Candelillo (Tzaj en idioma mam)	Árbol
		23	<i>Pinus tecunumanii</i>	Pino común (Tzaj en idioma mam)	Árbol
XII	Polygalaceae	24	<i>Monnina xalapensis</i>	Planta de tinte / Púrpura	Arbusto
XIII	Rosaceae	25	<i>Prunus serotina</i>	Cerezo	Árbol
XIV	Rhamnaceae	26	<i>Rhamnus capreifolia</i>	Palo amarillo	Arbusto
XV	Solanaceae	27	<i>Solanum celsum</i>	Ch'in Pab'el (mam)	Arbusto
		28	<i>Solanum pertenu</i>	Nim Pab'el (idioma mam)	Arbusto
		29	<i>Solanum aligerum</i>	Planta Pudre manos	Arbusto
		30	<i>Solanum chrysotrichum</i>	Espinas	Arbusto
		31	<i>Cestrum aurantiacum</i>	Pab'el (idioma mam) de flores amarillas	Arbusto

Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

En el cuadro 1 se muestra y detalla la diversidad vegetal arbórea y arbustiva existente en los nacimientos de agua de la microrregión I, del Municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos, en el que se describen las especies vegetales identificadas y distribuidas por familias.

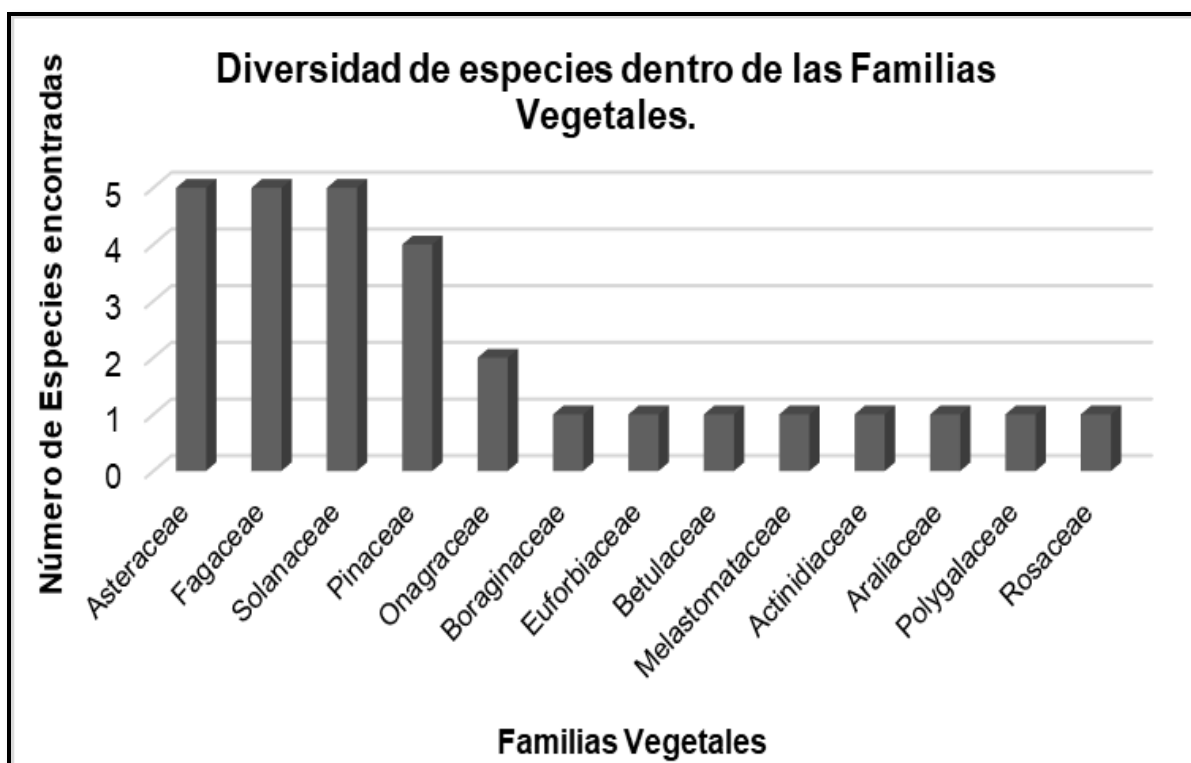
Figura 8. Estado de las especies Arbóreas y Arbustivas en los nacimientos de agua de la microrregión I, del municipio de San Miguel Ixtahuacán.



Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

La figura 8 nos indica que del total de especies identificadas, 11 especies corresponden al estado de crecimiento arbóreo el cual representa el 35%, y 20 especies se encuentran en estado de crecimiento arbustivo con un porcentaje del 65% el cual representa el mayor porcentaje en toda el área de estudio.

Figura 9. Diversidad de especies dentro de las Familias Vegetales.



Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

Del total de familias vegetales encontradas en el área de estudio, se determinó que existen 4 de ellas con mayor presencia (Asteraceae, Fagaceae Solanaceae y pinaceae), lo que sugiere que estas familias vegetales representan gran importancia en los ecosistemas de las zonas estudiadas, en los que se encontró un tipo de bosque mixto compuesto por especies arbóreas de coníferas y latifoliadas.

7.1.2. Similitud entre unidades de muestreo (Matriz Q)

Se realizó el análisis de los datos de la tabla de presencia de las especies en sus distintas formas de crecimiento encontrados en las diferentes áreas estudiadas, la cual se realizó por medio de la utilización del programa de análisis estadístico denominado PAST versión libre 4.0, con un análisis de agrupamiento jerárquico utilizando el coeficiente de comunidad de Jaccard, obteniendo de ésta manera la Matriz Q, para cada estrato vegetativo.

Tabla 4. Matriz Q del estrato arbóreo con base al Coeficiente de Comunidad de Jaccard.

[illegible]

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
0.57	0.57	0.38	0.57	0.50	0.33	0.50	0.40	0.50	0.57	0.38	0.44	0.50	0.30	0.44	0.38	0.44	0.25	0.33	0.67	0.50	0.57	0.50	0.57	0.50
0.75	0.40	0.56	0.56	0.67	0.50	0.67	0.55	0.67	0.75	0.40	0.60	0.67	0.45	0.60	0.27	0.45	0.44	0.38	0.63	0.50	0.56	0.67	0.56	0.56
0.50	0.33	0.33	0.50	0.33	0.44	0.30	0.44	0.50	0.20	0.40	0.44	0.27	0.40	0.20	0.27	0.22	0.13	0.38	0.25	0.33	0.63	0.33	0.33	0.33
0.40	0.56	0.27	0.75	0.56	0.67	0.36	0.50	0.55	0.50	0.56	0.40	0.60	0.67	0.60	0.60	0.40	0.60	0.30	0.22	0.44	0.33	0.40	0.67	0.40
0.13	0.29	0.29	0.29	0.13	0.25	0.11	0.11	0.09	0.11	0.29	0.13	0.10	0.25	0.22	0.22	0.13	0.22	0.33	0.20	0.14	0.17	0.13	0.25	0.13
0.38	0.38	0.57	0.38	0.58	0.50	0.33	0.33	0.27	0.33	0.57	0.38	0.30	0.50	0.44	0.44	0.22	0.44	0.43	0.33	0.43	0.50	0.38	0.33	0.38
0.40	1.00	0.56	0.75	0.56	0.50	0.36	0.50	0.55	0.36	0.56	0.40	0.45	0.50	0.60	0.60	0.56	0.78	0.44	0.22	0.44	0.33	0.40	0.50	0.40
0.70	0.70	0.70	0.70	0.64	0.80	0.82	0.64	0.70	0.55	0.73	0.64	0.73	0.73	0.82	0.82	0.64	0.82	0.55	0.36	0.55	0.45	0.64	0.73	0.64
0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.73	0.73	0.91	0.73	0.64	0.64	0.82	0.73	0.82	0.82	0.64	0.82	0.55	0.36	0.55	0.45	0.64	0.73	0.64	0.64
0.71	0.33	0.33	0.50	0.71	0.63	0.44	0.63	0.50	0.63	0.71	0.50	0.56	0.63	0.40	0.56	0.20	0.40	0.57	0.80	0.83	0.67	0.50	0.44	0.50
0.50	0.33	0.50	0.50	0.50	0.63	0.44	0.44	0.36	0.44	0.71	0.50	0.40	0.63	0.56	0.56	0.20	0.40	0.83	0.80	0.57	0.67	0.33	0.44	0.33
0.29	0.29	0.29	0.29	0.25	0.25	0.20	0.25	0.29	0.29	0.22	0.25	0.22	0.25	0.22	0.22	0.29	0.22	0.33	0.50	0.33	0.40	0.29	0.25	0.29
0.36	0.88	0.50	0.67	0.50	0.60	0.45	0.45	0.64	0.45	0.50	0.50	0.55	0.60	0.70	0.70	0.67	0.89	0.40	0.20	0.40	0.30	0.50	0.60	0.50
0.75	0.27	0.40	0.40	0.56	0.67	0.67	0.67	0.70	0.88	0.56	0.56	0.78	0.67	0.45	0.60	0.40	0.45	0.30	0.38	0.63	0.50	0.75	0.67	0.75
0.75	0.56	0.56	0.75	0.56	0.67	0.50	0.67	0.55	0.67	0.75	0.40	0.60	0.67	0.45	0.60	0.40	0.45	0.44	0.38	0.63	0.50	0.56	0.88	0.56
1.00	0.40	0.56	0.56	0.75	0.67	0.67	0.88	0.70	0.88	0.75	0.56	0.78	0.67	0.45	0.60	0.40	0.45	0.44	0.57	0.86	0.71	0.75	0.67	0.75
0.57	0.22	0.38	0.38	0.57	0.50	0.50	0.50	0.40	0.50	0.57	0.57	0.44	0.50	0.44	0.44	0.22	0.30	0.67	1.00	0.67	0.80	0.38	0.33	0.38
0.71	0.20	0.50	0.33	0.50	0.44	0.63	0.63	0.50	0.63	0.50	0.50	0.56	0.44	0.40	0.40	0.33	0.27	0.38	0.50	0.57	0.67	0.50	0.44	0.50
0.38	0.38	0.38	0.22	0.38	0.33	0.33	0.33	0.40	0.33	0.38	0.38	0.30	0.33	0.30	0.44	0.22	0.44	0.43	0.33	0.43	0.29	0.38	0.20	0.38
0.78	0.45	0.60	0.60	0.60	0.89	0.70	0.70	0.73	0.89	0.78	0.60	0.80	0.89	0.64	0.80	0.45	0.64	0.50	0.44	0.67	0.56	0.78	0.89	0.78
0.75	0.40	0.56	0.40	0.56	0.67	0.67	0.67	0.70	0.88	0.56	0.56	0.78	0.67	0.45	0.60	0.56	0.60	0.30	0.38	0.63	0.50	1.00	0.67	1
0.67	0.50	0.50	0.67	0.50	0.78	0.60	0.60	0.64	0.78	0.67	0.50	0.70	0.78	0.55	0.70	0.50	0.55	0.40	0.33	0.56	0.44	0.67	1	0.67
0.75	0.40	0.56	0.40	0.56	0.67	0.67	0.67	0.70	0.88	0.56	0.56	0.78	0.67	0.45	0.60	0.56	0.60	0.30	0.38	0.63	0.50	1	0.67	1.00
0.71	0.33	0.50	0.50	0.71	0.63	0.63	0.63	0.50	0.63	0.71	0.71	0.56	0.63	0.56	0.56	0.33	0.40	0.57	0.80	0.83	1	0.50	0.44	0.50
0.86	0.44	0.44	0.63	0.86	0.75	0.56	0.75	0.60	0.75	0.86	0.63	0.67	0.75	0.50	0.67	0.30	0.50	0.50	0.67	1	0.83	0.63	0.56	0.63
0.57	0.22	0.38	0.38	0.57	0.50	0.50	0.50	0.40	0.50	0.57	0.57	0.44	0.50	0.44	0.44	0.22	0.30	0.67	1	0.67	0.80	0.38	0.33	0.38
0.44	0.44	0.63	0.44	0.44	0.56	0.56	0.40	0.45	0.40	0.63	0.63	0.36	0.56	0.67	0.67	0.30	0.50	1	0.67	0.50	0.57	0.30	0.40	0.30
0.45	0.78	0.60	0.60	0.60	0.70	0.55	0.55	0.73	0.55	0.60	0.60	0.64	0.70	0.80	0.80	0.60	1	0.50	0.30	0.50	0.40	0.60	0.55	0.60
0.40	0.56	0.56	0.40	0.40	0.36	0.67	0.50	0.70	0.50	0.27	0.56	0.60	0.36	0.60	0.45	1	0.60	0.30	0.22	0.30	0.33	0.56	0.50	0.56
0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.89	0.70	0.55	0.73	0.70	0.78	0.78	0.64	0.89	0.80	1	0.45	0.80	0.67	0.44	0.67	0.56	0.60	0.70	0.60
0.45	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	0.70	0.55	0.73	0.55	0.60	0.78	0.64	0.70	1	0.80	0.60	0.80	0.67	0.44	0.50	0.56	0.45	0.55	0.45
0.67	0.50	0.50	0.67	0.67	1.00	0.60	0.60	0.64	0.78	0.88	0.67	0.70	1	0.70	0.89	0.36	0.70	0.56	0.50	0.75	0.63	0.67	0.78	0.67
0.78	0.45	0.45	0.60	0.78	0.70	0.70	0.89	0.90	0.89	0.90	0.60	0.60	1	0.70	0.64	0.64	0.36	0.44	0.67	0.56	0.78	0.70	0.78	0.78
0.56	0.40	0.56	0.40	0.56	0.67	0.88	0.50	0.70	0.67	0.56	1	0.60	0.67	0.78	0.78	0.56	0.60	0.63	0.57	0.63	0.71	0.56	0.50	0.56
0.75	0.56	0.56	0.75	0.75	0.88	0.50	0.67	0.55	0.67	1	0.56	0.60	0.88	0.60	0.78	0.27	0.60	0.63	0.57	0.86	0.71	0.56	0.67	0.56
0.88	0.36	0.50	0.50	0.67	0.78	0.78	0.78	0.80	1	0.67	0.67	0.89	0.78	0.55	0.70	0.50	0.55	0.40	0.50	0.75	0.63	0.88	0.78	0.88
0.70	0.55	0.55	0.55	0.70	0.64	0.80	0.80	1	0.80	0.55	0.70	0.90	0.64	0.73	0.73	0.70	0.73	0.45	0.40	0.60	0.50	0.70	0.64	0.70
0.88	0.50	0.50	0.67	0.88	0.60	0.60	1	0.80	0.78	0.67	0.50	0.89	0.60	0.55	0.55	0.50	0.55	0.40	0.50	0.75	0.63	0.67	0.60	0.67
0.67	0.36	0.67	0.36	0.50	0.60	1	0.60	0.80	0.78	0.50	0.88	0.70	0.60	0.70	0.70	0.67	0.55	0.56	0.50	0.56	0.63	0.67	0.60	0.67
0.67	0.50	0.50	0.67	0.67	1	0.60	0.60	0.64	0.78	0.88	0.67	0.70	1.00	0.70	0.89	0.36	0.70	0.56	0.50	0.75	0.63	0.67	0.78	0.67
0.75	0.56	0.40	0.75	1	0.67	0.50	0.88	0.70	0.67	0.75	0.56	0.78	0.67	0.60	0.60	0.40	0.60	0.44	0.57	0.86	0.71	0.56	0.50	0.56
0.56	0.40	0.56	0.40	0.56	0.67	0.88	0.50	0.70	0.67	0.56	1	0.60	0.67	0.78	0.78	0.56	0.60	0.63	0.57	0.63	0.71	0.56	0.50	0.56
0.75	0.56	0.56	0.75	0.75	0.88	0.50	0.67	0.55	0.67	1	0.56	0.60	0.88	0.60	0.78	0.27	0.60	0.63	0.57	0.86	0.71	0.56	0.67	0.56
0.88	0.36	0.50	0.50	0.67	0.78	0.78	0.78	0.80	1	0.67	0.67	0.89	0.78	0.55	0.70	0.50	0.55	0.40	0.50	0.75	0.63	0.88	0.78	0.88
0.70	0.55	0.55	0.55	0.70	0.64	0.80	0.80	1	0.80	0.55	0.70	0.90	0.64	0.73	0.73	0.70	0.73	0.45	0.40	0.60	0.50	0.70	0.64	0.70
0.88	0.50	0.50	0.67	0.88	0.60	0.60	1	0.80	0.78	0.67	0.50	0.89	0.60	0.55	0.55	0.50	0.55	0.40	0.50	0.75	0.63	0.67	0.60	0.67
0.67	0.36	0.67	0.36	0.50	0.60	1	0.60	0.80	0.78	0.50	0.88	0.70	0.60	0.70	0.70	0.67	0.55	0.56	0.50	0.56	0.63	0.67	0.60	0.67
0.67	0.50	0.50	0.67	0.67	1	0.60	0.60	0.64	0.78	0.88	0.67	0.70	1.00	0.70	0.89	0.36	0.70	0.56	0.50	0.75	0.63	0.67	0.78	0.67
0.75	0.56	0.40	0.75	1	0.67	0.50	0.88	0.70	0.67	0.75	0.56	0.78	0.67	0.60	0.60	0.40	0.60	0.44	0.57	0.86	0.71	0.56	0.50	0.56
0.56	0.75	0.40	1	0.75	0.67	0.36	0.67	0.55	0.50	0.75	0.40	0.60	0.67	0.60	0.60	0.40	0.60	0.44	0.38	0.63	0.50	0.40	0.67	0.40
0.56	0.56	1	0.40	0.40	0.50	0.67	0.50	0.55	0.50	0.56	0.56	0.45	0.50	0.60	0.60	0.56	0.60	0.63	0.38	0.44	0.50	0.56	0.50	0.56
0.40	1	0.56	0.75	0.56	0.50	0.36	0.50	0.55	0.36	0.56	0.40	0.45	0.50	0.60	0.60	0.56	0.78	0.44	0.22	0.44	0.33	0.40	0.50	0.40
1	0.40	0.56	0.56	0.75	0.67	0.67	0.88	0.70	0.88	0.75	0.56	0.78	0.67	0.45	0.60	0.40	0.45	0.44	0.57	0.86	0.71	0.75	0.67	0.75

Fuente: Elaboración Propia Tesista Eleazar José Aguilar González

Los valores varían de 0 para parcelas totalmente diferentes a 1 para parcelas idénticas en diversidad de especies.

Tabla 5. Matriz Q del estrato arbustivo con base al Coeficiente de Comunidad de Jaccard.

[illegible]

26	0.29	0.42	0.29	0.20	0.54	0.25	0.00	0.33	0.31	0.21	0.18	0.33	0.25	0.33	0.42	0.14	0.33	0.20	0.20
27	0.27	0.08	0.40	0.17	0.00	0.07	0.22	0.00	0.23	0.18	0.00	0.29	0.33	0.22	0.20	0.18	0.09	0.23	0.14
28	0.50	0.08	0.50	0.25	0.00	0.13	0.20	0.17	0.13	0.40	0.08	0.43	0.50	0.33	0.18	0.27	0.30	0.31	0.13
29	0.36	0.20	0.36	0.19	0.18	0.31	0.14	0.10	0.24	0.38	0.38	0.27	0.18	0.33	0.31	0.50	0.55	0.31	0.18
30	0.14	0.36	0.14	0.23	0.11	0.38	0.18	0.00	0.29	0.15	0.25	0.10	0.11	0.08	0.27	0.15	0.08	0.29	0.11
31	0.25	0.27	0.15	0.25	0.29	0.42	0.20	0.00	0.21	0.27	0.27	0.25	0.13	0.09	0.44	0.27	0.18	0.21	0.29
32	0.60	0.53	0.50	0.60	0.20	0.37	0.40	0.07	0.44	0.53	0.35	0.27	0.20	0.40	0.38	0.28	0.38	0.44	0.29
33	0.43	0.27	0.54	0.54	0.17	0.29	0.42	0.20	0.29	0.36	0.27	0.36	0.27	0.21	0.29	0.27	0.29	0.38	0.08
34	0.33	0.15	0.14	0.14	0.11	0.38	0.00	0.00	0.29	0.25	0.36	0.00	0.11	0.30	0.17	0.36	0.56	0.38	0.11
35	0.30	0.33	0.08	0.18	0.17	0.25	0.11	0.00	0.25	0.20	0.20	0.14	0.17	0.11	0.10	0.20	0.10	0.25	0.40
36	0.08	0.20	0.08	0.08	0.17	0.15	0.11	0.25	0.15	0.00	0.20	0.00	0.00	0.25	0.00	0.09	0.00	0.07	0.00
37	0.23	0.25	0.14	0.33	0.25	0.29	0.18	0.00	0.20	0.50	0.15	0.22	0.11	0.00	0.56	0.15	0.27	0.13	0.43
38	0.60	0.44	0.41	0.41	0.29	0.53	0.31	0.00	0.63	0.35	0.44	0.19	0.20	0.40	0.29	0.53	0.47	0.53	0.20
39	0.30	0.09	0.30	0.18	0.00	0.07	0.25	0.25	0.15	0.20	0.09	0.60	0.40	0.11	0.10	0.20	0.10	0.25	0.17
40	0.40	0.30	0.17	0.27	0.33	0.23	0.22	0.20	0.14	0.30	0.44	0.29	0.00	0.22	0.20	0.18	0.33	0.23	0.33
41	0.25	0.27	0.15	0.15	0.29	0.42	0.20	0.00	0.31	0.17	0.40	0.25	0.13	0.09	0.08	0.56	0.30	0.31	0.29
42	0.17	0.08	0.08	0.17	0.14	0.14	0.00	0.20	0.14	0.18	0.08	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.07	0.14
43	0.25	0.27	0.25	0.25	0.29	0.31	0.20	0.17	0.21	0.27	0.27	0.25	0.13	0.09	0.30	0.27	0.18	0.21	0.29
44	0.21	0.33	0.13	0.31	0.00	0.36	0.27	0.00	0.46	0.23	0.33	0.09	0.10	0.17	0.25	0.23	0.25	0.46	0.38
45	0.47	0.17	0.47	0.38	0.23	0.41	0.27	0.17	0.41	0.31	0.31	0.31	0.23	0.27	0.33	0.50	0.43	0.50	0.14
	0.27	0.29	0.36	0.36	0.08	0.40	0.23	0.10	0.31	0.38	0.38	0.17	0.18	0.33	0.21	0.29	0.42	0.40	0.08
	0.31	0.33	0.31	0.42	0.10	0.19	0.40	0.29	0.19	0.33	0.33	0.20	0.00	0.27	0.36	0.07	0.25	0.27	0.38
	0.33	0.46	0.33	0.43	0.17	0.69	0.31	0.00	0.47	0.36	0.46	0.25	0.27	0.13	0.29	0.58	0.38	0.57	0.27
	0.18	0.33	0.00	0.08	0.40	0.25	0.00	0.00	0.25	0.09	0.33	0.00	0.00	0.25	0.10	0.20	0.10	0.15	0.17
	0.00	0.00	0.18	0.08	0.00	0.07	0.11	0.25	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.22	0.00	0.00	0.07	0.00
	0.17	0.30	0.08	0.17	0.33	0.23	0.22	0.00	0.33	0.00	0.30	0.00	0.00	0.57	0.09	0.18	0.00	0.23	0.00
	0.27	0.44	0.17	0.27	0.14	0.23	0.22	0.00	0.14	0.44	0.18	0.29	0.14	0.00	0.33	0.18	0.20	0.14	1
	0.47	0.31	0.38	0.57	0.07	0.60	0.36	0.08	0.71	0.31	0.50	0.31	0.33	0.36	0.33	0.50	0.33	1	0.14
	0.50	0.13	0.29	0.38	0.20	0.33	0.15	0.11	0.25	0.55	0.42	0.18	0.09	0.25	0.23	0.31	1	0.33	0.20
	0.36	0.29	0.36	0.27	0.30	0.62	0.23	0.00	0.50	0.29	0.38	0.40	0.44	0.23	0.31	1	0.31	0.50	0.18
	0.29	0.21	0.38	0.38	0.09	0.33	0.25	0.00	0.25	0.42	0.13	0.30	0.33	0.15	1	0.31	0.23	0.33	0.33
	0.42	0.23	0.31	0.31	0.22	0.27	0.27	0.13	0.27	0.23	0.33	0.09	0.10	1	0.15	0.23	0.25	0.36	0.00
	0.27	0.08	0.40	0.27	0.00	0.23	0.22	0.00	0.23	0.30	0.00	0.50	1	0.10	0.33	0.44	0.09	0.33	0.14
	0.36	0.17	0.50	0.36	0.13	0.21	0.50	0.17	0.21	0.40	0.17	1	0.50	0.09	0.30	0.40	0.18	0.31	0.29
	0.36	0.50	0.12	0.36	0.30	0.62	0.23	0.10	0.50	0.20	1	0.17	0.00	0.33	0.13	0.38	0.42	0.50	0.18
	0.58	0.29	0.46	0.58	0.18	0.31	0.33	0.10	0.24	1	0.20	0.40	0.30	0.23	0.42	0.29	0.55	0.31	0.44
	0.38	0.40	0.22	0.47	0.23	0.60	0.27	0.00	1	0.24	0.50	0.21	0.23	0.27	0.25	0.50	0.25	0.71	0.14
	0.09	0.00	0.20	0.09	0.00	0.00	0.13	1	0.00	0.10	0.10	0.17	0.00	0.13	0.00	0.00	0.11	0.08	0.00
	0.31	0.33	0.55	0.55	0.10	0.27	1	0.13	0.27	0.33	0.23	0.50	0.22	0.27	0.25	0.23	0.15	0.36	0.22
	0.38	0.50	0.22	0.47	0.23	1	0.27	0.00	0.60	0.31	0.62	0.21	0.23	0.27	0.33	0.62	0.33	0.60	0.23
	0.27	0.30	0.08	0.17	1	0.23	0.10	0.00	0.23	0.18	0.30	0.13	0.00	0.22	0.09	0.30	0.20	0.07	0.14
	0.54	0.36	0.43	1	0.17	0.47	0.55	0.09	0.47	0.58	0.36	0.36	0.27	0.31	0.38	0.27	0.38	0.57	0.27
	0.43	0.19	1	0.43	0.08	0.22	0.55	0.20	0.22	0.46	0.12	0.50	0.40	0.31	0.38	0.36	0.29	0.38	0.17
	0.36	1	0.19	0.36	0.30	0.50	0.33	0.00	0.40	0.29	0.50	0.17	0.08	0.23	0.21	0.29	0.13	0.31	0.44
	1	0.36	0.43	0.54	0.27	0.38	0.31	0.09	0.38	0.58	0.36	0.36	0.27	0.42	0.29	0.36	0.50	0.47	0.27

Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

Los valores del Índice de Jaccard, varían de 0 para parcelas diferentes a 1 para parcelas idénticas en diversidad.

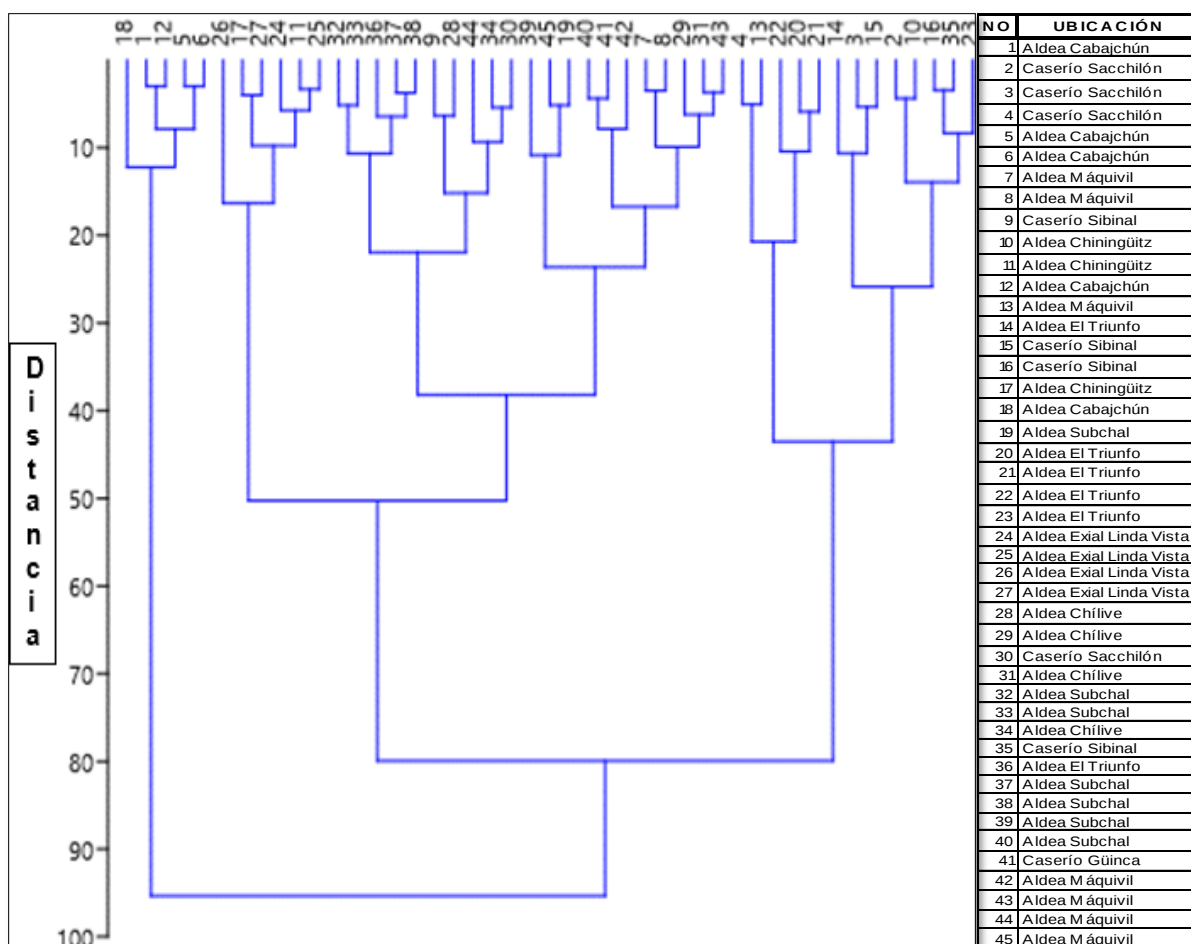
7.1.3. Estimación de similitud entre unidades de muestreo y elaboración de dendrograma.

En el área geográfica estudiada, se diferenciaron para cada zona intervenida comunidades vegetales, clasificándolas y agrupándolas según su similitud o variabilidad y resultado de la comparación de 45 sitios de sucesión se reflejan mediante la elaboración de dendrogramas para cada estrato vegetal.

Basándose en la información de la matriz Q que consistió en comparar las unidades de muestreo entre sí y fusionarse debido a su similitud en cuanto a la presencia o ausencia de las especies a fin de poder determinar la homogeneidad o heterogeneidad de las comunidades vegetales en los distintos sitios evaluados en función a la ubicación geográfica, altura sobre el nivel del mar, exposiciones, temperatura, humedad, precipitación y otros factores, todo ello con la intención de hacer una clasificación jerárquica, politética y aglomerativa utilizando el método de aglomeración promedio propuesto por Sokal y Michener, se realizó el “Análisis de relaciones” con el que se obtuvo el cuadro de fusiones, tal que es expresado en los dendrogramas elaborados, formado con las diferentes unidades de muestreo para cada uno de los estratos vegetales.

En los diferentes dendrogramas elaborados se observan los coeficientes de Desviación Estándar al hacer la comparación o fusión de las unidades muestrales y para poder entenderla podremos decir que cuanto menor sea la distancia entre una unidad de muestreo con otra, existe mayor similitud entre ambas en relación a la vegetación existente en ellas.

Figura 10. Dendrograma de las unidades de muestreo del estrato arbóreo



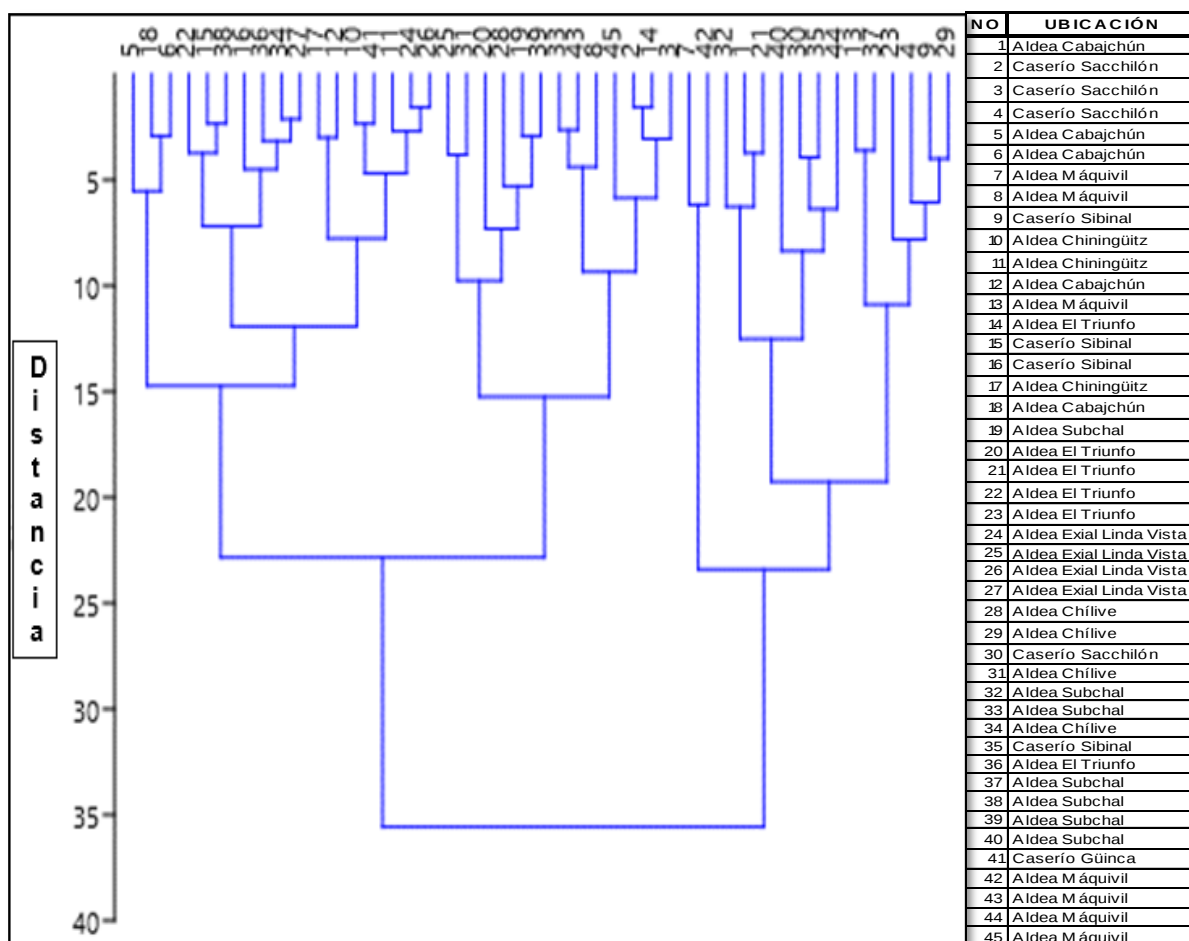
Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

En la figura 10 se observa el dendrograma elaborado para del estrato arbóreo, en el cual se observan las agrupaciones entre parcelas de muestreo por índices de similitud entre las mismas. En el eje horizontal (X) se muestran las unidades de muestreo de la investigación y en el eje vertical (Y), las distancias según el grado de similitud vegetal estimadas a una escala del 1 al 100, donde las mayores distancias reflejan mayor heterogeneidad y las menores distancias reflejan mayor similitud vegetal entre parcelas, generando agrupaciones entre dichas unidades de muestreo a diferentes niveles.

Para el caso de las especies arbóreas se observa que la mayor cantidad de distancias se encuentran dentro del rango de 0 – 30, lo que sugiere que las especies vegetales entre las unidades de muestreo es muy similar.

Al analizar el dendrograma a una distancia de 30 se generaron 6 agrupaciones de unidades de muestro siendo los siguientes (indicando también las especies comunes entre parcelas en cada grupo): 1). 18, 1, 12, 5 y 6 (*Quercus rugosa* y *Alnus acuminata*), 2). 26, 17, 27, 24, 11 y 25 (*Quercus acutifolia*, *Quercus crassifolia*, *Pinus pseudostrobus* y *Alnus acuminata*), 3). 32, 33, 36, 37, 38, 9, 28, 44, 34 y 30 (*Quercus acutifolia*, *Quercus rugosa*, *Quercus crispifolia*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus maximinoi* y *Alnus acuminata*), 4). 39, 45, 19, 40, 41, 42, 7, 8, 29, 31 y 43 (*Quercus acutifolia*, *Quercus rugosa*, *Pinus pseudostrobus*, *Prunus serotina* y *Alnus acuminata*), 5). 4, 13, 22, 20 y 21 (*Quercus rugosa*, *Quercus crispifolia*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus maximinoi*, *Alnus acuminata* y *Prunus serotina*) y 6). 14, 3, 15, 2, 10, 16, 35 y 23 (*Quercus rugosa*, *Quercus crassifolia*, *Quercus crispifolia*, *Pinus pseudostrobus* y *Alnus acuminata*).

Figura 11. Dendrograma de las unidades de muestreo del estrato arbustivo.



Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

Para el caso de las especies arbustivas se observa que las distancias son menores en comparación con las especies arbóreas, lo que sugiere que las especies vegetales entre las unidades de muestreo para este estrato no poseen diferencias significativas ya que la mayor cantidad de distancias se encuentran dentro del rango de distancia de 0 – 15.

El análisis del dendrograma se realizó a una distancia de 15, en el que se generaron 6 agrupaciones de unidades de muestro siendo los siguientes (indicando también las especies comunes entre parcelas en cada grupo): 1). 5, 18, 6, 22, 15, 38, 16, 36, 34, 27, 17, 12, 10, 41, 11, 24 y 26 (*Fuchsia microphylla*, *Fuchsia paniculata* y *Monnina xalapensis*), 2). 25, 31, 20, 28, 19 y 39 (*Roldana petasitis*, *Verbesina calcephila*, *Ageratina mairretiana* *Wigandia urens*, *Myrica cerifera* y *Monnina xalapensis*), 3). 33, 43, 8, 45, 2, 14 y 3 (*Saurauia montana*, *Oreopanax sp*, *Montanoa hibiscifolia*, *Roldana petasitis* y *Verbesina calcephila*), 4). 7, y 42 (*Montanoa hibiscifolia*, *Roldana petasitis*, *Ageratina ligustrina*, *Verbesina calcephila*, *Ageratina mairretiana*, *Croton sp*, *Fuchsia paniculata*, *Monnina xalapensis* y *Cestrum aurantiacum*), 5). 32, 1, 21, 40, 30, 35 y 44 (*Roldana petasitis*, *Verbesina calcephila*, *Croton sp*, *Miconia subseriata*, *Myrica cerifera*, *Fuchsia microphylla*, *Fuchsia paniculata*, *Monnina xalapensis* y *Solanum aligerum*) y 6). 13, 37, 23, 4, 9 y 29 (*Saurauia montana*, *Roldana petasitis*, *Myrica cerifera*, *Fuchsia microphylla*, *Fuchsia paniculata*, *Monnina xalapensis* y *Rhamnus capreifolia*).

Al observar y analizar las especies identificadas en las diferentes unidades de muestreo se determinó que la vegetación estudiada es propia de los ecosistemas de bosque mixto, También conocidas como Bosque de pino, bosque de encino, bosque de encino-pino.

Los bosques mixtos son comunidades dominadas por árboles altos, mayormente pinos y encinos acompañados por otras varias especies habitan en zonas montañosas con clima templado a frío, tales como *Cupressus lusitánica* y *Alnus acuminata*, en el sotobosque por lo general, ocasionalmente pueden encontrarse especies de los géneros *Cestrum*, *Eugenia* y *Myrica*, (FAO 2,008) y con frecuencia se observan especies de los géneros *Verbesina*, *Fuchsia*, *Salvia*, *Roldana*, *Mimosa*, entre otros y tiende a concentrarse en altitudes entre 800 y 2,500 metros sobre el nivel del mar.

7.2. ANÁLISIS DE INDICADORES ECOLÓGICOS DE LA VEGETACIÓN

7.2.1. Índice de valor de importancia de especies vegetales (IVI)

Según Chinchilla (1,994) citado por Manzanero C., M. A. (1,999), Al considerar el rango de IVI de 4.89% en adelante que contiene las especies se consideran dominantes, se realizó entonces, el cálculo de IVI de las cuales, las especies que presentan los valores comprendidos dentro de dicho rango, se consideran especies con mayor importancia ecológica

7.2.1.1. Estrato Arbóreo

Para el cálculo del IVI para el estrato vegetal arbóreo se consideraron tres aspectos; Frecuencia, densidad y dominancia, respectivamente y plasmando los resultados en la tabla siguiente, ordenados jerárquicamente según el valor resultante de cada especie:

Tabla 6. Índice de valor de importancia (IVI) de especies vegetales arbóreas.

NOMBRE CIENTÍFICO	NO. ESPECIES	DAP (cm)	ÁREA BASAL	ESPECIES/ PARCELA	Fa	fr	Da	Dr	Dom A	Dom R	IVI/3
<i>Alnus acuminata</i>	522	29.4	0.0679	43	0.96	14.05	0.52	28.51	6.79E-05	10.58	17.71
<i>Pinus pseudostrobus</i>	329	33.26	0.0869	39	0.87	12.75	0.33	17.97	8.69E-05	13.53	14.75
<i>Quercus crispifolia</i>	258	23.35	0.0428	31	0.69	10.13	0.26	14.09	4.28E-05	6.67	10.30
<i>Quercus acutifolia</i>	188	25.45	0.0509	33	0.73	10.78	0.19	10.27	5.09E-05	7.92	9.66
<i>Quercus rugosa</i>	147	22.37	0.0393	37	0.82	12.09	0.15	8.03	3.93E-05	6.12	8.75
<i>Quercus Crassifolia</i>	110	25.31	0.0503	32	0.71	10.46	0.11	6.01	5.03E-05	7.84	8.10
<i>Pinus maximinoi</i>	123	28.24	0.0626	19	0.42	6.21	0.12	6.72	6.26E-05	9.76	7.56
<i>Pinus montezumae</i>	33	35.6	0.0995	15	0.33	4.90	0.03	1.80	9.95E-05	15.51	7.40
<i>Prunus serótina</i>	50	24.56	0.0474	23	0.51	7.52	0.05	2.73	4.74E-05	7.38	5.88
<i>Pinus tecunumani</i>	31	29.43	0.068	14	0.31	4.58	0.03	1.69	6.8E-05	10.60	5.62
<i>Quercus acatenanguensis</i>	40	18.29	0.0263	20	0.44	6.54	0.04	2.18	2.63E-05	4.09	4.27
TOTALES	1831	26.84	0.6419	306	6.80	100.00	1.83	100	0.000642	100	100

Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

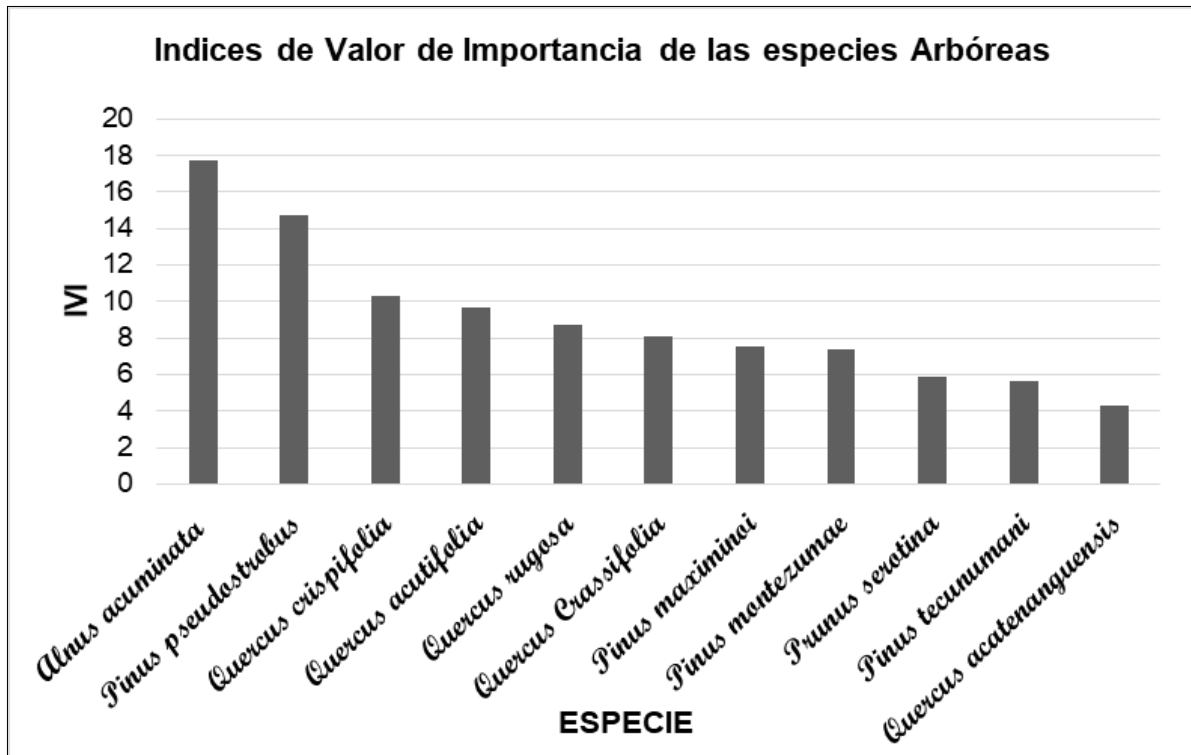
REFERENCIA

Fa = Frecuencia absoluta
Fr = Frecuencia relativa
Da = Densidad absoluta
Dr = Densidad relativa

Dom A = Dominancia Absoluta
Dom R = Dominancia relativa
IVI = Índice de Valor de Importancia

Mediante el cálculo del IVI de las especies identificadas para el estrato arbóreo, se determinó que 10 especies (todas las especies a excepción de *Quercus acatenanguensis*) representan un valor significativo de importancia (denominadas también dominantes), tales que representan el 90.9 % de las especies y solo una especie no representa un valor significativo, lo que equivale al 9.1 %.

Figura 12. Gráfico de Índice de Valor de Importancia de especies arbóreas.



Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

En la figura 12 se observa la distribución gráfica de las especies arbóreas respecto a su Índice de Valor de Importancia, siendo las especie de *Alnus acuminata*, *Pinus pseudostrubus*, *Quercus crispifolia* y *Quercus Acutifolia* las de mayor importancia ecológica.

El cálculo del IVI se realizó a nivel general, englobando las áreas intervenidas, por lo que de manera específica; en cada una de las parcelas de muestreo el IVI de las especies es variante debido a las condiciones edafo-climáticas del lugar, considerando que los climas varían de frío a templado y las altitudes sobre el nivel del mar varían de 2,190 hasta 2,740 metros.

7.2.1.2. Estrato Arbustivo

A diferencia del estrato arbóreo; el cálculo de IVI para las especies arbustivas, únicamente se consideraron dos aspectos, frecuencia y densidad respectivamente, plasmando los resultados en la tabla siguiente, ordenados jerárquicamente según el IVI de cada especie:

Tabla 7. Índice de valor de importancia (IVI) de especies vegetales arbustivas

NOMBRE CIENTÍFICO	NO ESPECIES	ESPECIES/ PARCELAS	Fa	fr	Da	Dr	IVI/2
<i>Verbesina calcephila</i>	78	24	0.53	8.24	0.08	11.64	9.94
<i>Fuchsia paniculata</i>	68	26	0.58	8.93	0.07	10.15	9.54
<i>Roldana petasitis</i>	55	21	0.47	7.21	0.06	8.21	7.71
<i>Monnina xalapensis</i>	41	27	0.60	9.27	0.04	6.12	7.70
<i>Fuchsia microphylla</i>	40	21	0.47	7.21	0.04	5.97	6.59
<i>Montanoa hibiscifolia</i>	39	20	0.44	6.87	0.04	5.82	6.35
<i>Solanum aligerum</i>	48	15	0.33	5.15	0.05	6.87	6.01
<i>Miconia subseriata</i>	36	19	0.42	6.53	0.04	5.37	5.95
<i>Ageratina mairiana</i>	38	15	0.33	5.15	0.04	5.67	5.41
<i>Rhamnus capreifolia</i>	35	13	0.29	4.47	0.04	5.22	4.84
<i>Ageratina ligustrina</i>	26	16	0.36	5.50	0.03	3.88	4.69
<i>Cestrum aurantiacum</i>	30	12	0.27	4.17	0.03	4.48	4.32
<i>Saurauia montana</i>	17	12	0.27	4.12	0.02	2.54	3.33
<i>Croton sp.</i>	19	11	0.24	3.78	0.02	2.84	3.31
<i>Solanum celsum</i>	16	10	0.22	3.43	0.02	2.39	2.91
<i>Wigandia urens</i>	16	9	0.20	3.09	0.02	2.39	2.74
<i>Creopanax sp.</i>	29	16	0.36	5.50	0.03	4.33	2.65
<i>Solanum pertense</i>	12	9	0.20	3.09	0.01	1.79	2.44
<i>Myrica cerifera</i>	33	14	0.31	4.81	0.03	3.48	2.40
<i>Solanum chrysotrichum</i>	13	8	0.18	2.75	0.01	1.94	2.34
TOTAL	155	318	1.98	31	0.12	18	100

Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

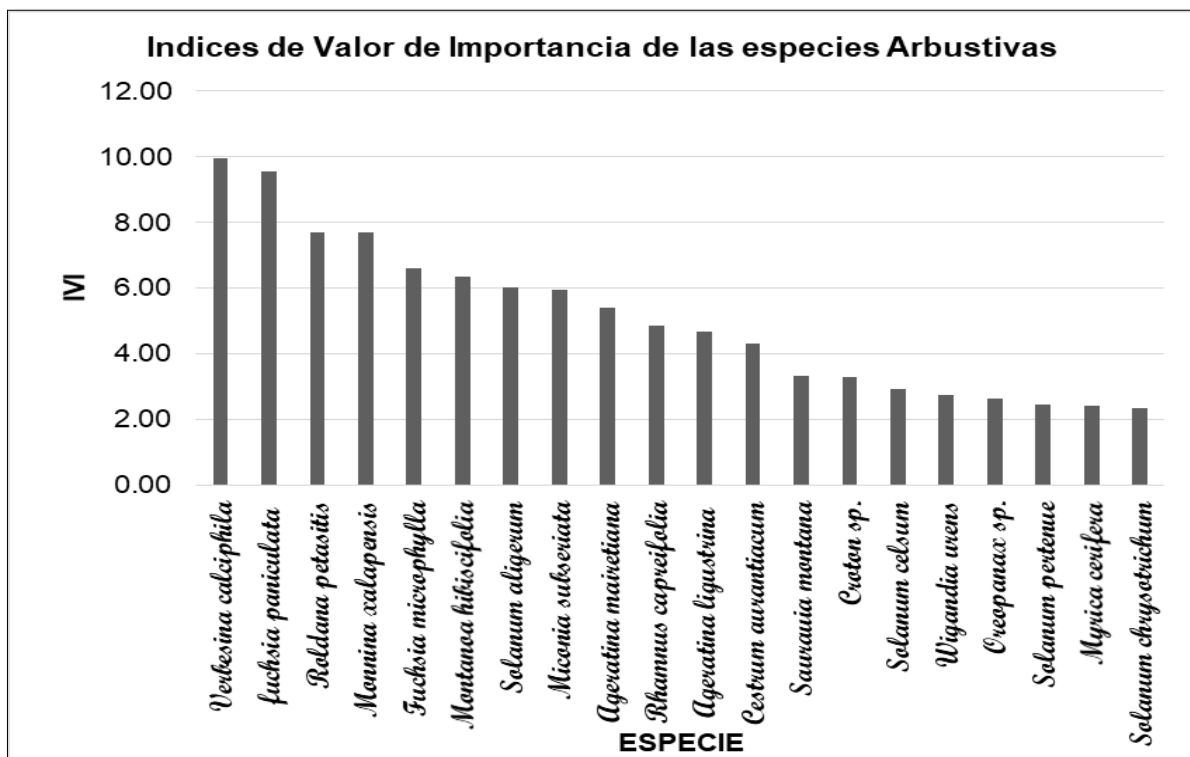
REFERENCIA

Fa = Frecuencia absoluta
Fr = Frecuencia relativa

Da = Densidad absoluta
Dr = Densidad relativa
IVI = Índice de Valor de Importancia

Para las especies arbustivas; se determinó que 9 especies representan un valor significativo de importancia ecológica (*Verbesina calcephila*, *Fuchsia paniculata*, *Roldana petasitis*, *Monnina xalapensis*, *Fuchsia microphylla*, *Montanoa hibiscifolia*, *Solanum aligerum*, *Miconia subseriata* y *Ageratina mairetiana*), las cuales representan el 45 % del total de las especies de arbustos identificados, y las 11 especies restantes no representan un valor de importancia significativo, tales que equivalen al 55 % del total de las especies.

Figura 13. Gráfico de Índice de Valor de Importancia de las especies arbustivas.



Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

Para el estrato arbustivo, mediante la figura 13 se evidencia que las especies *Verbesina calcephila*, *Fuchsia paniculata*, *Roldana petasitis* y *Monnina xalapensis* son las especies de mayor importancia ecológica.

El cálculo del IVI para las especies de arbustos se realizó a nivel general, englobando a todas las áreas intervenidas, por lo que de manera específica; en cada una de las parcelas de muestreo el IVI de las especies es variante debido a las condiciones edafo-climáticas, ya que los climas varían de frío a templado y las altitudes sobre el nivel del mar son de 2,190 hasta 2,740 metros.

7.2.2. Usos socioeconómicos y culturales de especies identificadas

Los bosques ofrecen una amplia variedad de beneficios sociales y económicos para las personas de las localidades en las zonas de estudio, esto puede darse por medio de la generación de empleos o más directamente con el beneficio generado por la transformación y comercialización de los productos derivados de los recursos forestales. Los usos socioeconómicos identificados de las especies arbóreas y arbustivas en las comunidades de la microrregión I del municipio de San Miguel Ixtahuacán, se detallan a continuación, clasificándolas por estratos evaluados:

7.2.2.1. Usos socioeconómicos de las especies arbóreas

El uso de la diversidad de especies arbóreas en la microrregión I del municipio de San Miguel Ixtahuacán es diversos, por lo que los habitantes de las comunidades tienen relación directa con las especies arbóreas de los bosques, y se determinó que el 100 % las especies identificadas se utilizan para diferentes actividades socioeconómicas.

Los usos que involucran a la mayor cantidad de especies de árboles corresponden a usos maderables, principalmente corresponden a leña o usos energéticos y a comercialización de madera aserrada, sin embargo se determinaron otras categorías de usos para estas especies, tales que se detallan en la siguiente tabla:

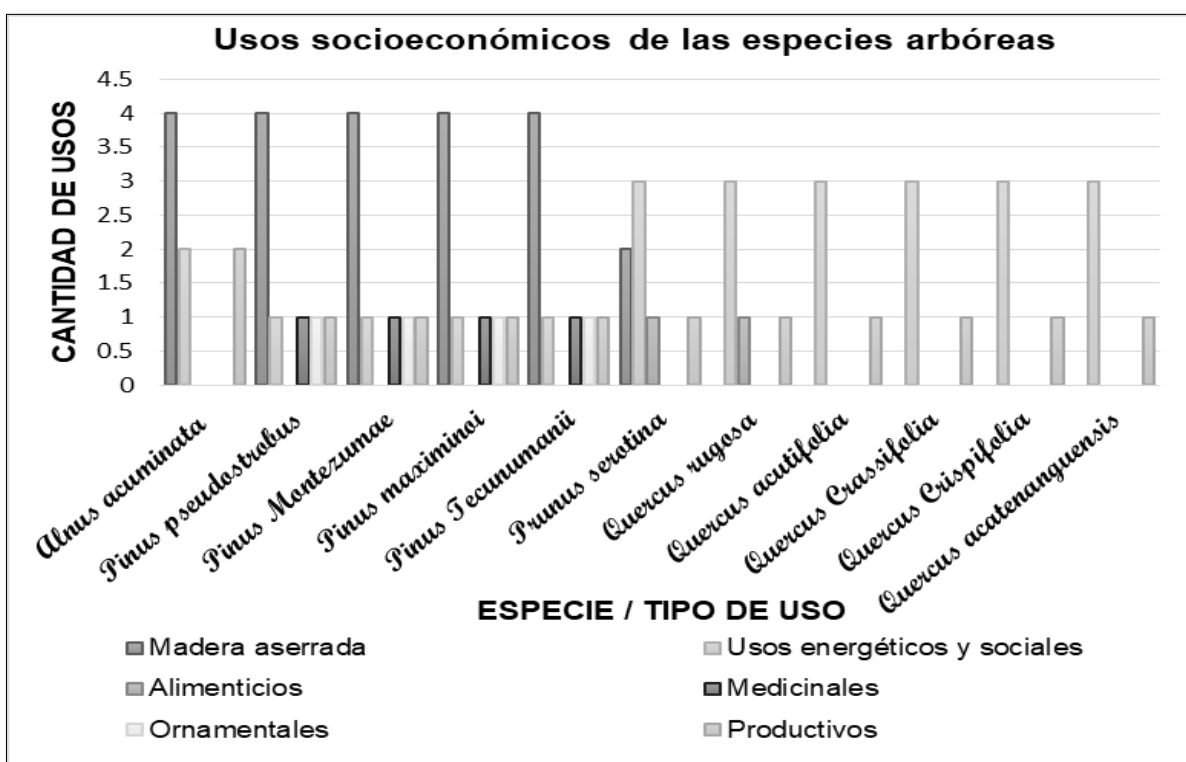
Tabla 8. Usos socioeconómicos de las especies arbóreas en las comunidades de la microrregión I, del municipio de San Miguel Ixtahuacán.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	USOS MADERABLES		OTROS USOS			
		Madera aserrada	Otros	Alimenticios	Medicinales	Ornamentales	Productivos
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	Tablas, Reglas	Horcones y leña				Forraje para Ganado Mayor y utilización de Broza para cultivos.
<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pino	Tablas, Reglas, Vigas, Tijeras	Leña		Uso de trementina para fortalecimiento de huesos en fracturas.	Uso de Acículas para eventos socioculturales y religiosos.	Acículas utilizadas para nido de aves de corral
<i>Pinus montezumae</i>	Pino Macho	Tablas, Reglas, Vigas, Tijeras	Leña		Uso de trementina para fortalecimiento de huesos en fracturas.	Uso de Acículas para eventos socioculturales y religiosos.	Acículas utilizadas para nido de aves de corral
<i>Pinus maximinoi</i>	Pino Candelillo	Tablas, Reglas, Vigas, Tijeras	Leña		Uso de trementina para fortalecimiento de huesos en fracturas.	Uso de Acículas para eventos socioculturales y religiosos.	Acículas utilizadas para nido de aves de corral
<i>Pinus tecunumanii</i>	Pino común	Tablas, Reglas, Vigas, Tijeras	Leña		Uso de trementina para fortalecimiento de huesos en fracturas.	Uso de Acículas para eventos socioculturales y religiosos.	Acículas utilizadas para nido de aves de corral
<i>Prunus serotina</i>	Cerezo	Tablas, Reglas	Leña, horcones y cercos vivos	Los frutos se consumen en jaleas			Forraje para Ganado Mayor y menor
<i>Quercus rugosa</i>	Roble		Horcones, leña y carbón	Las hojas tiernas se utilizan para envolver tamales			Utilización de Broza para cultivos agrícolas
<i>Quercus acutifolia</i>	Encino		Horcones, leña y carbón				Utilización de Broza para cultivos agrícolas
<i>Quercus crassifolia</i>	Roble / Palo negro		Horcones, leña y carbón				Utilización de Broza para cultivos agrícolas
<i>Quercus crispifolia</i>	Encino		Horcones, leña y carbón				Utilización de Broza para cultivos agrícolas
<i>Quercus acatenanguensis</i>	Encino		Horcones, leña y carbón				Utilización de Broza para cultivos agrícolas

Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

Los usos locales identificados se clasifican en 5 categorías: maderables, alimenticios, medicinales, ornamentales y productivos, dentro de los cuales los usos más comunes de las especies arbóreas son: madera para construcción rural, leña, horcones, broza, forraje para ganado, hojas para envoltorio de alimentos y alimento de fauna silvestre, indicador de humedad o presencia de agua (por su localización únicamente en zonas de nacimientos de agua).

Figura 14. Gráfico de Usos socioeconómicos de las especies arbóreas en las comunidades de la microrregión I, del Municipio de San Miguel Ixtahuacán.



Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

De manera muy amplia y general se determinó por medio de consultas realizadas a los habitantes de las comunidades intervenidas, que las distintas especies de coníferas *Pinus sp* y las especies de aliso *Alnus acuminata* y cerezo *Prunus serotina* son utilizadas para la extracción y comercialización de madera aserrada y por otro lado; la totalidad de especies son utilizadas fuentes energéticas (consumo de leña), siendo estos los usos de mayor importancia identificadas.

7.2.2.2. Usos socioeconómicos de las especies arbustivas

Para el caso de las especies arbustivas, se determinaron 4 categorías de usos siendo estos, alimenticios, ornamentales productivos y culturales, de las cuales las últimas 2 son las que predominan.

Tabla 9. Usos socioeconómicos de las especies arbustivas en las comunidades de la microrregión I, del municipio de San Miguel Ixtahuacán.

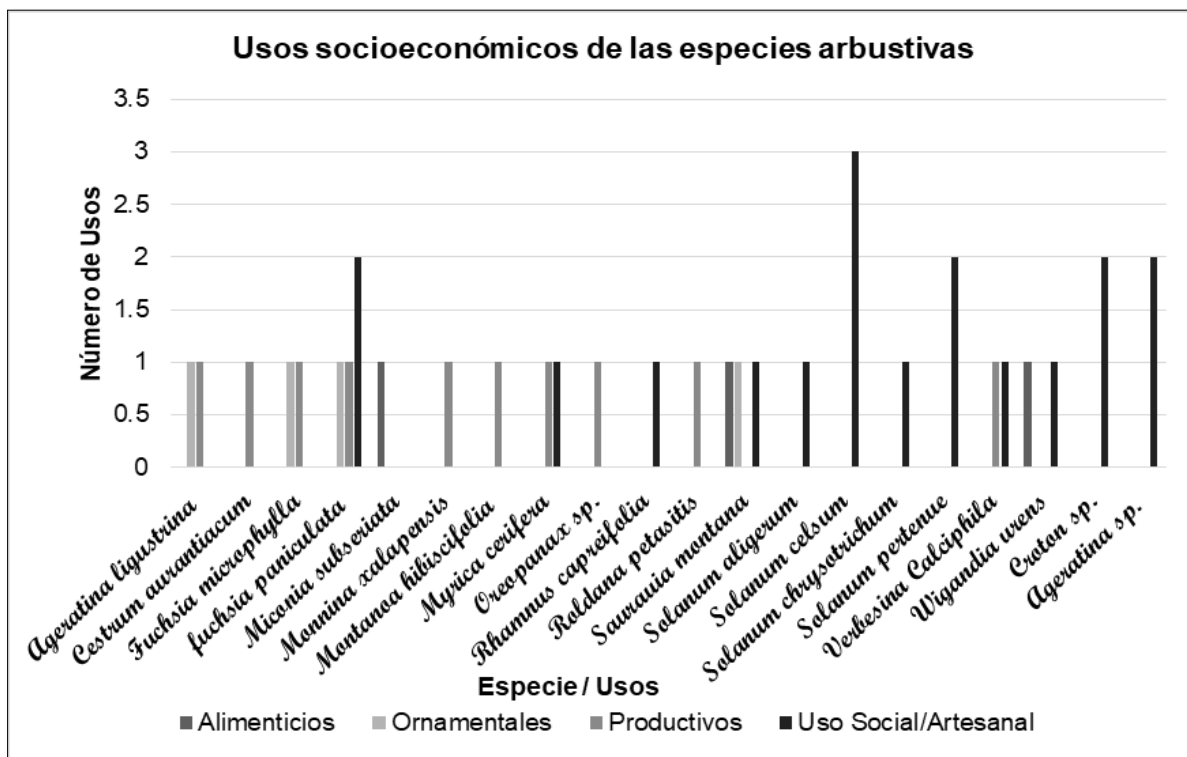
NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	USOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES			
		Alimenticios	Ornamentales	Productivos	Uso Social/Artesanal
<i>Ageratina ligustrina</i>	Planta de flores moradas		Las flores son utilizadas como ornamentos.	Alimento de animales (Forraje para Caprinos).	
<i>Cestrum aurantiacum</i>	Pab'el de flores amarillas			Alimento de animales (Forraje para Caprinos).	
<i>Croton sp.</i>	Arbusto de Chicle				Consumo en leña, y es utilizada para cercos vivos.
<i>Fuchsia microphylla</i>	Palo de agua (I'x)		Las flores y hojas son utilizadas como ornamentos.	Alimento de animales (Forraje par Ganado mayor y menor).	
<i>Fuchsia paniculata</i>	Palo de Agua (I'x)		Las flores y hojas son utilizadas como ornamentos.	Alimento de animales (Forraje par Ganado mayor y menor).	Consumo en leña, y es utilizada para cercos vivos.
<i>Miconia subseriata</i>	Palo de ardilla	Consumo de sus frutos (sin procesamiento).			Consumo en leña.
<i>Monnina xalapensis</i>	Planta de tinte / Púrpura			Alimento de animales (Forraje para Caprinos).	
<i>Montanoa hibiscifolia</i>	Saq b'ajlaq			Alimento de animales (Forraje para Caprinos).	
<i>Myrica cerifera</i>	Arayan de montaña			Alimento de animales (Forraje para Caprinos).	Consumo en leña.

<i>Oreopanax sp.</i>	Escobillo			Alimento de animales (Forraje para Caprinos).	
<i>Rhamnus capreifolia</i>	Palo amarillo				Consumo en leña.
<i>Roldana petasitis</i>	Geranio de montaña			Alimento de animales (Forraje para Caprinos).	
<i>Saurauia montana</i>	Moquillo	Consumo de sus frutos (sin procesamiento).	Las flores y hojas son utilizadas como ornamentos		Consumo en leña.
<i>Solanum aligerum</i>	Pab'el pequeño				Consumo en leña.
<i>Solanum celsum</i>	Pab'el mediano				Consumo en leña y elaboración de cabos de herramientas de labranza.
<i>Solanum chrysotrichum</i>	Espinas				Consumo en leña.
<i>Solanum pertenu</i>	Pabel grande				Consumo en leña y elaboración de cabos de herramientas de labranza.
<i>Verbesina Calciphila</i>	Saq b'ajlaq			Alimento de animales (Forraje para Caprinos).	Consumo en leña.
<i>Wigandia urens</i>	Chichicaste ancho	Las hojas suelen utilizarse para envolver alimentos frescos.			Consumo en leña.
<i>Algeratina maietiana</i>	Arbusto morado.				Consumo en leña y elaboración de cabos de herramientas de labranza.

Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

Del total de Personas entrevistadas; el 100 % indicaron que no obtienen ningún ingreso económico de las plantas arbustivas, debido a que no se dedican a la venta de ninguna especie o de partes vegetativa de las mismas y que la utilidad que se le da es únicamente para uso y consumo local. Las partes de las especies de arbustos que son aprovechables son hojas y ramillas que se utilizan como forraje de animales y el tallo para consumo en leña y elaboración de herramientas de labranza (azadones, cobas, piochas, etc.) y en su mayor parte el uso es constante durante todo el año.

Figura 15. Gráfico de Usos socioeconómicos de las especies arbustivas en las comunidades de la microrregión I, de San Miguel Ixtahuacán.



Fuente: Elaboración Propia; Tesista Eleazar José Aguilar González (Año 2,024).

Mediante el desarrollo de la investigación se determinó que la totalidad de especies arbustivas encontradas dentro de la microrregión I del municipio de San Miguel Ixtahuacán poseen al menos un uso dentro de las familias de las comunidades. Los que involucran principalmente a las especies de arbustos son usos de carácter productivo y cultural, principalmente para follaje para ganado mayor y menor y para consumo en leña y elaboración de herramientas de labranza.

7.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS ESPECIES IDENTIFICADAS

7.3.1. Catálogo de especies identificadas

Se elaboró el catálogo de especies identificadas en la zona de estudio, en la cual se plasmaron las características taxonómicas, anatómicas y morfológicas de cada una de las especies:



Catálogo de especies forestales y
arbustivas apropiadas para la conservación
y protección de nacimientos de agua en la
microrregión I del Municipio de San Miguel
Ixtahuacán, San Marcos

POR

T.P.A. Eleazar José Aguilar
González

ASESORES

Asesor principal: Ing. Agr.
Jorge Robelio Juárez González
Asesor adjunto: MSc. Mairon
Asaél Méndez Méndez

San Marcos, 2,024

USO DEL CATÁLOGO

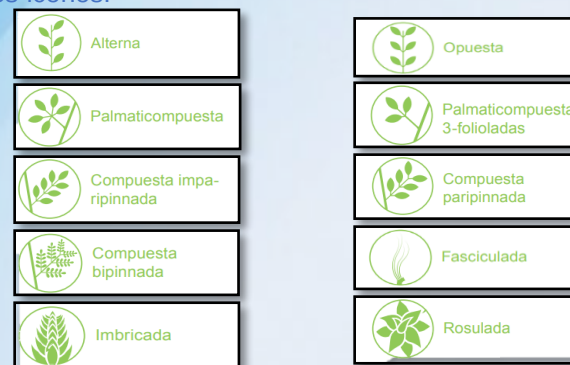
El presente catálogo es un material de referencia sobre plantas de especies arbóreas y arbustivas que se localizan en zonas con existencia de fuentes de agua superficiales denominados nacimientos, en la Microrregión I, del Municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos, tales que contribuyen a la protección y conservación de dichas fuentes para garantizar su permanencia.

El objetivo primordial del presente es poder visibilizar la diversidad de especies en la región con fines de sensibilización y valoración de esta biodiversidad.

Cada especie incluida en el catálogo presenta información específica sobre aspectos fisiológicos y morfológicos. Así también se incluye información sobre aspectos taxonómicos, socioeconómicos y ambientales.

FILOTAXIA

La disposición de las hojas es una de las características de mayor importancia al momento de identificar una planta, especialmente si no se cuenta con flores y/o frutos. Este elemento fue priorizado para mostrar de forma gráfica a través de los siguientes iconos:



GRADO DE AMENAZA

Para presentar el grado de amenaza de las especies fue utilizada la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza -UICN-, la cual es un sistema de clasificación de amenaza a nivel mundial. Las categorías son:

EX	Extinto (EX) – Se considera las especies que no tienen ningún individuo existente.	VU	Vulnerable (VU) – Se considera las especies que están enfrentando alto riesgo de extinción en estado silvestre.
EW	Extinto en estado silvestre (EW) – Se considera las especies que sólo tienen individuos en cautividad o naturalizados.	NT	Casi amenazado (NT) – Se considera las especies que están próxima a enfrentar riesgos de extinción en estado silvestre.
CR	En peligro crítico (CR) – Se considera las especies que están enfrentando riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre.	LC	Preocupación menor (LC) – Se considera especies que no tienen riesgo actual de extinción, son abundantes y de amplia distribución.
EN	En peligro (EN) – Se considera las especies que están enfrentando muy alto riesgo de extinción en estado silvestre.	NE	No evaluado (NE) – Se considera especies que no han sido evaluadas según su riesgo.

ESPECIES ARBÓREAS

ÍNDICE

<i>Alnus acuminata</i>	1
<i>Pinus maximinoi</i>	2
<i>Pinus montezumae</i>	3
<i>Pinus pseudostrobus</i>	4
<i>Pinus tecunumanii</i>	5
<i>Prunus serotina</i>	6
<i>Quercus acatenanguensis</i>	7
<i>Quercus acutifolia</i>	8
<i>Quercus crassifolia</i>	9
<i>Quercus crispifolia</i>	10
<i>Quercus rugosa</i>	11

Aliso

Alnus acuminata



Taxonomía

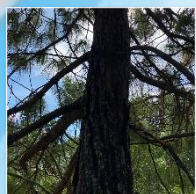
Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fagales
Familia:	Betulaceae
Género:	Alnus
Subgénero:	Alnus
Especie:	<i>Alnus acuminata</i> Kunth, 1817.

Características

Nombre común	Aliso.
Origen	Sur América.
Distribución geográfica	México a Argentina.
Distribución ecológica	Propia de cañadas y laderas, creciendo en suelos profundos o medianamente profundos con subsuelo rocoso.
Altura máxima	25 metros.
Tallo	Liso, Cilíndrico a ligeramente ovalado y con coloración gris.
Hojas	Semicaducifolia, de 8 cm de largo por 5 cm de ancho, elípticas, borde aserrado, coriáceas y estípulas libres, son resinosas y en forma ovada.
Flores	Las flores masculinas miden 7 cm de largo, son alargadas y pendulares y las femeninas tienen forma de piña, miden 3 cm de largo por 1,5 de ancho.
Frutos	Sus frutos son unas nueces aladas, recuerda a una piña de conífera, pero mucho menor (2 cm).
Rango altitudinal	1,500 – 3,000 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Su madera es liviana, posee usos energéticos en consumo de leña y posee diversas utilidades maneras en madera aserrada.
Función ecológica	Recuperación y conservación de suelos y/o áreas degradadas, Restauración ecológica y contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Pino candelillo

Pinus maximinoi



Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Pinophyta
Clase:	Pinopsida
Orden:	Pinales
Familia:	Pinaceae
Género:	Pinus
Subgénero:	Pinus
Especie:	<i>Pinus maximinoi</i> <i>H.E. Moore, 1966.</i>

Características

Nombre común	Pino candelillo, Pino blanco.
Origen	El Salvador, Nicaragua, Guatemala, y México.
Distribución geográfica	Centroamérica y sur de México.
Distribución ecológica	Se desarrolla en casi cualquier suelo pero prefiere suelos silíceos profundos. Necesita climas húmedos y templados.
Altura máxima	20 - 35 metros.
Tallo	La madera es bastante blanda y suave, pero firme. La albura es de color amarillo pálido, el duramen ligeramente más oscuro.
Hojas	En árboles jóvenes la corteza es lisa y tiene un color gris marrón. Las ramas son largas, delgadas y flexibles, a menudo un poco pendular.
Flores	Las flores masculinas miden 7 cm de largo, son alargadas y pendulares y las femeninas, miden 3 cm de largo por 1,5 de ancho.
Frutos	que crecen en unidades de cinco, son muy delgadas y largas, con una longitud de 15 a 28 cm.
Rango altitudinal	600 - 2600 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Su madera es liviana, posee usos energéticos en consumo de leña y posee diversas utilidades maneras en madera aserrada.
Función ecológica	Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Pino

Pinus pseudostrobus



Taxonomía

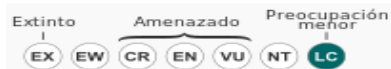
Reino:	Plantae
División:	Pinophyta
Clase:	Pinopsida
Orden:	Pinales
Familia:	Pinaceae
Género:	Pinus
Especie:	<i>Pinus pseudostrobus</i> <i>Lindl.</i>

Características

Nombre común	Pino.
Origen	México, Guatemala, El Salvador y Honduras.
Distribución geográfica	Centroamérica y sur de México.
Distribución ecológica	Esta especie forma parte de los bosques templados y fríos, es común en sitios con suelos profundos y húmedos.
Altura máxima	20 - 40 metros.
Tallo	El tronco es recto, libre de ramas entre los primeros 4 y 6 m de altura, corteza en árboles jóvenes es lisa, se torna áspera y de color grisáceo en adultos.
Hojas	Las acículas en grupos de 5, cuyo tamaño varía de 16 a 35 cm de largo, se encuentran extendidas o en forma de péndulo.
Flores	Las flores masculinas miden 7 cm de largo, son alargadas y pendulares y las femeninas, miden 3 cm de largo por 1,5 de ancho.
Frutos	Conos de ovoides a cilíndricos de color café claro, por lo regular miden 7.6 a 11 cm.
Rango altitudinal	1,300 - 3,250 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Es utilizado para plantaciones comerciales, posee usos energéticos en consumo de leña y posee diversas utilidades maneras en madera aserrada.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Pino macho

Pinus montezumae



Taxonomía

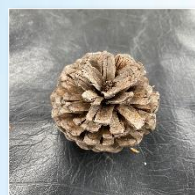
Reino:	Plantae
División:	Pinophyta
Clase:	Pinopsida
Orden:	Pinales
Familia:	Pinaceae
Género:	Pinus
Especie:	<i>Pinus montezumae</i> <i>Lamb., 1,832.</i>

Características

Nombre común	Pino macho, Pino ocote.
Origen	Sur de México, Guatemala.
Distribución geográfica	México, Guatemala y zonas norte de El Salvador.
Distribución ecológica	Crece en bosques de pino y encino en lugares templados y fríos, es común en sitios con suelos profundos y húmedos.
Altura máxima	20 - 35 metros.
Tallo	El tronco llega a medir hasta 80 cm de diámetro, es de tonalidad café rojizo. Su madera es blanca y resinosa.
Hojas	Las acículas forman generalmente grupos de cinco, las cuales son de color verde oscuro y miden de 15 a 40 cm.
Flores	Las flores masculinas miden 7 cm de largo, son alargadas y pendulares y las femeninas, miden 3 cm de largo por 1,5 de ancho.
Frutos	Presenta conos semilleros de tamaños grandes, que pueden llegar a medir hasta 40 cm.
Rango altitudinal	1,400 – 3,200 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Posee diversas utilidades en madera aserrada, además es utilizada como combustible debido a que desprende resina que arde con facilidad.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Pino

Pinus tecunumanii



Taxonomía

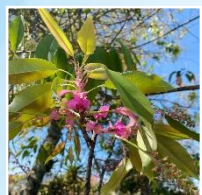
Reino:	Plantae
División:	Pinophyta
Clase:	Pinopsida
Orden:	Pinales
Familia:	Pinaceae
Género:	Pinus
Subgénero:	Pinus
Especie:	<i>Pinus tecunumanii</i> <i>F.Schwerdtf. ex Equiluz & J.P.Perry</i>

Características

Nombre común	Pino.
Origen	Sur de México y Guatemala.
Distribución geográfica	México, Guatemala, Honduras y El Salvador.
Distribución ecológica	Se encuentra frecuentemente en los valles fértiles o cañones de ríos, formando pequeños rodales puros o en mezcla con otras especies de pino.
Altura máxima	40 metros.
Tallo	La corteza es de color gris rojizo, áspera y fisurada en la base del fuste, más lisa y rojiza en la parte superior; se exfolia en escamas.
Hojas	Fascículos agrupadas en cuatro (algunas veces 3 o 5), de 12-25 cm de largo, más o menos pendulosas, abiertas, de color verde claro.
Flores	Las flores masculinas ocurren al final de las ramitas; las femeninas son cónicas, pequeñas, de color café claro verdoso.
Frutos	Los conos son pequeños de 7 x 3.5 cm, brillosos, con apariencia barnizada, se pueden encontrar solitarios o en pares.
Rango altitudinal	440 – 2,800 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Posee diversas utilidades en madera aserrada, además es utilizada como combustible.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Cerezo / Capulí

Prunus serotina



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

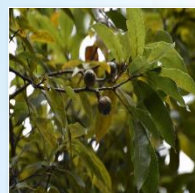
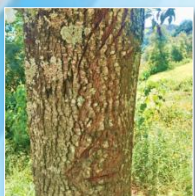
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Subfamilia:	Amygdaloideae
Tribu:	Amygdaleae
Género:	Prunus
Especie:	<i>Prunus serotina</i> EHRH., 1783.

Características

Nombre común	Cerezo, Cerezo negro, Capulí
Origen	Norteamérica y del sur a Texas, la Florida central y el este y oeste de México.
Distribución geográfica	México, Norteamérica, América central y Europa.
Distribución ecológica	Se le encuentra en las regiones montañosas.
Altura	15-30 metros.
Tallo	De Corteza café o grisácea casi lisa, exceptuando las ramas tiernas que a veces son pubescentes.
Hojas	Caducas, simples, de 6-14 cm de largo, alternas, pecioladas, ovadas a lanceoladas y aserrado.
Flores	En racimos, hermafroditas, pequeñas y blancas, agrupadas en racimos axilares de 10 a 15 cm.
Frutos	Frutos de tipo drupa globosa, de 1 cm de diámetro, color negro rojizo en la madurez.
Semilla	Semilla esférica y rodeada por un hueso leñoso (almendra) de sabor amargo.
Rango altitudinal	800 - 2,600 metros sobre el nivel del mar más
Usos	Hojas, cogollo y ramas, son utilizadas para fines medicinales; y la fruta para fines alimenticios, por otra parte, la madera es utilizada para fuentes energéticos
Función ecológica	Recuperación y conservación de suelos y/o áreas degradadas, Restauración ecológica y contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Encino

Quercus acatenanguensis



Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fagales
Familia:	Fagaceae
Género:	Quercus
Especie:	<i>Quercus acatenanguensis</i> <i>Trel.</i>

Características

Nombre común	Encino ("K'ol" en idioma mam).
Origen	Sur de México, Guatemala y El Salvador.
Distribución geográfica	México y Centroamérica.
Distribución ecológica	Puede encontrarse regularmente en zonas de bosques mixtos de pino-encino.
Altura máxima	30 metros.
Tallo	Posee troncos de hasta 1 metro de diámetro con corteza de textura lisa. Posee ramillas de 1 a 2 mm de grosor y de coloración café rojizo.
Hojas	Gruesas y duras, de 3 a 15 cm de largo y de 1 a 4.5 cm de ancho, Lanceolada, elíptica o agudamente ovada y ápice agudo.
Yemas	De 3 a 4 mm de largo y 2 mm de ancho, ovoides o agudos, pubescentes o glabras de color café claro.
Frutos	Fruto bianual, solitario o en pares sobre un pedúnculo. Bellotas de 10 a 17 mm de largo, elíptica a ovoide de color café claro.
Rango altitudinal	1,500 – 3,300 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Utilizada como fuente energética (consumo en leña y producción de carbón) y para producción de broza en el sector agrícola.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Roble, Encino, Sical

Quercus acutifolia



Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fagales
Familia:	Fagaceae
Género:	Quercus
Especie:	<i>Quercus acutifolia</i> Née

Características

Nombre común	Roble, Encino, Sical.
Origen	Sur de México, Guatemala y Honduras.
Distribución geográfica	México sur y algunos países de Centroamérica.
Distribución ecológica	Puede encontrarse regularmente en zonas de bosques mixtos de pino-encino.
Altura máxima	10 - 15 metros.
Tallo	Posee troncos de hasta 0.5 a 1 metro de diámetro con corteza de textura lisa. Posee ramillas de 1.5 a 2.5 mm de grosor y de coloración café rojizo.
Hojas	Deciduas, Gruesas y duras, de 6 a 8 cm de largo y de 2 a 10 cm de ancho, lanceoladas y largamente agudas y con el ápice atenuado.
Yemas	De 3 a 4 mm de largo, ovoides, agudos, glabras o el ápice fulvo tomentoso, estípulas prontamente deciduas.
Frutos	Fruto bianual, solitario o en pares sobre un pedúnculo. Bellotas de 16 a 20 mm de largo, ovoides y redondeadas apicalmente.
Rango altitudinal	1,000 – 2,700 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Utilizada como fuente energética (consumo en leña y producción de carbón), producción de broza y madera para construcción producción.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Roble, Encino

Quercus crassifolia



Taxonomía

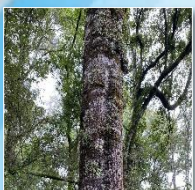
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fagales
Familia:	Fagaceae
Género:	Quercus
Especie:	<i>Quercus crassifolia</i> <i>Bonpl.</i>

Características

Nombre común	Roble, Encino, ("K'ol" en idioma mam).
Origen	Sur de México y Guatemala.
Distribución geográfica	México sur y algunos países de Centroamérica.
Distribución ecológica	Bosques húmedos, usualmente asociados a pino, frecuentemente formando bosques grandes.
Altura máxima	10 - 15 metros.
Tallo	Posee troncos de hasta 0.5 metros de diámetro con corteza de textura lisa. Posee ramillas de 3 a 5 mm, cubierto con tomento gris o café.
Hojas	Grandes, Anchas, y gruesas, coriáceas, el margen es dentado y con puntas aristadas y es de coloración café.
Yemas	De 3 mm de largo o más, ovoides y peludos, estípulas deciduas, cerca de 10 mm de largo, liguladas, dorsalmente pubescentes o glabras.
Frutos	Fruto bianual, de tamaño mediano, solitario, en pares o tríos. Bellotas de 15 a 18 mm de largo y 10 a 12 mm de ancho, ovoides, glabros y café claro.
Rango altitudinal	1,500 – 2,600 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Utilizada como fuente energética (consumo en leña y producción de carbón), producción de broza y madera para construcción producción.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Encino, Roble

Quercus crispifolia



Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fagales
Familia:	Fagaceae
Género:	Quercus
Especie:	<i>Quercus crispifolia</i> <i>Trel.</i>

Características

Nombre común	Encino, Roble.
Origen	Sur de México, El Salvador y Guatemala.
Distribución geográfica	México sur y algunos países de Centroamérica.
Distribución ecológica	Regularmente se puede encontrar en bosques mixtos de montañas húmedas.
Altura máxima	15 metros.
Tallo	Posee troncos de hasta 0.5 metros de diámetro con corteza de textura lisa. Posee ramillas de 1 a 3 mm de grosor y de color café rojizo.
Hojas	Hojas con peciolo cortos, delgadas, duras y coriáceas o algunas veces gruesas, de 10 a 15 cm de largo y de 5 a 7.5 cm de ancho.
Yemas	De 5 a 6 mm de largo, oblongo-fusiformes. Agudas, de color café claro, y posee estípulas prontamente caducifolias.
Frutos	Fruto anual, presenta bellotas anchamente ovoides de 25 a 30 mm de largo y 22 a 26 mm de ancho de color café.
Rango altitudinal	1,300 – 2,700 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Utilizada como fuente energética (consumo en leña y producción de carbón), producción de broza y madera para construcción producción.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Roble

Quercus rugosa



Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fagales
Familia:	Fagaceae
Género:	Quercus
Especie:	<i>Quercus rugosa</i> (Masam.) J.C.Liao

Características

Nombre común	Roble ("K'ol" en idioma mam).
Origen	Sur de México, El Salvador y Guatemala.
Distribución geográfica	Desde el oeste de Texas y sur de Estados Unidos, México y Guatemala.
Distribución ecológica	Regularmente se puede encontrar en bosques mixtos, con suelos franco-arcillosos.
Altura máxima	20 metros.
Tallo	Posee troncos de 0.3 - 0.5 metros de diámetro con corteza de textura escamosa. Posee ramillas de 3 a 6 mm de grosor y de color café grisáceo.
Hojas	Hojas gruesas y rígidas, de 6 a 15 cm de largo y de 5 a 10 cm de ancho, fuertemente coriáceas, rugosas, con ápice redondeado o agudo.
Yemas	Pequeñas, de 2 a 6 mm de largo, ovoides, de color café rojizo y posee estípulas de 5 a 9 mm sedosas y persistentes.
Frutos	Fruto anual, solitarios o en grupos de 2 a 3, presenta bellotas ovoides.
Rango altitudinal	1,000 – 2,700 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Utilizada como fuente energética (consumo en leña y producción de carbón), producción de broza y madera para construcción.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

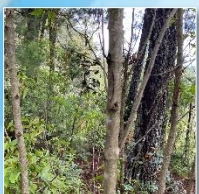
ESPECIES ARBUSTIVAS

ÍNDICE

<i>Ageratina ligustrina</i>	12
<i>Ageratina mairiana</i>	13
<i>Cestrum aurantiacum</i>	14
<i>Croton sp</i>	15
<i>Fuchsia microphylla</i>	16
<i>Fuchsia paniculata</i>	17
<i>Miconia subseriata</i>	18
<i>Monnina xalapensis</i>	19
<i>Montanoa hibiscifolia</i>	20
<i>Myrica cerifera</i>	21
<i>Oreopanax sp</i>	22
<i>Rhamnus capreifolia</i>	23
<i>Roldana petasitis</i>	25
<i>Saurauia montana</i>	24
<i>Solanum aligerum</i>	26
<i>Solanum celsum</i>	27
<i>Solanum chrysotrichum</i>	28
<i>Solanum pertense</i>	29
<i>Verbesina calciphila</i>	30
<i>Wigandia urens</i>	31

Palo robusto

Ageratina ligustrina



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Tribu:	Eupatorieae
Género:	Ageratina
Especie:	<i>Ageratina ligustrina</i> (Regel) R.M.King & H.Rob.

Características

Nombre común	Palo robusto
Origen	Guatemala.
Distribución geográfica	México sur y algunos países de Centroamérica.
Distribución ecológica	Es un arbusto silvestre y abundante en los bosques húmedos.
Altura máxima	3 - 4 metros.
Hábito	Arbusto perenne compacto de tamaño mediano (más grande en una posición protegida).
Hojas	Hojas opuestas y ovaladas de color verde claro, con bordes irregulares.
Flores	Plana de pequeñas flores tubulares que nacen en corimbos, de coloraciones blanca-moradas, ligeramente fragantes.
Rango altitudinal	2,000 – 3,000 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Las flores son utilizadas como ornamentos y las hojas regularmente son usadas como alimento de animales (Forraje para Caprinos)
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Arbusto morado

Ageratina maireriana



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Tribu:	Eupatorieae
Género:	Ageratina
Especie:	<i>Ageratina maireriana</i> Spach, 1,841.

Características

Nombre común	Arbusto morado
Origen	México sur y Guatemala.
Distribución geográfica	México sur y algunos países de Centroamérica.
Distribución ecológica	Estas plantas crecen en las regiones templadas, donde existe abundante humedad.
Altura máxima	3 - 4 metros.
Hábito	Arbusto perenne, compacto y de tamaño mediano, con tallos lisos y de coloración café claro.
Hojas	Hojas opuestas, pecioladas, de forma elíptica y ovalada de color verde claro, con bordes aserrados.
Flores	Inflorescencias en corimbos laxos o densos. Involucro formado por cerca de 30 filarias eximbriciadas o débilmente subimbricadas, en 2-3 series, de coloración blanquecina-moradas.
Rango altitudinal	2,000 – 3,000 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Las flores son utilizadas como ornamentos y las hojas regularmente son usadas como alimento de animales (Forraje para Caprinos)
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Pab'el Amarillo

Cestrum aurantiacum



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	Cestrum
Especie:	<i>Cestrum aurantiacum</i> Lindl.

Características

Nombre común	Pab'el Amarillo (En idioma mam)
Origen	Norteamérica y de Sudamérica.
Distribución geográfica	Países del continente americano
Distribución ecológica	Estas plantas crecen en las regiones frías y templadas, donde existe abundante humedad.
Altura máxima	1 - 3 metros.
Raíz	Perenne, fibrosa y ramificada
Tallo	Tallo erecto, muy ramificado, con las ramas opuestas, bifurcadas o erectas, de color verdoso.
Hojas	Opuestas, lineales o lineal-lanceoladas, agudas, atenuadas en la base, sésiles o subsésiles, enteras, casi planas.
Flores	Las inflorescencias en panículas de muchas flores, de 3-8 cm de largo, de color amarillo, la corola en forma de embudo, con un tubo subcilíndrico, blanco por debajo y por encima de color amarillo.
Fruto	El fruto es una cápsula.
Rango altitudinal	2,000 – 3,000 metros sobre el nivel del mar.
Usos	En escasas ocasiones son usadas como alimento de animales (principalmente para Caprinos)
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Planta de chicle

Croton sp.



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

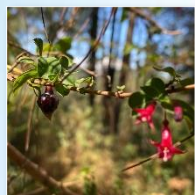
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Malpighiales
Familia:	Euphorbiaceae
Subfamilia:	Crotonoideae
Tribu:	Crotoneae
Género:	Croton
Especie:	<i>Croton sp.</i>

Características

Nombre común	Planta de chicle
Origen	México
Distribución geográfica	México y centro américa
Distribución ecológica	Estas plantas crecen en las regiones frías y templadas donde existe abundante humedad.
Altura máxima	2 - 3 metros.
Tallo	Posee un tallo con látex al realizarle un daño que oxida a color rojo.
Hojas	Hojas alternas o sub-opuestas debajo de las inflorescencias terminales, a veces palmadamente lobadas, pinnatinervias y pecioladas.
Flores	Flores en espigas terminale y axilar, estaminadas con sépalos mayormente 5
Fruto	El fruto es una cápsula.
Rango altitudinal	1,800 – 3,000 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Usualmente se utiliza como consumo en leña, y es utilizada también como cerco vivo.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Palo de agua

Fuchsia microphylla



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Myrtales
Familia:	Onagraceas
Género:	Fucsia
Especie:	<i>Fucsia microphylla</i>

Características

Nombre común	Palo de agua (l'x en mam).
Origen	Sur de México.
Distribución geográfica	México y Centroamérica.
Distribución ecológica	En Guatemala se puede encontrar creciendo en bosques de nubosos, bosques de robles y pinos y en matorrales bajos y lugares rocosos expuestos.
Altura máxima	1 – 2 metros.
Hábito	Arbusto con flores de la familia Onagraceae, perenne y hermafrodita.
Tallo	La planta es variable pero suele crecer erecta y con tallos lisos de varios ejes.
Hojas	Hoja caduca a semiperenne, opuestas, de forma oblanceolada a obovada, aunque pueden ser ovadas o lanceoladas y suelen estar dentadas.
Flores	Las flores no son fragantes y son tubulares, colgantes y de color rosa, y son muy pequeñas.
Fruto	El fruto es de color oscuro, de forma redondeada y mide hasta 1,5 centímetros de diámetro, aunque normalmente mide 5 milímetros de diámetro.
Rango altitudinal	1,200 – 3,800 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Las flores y hojas son utilizadas como ornamentos y es usada como alimento de animales.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Palo de agua

Fuchsia paniculata



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Myrtales
Familia:	Onagraceas
Género:	Fuchsia
Especie:	<i>Fuchsia paniculata</i>

Características

Nombre común	Palo de agua (l'x en mam).
Origen	América central.
Distribución geográfica	México y Centroamérica.
Distribución ecológica	En Guatemala se puede encontrar creciendo en bosques de nubosos, bosques de robles y pinos y en matorrales bajos y lugares rocosos expuestos.
Altura máxima	3 – 8 metros.
Hábito	Arbusto alto o un árbol pequeño, suele tener ramas lisas y erectas.
Tallo	Tallos largos, delgados y muy quebradizos.
Hojas	Simple y opuestas agrupadas en vértices de 3 a 4 hojas, con ápice agudo y bordes dentados.
Flores	Las flores no son fragantes y son tubulares, colgantes y de color rosa, y son muy pequeñas.
Frutos	En bayas globosas, de 0.5 a 1 cm de largo, verdes, tornándose negros o morados al madurar
Semillas	Las semillas miden 1-1,4 mm de largo y 0,5-0,8 mm de grosor.
Rango altitudinal	1,200 – 3,800 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Utilizadas como ornamentos, consumo en leña y como alimento de animales.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Planta de ardilla

Miconia subseriata



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

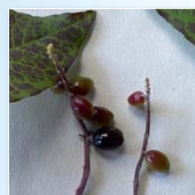
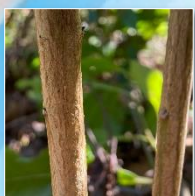
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Myrtales
Familia:	Melastomataceae
Género:	Miconia
Especie:	<i>Miconia subseriata</i>

Características

Nombre común	Planta de agua.
Origen	México y América central.
Distribución geográfica	Se distribuye desde México hasta Sudamérica.
Distribución ecológica	Se encuentra en los bosques nubosos y bosques con alta humedad.
Altura máxima	2 – 5 metros.
Hábito	Arbustos que alcanzan un tamaño de hasta 5 m de altura
Tallo	Con abundantes lenticelas y ramas maduras.
Hojas	Opuestas, elíptico-ovadas a ovado-lanceoladas, 5-7-nervias o el nervio principal inconspicuamente dividido por encima de la base.
Flores	Las inflorescencias en panículas de 5-15 cm, multifloras; flores subsésiles o con pedicelos hasta 0.25 mm y secundas en las ramitas divergentes
Frutos	Los frutos son bayas 4-5 mm de diámetro, púrpuras cuando maduras.
Semillas	Semillas de 0.5 milímetros.
Rango altitudinal	1,100 – 2,800 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Los frutos pueden ser consumidos y es utilizada como fuente energética (Consumo de leña).
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Planta de tinte

Monnina xalapensis



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Polygalaceae
Género:	Monnina
Especie:	<i>Monnina xalapensis</i>

Características

Nombre común	Planta de tinte.
Origen	Sur de México.
Distribución geográfica	México hasta sudamérica.
Distribución ecológica	Generalmente crece dentro y en los márgenes de los bosques y quebradas de climas templados y fríos.
Altura máxima	1.3 – 4 metros.
Hábito	Arbustos que alcanzan un tamaño de hasta 4 metros de altura.
Tallo	Tallo suave de color verde oscuro.
Hojas	Simple alternas de 7-13 cm de largo, de forma lanceolada con margen entero, superficie lisa brillante, pecioladas y con lámina entera.
Flores	Flores perfectas de aspecto papilionáceo.
Frutos	De color verde oscuro cuando está inmaduro y color morado oscuro cuando madura. Indehiscente y pequeño.
Rango altitudinal	1,700 – 4,500 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Es utilizada como alimento de animales (Forraje para Caprinos).
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Saq b'ajlaq (idioma mam)

Montanoa hibiscifolia



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Subfamilia:	Asteroideae
Tribu:	Heliantheae
Género:	Montanoa
Especie:	<i>Montanoa hibiscifolia</i>

Características

Nombre común	Saq b'ajlaq (En idioma mam)
Origen	Sur de México.
Distribución geográfica	México hasta sudamérica.
Distribución ecológica	Generalmente crece dentro y en los márgenes de los bosques y quebradas de climas templados y fríos.
Altura máxima	3 – 6 metros.
Hábito	Son arbustos pequeños o árboles delgados.
Tallo	Tallos pilosos en la parte superior, glabros en la inferior al envejecer.
Hojas	Hojas opuestas (hojas superiores reducidas, alternas), simples, pero a veces profundamente lobadas, pecioladas.
Flores	Capitulescencias de cimas corimbiformes densas; capítulos radiados; filarias en 1–3 series.
Frutos	Páleas envueltas alrededor del ovario de los flósculos del disco en la antesis, en el fruto mucho más grandes y envolviendo a los aquenios, más o menos espinescentes en el ápice.
Rango altitudinal	1,000 – 3,500 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Es utilizada como alimento de animales (Forraje para Caprinos).
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Arrayán

Myrica cerifera



Taxonomía

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fagales
Familia:	Myricaceae
Género:	Myrica
Especie:	<i>Myrica cerifera</i> L. 1,753.

Características

Nombre común	Arrayán, Escoba.
Origen	Estados Unidos.
Distribución geográfica	América Central hasta el sureste de Estados Unidos.
Distribución ecológica	Se adapta a muchos hábitats y crece de forma natural en humedales, cerca de ríos y nacimientos y en bosques de coníferas y bosques mixtos.
Altura máxima	10 - 14 metros.
Hábito	Es una planta perenne, considerado como árbol pequeño o un arbusto grande.
Hojas	Glandulares, son largas, tienen una textura coriácea y bordes dentados, y contienen compuestos aromáticos.
Flores	Flores masculinas tienen tres o cuatro estambres y están rodeadas de brácteas cortas. Las flores femeninas se desarrollan en frutos.
Frutos	Globulares y están rodeados por una capa natural similar a la cera.
Rango altitudinal	800 – 3,000 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Es utilizada como alimento de animales (Forraje para Caprinos).
Función ecológica	Influye positivamente en la función del ecosistema y la resistencia a las perturbaciones a nivel del paisaje.

Escobillo

Oreopanax sp.



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

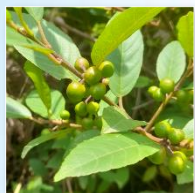
Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Apiales
Familia:	Araliaceae
Subfamilia:	Aralioideae
Tribu:	Schefflerieae
Género:	Oreopanax
Especie:	<i>Oreopanax sp.</i> <i>Decne. & Planch.</i>

Características

Nombre común	Escobillo.
Origen	Sudamérica.
Distribución geográfica	Sudamérica y américa central.
Distribución ecológica	Se adapta en zonas altas, en bosques nubosos, bosques de coníferas y bosques mixtos, usualmente se desarrolla en zonas con alta humedad.
Altura máxima	10 metros.
Hábito	Es una planta perenne. Es un arbusto endémico de Sudamérica.
Hojas	Alternas, palmeadas, profundamente lobuladas, coriáceas, de textura acartonada, los folíolos aserrados y poseen pelos estrellados en el envés.
Flores	Posee Inflorescencia frecuentemente grande y paniculada.
Frutos	Los frutos son globosos y de tamaño pequeños (5-6 mm).
Rango altitudinal	2,000 – 3,000 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Es utilizada como alimento de animales (Forraje para Caprinos).
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Palo amarillo

Rhamnus capreifolia



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

Reino:	Plantae
Filo:	Tracheophyta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Rhamnaceae
Género:	Frangula
Especie:	<i>Rhamnus capreifolia</i> (Donn. Sm.) Grubov.

Características

Nombre común	Palo amarillo.
Origen	Sur de México.
Distribución geográfica	Se distribuye en México (Colima, Nayarit, Oaxaca, Chiapas); Guatemala; El Salvador; Honduras; Nicaragua; Costa Rica; Panamá.
Distribución ecológica	Se adapta en zonas con climas templados y fríos y se desarrolla en bosques de Pinus-Quercus
Altura máxima	10 metros.
Hábito	Es una planta perenne. Es un arbusto endémico de Sudamérica.
Hojas	Elípticas o oblanceoladas, membranosos a subcoriáceas, usualmente bicolor con el envés de color gris claro, presenta de 7 a 11 pares de venas laterales.
Flores	Las inflorescencias son fasciculadas sésiles con una cima pedúnculo y umbeliforme o bifurcada.
Frutos	Los frutos son fasciculados, con algunos tricomas, globosos obovoides.
Rango altitudinal	1,300 – 2,500 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Es utilizada como fuente energética, debido a que es consumida en leña.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Geranio de montaña

Roldana petasitis



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

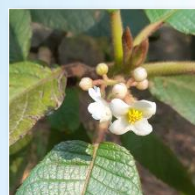
Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Subfamilia:	Asteroideae
Tribu:	Senecioneae
Género:	Roldana
Especie:	<i>Roldana petasitis</i> (Sims) H. Rob. & Brettell (1974).

Características

Nombre común	Geranio de montaña.
Origen	Procede de América central.
Distribución geográfica	Se distribuye en el Sur de México y Centroamérica
Distribución ecológica	Propia de bosques tropicales nublados, y áreas montañosas con alta humedad.
Altura máxima	3 metros.
Hábito	Es un subarbusto perennifolio de tallos débiles, puede alcanzar los 3 metros de altura.
Tallo	Posee tallos subtomentosos, ramificados y redondeados.
Hojas	Simple, alternas, pecioladas, redondeada y ligeramente lobuladas. El verde del haz de las hojas contrasta con el tono grisáceo del envés.
Flores	Grandes inflorescencias de capítulos discoides de color amarillo, como margaritas, de unos 6 pétalos ligulados nacen en panículas foliáceas.
Rango altitudinal	2,000 – 3,500 metros sobre el nivel del mar.
Usos	En escasas ocasiones es utilizada como Alimento de animales (Forraje para Caprinos).
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Moquillo

Saurauia montana



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

Reino:	Plantae
Filo:	Tracheophyta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Ericales
Familia:	Actinidiaceae
Género:	Saurauia
Especie:	<i>Saurauia montana</i> Seem.

Características

Nombre común	Moquillo.
Origen	Centroamérica.
Distribución geográfica	Se distribuye en el Sur de México y Centroamérica
Distribución ecológica	se localiza en sitios abiertos con vegetación secundaria y llega a ser frecuente en las faldas de algunas cordilleras
Altura máxima	10 metros.
Hábito	Árbol o arbusto de 3 a 10 m de alto. Tronco ramificado a baja altura.
Tallo	Corteza exterior marrón. Ramitas terminales simpodiales y cubiertas de pelos ferruginosos.
Hojas	Hojas simples y alternas, de 12-30 x 3-13 cm, obovadas a oblanceoladas, con ápice agudo o acuminado, bordes doblemente aserrados.
Flores	Flores con pétalos blancos con el centro de coloración amarillo y las flores son aromáticas.
Frutos	Bayas globosas, de 0,5-1,5 cm de diámetro, verdes, tornándose blancos o rosados al madurar.
Rango altitudinal	2,000 – 3,500 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Es utilizada como fuente energética. La madera es empleada para leña.
Función ecológica	Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales. Muy importante en la colonización de áreas degradadas

Pab'el (Idioma mam)

Solanum aligerum



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

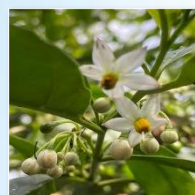
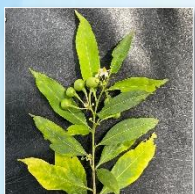
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	Solanum
Especie:	<i>Solanum aligerum</i> Schltdl., 1847.

Características

Nombre común	Pab'el (Idioma mam).
Origen	Sur de México.
Distribución geográfica	México hasta Argentina, y toda Centroamérica.
Distribución ecológica	Habita en bosques nublados, bosques latifoliados y bosques de pino-encino.
Altura máxima	3 metros.
Hábito	Árbol pequeño o arbusto perenne, de 1,5-3 m de alto, con ramas arqueadas.
Tallo	Glabros a densamente pubescentes, con tricomas simples o dendríticos de 0,5-1 mm, a menudo alados por la base decurrente de las hojas.
Hojas	Hojas simples; glabros o pubescentes, nunca volubles; láminas angostamente elípticas a lanceoladas, base atenuada, ápice acuminado.
Flores	Inflorescencia terminal o lateral, de 4-15 cm, varias ramificada, con 10-60 flores, glabra o con tricomas simples o dendríticos.
Frutos	Baya negra o negro-verdosa y roja al madurar, de 0,5-0,8 cm, pericarpo delgado y brillante, glabro.
Rango altitudinal	1,500 – 3,300 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Es utilizada como fuente energética. Los tallos y ramas son empleadas para leña.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Pab'el (Idioma mam)

Solanum celsum



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	Solanum
Especie:	<i>Solanum celsum</i> <i>Standl. & C.V. Morton.</i>

Características

Nombre común	Pab'el mediano (Idioma mam).
Origen	Costa Rica y Panamá.
Distribución geográfica	México y Centroamérica.
Distribución ecológica	Habita en bosques nublados, bosques latifoliados y bosques de pino-encino.
Altura máxima	5 metros.
Hábito	Árbol pequeño o arbusto perenne, de 3-5 m de alto, con ramas arqueadas y delgadas.
Tallo	Glabros a densamente pubescentes, con tricomas simples o dendríticos de 0,5-1 mm, a menudo alados por la base decurrente de las hojas.
Hojas	Alternas, ovadas, de color verde claro, acuminadas apical, basal redondeada, glabras encima, debajo con pelos atestadas; pecíolos de 1 cm de largo.
Flores	La inflorescencia es un corimbo congestionado, pequeño erecto, casi terminal o lateral o enfrente de las hojas, con delgado pedúnculo de 10 cm.
Frutos	Baya verdosa, de 0,5-1,5 cm, glabras pericarpio delgado y brillante, glabro.
Rango altitudinal	1,500 – 3,500 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Es utilizada como fuente energética. Los tallos y ramas son empleadas para leña.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Planta de espinas

Solanum chrysotrichum



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

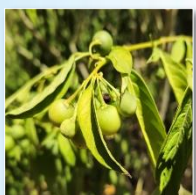
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Subfamilia:	Solanoideae
Tribu:	Solaneae
Género:	Solanum
Subgénero:	Leptostemonum
Especie:	<i>Solanum chrysotrichum</i> Schltdl.

Características

Nombre común	Espina.
Origen	América central.
Distribución geográfica	Centroamérica y sur de México.
Distribución ecológica	Es una especie común, que se encuentra en sitios alterados. Habita en bosques mixtos.
Altura máxima	3 metros.
Hábito	Arbusto perenne.
Tallo	Tallos tomentosos con tricomas multiangulados de pedículos largos y gruesos.
Hojas	Hojas solitarias, alternas, ampliamente ovadas, ápice agudo, base truncada o cordada, enteras o con lobos salientes, afelpadas, el tomento frecuentemente ferrugíneo.
Flores	Inflorescencias simples, cimosas, con pocas ramas, cada rama racemosa, con varias flores, laterales, pedúnculos ramificados.
Frutos	El fruto es una baya globosa, 1–1.5 cm de diámetro, glabra, verde, pedicelos fructíferos gruesos, no alargados, erectos.
Rango altitudinal	1,100 – 2,600 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Es utilizada como fuente energética. Los tallos y ramas son empleadas para leña.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Pab'el (Idioma mam)

Solanum pertenue



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	Solanum
Especie:	<i>Solanum pertenue</i> <i>Standl. & C.V. Morton.</i>

Características

Nombre común	Pab'el grande (Idioma mam).
Origen	Costa Rica
Distribución geográfica	México y Centroamérica.
Distribución ecológica	Bosque nuboso primario premontano o montano y bosques mixtos.
Altura máxima	5 metros.
Hábito	Árbol pequeño o arbusto perenne, de 3-5 m de alto, con ramas arqueadas y delgadas.
Tallo	Tallos más viejos glabros, ligeramente alados desde las bases de las hojas decurrentes; corteza de color rojo grisáceo, no lenticelada.
Hojas	Hojas elípticas a estrechamente elípticas, no geminadas, glabras en el haz y densamente pubescentes a lo largo de las venas en el envés
Flores	Inflorescencias opuestas a las hojas, simples, con 1-3 flores, glabras o diminutamente puberulentas con tricomas erectos uniseriados.
Frutos	Baya globosa, de color verde o verde amarillento cuando madura, de 1,5-2 cm de diámetro
Rango altitudinal	700 – 2,500 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Es utilizada como fuente energética. Los tallos y ramas son empleadas para leña.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Saq b'ajlaq (Idioma mam)

Verbesina calcephila



Estado de Conservación

No evaluado

Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Subfamilia:	Asteroideae
Tribu:	Heliantheae
Subtribu:	Verbesininae
Género:	Verbesina
Especie:	<i>Verbesina calcephila</i>

Características

Nombre común	Saq b'ajlac (Idioma mam).
Origen	Guatemala y sur de México
Distribución geográfica	Desde el occidente de México hasta Centro América
Distribución ecológica	Se desarrolla en zonas con alta humedad, principalmente en bosques nubosos y mixtos.
Altura máxima	8 metros.
Hábito	Árbol pequeño o arbusto perenne, de 5-8 m de alto.
Tallo	Tallos generalmente erectos, generalmente ramificados y con entrenudos.
Hojas	Hojas basales, alternas, sésiles; láminas pinnadonervadas o con 3 o 5 nervaduras desde la base, rómbicas y deltadas.
Flores	Inflorescencias con flores amarillas similares a discos solares.
Frutos	Aquenio (fruto seco y que no abre al madurar) y obovado (con forma de huevo invertido).
Rango altitudinal	1,200 – 2,500 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Es utilizada como fuente energética. Los tallos y ramas son empleadas para leña.
Función ecológica	Captación de humedad atmosférica, retención de suelo y fijación de carbono. Contribución en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Chichicaste ancho

Wigandia urens



Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Lamiales
Familia:	Boraginaceae
Subfamilia:	Hydrophylloideae
Género:	Wigandia
Especie:	<i>Wigandia urens</i> Kunth. 1,819.

Características

Nombre común	Chichicaste ancho
Origen	México
Distribución geográfica	De México a Colombia y Venezuela
Distribución ecológica	En matorrales, en lugares perturbados y como ruderal, también se desarrolla en bosques mixtos.
Altura máxima	8 metros.
Hábito	Planta robusta, leñosa hacia la base, arbustiva o arborescente, cubierta de pelos que le dan una coloración blanquecina o amarillenta.
Tallo	Tallos generalmente erectos, generalmente ramificados y con entrenudos.
Hojas	Alternas, ovadas, ovales o casi circulares, de hasta 50 cm de largo, cubierta de pelos, gruesas, con denticillos en margen y pecíolos de hasta 10 cm.
Flores	Las flores sésiles o casi sésiles se disponen sobre ejes que pueden estar ramificados y se ubican generalmente hacia las puntas de los tallos.
Frutos	Cápsula, ovado-oblonga, de hasta 1 cm de largo, cubierta de abundantes pelillos, al madurar se abre dejando salir las numerosas semillas.
Rango altitudinal	500 – 2,200 metros sobre el nivel del mar.
Usos	Las hojas se utilizan para envolver alimentos frescos. Tallos y ramas son empleadas para leña.
Función ecológica	Dado su carácter de planta pionera, se ha propuesto como especie inicial para la recuperación de suelos en zonas degradadas.

7.4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS CONDICIONES DEL SITIO ESTUDIADO

7.4.1. Principales características de la microrregión I del municipio de San Miguel Ixtahuacán

7.4.1.1. Geografía

Para el desarrollo de la investigación se estudiaron 45 nacimientos de agua (Figura 7) existentes en las aldeas y caseríos de la microrregión I del municipio de San Miguel Ixtahuacán, departamento de San Marcos, la cual consta de 7 aldeas (Cabajchun, Exial Linda Vista, Máquivil, Subchal, Chiningüitz, El Triunfo y Chíliver) y 6 caseríos, (Los Domingo 15 de Mayo, Piedra Parada, Sacchilón, Sibinal, El Pito Plan Subchal y Twi kyaqja).

7.4.1.2. Clima

A nivel de la microrregión I del municipio de San Miguel Ixtahuacán; las condiciones climáticas varían de acuerdo a las distintas comunidades y sitios evaluados (Tabla 2), sin embargo, se determinó que en la misma se encuentran dos tipos de climas; templado y frío respectivamente, esto debido a que las altitudes sobre el nivel del mar varían desde los 2,000 hasta 2,900 metros.

7.4.1.3. Precipitación pluvial

La precipitación pluvial promedio es de 1,900 mm anuales con máximas de 2,799.08 mm siendo los meses de mayo a septiembre los más lluviosos.

7.4.1.4. Zonas de vida

Según mapa de zonas de vida del municipio de San Miguel Ixtahuacán, la microrregión I de dicho municipio cuenta con dos zonas de vida; Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB); (El cual ocupa el 60 % del área total de la microrregión I y está representada por las especies forestales de *Cupressus lusitánica*, *Alnus jorullensis*, *pinus sp* y *Quercus sp*) y Bosque húmedo Montano Bajo subtropical (bh-MB) (ocupando un 40 % del área que ocupa la microrregión y representada por rodales de *Quercus sp*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae*).

7.4.1.5. Suelos

En las zonas evaluadas se identificaron tres tipos de suelos en esta zona, siendo los más abundantes los de tipo franco-arcillosos, seguidos de los suelos limosos y una pequeña parte de suelos arenosos.

7.4.1.6. Hidrografía

En el territorio que ocupa la microrregión I del Municipio de San Miguel Ixtahuacán, se localiza dentro de la cuenca del río Cuilco, en el cual encuentra el río Tzalá que divide en parte al Municipio de San Miguel Ixtahuacán y Sipacapa, recorriendo las comunidades de Cabajchún, Chininguitz y Exial linda Vista de esta microrregión y en la misma se localizan 68 nacimientos de agua.

VIII. CONCLUSIONES

- 8.1. Mediante el desarrollo de la investigación realizada en zonas con existencia de nacimientos de agua en la microrregión I, del municipio de San Miguel Ixtahuacán, se identificaron 11 especies dentro del estrato arbóreo, siendo estas; *Alnus acuminata*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus montezumae*, *Pinus maximinoi*, *Pinus tecunumanii*, *Prunus serotina*, *Quercus rugosa*, *Quercus acutifolia*, *Quercus crassifolia*, *Quercus crispifolia* y *Quercus acatenanguensis* respectivamente, representando el 35 % de la totalidad vegetación identificada, con lo que se alcanzó el objetivo de identificar a la vegetación arbóreas en zonas con existencia de nacimientos de agua, descrita en el objetivo número uno de la presente investigación.
- 8.2. Se identificaron 20 especies en el estrato arbustivo en sus diferentes etapas y formas de crecimiento; *Ageratina ligustrina*, *Cestrum aurantiacum*, *Fuchsia microphylla*, *Fuchsia paniculata*, *Miconia subseriata*, *Monnina xalapensis*, *Montanoa hibiscifolia*, *Myrica cerifera*, *Oreopanax sp*, *Rhamnus capreifolia*, *Roldana petasitis*, *Saurauia montana*, *Solanum aligerum*, *Solanum celsum*, *Solanum chrysotrichum*, *Solanum pertenuae*, *Verbesina calcephila*, *Wigandia urens*, *Croton sp*, y *Ageratina maireriana* correspondiente al 65 % del total de especies identificadas, lo cual cumple con el objetivo de identificación de la vegetación arbustiva en zonas con existencia de nacimientos de agua, descrita en el objetivo número uno de la presente investigación.

- 8.3. Las especies de árboles y arbustos presentan diversas características distintivas y específicas para cada una, y para efectos de la investigación se clasificaron dichas características en dos segmentos; para el primer caso se realizó caracterización ecológico y socioeconómica, para ello se realizaron análisis estadísticos para determinar la diversidad de especies en cada uno de las zonas intervenidas y el valor ecológico y social de cada una de ellas; y para el segundo caso se realizó la caracterización anatómica y morfológica, en la que se describieron las principales características de los árboles y arbustos identificados, quedando plasmadas en el catálogo de especies elaborado, logrando de ésta manera alcanzar el objetivo trazado número dos de esta investigación.
- 8.4. Considerando el enfoque de la investigación se describieron las principales características y condiciones de los 45 sitios evaluados dentro de la microrregión I del municipio de San Miguel Ixtahuacán, en la que se describieron aspectos de ubicación geográfica, zonas de vida y tipos de clima, tipo y uso de suelos, altura sobre el nivel del mar, porcentajes de pendiente y caudales de los nacimientos, y con ello se logró obtener un panorama general del ambiente en el que se desarrollan las especies caracterizadas, logrando de ésta manera alcanzar el objetivo trazado número tres de la investigación.

- 8.5. Considerando la importancia que representa la vegetación asociada para la conservación y protección del recurso hídrico, contribuyendo a mantener una buena calidad del agua, influyendo también en la reducción de riesgos relacionados, estabilizando los sitios físicos, y manteniendo los patrones de flujo natural de éste en los nacimientos de agua; por medio del estudio desarrollado se determinó en base a su Índice de Valor de Importancia ecológica, que las especies arbóreas (*Alnus acuminata*, *Pinus pseudostrobus*, *Quercus crispifolia*, *Quercus acutifolia*, *Quercus Crassifolia* y *Pinus maximinoi*) y las especies arbustivas (*Verbesina calcephila*, *Fuchsia paniculata*, *Roldana petasitis*, *Monnina xalapensis*, *Fuchsia microphylla*, *Montanoa hibiscifolia*, *Solanum aligerum* y *Miconia subseriata*), son las especies más importantes y apropiadas para la protección y conservación de los nacimientos de agua ubicados en la microrregión I del municipio de San Miguel Ixtahuacán, teniendo presente que la naturaleza misma proporciona el escenario natural para el desarrollo de los ecosistemas, y con ello el hombre pueda adoptar esa integración vegetal para replicarla en otras zonas con características edafo-climáticas similares.

IX. RECOMENDACIONES

- 9.1. Considerando la importancia de la investigación y acciones relacionadas a la protección y conservación del recurso hídrico se recomienda al departamento de investigación forestal del INAB y otras instituciones y/o sectores afines a realizar estudios de esta naturaleza en otros ecosistemas, esto con la finalidad de expandir el estudio sobre las especies de importancia ecológica que influyen positivamente en los nacimientos de agua.
- 9.2. Socializar los resultados e impactos observados en el presente estudio a personas y entidades locales y en zonas con ecosistemas similares, con la finalidad de que se consideren los aspectos alcanzados para el cuidado y manejo de zonas con existencia de nacimientos de agua.
- 9.3. Establecer viveros locales con las especies vegetales caracterizadas para la protección y conservación de nacimientos de agua, considerando principalmente a las especies de árboles y arbustos de mayor importancia ecológica que fueron identificadas mediante el presente estudio.
- 9.4. Considerar la información generada en el desarrollo de la presente investigación para posteriores planes y actividades de restauración de áreas degradadas con existencia de nacimientos de agua, en zonas con características edafo-climáticas similares a la de la microrregión I, del municipio de San Miguel Ixtahuacán, por parte del INAB e instituciones involucradas en el cuidado de los recursos naturales.
- 9.5. Realizar estudios posteriores sobre métodos y técnicas de reproducción de las especies de árboles y arbustos identificados, esto con la finalidad de propagarlas y utilizarlas en actividades de restauración de áreas degradadas.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (Julio 1,995). Estudio Sobre el Desarrollo de las Aguas Subterráneas y superficiales en el Altiplano Central de la República de Guatemala. Tokyo: Kokusai Kogyo Co., Ltd.

Anna Lawrence; William Hawthorne (2,006). Plant Identification: Creating User-friendly Field Guides for Biodiversity Management.

Artega, Orlandino T (Abril 1,998). El Sector Recursos Hídricos y su Infraestructura Institucional-República de Guatemala. Guatemala.

BOLFOR; Mostacedo, Bonifacio; Fredericksen, Todd S. (2,000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia

Centro universitario de nor-occidente –Cunoroc (Noviembre de 2,017). Identificación de especies de árboles y arbustos del ecosistema bosque tropical montano nuboso en etapas de restauración ecológica forestal en el altiplano occidental de Guatemala” Huehuetenango, Guatemala

César Sandoval, Juventino Gálvez y Daniel Pinillos (2,022): Bosques Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Editorial Cara Parens. Guatemala. Guatemala.

Choc, Fernando López (1999). Instalación de Limnógrafos en Estaciones de la Red Hidrológica Nacional y Aforado de Corrientes Superficiales de Guatemala. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. Ciudad de Guatemala.

Chuncho G., Chuncho C., y Aguirre Z. (2,019). Anatomía y morfología vegetal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 134 páginas

Dirección Municipal de Planificación (2,010). Plan de Desarrollo Municipal –PDM-2011-2025. Municipalidad de San Miguel Ixtahuacán. 95 p.

INAB, CONAP, MAGA, MARN, UVG y URL. (2,023). Cobertura Forestal de Guatemala 2020 y Dinámica de Cobertura Foresta.

INAB, IARNA-URL. (2,012). Primer Informe Nacional sobre el Estado de los Recursos Genéticos Forestales en Guatemala. Guatemala, XXXpp.

Instituto Nacional de Bosques (2,015). Programa Nacional de Investigación Forestal. Dirección de Desarrollo Forestal, Departamento de Investigación Forestal. SERIE TÉCNICA DT-007 Primera Edición. Guatemala. 68 pp.

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) (Junio de 1,992). Balance Hídrico Superficial de La República de Guatemala. Ciudad de Guatemala.

MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, GT). (2,004) Atlas Geográfico de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:225,000. Color.

Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA- Dirección de Información, Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos –DIGEGR- (2,020) Determinación de la Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra a escala 1: 50,000 de la República de Guatemala. Guatemala.

Oficina Municipal de Agua y Saneamiento Ambiental (Agosto 2,011). Plan Director de Agua y Saneamiento Ambiental San Miguel Ixtahuacán, San Marcos, Guatemala, C. A.

Organización Panamericana de la Salud, Plan Regional de Inversiones en Ambiente Salud, (Marzo 1,995) Análisis Sectorial de Agua Potable y Saneamiento en Guatemala, Serie Análisis Sectoriales, No. 4, Washington, DC, p. 5.

Paul Simón, Tapped Out (1,998). La Crisis Mundial de Agua que se Avecina y Que es lo que Podemos hacer al Respecto. (Tapped Out: The Coming World Crisis and What We Can do About It), Publicaciones Welcome Rain, New York, p.198.

Perfil Ambiental de Guatemala (2,022): Tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental. Universidad Rafael Landívar. Guatemala.

UVG, INAB, CONAP. (2,006). Dinámica de la Cobertura Forestal de Guatemala durante los años 1,991, 1,996, 2,001 y Mapa de Cobertura Forestal 2,001. Guatemala, 90 pp.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Formato para colecta de información de especies forestales

[illegible]

Anexo 2. Boleta de encuesta para identificación de especies.

BOLETA DE ENCUESTA PARA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES FORESTALES Y ARBUSTIVAS APROPIADAS PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE NACIMIENTOS DE AGUA.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de San Marcos.

Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible

"Conocimientos sobre especies forestales y arbustivas apropiadas para la conservación y protección de nacimientos de agua en el municipio de San Miguel Ixtahuacán"

Explique o Marque con una X los enunciados que se le presentan.

1. Datos Generales.

- 1.1. Nombre _____
- Edades: 18 a 50 ☐ mayores de 50 años ☐ Sexo: M ☐ F ☐
- 1.2. Fecha de la Encuesta: _____
- 1.3. Localidad: _____
- 1.4. Referencias Adicionales sobre localización: _____

2. Conocimiento sobre uso de las especies.

- 2.1. Nombre (s) común (es) de la planta: _____
- 2.2. Hábito de la Planta:
Especie forestal ☐ Especie Arbustiva ☐
- 2.3. Origen de la planta:
Nativa ☐ Introducida/Plantada ☐
- 2.4. Forma de reproducción: _____
- 2.5. Uso de la planta:
Maderable ☐ Energético ☐ Medicinales ☐ Ornamental ☐ Otro ☐
Forma de uso: _____
Partes de la Planta que Utiliza:
Raíz ☐ Tallo ☐ Hojas ☐ Frutos ☐ Cogollos ☐ Semillas ☐ Corteza ☐ Otro ☐

3. Conocimiento sobre beneficios de las especies.

- 2.11. Beneficios que proporciona
Sociales ☐ Económicos ☐ Ambientales ☐
Descripción del beneficio: _____
- 2.13. ¿Contribuye en la conservación y protección de las fuentes de agua?: Si ☐ No ☐
¿Por qué?: _____

4. Observaciones:

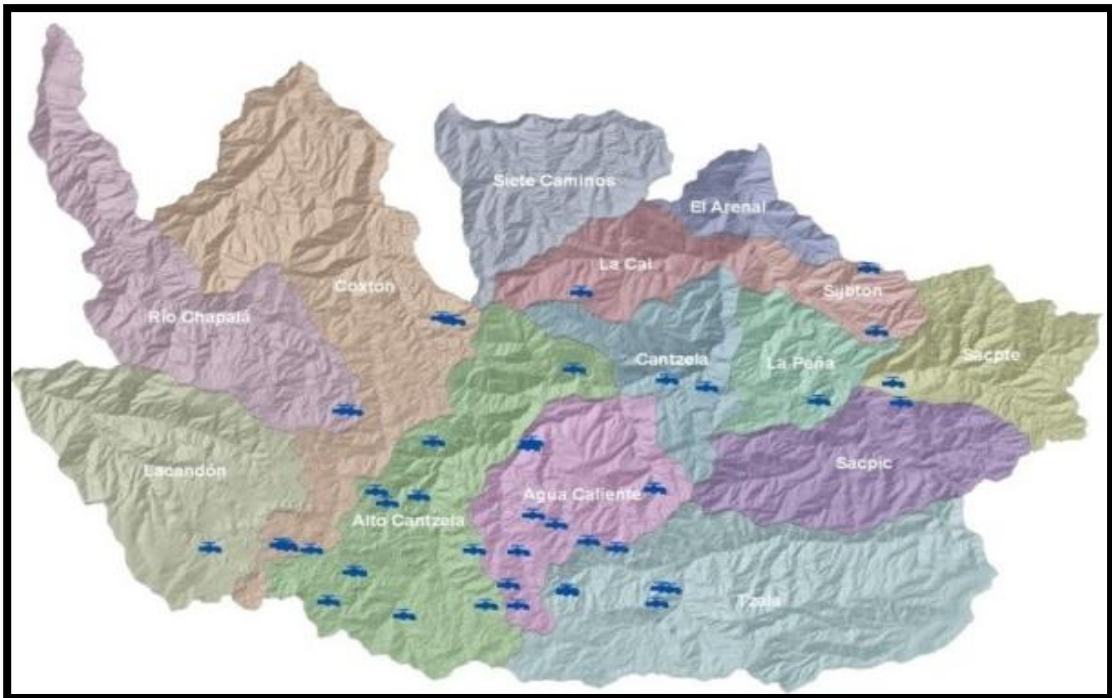
Anexo 3. Ficha de colecta de muestras de especies.

Universidad de San Carlos de Guatemala USAC Centro Universitario de San Marcos -CUSAM. Departamento de Investigación Forestal Instituto Nacional de Bosques -INAB.	
DATOS DE LOCALIZACIÓN	
Departamento	
Municipio	
Aldea	
Caserío, Cantón, paraje	
Referencias adicionales sobre la localización	
Coordenadas geográficas	
DATOS DE COLECTA	
Colector	
Número de Colección	
Hábitat	
Hábito de la planta	
Árbol ☐	Arbusto ☐
Flores	
Frutos	
Tallo	
Semilla	
Nombre común	
Fecha de colecta	
Uso tradicional	
Formas de uso	
Observaciones	

Anexo 4. Ficha de colecta de información para caracterización de zonas a intervenir

Universidad de San Carlos de Guatemala USAC Centro Universitario de San Marcos -CUSAM. Departamento de Investigación Forestal Instituto Nacional de Bosques -INAB.	
DATOS DE LOCALIZACIÓN	
Fecha	
Nombre o Número de fuente	
Propietario (s)	
Departamento	
Municipio	
Aldea	
Caserío, Cantón, paraje	
Referencias adicionales sobre la localización	
Coordenadas geográficas	X: Y:
Altura sobre el nivel del mar (m)	
Porcentaje de pendiente	
Zona de vida	
Clima	
Tipo de Suelo	
Uso del suelo	

Anexo 5. Selección y propuesta del área para desarrollo de la investigación.



Anexo 6. Identificación de las zonas de intervención.



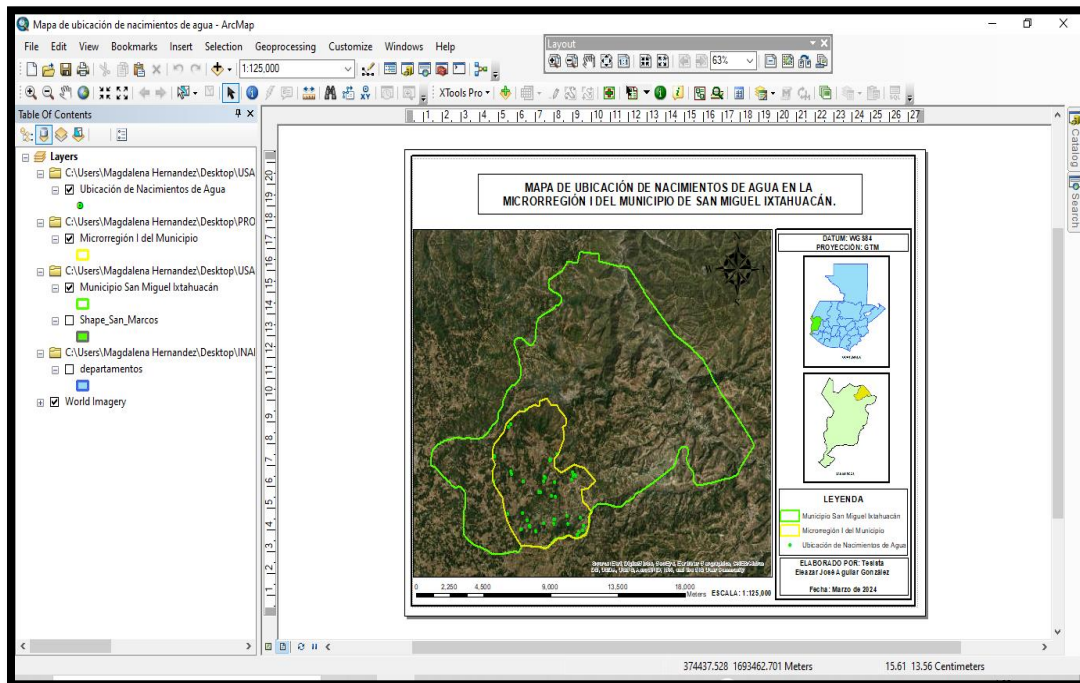
Anexo 7. Reuniones comunitarias para socialización y solicitud de apoyo de la investigación.



Anexo 8. Exploración de zonas a intervenir.



Anexo 9. Conocimiento general del área y elaboración de mapa base.



Anexo 10. Coordinación de visitas para levantamiento de datos.



Anexo 11. Levantamiento de datos de campo.



Anexo 12. Participación en Taller Sobre colecta e identificación de especies vegetales.



**Anexo 13. Colecta de muestras vegetales de las especies arbustivas y
arbóreas para herbario.**



Anexo 14. Modelo de herbario elaborado de especies identificadas.



Anexo 15. Documentos de apoyo para Identificación de especies.



Anexo 16. Catálogo elaborado para las especies identificadas.

