

# ESTUDIO TÉCNICO JUSTIFICATIVO

Para la declaratoria del

## ÁREA MUNICIPAL DE PROTECCIÓN HIDROLÓGICA

# Sierra de Tesistán-Cerro La Col



Medio Ambiente  
Gestión Integral de la Ciudad



Gobierno de  
Zapopan



## **H. AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DE ZAPOPAN 2021-2024**

Juan José Frangie Saade  
**Presidente Municipal**

Manuel Rodrigo Escoto Leal  
**Síndico**

Melina Alatorre Núñez  
Sandra Graciela Vizcaíno Meza  
Iván Ricardo Chávez Gómez  
Nancy Naraly González Ramírez  
Fabian Aceves Dávalos  
Ximena Buenfil Bermejo  
Gabriela Alejandra Magaña Enríquez  
Claudio Alberto De Angelis Martínez  
José Miguel Santos Zepeda  
Estefanía Juarez Limón  
Alberto Uribe Camacho  
Karla Azucena Díaz López  
Emmanuel Alejandro Puerto Covarrubias  
José Pedro Kumamoto Aguilar  
Ana Luisa Ramírez Ramírez  
Omar Antonio Borboa Becerra  
Dulce Sarahí Cortes Vite  
**Regidoras y Regidores**

Patricia Fregoso Cruz  
**Coordinadora General de Gestión Integral de la Ciudad**

Miguel Arturo Vázquez Aguilar  
**Director de Medio Ambiente**



### **Coordinación general**

M.C. Ana Luisa Santiago Pérez

### **Edición y revisión**

Dr. Luis Gabriel Torres González

Dra. Margarita Anaya Corona

M.C. Ana Luisa Santiago Pérez

M.C. Leticia Hernández López

Dra. Ana Isabel Ramírez Quintana

### **Sistema de Información Geográfica y Cartografía**

Geóg. Jaime Martínez Tovar

Biól. Arquímedes Alfredo Godoy González

### **Medio Físico**

Dra. Laura Elizabeth Peña García

Dr. Roberto Maciel Flores

Dr. José Guadalupe Rosas Elguera

P. Biól. José María Hernández Sánchez

Mtra. Leticia Loza Ramírez

### **Hidrología**

Ing. Josué Daniel Sánchez Tapetillo

Ing. Melissa Consuelo Pérez

Ing. Ana Cristina Palacios Ahumada

### **Flora**

M.C. Leticia Hernández López

M.C. Jesús Jacqueline Reynoso Dueñas

M.C. Alejandra Flores Argüelles

Biól. Omar Ibarrarán Madrigal

M.C. Gregorio Nieves Hernández

### **Fauna**

M.C. Verónica Carolina Rosas Espinoza

M.C. Ana Luisa Santiago Pérez

Biól. Laura Villicaña Vázquez

P. Biól. Néstor Mauricio Ramírez Velázquez

Est. Biól. Israel Salcido Rodríguez

P. Biól. José María Hernández Sánchez

### **Medio Social**

Dra. Ana Isabel Ramírez Quintana

P. Biól. Natalia Abril Flores Ponce

### **Ordenamiento ecológico del territorio**

Dr. Luis Gabriel Torres González

Dra. Margarita Anaya Corona

### **Calidad del Agua**

Dr. Javier García Velasco

### **Fotografías de portada, páginas 1 y 2**

Biól. Saulo A. Cortés Arévalo



## 1. INFORMACIÓN GENERAL

- Nombre del área: Sierra de Tesistán – Cerro La Col
- Categoría propuesta: Área Municipal de Protección Hidrológica
- Institución participante: Dirección de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Zapopan.

## ÍNDICE GENERAL

1. Información general..	1
2. Introducción	14
3. Antecedentes	16
3.1 La transformación del Territorio.....	17
4. Justificación	18
5. Objetivo general y objetivos particulares	19
6. Ubicación geográfica y delimitación del polígono del estudio	20
6.1 Ubicación geográfica	20
6.2 Delimitación del polígono	21
6.2 Zona de influencia	28
6.3 Vías de acceso	30
7. Caracterización Ambiental	32
7.1 Relevancia abiótica	32
7.1.1 Geología	37
7.1.2 Geomorfología	46
7.1.3 Edafología.....	48
7.1.4 Hidrología	51
7.1.5 Clima	53
7.1.6 Cuenca atmosférica.....	63
7.2 Características hidrológicas	76
7.2.1 Delimitación de Microcuencas	76
7.2.2 Estimación de la precipitación en las microcuencas.....	120
7.2.3 Hidrología subterránea	125
7.2.4 Coeficientes de escorrentía.....	127
7.2.5 Escorrentías para periodo de retorno 50 años	139
7.2.6 Balance hidrológico	140
7.2.7 Evaluación de la calidad del agua superficial	142
7.3 Relevancia biótica	160
7.3.1 Flora y vegetación.....	160
7.3.2 Fauna	173
Fauna exótica e invasora	180
7.4 Características paisajísticas.....	181
7.4.1 Denominación de las unidades de paisaje y los complejos	183
7.5 Problemática ambiental y factores de riesgo	193

Cambio de uso del suelo.....	193
Incendios forestales .....	195
Fragmentación del paisaje.....	197
Contaminación de agua .....	198
Sobreexplotación de acuíferos.....	199
Peligros naturales .....	199
8. Caracterización del medio social y construido .....	203
8.1 Factor social y económico .....	204
8.2 Tipo de uso del suelo y usos del agua .....	211
8.3 Impacto que tienen los cuerpos de agua en el desarrollo de las actividades productivas primarias, secundarias y terciarias de la región .....	215
8.4 Utilidad pública del recurso agua .....	216
8.5 Factores de riesgo y tendencias en los usos del agua .....	216
8.6 Régimen de tenencia de la tierra en la delimitación del polígono propuesto .....	217
8.7 Infraestructura básica y de servicios ubicados en el polígono propuesto, en específico la de carácter hidráulico.....	219
8.8 Ubicación de los cuerpos de agua de temporal y permanentes .....	220
9. Instrumentos de Ordenamiento Ecológico del Territorio y Planeación Urbana aplicables para el caso del Municipio de Zapopan y la Reserva Natural de la Sierra de Tesistán-Cerro La Col .....	221
9.1 Fundamento jurídico .....	221
9.2 Nivel Internacional .....	221
9.2.1 La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.....	221
9.3 Nivel Nacional .....	222
9.3.1 El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 .....	222
9.3.2 Ley de Planeación .....	222
9.3.3 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) .....	222
9.3.4 En el artículo 26 (CPEUM) .....	223
9.3.5 La Ley de Planeación .....	224
9.3.6 Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible .....	225
9.3.7 Regulación Ambiental de los Asentamientos Humanos .....	225
9.3.8 La Ley General de Asentamientos Humanos Ordenamiento Territorial Y Desarrollo Urbano (LGAHOTYDU) .....	225
9.3.9 Ley General de Vida Silvestre .....	226
9.3.10 La Ley de Aguas Nacionales.....	227
9.3.11 Ley General de Cambio Climático .....	227
9.3.12 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable .....	227
9.3.13 La Ley General de Vida Silvestre, la Ley Forestal, la Ley de Obras Públicas y Servicios, la Ley General de Salud y la Ley de Vivienda y Políticas.....	228
9.4 Ordenamientos y Regulaciones de Nivel estatal .....	229

9.4.1 Código Urbano para el Estado de Jalisco (CUEJ).....	229
9.4.2 Plan Estatal de Desarrollo Urbano (2016-2033).....	229
9.4.3 Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Jalisco.....	230
9.4.4 Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano del Área Metropolitana de Guadalajara (POTmet) .....	230
9.4.4.1 Consolidación de un sistema verde periurbano .....	231
9.4.5 Planes Parciales de Desarrollo Urbano .....	231
9.4.6 Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.....	231
9.4.7 Ley de Agua para el Estado de Jalisco y sus Municipios .....	232
9.4.8 Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Jalisco .....	233
9.4.9 Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Jalisco 2014-2018 .....	233
9.4.10 Constitución Política del Estado de Jalisco .....	234
9.5 En el ámbito jalisciense, la RAAH en la LEEPA .....	234
9.5.1 Programa de Acción para el Cambio Climático del Municipio de Zapopan .....	234
9.5.2 Otras regulaciones a Nivel Municipal .....	235
10 . Prospección .....	237
Prospección ante el cambio climático .....	237
Prospección de vulnerabilidad, posibles riesgos y peligros.....	237
11 . Propuesta de programa de manejo y conservación .....	239
11.1 Subprograma de Protección .....	241
Componente de inspección y vigilancia.....	241
Componente de prevención, control y combate de incendios y/o contingencias ambientales ....	243
Componente de preservación e integridad de áreas frágiles y sensibles .....	245
Componente de protección contra especies exóticas invasoras y control de especies y poblaciones que se tomen perjudiciales.....	246
Componente de mitigación y adaptación al cambio climático .....	247
11.2 Subprograma de Manejo .....	248
Componente de desarrollo y fortalecimiento comunitario.....	249
Componente de actividades productivas tradicionales y alternativas .....	251
Componente manejo y uso sustentable de agroecosistemas y ganadería .....	252
Componente manejo y uso sustentable de ecosistemas terrestres, recursos forestales y vida silvestre .....	253
Componente mantenimiento de servicios ecosistémicos.....	254
11.3 Subprograma de Restauración.....	256
Componente de conectividad y ecología del paisaje .....	256
Componente de recuperación de especies .....	257
Componente de conservación de agua y suelo .....	257
Componente de reforestación y restauración de ecosistemas .....	258
11.4 Subprograma de Conocimiento.....	259
Componente fomento a la investigación y generación de conocimiento .....	260
Componente inventarios, líneas base y monitoreo del ambiente y socioeconómico .....	261
11.5 Subprograma de Cultura .....	262

Componente de participación .....	263
Componente de comunicación, difusión e interpretación ambiental .....	263
11.6 Subprograma de Gestión .....	264
Componente de administración y operación .....	265
Componente de infraestructura, señalización y obra pública .....	267
Componente de regulación y de usos de los espacios dentro del AMPH SITECOL .....	268
12. Zonificación .....	270
12.1 Criterios considerados para definir la subzonificación .....	270
12.2 Metodología para la subzonificación .....	271
12.3 Subzonas y políticas de manejo .....	274
13. REGLAS ADMINISTRATIVAS .....	288
14. MECANISMOS DE OPERACIÓN Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO .....	294
Propuesta de operación del Área Natural Protegida .....	294
Mecanismo de financiamiento .....	296
15. LITERATURA CITADA .....	302
16. ANEXOS .....	314
17. AGRADECIMIENTOS .....	315



## Índice de Tablas

Tabla 1	Áreas Naturales Protegidas en el Municipio de Zapopan, Jalisco. ....	15
Tabla 2	Superficie de la cobertura de uso de suelo y vegetación del AMPH SITECOL. ....	31
Tabla 3	Localización geográfica de las estaciones climatológicas .....	55
Tabla 4	Temperatura promedio mensual del AMPH SITECOL.....	57
Tabla 5	Temperatura del aire promedio anual por década del AMPH SITECOL .....	59
Tabla 6	Precipitación media mensual y anual y el número de días con lluvia. ....	60
Tabla 7	Estaciones meteorológicas en el área metropolitana de Guadalajara .....	63
Tabla 8	Áreas y perímetros de las microcuencas dentro del AMPH SITECOL. ....	78
Tabla 9	Parámetros de forma de la microcuenca del Arroyo San Antonio. Coeficiente de compacidad (Cc), Relación de elongación (Re) y el alargamiento medio de Caquot (Ca). ....	80
Tabla 10	Pendiente de la microcuenca del Arroyo San Antonio.....	81
Tabla 11	Valores de Leyes de Horton de la microcuenca del Arroyo San Antonio.....	83
Tabla 12	Características de la red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo San Antonio .....	83
Tabla 13	Características del cauce principal de la microcuenca del Arroyo San Antonio .....	83
Tabla 14	Parámetros de forma de la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas .....	85
Tabla 15	Pendiente de la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas .....	85
Tabla 16	Valores de Leyes de Horton de la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas. ....	87
Tabla 17	Características de la red hidrográfica de la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas .....	87
Tabla 18	Características del cauce principal de la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas .....	87
Tabla 19	Parámetros de forma de la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos .....	88
Tabla 20	Pendiente de la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos .....	89
Tabla 21	Valores de Leyes de Horton de la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos. ....	91
Tabla 22	Características de la red hidrográfica de la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos .....	91
Tabla 23	Características del cauce principal de la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos. Fuente: elaboración propia.....	91
Tabla 24	Parámetros de forma de la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago .....	93
Tabla 25	Pendiente de la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago .....	93
Tabla 26	Valores de Leyes de Horton de la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago.....	95
Tabla 27	Características de la red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago .....	95
Tabla 28	Características del cauce principal de la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago .....	95
Tabla 29	Parámetros de forma de la microcuenca del Arroyo Grande.....	96
Tabla 30	Pendiente de la microcuenca del Arroyo Grande.....	97
Tabla 31	Valores de Leyes de Horton de la microcuenca del Arroyo Grande. ....	99
Tabla 32	Características de la red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo Grande .....	99
Tabla 33	Características del cauce principal de la microcuenca del Arroyo Grande.....	99
Tabla 34	Parámetros de forma de la microcuenca del Arroyo La Soledad .....	100
Tabla 35	Pendiente de la microcuenca del Arroyo La Soledad .....	101
Tabla 36	Valores de Leyes de Horton de la microcuenca del Arroyo La Soledad.....	103
Tabla 37	Características de la red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo La Soledad.....	103
Tabla 38	Características del cauce principal de la microcuenca del Arroyo La Soledad .....	103

Tabla 39	Parámetros de forma de la microcuenca del Arroyo Agua Zarca .....	104
Tabla 40	Pendiente de la microcuenca del Arroyo Agua Zarca .....	105
Tabla 41	Valores de Leyes de Horton de la microcuenca del Arroyo Agua Zarca.....	106
Tabla 42	Características de la red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo Agua Zarca.....	107
Tabla 43	Características del cauce principal de la microcuenca del Arroyo Agua Zarca .....	107
Tabla 44	Parámetros de forma de la microcuenca del Arroyo tributario al Río Blanco .....	108
Tabla 45	Pendiente de la microcuenca del Arroyo tributario al Río Blanco.....	109
Tabla 46	Valores de Leyes de Horton de la microcuenca del Arroyo tributario al Río Blanco. ....	111
Tabla 47	Características de la red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo tributario al Río Blanco .....	111
Tabla 48	Características del cauce principal de la microcuenca del Arroyo tributario al Río Blanco .....	111
Tabla 49	Parámetros de forma de la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo ...	112
Tabla 50	Pendiente de la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo .....	113
Tabla 51	Valores de Leyes de Horton de la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo. ....	115
Tabla 52	Características de la red hidrográfica de la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo	115
Tabla 53	Características del cauce principal de la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo	115
Tabla 54	Parámetros de forma de la microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago .....	117
Tabla 55	Pendiente de la microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago .....	117
Tabla 56	Valores de Leyes de Horton de la microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago. Fuente: elaboración propia. ....	118
Tabla 57	Características de la red hidrográfica del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago .....	118
Tabla 58	Características del cauce principal de la microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago.....	119
Tabla 59	Estaciones climatológicas con influencia en el polígono del SITECOL .....	121
Tabla 60	Porcentaje de influencia de las estaciones climatológicas en el AMPH SITECOL. ....	122
	Fuente: elaboración propia. ....	122
Tabla 61	Valores de P-D-Tr ponderadas para el SITECOL .....	123
Tabla 62	Valores de I-D-Tr ponderadas para el SITECOL.....	124
Tabla 63	Uso del suelo y coeficientes de escorrentía. ....	128
Tabla 64	Coefficiente de escorrentía "C" para cada cuenca con influencia en la SITECOL. ....	139
Tabla 65	Escorrentías para periodo de retorno (Tr) 50 años SITECOL .....	140
Tabla 66	Especificaciones técnicas de muestreo y preservación del agua (NOM-AA-14-1980).....	144
Tabla 67	Descripción de principales métodos analíticos en agua.....	144
Tabla 68	Proceso metodológico empleado en la determinación de los parámetros de calidad enumerados.	147
Tabla 69	Ubicación de los sitios de muestreo en AMPH SITECOL y zona de influencia. ....	148
Tabla 70	Descripción de los parámetros obtenidos en los sitios de muestreo. ....	150
Tabla 71	Resultados de análisis fisicoquímicos. ....	150
Tabla 72	Resultados del análisis microbiológico (coliformes totales y fecales). ....	151
Tabla 73	Resultados de plaguicidas de los sitios de muestreo con respecto a límites permitidos en la NOM 127-2021	152

Tabla 74	Número de especies de plantas por categoría enlistadas en la NOM-059-2010, 2019, UICN y CITES.	163
Tabla 75	Especies de plantas con alguna categoría de riesgo en la NOM-059-2010, 2019, UICN y CITES.	164
Tabla 76	Superficie en el AMPH SITECOL por tipo de cobertura del suelo según diversas fuentes.	169
Tabla 77	Riqueza total de vertebrados registrada para Sierra de Tesistán-Cerro La Col. END= Endemismo y NOM-059-SEMARNAT-2010: En peligro de extinción (P), Amenazada (A), Protección especial (Pr).	176
Tabla 78	Especies de fauna silvestre en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.	177
Tabla 79	Fauna exótica invasora que se puede encontrar en Sierra de Tesistán-Cerro El Col. (*) especies registradas a través de observación directa.	180
Tabla 80	Unidades de paisaje prospectivas del municipio de Zapopan	182
Tabla 81	Clasificación de los complejos paisajísticos por sus variables físicas.	186
Tabla 82	Responsabilidades y Competencias de acuerdo con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.	196
Tabla 83	Población total de los ejidos dentro del polígono.	204
Tabla 84	Población económicamente activa, ocupada, desocupada por rango de edad.	205
Tabla 85	Población de 15 años y más analfabeta.	206
Tabla 86	Opiniones emitidas por parte de estudiantes de la Escuela Primaria Urbana 1251 "José Ángel Conchello Dávila" (2023).	207
Tabla 87	Clasificación por tipo de hábitat de la cobertura de uso de suelo del año 2016 en el municipio de Zapopan de acuerdo con el POELZ.	212
Tabla 88	Aprovechamiento de Agua Superficial en el Municipio de Zapopan	213
Tabla 89	Viviendas particulares habitadas que disponen de servicio público de agua	216
Tabla 90	Superficie con alguna categoría de sequía en el municipio de Zapopan	217
Tabla 91	Superficie por ejidos dentro del polígono propuesto para el AMPH SITECOL.	217
Tabla 92	Índices de vulnerabilidad al cambio climático del Municipio de Zapopan. Los valores numéricos conforme se acercan a 1.0 es mejor la condición.	238
Tabla 93	Superficie ocupada por las zonas y subzonas en el AMPH Sierra de Tesistán-Cerro La Col.	271
Tabla 94	Zonificación y subzonificación con base en las características del APHM SITECOL.	273
Tabla 95	Fuentes potenciales de financiamiento de interés para el AMPH SITECOL	298
Tabla 96	Administración para el manejo básico del AMPH SITECOL.	299
Tabla 97	Programas y proyectos que posibilitan la gestión y vinculación con el AMPH SITECOL.	300
Tabla 98	Caracterización de alianzas potenciales para el manejo eficiente del AMPH SITECOL.	301

## Índice de Figuras

Figura 1	Ubicación del polígono del AMPH Sierra de Tesistán - Cerro La Col, municipio de Zapopan, Jalisco.....	20
Figura 2	Delimitación del polígono del AMPH Sierra de Tesistán - Cerro La Col, municipio de Zapopan, Jalisco.....	22
Figura 3	Cuencas hidrológicas y red hidrográfica dentro del polígono propuesto AMPH Sierra de Tesistán-Cerro La Col y su zona de influencia.....	24
Figura 4	Polígono AMPH SITECOL con respecto a las áreas naturales protegidas y el corredor biológico metropolitano.....	25
Figura 5	Delimitación del AMPH SITECOL con relación a las Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Zapopan, Jalisco.....	26
Figura 6	Superficie de los ejidos con relación al AMPH SITECOL y la zona de influencia. ....	27
Figura 7	Al interior del AMPH SITECOL se incluye la zona ZPN-10-A “Copala” en el Plan Parcial de Desarrollo Urbano donde es considerada como área de conservación ecológica. ....	28
Figura 8	El AMPH SITECOL y su zona de influencia delimitada por su aporte a las cuencas hidrológicas de la región.....	29
Figura 9	Vías de acceso al AMPH Sierra de Tesistán - Cerro La Col. ....	30
Figura 10	Localización geológico-estructural del área de estudio. Tomado de: Campos-Enríquez & Alatorre-Zamora (1998).....	33
Figura 11	Reconocimiento de áreas de interés paleontológico con el registro de fósiles en el AMPH SITECOL. Fotografías: R. Maciel.....	37
Figura 12	Mapa tectónico y de tensiones del bloque Jalisco y sus límites. Fuente: Rosas-Elguera 1995 .....	38
Figura 13	Ambiente volcánico y tectónico del área de estudio (adaptado de Ferrari et al. 2000 y Ferrari y Rosas 2000). SMO=Sierra Madre Occidental; JB= Bloque Jalisco, PBSRG=Plan de Barrancas-Santa Rosa graben. También se indican las alineaciones de los respiraderos volcánicos. Fuente: Rossotti et al., 2002. 39	40
Figura 14	Mapa geológico del área de San Francisco Tesistán-García de la Cadena con la delimitación del AMPH SITECOL (contorno verde). Fuente: Rossotti et al., 2002. ....	40
Figura 15	Estratigrafía general del Grupo Río Santiago basada en afloramientos 3 km al sureste de San Cristóbal de la Barranca. Fuente: Rossotti et al., 2002. ....	41
Figura 16	Geología del polígono propuesto para el establecimiento del AMPH SITECOL. ....	42
Figura 17	Ambiente tectónico del occidente de México con indicación de las placas principales. TFZ= zona de fractura de Tamayo; BNF= Falla de Barra de Navidad; MG= Manzanillo Graben; TZR= Grieta Tepic Zacoalco; CG= Graben de Colima; G= Guadalajara; T=Tepic. Fuente: Ferrari & Rosa-Elguera 1999. 43	43
Figura 18	Focos de los sismos ocurridos en el graben de Colima. Fuente: Suter 2019. ....	43
Figura 19	Fallas y fracturas en AMPH SITECOL que generan una permeabilidad secundaria y favorece la infiltración del agua pluvial hacia los acuíferos. Fotografía: Roberto Maciel. ....	44
Figura 20	Hoja de un encino preservada en sedimentos lacustres. Fotografía: Roberto Maciel....	45
Figura 21	Geomorfología del AMPH SITECOL. Fuente: elaboración propia.....	47
Figura 22	Características geológicas de la zona del cerro La Col y cerro La Tortuga, con detalle en los colapsos del domo. Fuente: Rossotti et al., 2002.....	48
Figura 23	Mapa de los tipos de suelos del AMPH SITECOL. Fuente: elaboración propia.....	50
Figura 24	Aprovechamientos de agua subterránea en el centro de Jalisco. Fuente: CONAGUA 2022. ....	51
Figura 25	Aprovechamiento de aguas superficiales en el municipio de Zapopan. Fuente: Comisión Estatal del Agua 2015.....	52
Figura 26	Aprovechamiento de aguas subterráneas en el municipio de Zapopan. Fuente: Comisión Estatal del Agua 2015.....	52

Figura 27	Disponibilidad de aguas subterráneas en el municipio de Zapopan. Fuente: Comisión Estatal del Agua 2015. ....	53
Figura 28	Estaciones meteorológicas geo referidas. Los puntos azules son estaciones fijas y los puntos negros son estaciones ficticias. ....	56
Figura 29	a) Temperatura Mínima Extrema Anual y b) Temperatura Máxima Extrema Anual. ....	58
Figura 30	Temperatura del aire promedio en el AMPH SITECOL. ....	58
Figura 31	a) Temperatura máxima promedio ..... anual, b) Temperatura promedio Anual y c) Temperatura ..... Mínima promedio anual.....	59 59
Figura 32	Precipitación (mm) acumulada por año en el AMPH SITECOL. ....	60
Figura 33	Precipitación espacial del área de estudio. Fuente: elaboración propia.....	61
Figura 34	Tipos de clima en el AMPH SITECOL. Fuente elaboración propia. ....	62
Figura 35	Dirección y velocidad del viento por la mañana en las estaciones de monitoreo. Fuente: elaboración propia. ....	67
Figura 36	Dirección y velocidad del viento por la tarde en las estaciones de monitoreo. Fuente: elaboración propia. ....	69
Figura 37	Dirección y velocidad del viento por la noche en las estaciones de monitoreo. Fuente: elaboración propia. ....	70
	dominante es del ENE-ESE con una intensidad del 73.2% de velocidad entre 0.5 a 8.8 m/seg y solo el 0.8% con velocidades mayores a 5.7 m/seg presentando un 5.2% de calma. Como se puede apreciar en esta estación se ve más influenciada por todas esas barreras mencionadas anteriormente ya que si comparamos la estación de Las Águilas y la de Vallarta esta cambia completamente su dirección de acuerdo con los datos proporcionados para su análisis. Por último, en la estación de Vallarta el viento dominante es del SW-W con una intensidad del 58.7% de velocidad entre 0.5 a 8.8 m/seg y solo el 3% con velocidades mayores a 8.8 m/seg. y un porcentaje de calma del 3%. ....	71
Figura 38	Dirección y velocidad del viento por la noche en las estaciones de monitoreo. Fuente: elaboración propia. ....	72
Figura 39	Dirección y velocidad del viento en el periodo húmedo en las estaciones de monitoreo. Fuente: elaboración propia. ....	73
Figura 40	Dirección y velocidad del viento en el periodo seco en las estaciones de monitoreo. Fuente: elaboración propia. ....	75
Figura 41	Polígono del Área Municipal de Protección Hidrológica (rojo) SITECOL y microcuencas (amarillo). Fuente: elaboración propia. ....	77
Figura 42	Microcuenca del Arroyo San Antonio. Fuente: elaboración propia. ....	80
Figura 43	Pendientes de la microcuenca del Arroyo San Antonio. Fuente: elaboración propia. ....	81
Figura 44	Red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo San Antonio. Fuente: elaboración propia. ....	82
Figura 45	Microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas. Fuente: elaboración propia. ....	84
Figura 46	Pendientes de la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas. ....	85
Figura 47	Red hidrográfica de la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas. ....	86
Figura 48	Microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos. Fuente: elaboración propia. ....	88
Figura 49	Pendientes de la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos. ....	89
Figura 50	Red hidrográfica de la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos. ....	90
Figura 51	Microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago. ....	92
Figura 52	Pendientes de la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago. Fuente: elaboración propia. ....	93
Figura 53	Red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago. Fuente: elaboración propia. ....	94
Figura 54	Microcuenca del Arroyo Grande. Fuente: elaboración propia. ....	96
Figura 55	Pendientes de la microcuenca del Arroyo Grande. Fuente: elaboración propia. ....	97

Figura 56	Red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo Grande. Fuente: elaboración propia.	98
Figura 57	Microcuenca del Arroyo La Soledad. Fuente: elaboración propia.	100
Figura 58	Pendientes de la microcuenca del Arroyo La Soledad. Fuente: elaboración propia.	101
Figura 59	Red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo La Soledad. Fuente: elaboración propia.	102
Figura 60	Microcuenca del Arroyo Agua Zarca. Fuente: elaboración propia.	104
Figura 61	Pendientes de la microcuenca del Arroyo Agua Zarca. Fuente: elaboración propia.	105
Figura 62	Red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo Agua Zarca. Fuente: elaboración propia.	106
Figura 63	Microcuenca del Arroyo tributario del Río Blanco. Fuente: elaboración propia.	108
Figura 64	Pendientes de la microcuenca del Arroyo tributario al Río Blanco. Fuente: elaboración propia.	109
Figura 65	Red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo tributario al Río Blanco. Fuente: elaboración propia.	110
Figura 66	Microcuenca de los Arroyos Las Mojoneas y El Carrizalillo. Fuente: elaboración propia.	112
Figura 67	Pendientes de la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneas y El Carrizalillo.	113
Figura 68	Red hidrográfica de la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneas y El Carrizalillo.	114
Figura 69	Microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago.	116
Figura 70	Pendientes de la microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago. Fuente: elaboración propia.	117
Figura 71	Red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago. Fuente: elaboración propia.	119
Figura 72	Estaciones climatológicas con influencia en las microcuencas dentro del polígono del Área Municipal de Protección Hidrológica.	121
Figura 73	Curvas P-D-Tr ponderadas para el SITECOL. Fuente: elaboración propia.	124
Figura 74	Curvas I-D-Tr ponderadas para el SITECOL.	125
Figura 75	Área Municipal de Protección Hidrológica (en verde) y acuíferos Arenal y Atemajac (en rojo). Fuente: elaboración propia con datos del SINA – Google Earth.	126
Figura 76	Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Arroyo San Antonio.	129
Figura 77	Uso de suelo y vegetación en la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas.	130
	Fuente: elaboración propia.	130
Figura 78	Uso de suelo y vegetación en la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos.	131
	Fuente: elaboración propia.	131
Figura 79	Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago. Fuente: elaboración propia.	132
Figura 80	Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Arroyo Grande (Milpillas).	133
	Fuente: elaboración propia.	133
Figura 81	Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Arroyo La Soledad.	134
Figura 82	Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Arroyo Agua Zarca.	135
Figura 83	Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Arroyo Río Blanco.	136
	Fuente: elaboración propia.	136
Figura 84	Uso de suelo y vegetación en la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneas y El Carrizalillo. Fuente: elaboración propia.	137
Figura 85	Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago. Fuente: elaboración propia.	138

Figura 86	Sistema hidrogeológico del AMPH SITECOL y su contexto regional.....	141
Figura 87	Ubicación de los sitios de la toma de muestras para la calidad del agua dentro del AMPH SITECOL (línea verde) y su zona de influencia (línea blanca). Fuente: elaboración propia mediante Google Earth. 149	
Figura 88	Cálculos de parámetros en conjunto para obtener el índice de calidad del agua (ICA) en los sitios de muestreo. Fuente: elaboración propia.....	154
Figura 89	Interpretación gráfica del índice calidad de agua (ICA) en los sitios de muestreo. ....	155
Figura 90	Limitantes de uso del agua según el valor de ICA. Donde AP: agua potable, AGR: Agricultura, PES: Pesca, IND: industria, REC: Recreativo con contacto primario. Fuente: León-Vizcaíno 2009. 155	
Figura 91	Valores de pH, conductividad, turbiedad y cloruros registrados en los sitios de muestreo. 156	
Figura 92	Valores de sólidos disueltos totales, dureza total, dureza de calcio y dureza de magnesio registrados en los sitios de muestreo. ....	157
Figura 93	Valores de sulfatos, nitrógeno de nitritos, nitratos y fluoruros registrados en los sitios de muestreo. 158	
Figura 94	Familias de plantas más diversas de la flora en la SITECOL. Fuente: elaboración propia.	161
Figura 95	Géneros de plantas con mayor riqueza de especies en la SITECOL. Fuente: elaboración propia. 162	
Figura 96	Número de especies de plantas por origen geográfico y endemismo (escala México) en la SITECOL. Fuente: elaboración propia. ....	163
Figura 97	Muestra de especies de plantas de la SITECOL con alguna categoría de riesgo en la NOM-059: (a) <i>Sideroxylon capiri</i> , (b) <i>Ferocactus histrix</i> , (c) <i>Polianthes platyphylla</i> ; según la UICN: (d) <i>Ilex dugesii</i> , (e) <i>Agave guadalajarana</i> , (f) <i>Mammillaria jaliscana</i> , (g) <i>Styrax jaliscana</i> y según CITES: (h) <i>Bletia adenocarpa</i> , (i) <i>Trichocentrum cebolleta</i> . Fuente: elaboración propia. ....	165
Figura 98	Muestra de especies de alto valor para la conservación en la SITECOL: (a) <i>Magnolia pugana</i> , (b) <i>Populus luziarum</i> . Nombradas en honor a esta región: (c) <i>Asclepias jaliscana</i> , (d) <i>Begonia tapatia</i> , (e) <i>Habenaria jaliscana</i> , (f) <i>Manfreda jaliscana</i> , (g) <i>Pitcairnia jaliscana</i> , (h) <i>Polianthes zapopanensis</i> , (i) <i>Salvia guadalajarensis</i> . Fuente: elaboración propia. ....	166
Figura 99	Cobertura del suelo y vegetación en el AMPH SITECOL. Fuente: INEGI 2016. ....	168
Figura 100	Porcentaje de superficie ocupada por los tipos de coberturas del suelo en el AMPH SITECOL. Fuente: basado en INEGI 2016. ....	170
Figura 101	Puntos de conteo de aves en diferentes tipos de uso del suelo y vegetación. La numeración indica: el primer dígito es el número de salida de campo y el segundo número corresponde al sitio.....	174
Figura 102	Punto de conteo de aves en la localidad de Los Timbres. ....	175
Figura 103	Aves de la Sierra de Tesistán: (a) Aguililla Cola Roja ( <i>Buteo jamaicensis</i> ), (b) Aguililla Gris ( <i>Buteo plagiatus</i> ), (c) Aguililla Cola Blanca ( <i>Geranoaetus albicaudatus</i> ), (d) Halcón Guaco ( <i>Herpetotheres cachinnans</i> ), (e) Martín Pescador Verde ( <i>Chloroceryle americana</i> ), (f) Colibrí Garganta Rubí ( <i>Archilochus colubris</i> ), (g) Cernícalo americano ( <i>Falco sparverius</i> ), (h) Gavilán de Cooper ( <i>Accipiter cooperii</i> ), (i) Aguililla negra menor ( <i>Buteogallus anthracinus</i> ). Fotos: Saulo Cortés, Néstor Ramírez y José M. Hernández. ....	178
Figura 104	Aves captadas en la Sierra de Tesistán: (a) Piranga Encinera ( <i>Piranga flava</i> ), (b) Golondrina Alas A serradas ( <i>Stelgidopteryx serripennis</i> ), (c) Zacatonero Corona Rayada ( <i>Peucaea ruficauda</i> ), (d) Perlita Azulgris ( <i>Polioptila caerulea</i> ), (e) Matraca serrana ( <i>Campylorhynchus gularis</i> ), (f) Centzontle Norteño ( <i>Mimus polyglottos</i> ). Fotografías: Saulo Cortés y Néstor Ramírez. ....	179
Figura 105	Vista de la Sierra de Tesistán, a la izquierda Cerro Colorines, a la derecha Cerro Las Mesitas, al fondo al centro Cerro La Col. Toma con Dron DJI Mini 3 PRO. Fecha: 29/07/2023. ....	183
Figura 106	Vista desde la Sierra de Tesistán al sur el Valle y el Complejo del Bosque La Primavera. Toma con Dron DJI Mini 3 PRO. Fecha: 29/07/2023. Fotografía: Margarita Anaya. ....	185

Figura 107	Vista del peñón al norte del Cerro La Col y al poniente el Complejo Paisajístico de la Barranca. Toma con Dron Mavic 2 PRO. Fecha: 22/07/2023. Fotografía: Saulo Cortés.....	185
Figura 108	Delimitación de las Unidades de Gestión Ambiental en el AMPH SITECOL. ....	190
Figura 109	Comparativa en el porcentaje de superficie ocupada por tipo de cobertura del suelo entre los años 1971 a 2003 en el área de estudio. ....	193
Figura 110	Coberturas de uso de suelo y vegetación en A) año 1971 y B) año 2003 en el polígono SITECOL. Fuente: elaboración propia. ....	194
Figura 111	Comparativa del cambio en superficie por tipo de cobertura del suelo entre los años 1971, 2003 y 2016 dentro del polígono SITECOL. Fuente: elaboración propia.....	195
Figura 112	Afectación por incendio ocurrido en la Mesa de Tesistán. Al fondo el Cerro La Col. Fecha: 15/05/2023. Fotografía: J.M.Hernández .....	197
Figura 113	Grado de impacto humano en el capital natural y a la biodiversidad en el AMPH SITECOL (línea verde) y su entorno regional. Fuente: CONABIO, 2023.....	198
Figura 114	Peligros geológicos e hidrometeorológico en la SITECOL y área de influencia. Fuente: POELZ (2020). 202	
Figura 115	Actividades de interpretación y educación ambiental en la zona de estudio. ....	207
Figura 116	Uso recreativo alrededor del recurso agua. ....	210
Figura 117	Usos recreativos y problemática presente en algunas zonas. Fuente: elaboración propia. 211	
Figura 118	Distribución de los pozos con derechos de agua y aprovechamiento de afluentes al interior del polígono de SITECOL. Fuente: elaboración propia.....	214
Figura 119	Actividades productivas del sector primario, secundario y terciario. Fuente: elaboración propia. 215	
Figura 120	Tenencia de la tierra en propiedad de los ejidos en el AMPH SITECOL. ....	218
Figura 121	Sistemas de administración de agua potable, alcantarillado y saneamiento del Valle de Tesistán. Fuente: IMEPLAN 2019.....	219
Figura 122	Zonificación para el Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán – Cerro La Col. Fuente: elaboración propia.....	272
Figura 123	Subzonificación en el Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col. 275	

## ANEXOS

### ANEXO I

Cuadro de construcción de los vértices del polígono propuesto como Área Natural Protegida.

### ANEXO II

Listado florístico del Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col, Zapopan, Jalisco.

### ANEXO III

A.III.1 Listado de aves registradas en Sierra de Tesistán-Cerro La Col por tipo de vegetación, su residencia, endemismo y categoría de protección.

A.III.2 Listado de reptiles de Sierra de Tesistán-Cerro La Col.

A.III.3 Listado de anfibios registrados en las áreas aledañas a la Sierra de Tesistán-Cerro La Col.

A.III.4 Listado de mamíferos registrados en áreas aledañas a la Sierra de Tesistán-Cerro El Col.

### ANEXO IV

Catálogo fotográfico de la biodiversidad del AMPH Sierra de Tesistán-Cerro La Col.

Trabajo de campo de los estudios realizados en el AMPH SITECOL.



## 2. INTRODUCCIÓN

Los desafíos ambientales a los que se enfrenta nuestro planeta nos confrontan con un escenario rodeado de múltiples amenazas de carácter global: cambio climático, calentamiento global, deforestación, pérdida de los ecosistemas y su biodiversidad, contaminación de mares, ríos y arroyos, así como una desertificación creciente. A ese escenario de deterioro constante que se va perfilando contribuimos todas y todos, en mayor o menor medida, de forma permanente con nuestros patrones de consumo no sustentables, nuestras actividades agroproductivas, extractivas y de explotación de los recursos naturales, que se plasman en las transformaciones del territorio desde distintos escenarios de actividad humana. Es por esto, que se requieren realizar acciones inmediatas que caminen desde lo local, hacia lo regional y se conviertan en posibilidades de conservación viables con incidencia a nivel global.

A nivel mundial, México es reconocido como uno de los países más ricos biológicamente (Sarukhán et al., 2017) debido entre otras cosas, a la alta diversidad de plantas vasculares, el 50% de ellas endémicas (Villaseñor 2016). Eso significa que se trata de especies únicas y propias de estas regiones dado que no se encuentran de forma natural en otras partes del mundo. No obstante, la pérdida de hábitats silvestres y el deterioro de los ecosistemas que es provocado por diversas actividades humanas (cambios de uso de suelo, deforestación, contaminación), se ha incrementado considerablemente en las últimas décadas, y ese es el principal causante de la pérdida de la biodiversidad en todos los análisis sobre la calidad de los ecosistemas (CONABIO 2016).

El Municipio de Zapopan, Jalisco cuenta con una superficie territorial de 1,017.24 km<sup>2</sup> y contribuye de manera importante con un 32.6% de su extensión con cobertura de ecosistemas forestales (POELZ 2020). En este sentido, Zapopan es el municipio que cuenta con la biodiversidad más rica dentro del Área Metropolitana de Guadalajara y es el segundo municipio de Jalisco más grande por su extensión. Ese carácter lo distingue entre los territorios de México y de Jalisco. Por otra parte, la reserva territorial de áreas naturales que circundan al municipio proporciona servicios ambientales generados por los ecosistemas, necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y amplios beneficios de vital importancia para el bienestar humano no solo a sus habitantes sino al resto de las personas que habitan en el Área Metropolitana de Guadalajara.

La Comisión de la Tierra, una alianza formada por destacados científicos de todo el mundo, ha cuantificado nueve límites seguros y justos que nos permitiría seguir contando con indicadores de salud para las personas y el planeta (Rockström et al., 2023). Los resultados son bastante preocupantes porque la mayoría de esos límites ya se han traspasado, a escala global y local. Entre estos el clima, la biodiversidad, el agua dulce y diferentes tipos de contaminación del aire, el suelo y el agua. Otro de los umbrales cuantificados que han sido fuertemente afectados es la superficie de ecosistemas naturales y con ellos su funcionalidad, de tal manera que para que estos tengan la capacidad de continuar generando servicios ecosistémicos debería mantenerse más del 50% de las áreas silvestres del planeta. Actualmente estamos entre el 45% y 50% por debajo del límite considerado de seguridad. Ante esta situación de urgencia, la importancia de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) es cada vez mayor, ya que representan soluciones naturales de adaptación y mitigación al cambio climático, mediante los servicios ecosistémicos que proveen y que, con su adecuada protección y manejo sustentable podrán apoyar al bienestar para las comunidades locales y la sociedad del mundo en general (PNUD 2019).

Al respecto, en el caso que nos ocupa la “Sierra de Tesislán-Cerro La Col”, se considera como un área natural periurbana de Zapopan que se propone proteger para resguardar sus recursos hidrológicos y la generación de servicios ecosistémicos. Dicho proceso para su propuesta de protección es similar a lo que se ha desarrollado en las últimas décadas para otras áreas ubicadas en los límites de la zona urbana de Zapopan como son: el Bosque El Nixticuil - San Esteban - El Diente

(BENSEDI) y la Barranca del Río Santiago, ambas bajo la categoría de Área Municipal de Protección Hidrológica, y más recientemente con el parque ecológico municipal Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro. Actualmente en Zapopan las áreas naturales protegidas cubren una superficie de 26,778.29 hectáreas lo que representa el 26.3% de todo el territorio municipal (IIEG 2022).

La condición de cercanía de la Sierra de Tesistán-Cerro La Col a otras áreas naturales la sitúa como un área de flujo y conectividad ecológica fundamental. Un ejemplo de esto es el arribo de individuos de fauna silvestre que llegan desde otros hábitats naturales. En especial, se reconoce la conectividad ecológica existente entre la Sierra de Tesistán-Cerro La Col con el Corredor Biológico Metropolitano, el cerro del Tepopote y el cerro Bailadores y las áreas decretadas de la Barranca del Río Santiago, en conjunto todas estas áreas conforman un amplio polígono de vegetación nativa existente desde la Barranca del Río Santiago y hasta el ANP Bosque La Primavera (ver Tabla 1).

**Tabla 1** Áreas Naturales Protegidas en el Municipio de Zapopan, Jalisco.

Nombre	Categoría	Extensión (hectáreas)	Decreto	Municipios
Bosque de la Primavera (BLP)	Área de Protección de Flora y Fauna	30,500.00	6 de marzo de 1980	Tala, Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga
Bosque Colomos - La Campana	Área Estatal de Protección Hidrológica	207.79	21 de junio de 2018	Guadalajara y Zapopan
Bosque Nixticuil - San Esteban - El Diente (BENSEDI)	Área Municipal de Protección Hidrológica	1,591.39	3 de marzo de 2008	Zapopan
Barranca del Río Santiago	Área Municipal de Protección Hidrológica	17,729.91	7 de octubre de 2004	Zapopan
Arroyo La Campana - Colomos III	Área Municipal de Protección Hidrológica	36.45	31 de julio de 2014	Zapopan
Parque Urbano Eca do Queiros	Parque Urbano Municipal	10.2	En proceso	Zapopan
Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro (BECCSI)	Parque Ecológico Urbano Municipal	254.08	En proceso	Zapopan
Sierra de Tesistán-Cerro La Col	Área Municipal de Protección Hidrológica	19,035.50	En propuesta	Zapopan

Fuente: SEMADET 2021; Gobierno Municipal de Zapopan 2022.

Además de la conectividad ecológica, la importancia de la “Sierra de Tesistán - Cerro La Col”, radica en su contribución en el servicio ambiental hidrológico debido a su alto potencial para la captación, infiltración y recarga de acuíferos en beneficio para una amplia extensión del territorio de Zapopan. Por ello, es necesario llevar a cabo estudios técnicos que permitan identificar la presencia de especies de flora y fauna silvestre, cuyos resultados aportarán información básica para incorporar al plan de manejo del área y con ello conocer puntos clave que contribuyan a la conservación de las especies identificadas y la preservación del hábitat y los recursos hidrológicos.

El presente estudio técnico justificativo busca hacer acopio de toda la información disponible sobre el conocimiento biológico, forestal y ecológico acerca de la biodiversidad en la Sierra de Tesistán-Cerro La Col y las zonas naturales aledañas. Así como establecer los criterios técnicos, ambientales y legales para la propuesta de esta zona como Área Natural Protegida, bajo la categoría de Área Municipal de Protección Hidrológica (AMPH). En este documento se hará referencia al área propuesta como “Sierra de Tesistán - Cerro La Col” utilizando la abreviatura SITECOL.

### 3. ANTECEDENTES

En el video promocional del actual gobierno de Zapopan se describen a grandes rasgos las condiciones del área natural a proteger y se da cuenta de sus principales características, así como el tipo de área natural que se busca proteger.

*“Hola, Soy Frangie Presidente municipal de Zapopan en la ciudad de los niñas y los niños, tenemos un tesoro que debemos proteger: la Sierra de Tesistán, por eso el pasado 3 de junio en sesión de cabildo presenté el punto de acuerdo para analizar la viabilidad para decretar como área natural protegida la Sierra de Tesistán, les cuento que se trata de un ecosistema que se extiende por casi 20,000 hectáreas al norte de nuestro querido municipio, tiene una riqueza natural inmensa, es hogar de tres de los seis felinos representativos de México además de otros mamíferos como venado y coyote, hay tanta diversidad que en cuestión de vegetación encontramos tanto bosque encino como selva baja. Desde el primer día de mi gobierno hemos reafirmado el compromiso de trabajar, trabajar y trabajar por el medio ambiente, porque tenemos una deuda con las niñas y los niños que parece impagable. ...Está aquí conmigo el Director de Medio Ambiente Miguel Vázquez para platicarnos los detalles. Gracias Presidente. Estamos en el Cerro de La Col, dando un paso más para proteger el patrimonio de todos los zapopanos, pero sobre todo de las niñas y los niños: nuestros recursos naturales. Desde hace algunos meses, hemos iniciado los trabajos necesarios para cumplir con esta propuesta, porque sabemos que es de vital importancia: cuidar, conservar y restaurar el equilibrio ecológico. El abasto de agua ha sido y seguirá siendo uno de los retos más complejos, por lo que es fundamental emprender acciones para proteger esta zona, cuyos escurrimientos contribuyen no sólo a la preservación de un medio ambiente sano sino a la seguridad hídrica y alimentaria de nuestro municipio. Además del paisaje que podemos apreciar, la Sierra de Tesistán ofrece servicios ambientales como la captación y filtración de agua, protección de cuencas hidrológicas, conservación de los diferentes tipos de vegetación, generación de oxígeno, protección de biodiversidad que es refugio de fauna silvestre y un importante corredor biológico que conecta la Sierra de La Primavera con la Barranca del Río Santiago. Además, con estos trabajos avanzamos significativamente en el cumplimiento de los objetivos de nuestro programa municipal de cambio climático. Que no quede duda en Zapopan trabajamos y trabajamos por la conservación de los recursos naturales”.*

Vídeo promocional Gobierno de Zapopan, 10 de noviembre de 2022 (<https://fb.watch/naV5l-6sIN/?mibextid=NnVzG8>)

A partir de esta iniciativa, cabe destacar que estos estudios técnicos justificativos se centran en integrar información actualizada de la zona específica del área y sus áreas colindantes como son Nextipac y Tesistán, así como otras que conectan con el ANP de la Barranca del Río Santiago, con el Cerro del Tepopote y Bailadores que representan territorios importantes para conservar. La Sierra de Tesistán-Cerro La Col conforma una porción importante del territorio zapopano (cerca de 20,000 ha) que mayormente es propiedad del ejido Santa Lucía, que junto con los ejidos de Tesistán, La Cofradía, Copalita, Milpillas, Nextipac y propietarios privados que por años han desarrollado como forma de aprovechamiento la agricultura y la ganadería dentro del Municipio de Zapopan, tendrían un valor potencial por la conservación de los recursos forestales en forma de incentivos por servicios ambientales al establecerse como ANP.

Para enfrentar los diversos desafíos de la sociedad como los efectos del cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la extinción de especies, la escasez de agua, la seguridad alimentaria o el riesgo de desastres se requieren enfoques y estrategias contundentes con Soluciones Basadas en la Naturaleza que dirijan todas las acciones en apoyo a los ecosistemas y los servicios ecosistémicos que estos proveen.

### 3.1 La transformación del Territorio

Un punto clave en el estudio justificativo es ver la evolución mediante un análisis comparativo del uso del suelo que se ha observado desde el año 2000 hasta el año 2016. En esa perspectiva, destaca que las superficies de hábitat natural cercanas a la Sierra de Tesistán y las áreas naturales protegidas (ANP) La Primavera y El BENSEDI, se han ido perdiendo drásticamente. Por otra parte, va en aumento la transformación de hábitats naturales para convertirlos sobre todo a pastizales, asentamientos humanos y zonas de producción agropecuaria en las llanuras de Tesistán, Santa Lucía y Copala.

En el Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Zapopan (POELZ 2020) se propone como Corredor Biológico Metropolitano los siguientes espacios naturales: Sierra de Tesistán, Cerro Bailadores, Cerro La Col, Cerro El Tepopote, Jacal de Piedra y mesas marginales. Las pérdidas más importantes de cambio de uso agropecuario o agrícola y que han pasado a transformarse en asentamiento humano se presentan en las llanuras y barrios de Tesistán y Santa Lucía, Copala, Nixticuil y el Bajío de La Primavera, San Esteban - San Isidro y la Coronilla del Ocote.

Bajo este panorama, se tendrán que redoblar esfuerzos para mantener la conservación de las áreas naturales ya decretadas, incrementar superficies de conservación - bajo diferentes esquemas de protección -, proteger zonas de mayor fragilidad ambiental, delimitar zonas de producción agropecuaria que detengan la creciente pérdida de las mejores tierras de vocación agrícola y contener la expansión urbana para evitar cambios de uso de suelo más drásticos.

Con la propuesta de conformación de un Corredor Biológico Metropolitano se trata de maximizar los acuerdos entre los propietarios para definir el área natural con propósitos ecoturísticos en terrenos donde se promueve la recuperación de espacios públicos incluidos arroyos y cauces que deben conservarse para evitar inundaciones, encontrar las mejores posibilidades de actividades compatibles y lograr que todos los sectores sociales se beneficien con un cambio de objetivos en el uso del territorio que permita desarrollar actividades agrosilvopastoriles, el ecoturismo, establecer un uso de espacio público, áreas para agricultura orgánica, conservación del bosque y corredor ecológico y la protección de los acuíferos.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

La Sierra de Tesistán, se encuentra en el municipio de Zapopan, Jalisco y es un área natural que tiene una importante función de conectividad ecológica en la dispersión y movilidad de vida silvestre, cumple un importante eslabón como corredor biológico entre dos áreas naturales protegidas: la Barranca del Río Santiago y el Bosque La Primavera. Es además una importante zona que provee servicios ecosistémicos entre los que se encuentran la recarga de acuíferos del que se beneficia directamente la población de Tesistán y todo el Valle de Tesistán para su actividad agrícola.

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Zapopan, la zona propuesta a protección se conforma por al menos seis Unidades de Gestión Ambiental (UGA), que en conjunto suman una extensión cercana a veinte mil hectáreas (POELZ 2020). El Cerro La Col, es la cumbre más alta de este complejo montañoso, con una elevación de 2200 metros sobre el nivel del mar, siendo además la cumbre más alta del municipio de Zapopan. En la clasificación de UGA está considerada como un área natural con política de preservación y de alta fragilidad ambiental.

La conservación y valoración de los bosques debe ser prioritaria en la agenda ambiental de todos los habitantes de una gran metrópoli, más aún cuando dependemos de los servicios ambientales que provee la naturaleza para contar con salud y bienestar humano. La protección de las áreas naturales no solo debe importarles a aquellas comunidades que dependen de estos bosques o a los propietarios de éstas áreas que se dedican al aprovechamiento sustentable de su territorio, debiera ser un compromiso y corresponsabilidad de toda la sociedad el conocer y valorar, el vigilar y proteger, el demandar mejores prácticas para la conservación de la naturaleza y el aplicar estrategias de protección y de restauración que contemplen no sólo el mantenimiento del paisaje, sino también de las funciones del ecosistema.

La Sierra de Tesistán cuenta con dos modalidades de tenencia de la tierra, los ejidos y propiedad privada; quienes practican el manejo, de manera complementaria sería recomendable un acompañamiento para llevar adelante su conservación y cuidado del ambiente. A este respecto se hace necesario el trabajo conjunto de las instituciones de gobierno, la integración de las universidades para trabajar de la mano con la sociedad civil, la participación de los diferentes colectivos y agrupaciones sociales del ámbito local y comunitario para potenciar los esfuerzos colaborativos que permitan realizar acciones de conservación y de aprovechamiento sustentable de este importante patrimonio natural.

## 5. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS PARTICULARES

### Objetivo general

Desarrollar los estudios técnicos del área de la Sierra de Tesistán - Cerro La Col como base para justificar su declaratoria de Área Natural Protegida, que contribuyan a la protección, uso y manejo sustentable de los recursos naturales, la continuidad de los procesos ecológicos y los servicios ecosistémicos en beneficio de la salud de sus ecosistemas y la de sus habitantes.

### Objetivos particulares

- Delimitar el polígono de estudio para propuesta de Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán - Cerro La Col.
- Caracterizar los recursos físicos, biológicos, sociales y culturales a proteger, con el fin de asegurar los servicios ecosistémicos que proporciona el polígono propuesto como Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col.
- Documentar la relevancia de los recursos hídricos que aporta el Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col en el contexto del municipio de Zapopan.
- Realizar un análisis de tendencias de las condiciones socioambientales para enfocar las acciones de protección conducentes a la disminución de los impactos negativos en el polígono propuesto como Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán- Cerro La Col.
- Generar con base a los estudios técnicos justificativos la propuesta del programa de manejo y conservación del Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col conforme a lo establecido en la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas y de Instrumentos para la Conservación.

## 6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y DELIMITACIÓN DEL POLÍGONO DEL ESTUDIO

### 6.1 Ubicación geográfica

El polígono de interés propuesto para la creación del Área Municipal de Protección Hidrológica (AMPH) Sierra de Tesistán - Cerro La Col (SITECOL) se localiza en la región noroeste del municipio de Zapopan. Cubre en su totalidad una superficie de 19,035.50 hectáreas (Fig. 1). Limita en la zona norte con la barranca del Río Grande Santiago; en la parte sur colinda con infraestructura del poblado de San Francisco Tesistán, Nextipac, Santa Lucía y Copalita; en su lado oriente con la carretera Tesistán - San Cristóbal de la Barranca y por el poniente con el área natural protegida Barranca del Río Santiago.

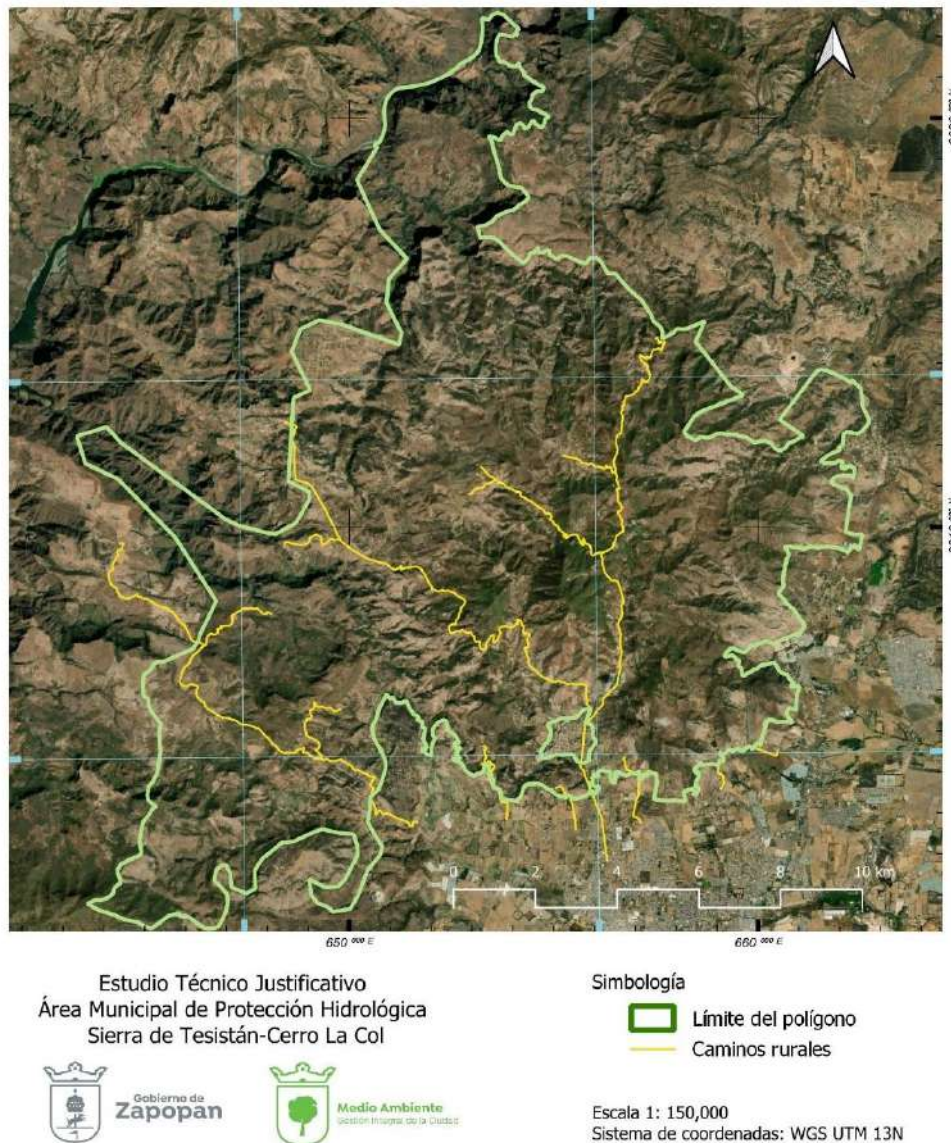


Figura 1

Ubicación del polígono del AMPH Sierra de Tesistán - Cerro La Col, municipio de Zapopan, Jalisco.

El polígono propuesto ha sido georeferenciado conforme al sistema de proyección de coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) Zona 13N, Datum WGS84, expresadas en metros. El área en estudio se ubica en el siguiente cuadro geográfico:

<i>Cuadrante 13Q Datum WGS84</i>	
<i>Y</i>	<i>X</i>
2300050.48	643361.81
2322626.91	642515.29
<i>Z</i>	745 msnm
	2148 msnm

La Tabla resultante que indica el orden o secuencia de los vértices con las coordenadas del polígono del AMPH SITECOL suman 7436 puntos, debido a su extensión esta información se conjunta en un archivo digital en una hoja de cálculo Excel, así como en una capa de puntos en archivo shapefile y es parte del presente documento como Anexo I.

## 6.2 Delimitación del polígono

El polígono propuesto del AMPH Sierra de Tesistán-Cerro La Col comprende: parte de la sierra volcánica con la cumbre La Col al centro, el cerro Los Bailadores en el extremo sur, al este los cerros El Jocoque y San Francisco. Limita al oeste con el AMPH Barranca del Río Santiago, la colindancia que se observa al norte en su mayor parte es con la unidad paisajística Milpillas Mesa de San Juan y una porción menor con el borde del río Santiago, mientras que al extremo este y sur son prácticamente zonas urbanas consolidadas (Fig. 2).

La delimitación geográfica del polígono aquí referido fue realizada con base en características abióticas, hidrológicas, biológicas, socioeconómicas y de régimen de propiedad tomando los siguientes criterios:

- por las características fisiográficas para la formación de cuencas hidrológicas tomando como centro el cerro La Col como “cabecera de cuenca” que da origen a cuatro cuencas principales: Los Tubos, Milpillas, La Soledad y Arroyo Grande (Fig.3);
- por sus características morfológicas y geográficas se consideran los “núcleos de conservación” identificados en el POELZ como superficies de interés para la protección y conservación y que los conecta como corredor natural a fin de formar el “Corredor Biológico Metropolitano” (POELZ 2020: p.353) (Fig. 4);
- con base en las formaciones paisajísticas que se derivan de las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del POELZ que coinciden en las políticas ambientales para la zona como de conservación, preservación y restauración, conformadas por ocho polígonos de las UGA: CO<sub>3</sub>8Pr (Cerro Bailadores poniente), CO<sub>3</sub>9Pr (Cerro Bailadores), CO<sub>4</sub>10Pr (Barranca Ahuatancillo y El Potrero 1), CO<sub>3</sub>11Pr (Barranca Ahuatancillo y El Potrero 2), CO<sub>2</sub>13R (Mesa La Capilla y La Mesita), CO<sub>4</sub>14Pr (Cumbre La Col), CO<sub>3</sub>15Pr (Llanura poniente de Montechelo) y CO<sub>3</sub>16Pr (La Mesa del Comal) que abarcan las cabeceras de cuenca y dos de los mayores núcleos de conservación (Fig. 5);





Figura 2 Delimitación del polígono del AMPH Sierra de Tesistán - Cerro La Col, municipio de Zapopan, Jalisco.

- d) conforme con las características legales del espacio territorial de los propietarios y ejidos (Fig. 6), principalmente en función de la protección hidrológica y cuerpos de agua susceptibles a ser protegidos y en beneficio del área de influencia aledaña al polígono propuesto del AMPH SITECOL (Fig. 3).
- e) se consideró la porción este del polígono que se encuentra dentro del Plan Parcial de Desarrollo Urbano ZPN-10-A "Copala", donde se establece que dichas superficies se respeten con categorías de áreas de conservación ecológica y que el uso del suelo sean actividades silvestres, en este se desarrollan tipos de vegetación nativa como Bosque de encino y Bosque tropical caducifolio (Fig. 7).



Figura 3 Cuencas hidrologicas y red hidrográfrica dentro del polígono propuesto AMPH Sierra de Tesistán-Cerro La Col y su zona de influencia.

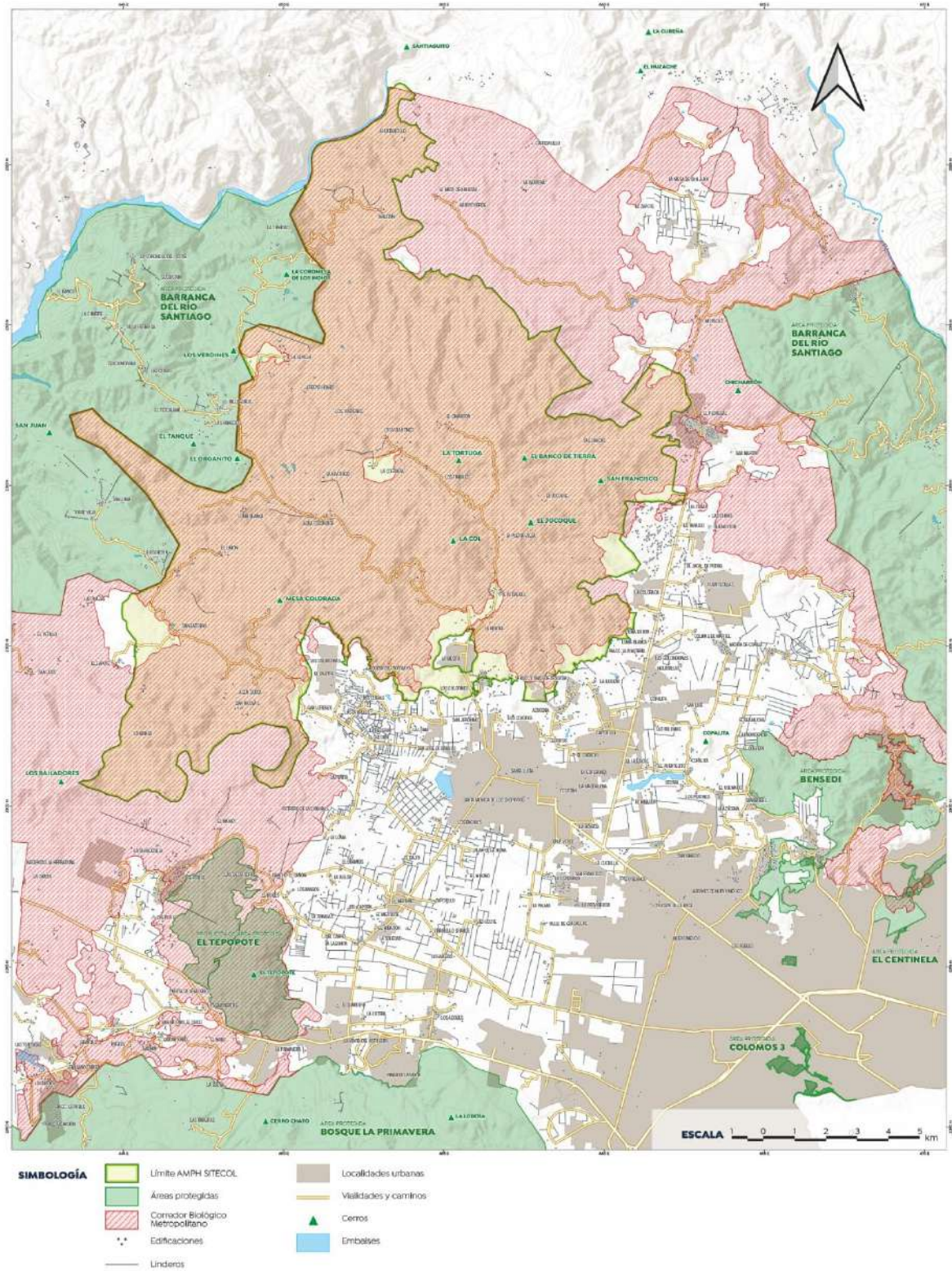


Figura 4 Polígono AMPH SITECOL con respecto a las áreas naturales protegidas y el corredor biológico metropolitano.

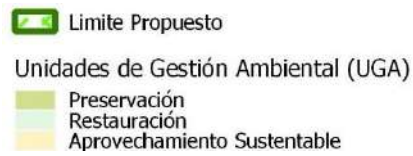
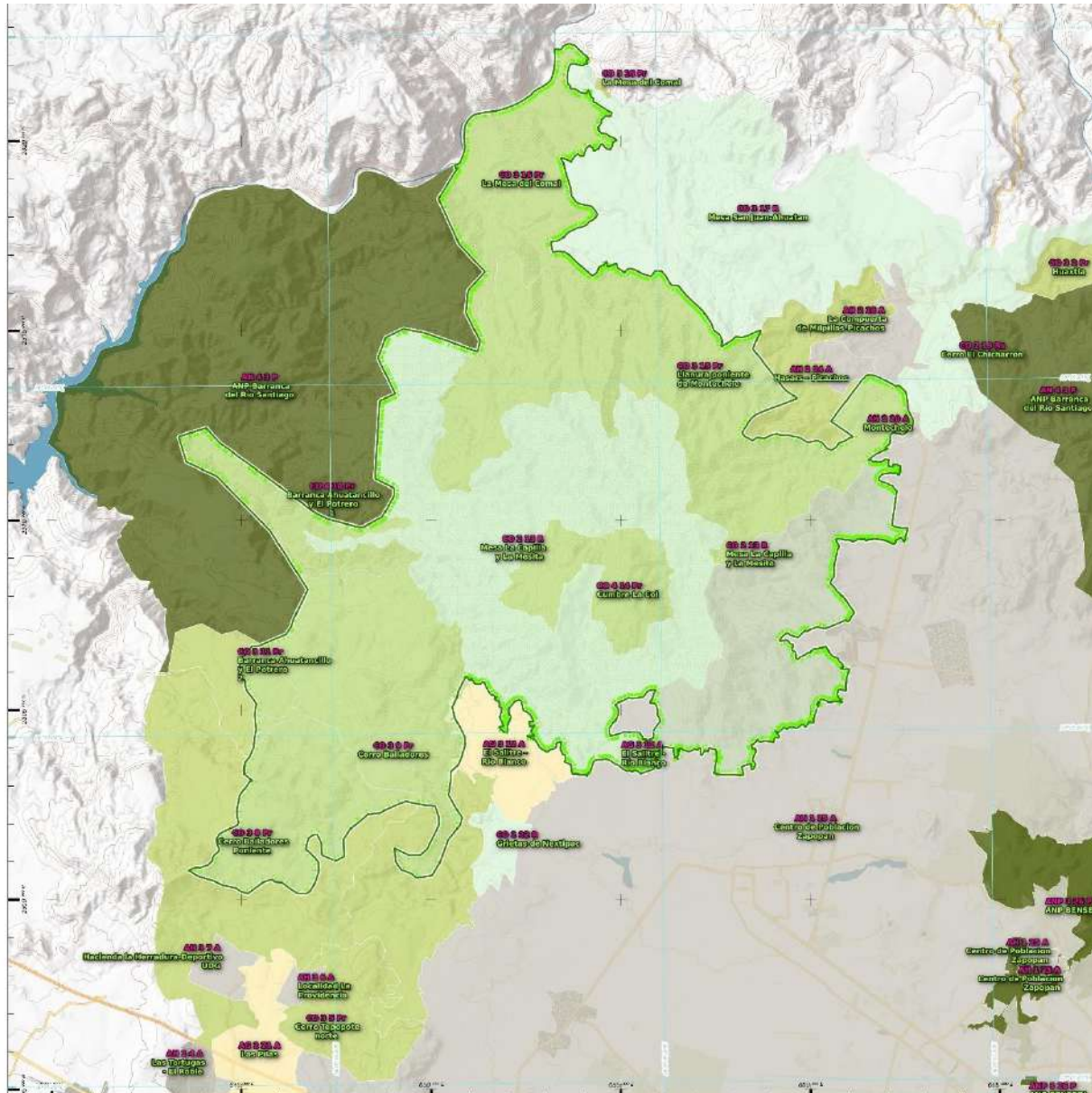


Figura 5 Delimitación del AMPH SITECOL con relación a las Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Zapopan, Jalisco.

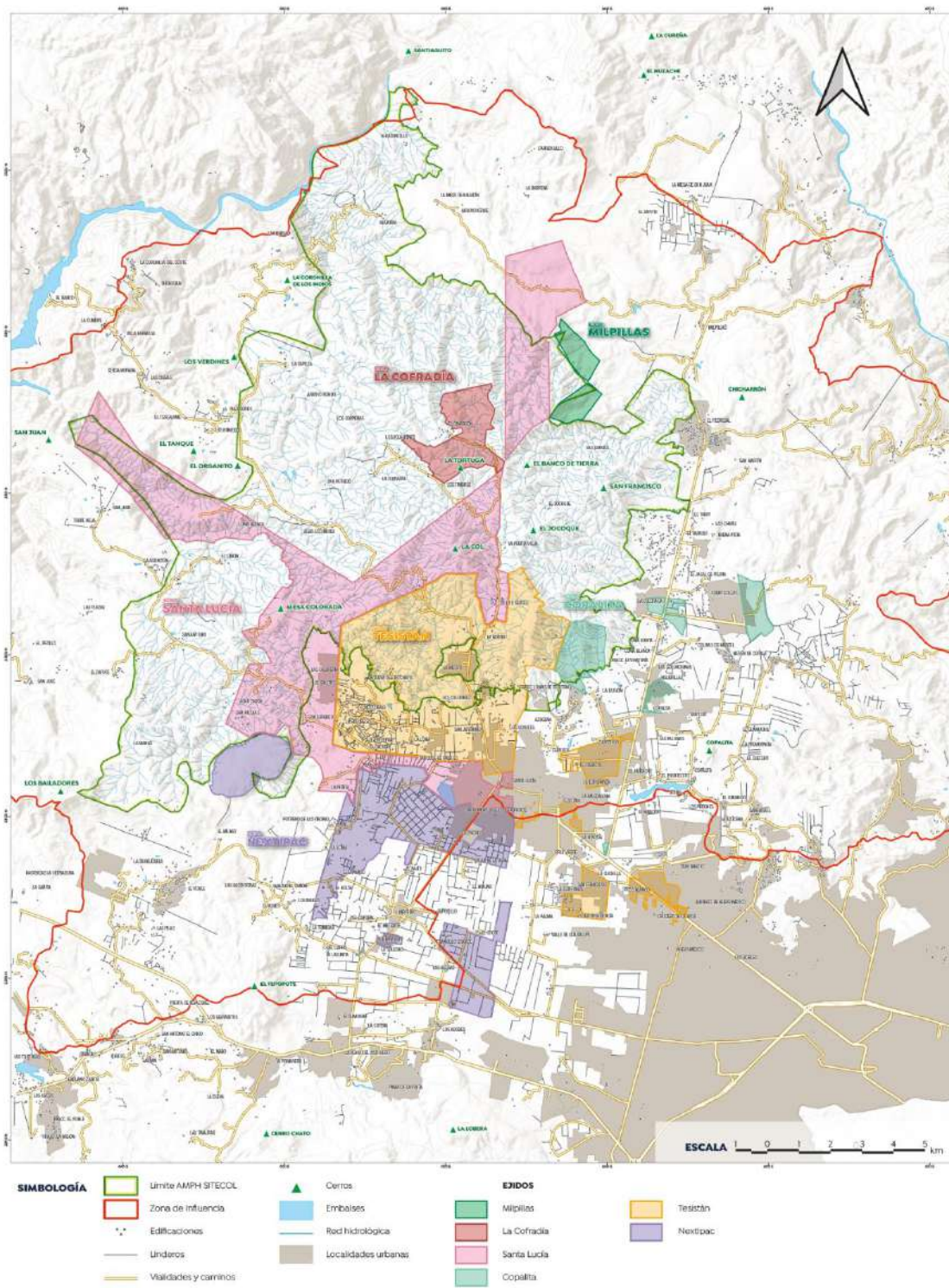
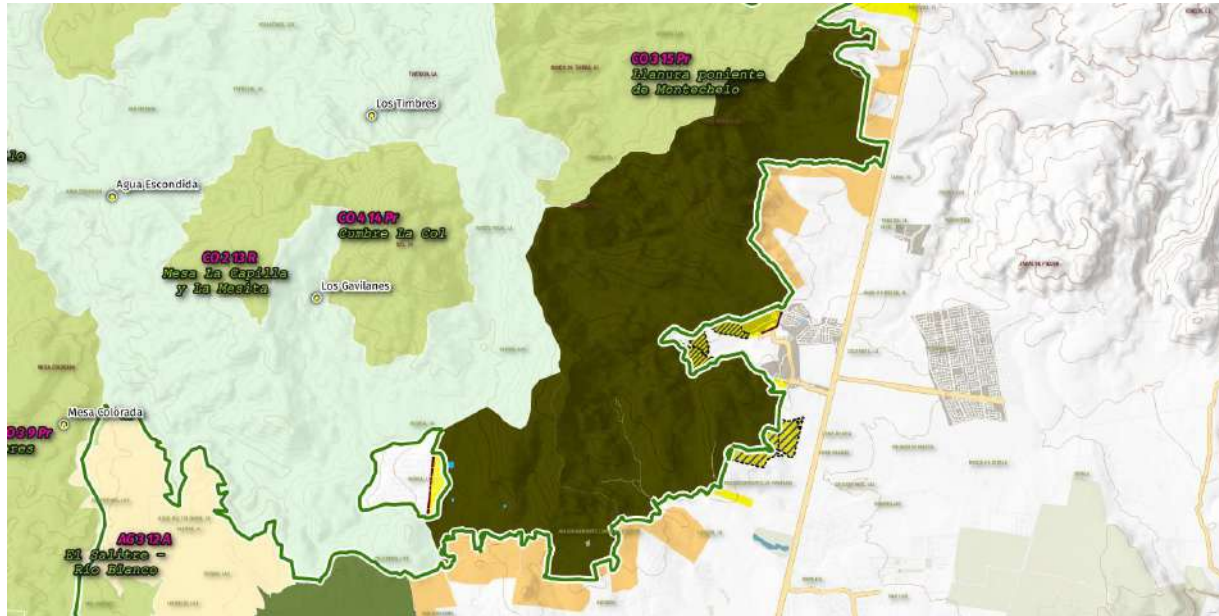


Figura 6

Superficie de los ejidos con relación al AMPH SITECOL y la zona de influencia.



**Figura 7** Al interior del AMPH SITECOL se incluye la zona ZPN-10-A “Copala” en el Plan Parcial de Desarrollo Urbano donde es considerada como área de conservación ecológica.

## 6.2 Zona de influencia

Uno de los motivos principales para la conservación de la Sierra de Tesistán-Cerro La Col es por considerarla como una gran zona de recarga de acuíferos. Todo inicia en la parte alta de la montaña donde se originan las cuencas – esas grandes extensiones de terreno captadoras de agua – que funcionan como un sistema que integra cuatro funciones vitales: la hidrológica, la ecológica, la ambiental y la socioeconómica.

La contribución del polígono AMPH SITECOL es a través de la protección de cuencas, áreas boscosas, llanuras y todas aquellas áreas que tengan impacto en las fuentes de producción y abastecimiento de agua en beneficio de la gente y el ambiente. Sin embargo, la contribución de la SITECOL se extiende sobre una superficie mayor que se conoce como la zona de influencia. La superficie de influencia alcanza una extensión de 63,614 hectáreas.

A partir del polígono AMPH SITECOL y su zona de influencia se puede apreciar en la Figura 8 que se derivan 10 microcuencas – porciones del terreno delimitadas por el parteaguas de las laderas de las montañas –, mismas que dan origen a la recarga de agua de arroyos, manantiales y pozos. El agua que se genera en estas microcuencas llega al Valle de Tesistán para satisfacer la demanda a las áreas productivas y centros de población, y se utiliza tanto para las áreas agrícolas y el pastoreo de ganado, como para provisión uso público-urbano, industrial y el quehacer de sus actividades cotidianas en los distritos urbanos. En la sección 7.2 se abordan las características hidrológicas con información a mayor detalle de las microcuencas, la red hidrográfica, las áreas de importancia de recarga de acuíferos, entre otros aspectos.



Figura 8 El AMPH SITECOL y su zona de influencia delimitada por su aporte a las cuencas hidrológicas de la región.



### 6.3 Vías de acceso

La principal vía de acceso al centro del polígono AMPH SITECOL y en particular a las faldas del Cerro La Col es partiendo por la vialidad desde el centro del poblado de Santa Lucía hacia el norte rumbo al poblado La Mesita; a partir de aquí se bifurcan dos caminos principales, uno en dirección norte hacia la localidad El Cimarrón y el otro rumbo al oeste pasando por las localidades de Los Gavilanes, Agua Escondida y hacia el poblado de Palo Gordo (ver Figura 9).



Figura 9

Vías de acceso al AMPH Sierra de Tesistán - Cerro La Col.

Hacia el oeste del polígono se toma el camino a San Lorenzo – San Antonio y hacia el este de la carretera de Tesistán a San Cristóbal de la Barranca se puede acceder por una serie de caminos que envuelven el polígono, sin embargo, hay algunos no reconocidos en la cartografía oficial.

El polígono SITECOL comprende una superficie que posibilita conciliar en campo los objetivos del área municipal de protección hidrológica y los usos actuales del suelo y vegetación (Tabla 2).

**Tabla 2** Superficie de la cobertura de uso de suelo y vegetación del AMPH SITECOL.

Cobertura	Hectáreas	Porcentaje
Agricultura de riego y de humedad	30.232	0.16
Agricultura seca	793.273	4.17
Áreas verdes urbanas	0.158	0.00
Bosque espinoso	1799.364	9.46
Bosque templado denso	764.723	4.02
Bosque templado semidenso	5911.118	31.08
Bosque tropical caducifolio	2933.650	15.43
Bosque tropical subcaducifolio	223.506	1.18
Cuerpos de agua	6.004	0.03
Infraestructura	32.929	0.17
Matorral inducido	2714.720	14.27
Pastizal inducido	3660.938	19.25
Urbanización densa	37.301	0.20
Urbanización semidensa	36.545	0.19
Áreas sin vegetación aparente	73.178	0.38
	19,035.50	100

Fuente: Cobertura de uso del suelo y vegetación (INEGI 2016).

## 7. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

### 7.1 Relevancia abiótica

#### Introducción

Con base a la revisión bibliográfica sobre la geología y geomorfología de la zona de interés denominada “Sierra de Tesistán - Cerro La Col” (SITECOL), en el municipio de Zapopan Jalisco se resalta lo siguiente: nuestro estado destaca dentro de la República Mexicana por su cultura, historia, gastronomía, arte, arquitectura, infraestructura, calidad humana, conectividad y por supuesto su riqueza y diversidad geológica (Maciel 2021). El estudio de la geología sirve para resolver múltiples problemas, que van desde la selección del mejor sitio para la construcción de grandes obras de ingeniería civil, como presas, carreteras, aeropuertos, refinerías, etc. Ahora toda esa información sirve para que los profesionistas de ciencias de la Tierra puedan explicar a los estudiantes o profesionistas de otras áreas, la formación, evolución, historia geológica y ubicar sitios de importancia geológica que son poco conocidos por el público en general.

Basta mencionar que la relevancia de los recursos abióticos define la presencia de un tipo de suelo, clima, hidrología y por supuesto la biota de un lugar o el uso de suelo. Para caracterizar nuestro territorio, su geología, consecuente edafología y diversidad de ecosistemas, Jalisco destaca con los siguientes atributos:

- ✓ Riquezas paleontológicas (Amezcuca 2000, Montellano 1997, Morales 1996, Maciel y Amezcuca 1998, Carranza 1980, Maciel 2004, 2006 y García et al. 2019), que nos hablan de los cambios climáticos (Maciel 2006), geodinámicas que han ocurrido a lo largo de la historia geológica del estado (Michaud 1992, Rosas-Elguera et al. 1989, Rosas-Elguera et al. 1993, Maciel y Rosas-Elguera 2006, Mahood 1980) y hábitats (Gama-Castro et al. 1990, Jáuregui 1997). En Zapopan, existen restos paleontológicos en la Sierra de La Primavera y en el Río Grande de Santiago (RGS).
- ✓ Desde el punto de vista económico el Servicio Geológico Mexicano (SGM) (2018) se cuenta con recursos naturales, como: minería, geotermia, (Kruger et al. 1992), agua subterránea (Maciel 2015). Destacan las minas de minerales metálicos ubicadas en el RGS y no metálicos, prácticamente en el resto del municipio.
- ✓ Desde la perspectiva académica y patrimonio cultural (Maciel et al. 2006, Maciel 2006, Maciel-Flores et al. 2015). El RGS, destaca por su paisaje y zonas volcánicas antiguas y recientes.
- ✓ Esta localidad, SITECOL, se encuentra en el límite de dos provincias fisiográficas la Sierra Madre Occidental (SMO) (Nieto 2000), y la Faja Volcánica Mexicana (FVM) (De la Fuente y Verma 1993, Ferriz y Mahood 1986, Ferrari 2000 y Ferrari & Rosas-Elguera 2000), cada una de ellas con rasgos litológicos, tectónicos y cronológicos específicos.

#### Descripción del área de estudio

El área de estudio se ubica en la porción centro occidental de la República Mexicana en los límites de lo que se considera el Bloque de Jalisco (BJ) y la SMO. En la figura 10a, se muestran las principales provincias fisiográficas del centro de México y el área de estudio. NAP: Placa de América del Norte; PP: Placa del Pacífico; RP: Placa de Rivera; CP: Placa Cocos; EPR: Dorsal del Pacífico Oriental; MAT: Fosa Mesoamericana; 1: Sierra Madre Occidental; 2: Faja Volcánica Transmexicana, la Sierra de Tesistán se ubica en esta última.

El marco tectónico simplificado del Bloque Jalisco y ubicación de grabens se ilustra en la figura 10b donde la Sierra de Tesistán se encuentran en la confluencia de volcanes principales como son LP-La

Primavera Caldera y T-Tequila (estrellas color negro). En la misma figura los recuadros abiertos representan las principales ciudades (G-Guadalajara, C-Colima, T-Tepic); mientras que las abreviaturas representan los siguiente: ChL, Lago de Chapala; CR, Graben de Colima; TZR, Graben Tepic-Zacoalco.

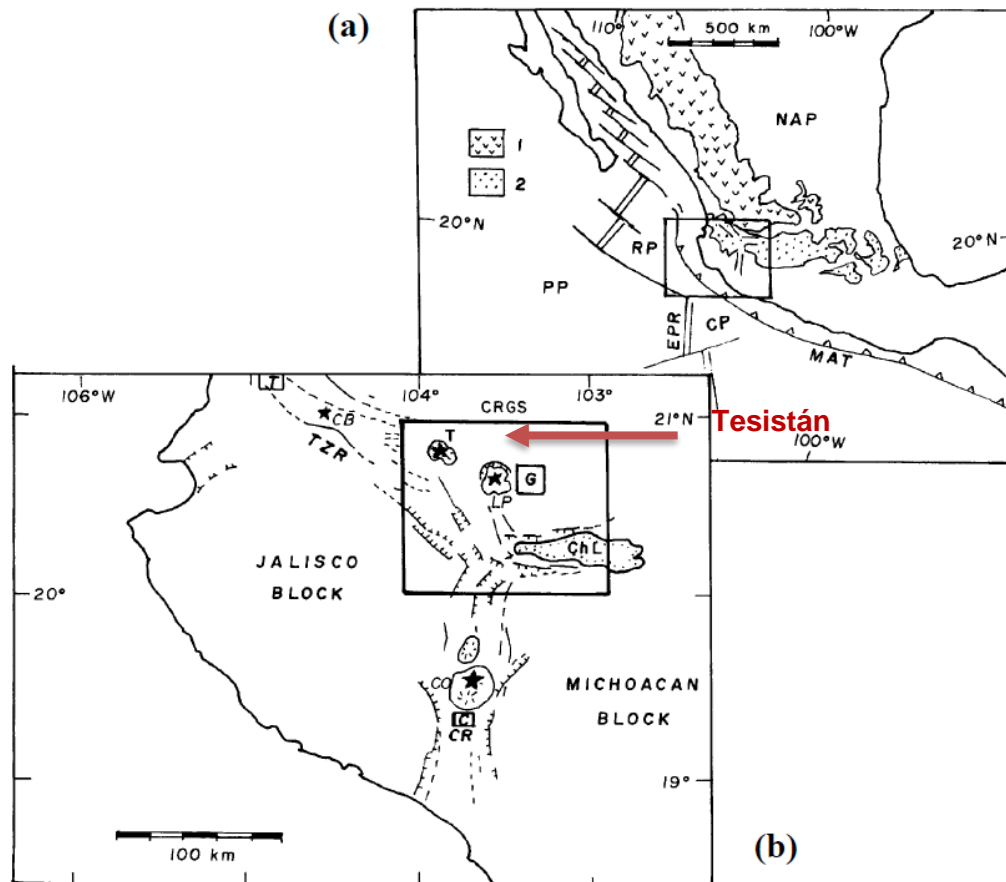


Figura 10 Localización geológico-estructural del área de estudio. Tomado de: Campos-Enríquez & Alatorre-Zamora (1998).

### Estudios previos

Maciel-Flores et al. (2011), publicaron la estratigrafía dentro de la Sierra de La Primavera (SLP), que deja como evidencia la presencia de un lago dentro de la caldera (que después desapareció desbordando por el occidente de la caldera). En el mismo trabajo, se presentan los efectos del Cambio Climático, ocurridos en los últimos 30,000 años, que básicamente se han significado por un aumento en la temperatura entre 2 y 3°C, así como una disminución en la precipitación de 100 a 200 mm y la pérdida de varias especies de pinos en la zona, lo anterior como consecuencia tanto de cambios climáticos como por la desaparición del lago de La Primavera. Un patrón similar al que se presenta en las calderas del Domo del Cerro La Col.

Maciel-Flores y Rosas-Elguera (1992) presentaron un “Modelo Geológico y Evaluación del Campo Geotérmico en la Sierra de La Primavera, Jalisco, México”. Este sistema geotérmico, descarga en varios manantiales termales periféricos y fumarolas dentro de la citada sierra, en el artículo se resumen las

actividades: geológicas, geofísicas y de perforación, desarrolladas con objetivos geotérmicos en La Primavera, este sistema geotérmico se mezcla en los acuíferos someros periféricos.

Uno de los trabajos más relevantes fue el desarrollado por Rossotti et al. (2002) denominado “Geology of the boundary between the Sierra Madre Occidental and the Trans-Mexican Volcanic Belt in the Guadalajara region, western Mexico”.

Ramírez et. al. (1982), desarrollaron un proyecto denominado “Hidrología regional de la zona geotérmica de La Primavera-San Marcos-Hervores de la Vega, Jalisco” elaborado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (citado *op.cit*) el cual muestra la profundidad y el comportamiento regional del acuífero somero circundante a la SLP, sin considerar la subdivisión que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), realizó posteriormente del acuífero regional, en función de las delimitaciones municipales. En dicho estudio se puede apreciar que en la SLP no existen pozos (excepto profundos; los hechos por la CFE), y también es posible apreciar que a partir del Cerro de Planillas (el más alto de la región) los acuíferos y las aguas superficiales tienden a moverse en forma radial a este cerro. En esta zona se delimitan tres cuencas, que son:

*Río Santiago*, que a su vez se subdivide en las Subcuencas; Cajititlán, Atemajac-Toluquilla, Tesistán y Tequila. Dentro de la cual está el área de interés.

*Río Ameca*, la cual se subdivide en: Etzatlán- Ahualulco y Ameca.

*San Marcos*, la cual se subdivide en pequeñas cuencas endorreicas, delimitada por las lagunas de Atotonilco, Zacoalco y San Marcos.

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) en el año 2000, presentó “El Estudio Hidrológico del Estado de Jalisco” (INEGI 2000), que es la mejor integración regional de la información generada hasta ese momento, por la CONAGUA.

Existen diversos trabajos que denotan el trabajo de la CONAGUA y algunas otras dependencias como la CFE (1990) sobre la región, aun cuando no son de toda la zona de interés, ni poseen el mismo detalle. También existen trabajos académicos, como tesis y publicaciones en revistas científicas.

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y CONAGUA han presentado publicaciones importantes como son: “Estadísticas del Agua en México” (2008), “El Programa Nacional Hídrico 2007-2012” y “El Programa Hídrico Visión 2013, del estado de Jalisco”, que dan una visión integral del estado del arte sobre este recurso y su propuesta de manejo. La CONAGUA en conjunto con la Universidad de Guadalajara (UDEG) realizó para el Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco, el subproyecto de Aguas Subterráneas en donde describen el balance y estado que guarda el agua subterránea, hidrogeoquímica por zonas hidrológicas y los índices de vulnerabilidad.

Maciel-Flores et al. (2014) definen que el problema de abastecimiento de agua a las comunidades es un problema mundial que progresivamente se está agudizando. En el caso particular de México, en el centro norte del país el volumen del agua es menor de 1,724 m<sup>3</sup>/habitante/año, mientras en el suroeste es de 13,097 m<sup>3</sup>/habitante/año, por lo que las zonas de recarga son necesarias de identificar y cuidar. Garnica (2017) en su investigación denominada “Análisis geológico, geofísico para delimitar zonas de recarga de acuíferos. Aplicación: Zona perimetral de Guadalajara”, delimita las zonas de recarga y ubica al valle de Tesistán como un área con los parámetros ideales para ser considerada como una zona muy buena para la recarga del acuífero con el agua pluvial y este valle recibe una importante descarga del Cerro La Col.

Por otra parte, Amaya (2014) presentó información que permite conocer la condición de vulnerabilidad hídrica en Jalisco, todo con el fin de implementar acciones de adaptación en regiones prioritarias, pues en la actualidad existe un aprovechamiento desmedido de los recursos naturales sin pensar o tener consideración de la precaria situación en la que ya vivimos, generando así una degradación de los servicios ecosistémicos. Un primer eslabón del proceso de adaptación al cambio climático es reconocer la vulnerabilidad del territorio; como resultado de este estudio se realizó una

primera aproximación del diagnóstico del territorio de Jalisco con una evaluación de vulnerabilidad hídrica a través del análisis de relación, oferta y demanda de los principales sectores involucrados. La mayor amenaza de sequía meteorológica en Jalisco está presente en las regiones Norte y Altos Norte por una condición meteorológica natural que propicia la presencia de climas semisecos.

Además, Hernández et al. explican (2017) la geoquímica y la influencia hidrotérmica en el acuífero Atemajac-Toluquilla, utilizando datos químicos e isotópicos. Las muestras corresponden a 40 pozos de producción, y se identificaron cuatro grupos de tipo de agua:

- a) Aguas termales con altas temperaturas y concentraciones de cloro (Cl), Sodio (Na), Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) y la presencia de Litio (Li), Manganeso (Mn), Hierro (Fe) y Magnesio (Mg), aparentemente de edad avanzada (pozos localizados en el acuífero Toluquilla),
- b) Aguas mixtas de Na- $\text{HCO}_3$  (bicarbonato de sodio) a  $\text{HCO}_3$  (bicarbonato) que representan una mezcla de agua fría y agua termal (estos pozos se ubicaron principalmente en el este y sur del área);
- c) Agua contaminada caracterizada por altas concentraciones de nitratos y sulfatos derivados del flujo de retorno urbano y agrícola (pozos ubicados en la zona centro de Guadalajara).
- d) Agua fría caracterizada por valores de baja temperatura, baja concentración de Cl, Na y salinidad de tipo Na- $\text{HCO}_3$  (pozos ubicados en la parte occidental de la zona). Las aguas del Grupo 1 y del Grupo 2 muestran menos actividad de Tritio en comparación con las aguas subterráneas frías (grupo 4) y las aguas subterráneas contaminadas (grupo 3).

La Comisión Estatal del Agua (CEA 2020), publicó en su página web, ([https://www.ceaJalisco.gob.mx/contenido/fichas\\_hidrológicas/](https://www.ceaJalisco.gob.mx/contenido/fichas_hidrológicas/)), las fichas técnicas hidrológicas de todos los municipios de Jalisco, en las cuales es posible analizar por municipio, los aprovechamientos y uso que se le da al agua superficial y subterránea.

A nivel país, México recibe aproximadamente 1'489,000 millones de  $\text{m}^3$  de agua en forma de precipitación al año. De esta agua, se estima que el 71.6 % se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 22.2 % escurre por los ríos o arroyos, y el 6.2 % restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos (CONAGUA 2014). Una forma de evaluar la disponibilidad del agua subterránea es mediante la NOM-011-CONAGUA-2015.

Otra investigación reciente y pertinente con el tema del riesgo en el uso de los acuíferos es la generada por Morán-Ramírez *et al.* (2016), en un trabajo denominado "*Rock-Water interactions and pollution processes in the volcanic aquifer system of Guadalajara, Mexico, using inverse geochemical modeling*", en el que la interacción del yacimiento geotérmico, la contaminación de industrias y centros urbanos hacia el acuífero somero.

## Metodología

El trabajo se desarrolló en dos fases: la primera, coordinarse con el grupo de trabajo y recopilación de la información bibliográfica y entrevista con especialistas, la segunda etapa, fue el trabajo de campo y finalmente la integración de la información y elaboración del reporte respectivo, se trabajó en campo a una escala 1:50,000.

### *Trabajo de gabinete*

La búsqueda de información sobre geología, (geohidrología, paleontología, estructuras geológicas) geositios, geopatrimonio, se llevó a cabo mediante la consulta de literatura especializada y en diferentes fuentes (digitales y no digitales). Además de haberse utilizado de manera adicional la siguiente información:

- Banco de datos personal de los integrantes del cuerpo académico especializado en la geología de Jalisco y estados vecinos.

- Investigaciones universitarias.
- Resúmenes y extensos de congresos especializados, como son;
  - Reunión anual de la Unión Geofísica Mexicana,
  - Sociedad Geológica de México y
  - Congreso Internacional de Aguas y Sostenibilidad.
- Biblioteca Digital de la UDEG.
- Consulta de páginas web de las dependencias oficiales relacionadas al agua, como son U.S. Geological Survey, Servicio Geológico Mexicano (SGM), INEGI.
- Consulta con expertos; CFE, Petróleos Mexicanos, Cámara de Mineros, SGM.

#### *Interpretación de la cartografía geológica*

Debido a la complejidad y lo extenso del área de estudio, se compiló la cartografía de la Sierra de Tesistán dentro de la información oficial que destaca la generada por INEGI (1975 y 1999), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (1990) y el Consejo de Recursos Minerales (COREMI, hoy SGM) (1999). Además de estudios realizados por Maciel (1981, 1986), sobre la zona de intersección del rift de Tepic Chapala, el de Chapala y el de Colima. Y estudios de semidetalle en la Sierra La Primavera (Maciel 1992, 1997, 1998, 2002b, 2006), se conjuntaron con acceso a la información de múltiples compañías. En esta fase de reinterpretación de los estudios antes mencionados se complementaron con una fotointerpretación, se obtuvieron fotografías aéreas con el municipio de Zapopan, imágenes de satélite de archivo (de Google Earth). Las cuales también fueron foto-interpretadas y a partir de esta información se prepararon las diferentes salidas de campo. Uno de los trabajos más relevantes fue el desarrollado por Rossotti *et al.*, (2002) denominado *Geology of the boundary between the Sierra Madre Occidental and the Trans-Mexican Volcanic Belt in the Guadalajara region, western México*, que trata específicamente de esta región, recopila información radiométrica, la secuencia estratigráfica, y cartografía a escala 1:50,000.

#### *Trabajo de campo*

Se realizaron recorridos en sitios preseleccionados, en donde se tomaron fotografías. La zona fue visitada con uno de los coautores del trabajo el Dr. Rosas-Elguera y como guía José María Hernández-Sanchés, egresado de la Licenciatura en Biología con especialidad en paleontología, quien nos llevó a conocer localidades con fósiles (Fig. 10).



Figura 11 Reconocimiento de áreas de interés paleontológico con el registro de fósiles en el AMPH SITECOL. Fotografías: R. Maciel.

## 7.1.1 Geología

### *Geología Regional*

La historia de esta región inicia aproximadamente en el Mioceno tardío a Cuaternario hace 35 millones de años, donde la actividad volcánica y tectónica más antigua fue registrada en la Sierra Madre Occidental; mientras que la actividad más reciente se registra en la Faja Volcánica Mexicana. En el contexto regional cercano a la Sierra de Tesistán las fallas geológicas PS-Plan de Barrancas-Santa Rosa,



AM-Ameca y SZ-San Marcos-Zacoalco se indican con flechas dobles en color negro la figura 12 dentro del recuadro (Rosas-Elguera 1995). Otras estructuras extensionales principales mencionadas en la figura son: CB-Ceboruco, AT-Amatlán de Cañas, C-Amacueca, CT-Citlala, CVS-Complejo Volcánico Colima.

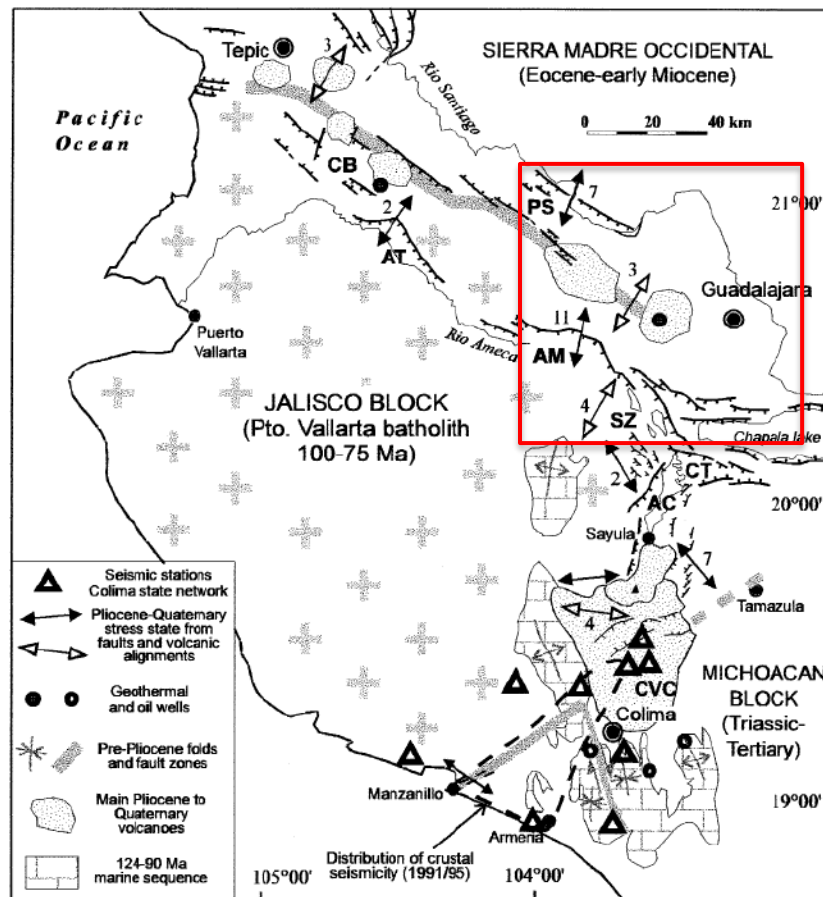
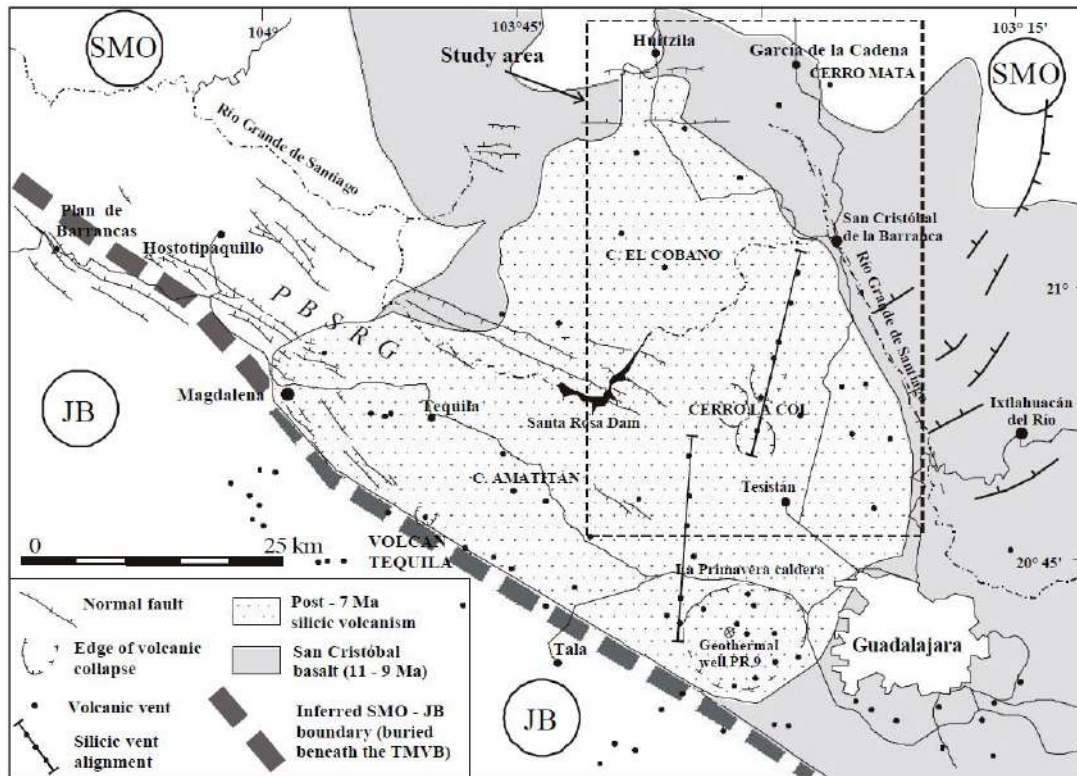


Figura 12 Mapa tectónico y de tensiones del bloque Jalisco y sus límites. Fuente: Rosas-Elguera 1995

Las anteriores provincias, contienen una amplia gama de rocas de importancia económica y cultural y relatan la historia geológica con los fósiles presentes en sus laderas y su dinámica. La actividad geotérmica (antigua y reciente) es una característica notable en la zona. Entre las dos provincias se intersectan por el Río Grande de Santiago, que es el resultado de una serie de estructuras geológicas, fracturas, fallas laterales, inversas y normales que en conjunto condicionaron el cauce del citado cuerpo de agua, pero además permitieron el deslizamiento de laderas e incluso el nacimiento de aparatos volcánicos básicos recientes que temporalmente taparon el cauce del río, convirtiendo el mismo en una laguna natural, donde los ecosistemas y sus elementos se desarrollaron y al morir se depositaron en su lecho facilitando la fosilización de los mismos, que ahora pueden verse a simple vista.

En el domo del Cerro La Col, es posible apreciar la existencia de una serie de calderas que colapsaron parcialmente posteriores a la formación del domo, dentro de estas estructuras, inicialmente, se formó un lago y dentro del mismo se depositaron sedimentos volcano-sedimentarios que atraparon algunos restos de plantas, las cuales se fosilizaron y actualmente afloran en diversos puntos, como se indica en la figura 13 y 14.



**Figura 13** Ambiente volcánico y tectónico del área de estudio (adaptado de Ferrari et al. 2000 y Ferrari y Rosas 2000). SMO=Sierra Madre Occidental; JB= Bloque Jalisco, PBSRG=Plan de Barrancas-Santa Rosa graben. También se indican las alineaciones de los respiraderos volcánicos. Fuente: Rossotti et al., 2002.

Zapopan es un municipio con características geológicas y geomorfológicas diversas, que se pueden estudiar en él, vulcanismo activo y antiguo con rocas ácidas y básicas, rocas intrusivas de diferentes dimensiones y composición, es una localidad propia para la docencia de especialistas en Ciencias de la Tierra o de otras áreas. Hay mega estructuras geológicas, que afloran en el Río Grande de Santiago con zonas tectónicas activas y antiguas, algunas afectan la infraestructura como la presa de Santa Rosa que se encuentra aguas debajo de AMPH SITECOL.

Existen además a lo largo del Río Grande de Santiago, zonas de metamorfismo de contacto y regional, donde se han descubierto minas de importancia, con minerales metálicos y no metálicos.

#### *Litología y secuencia estratigráfica*

El área de estudio, como se ha mencionado anteriormente, está dentro de la provincia fisiográfica denominada FVM, la cual se caracteriza, por ser una faja que atraviesa la República Mexicana, que está constituida por diferentes emisiones de rocas volcánicas, principalmente basaltos y andesitas, de reciente formación correspondiente a eventos de una edad menor a 7 millones de años (López-Ramos 1995, Luhr et al., 1989, Maciel 1981, Nieto 2000). La litología del área de estudio dentro de esta provincia es atípica, dado que su composición no es básica o intermedia como ocurre en la mayor parte de la FVM más bien está constituida por domos de carácter riolítico y su edad se estima puede ser de aproximadamente 5 millones de años, pero sería importante obtener su edad, mediante un estudio

radiométrico. En las inmediaciones, se localizan otros edificios volcánicos de composición riolítica (Serpa et al., 1991 y Alatorre-Zamora 1992), ver figuras 13, 14 y 15.

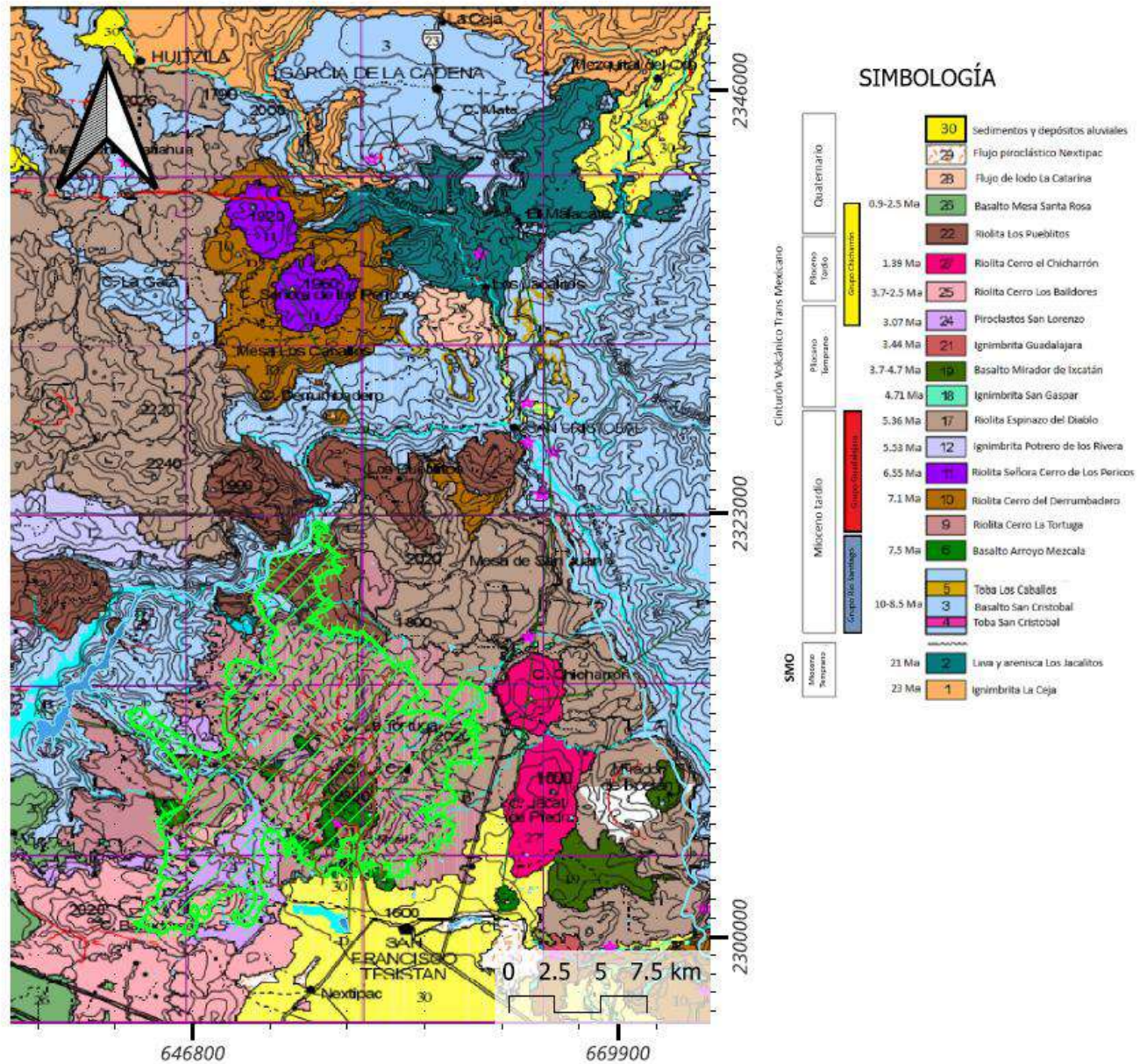


Figura 14 Mapa geológico del área de San Francisco Tesistán-García de la Cadena con la delimitación del AMPH SITECOL (contorno verde). Fuente: Rossotti et al., 2002.

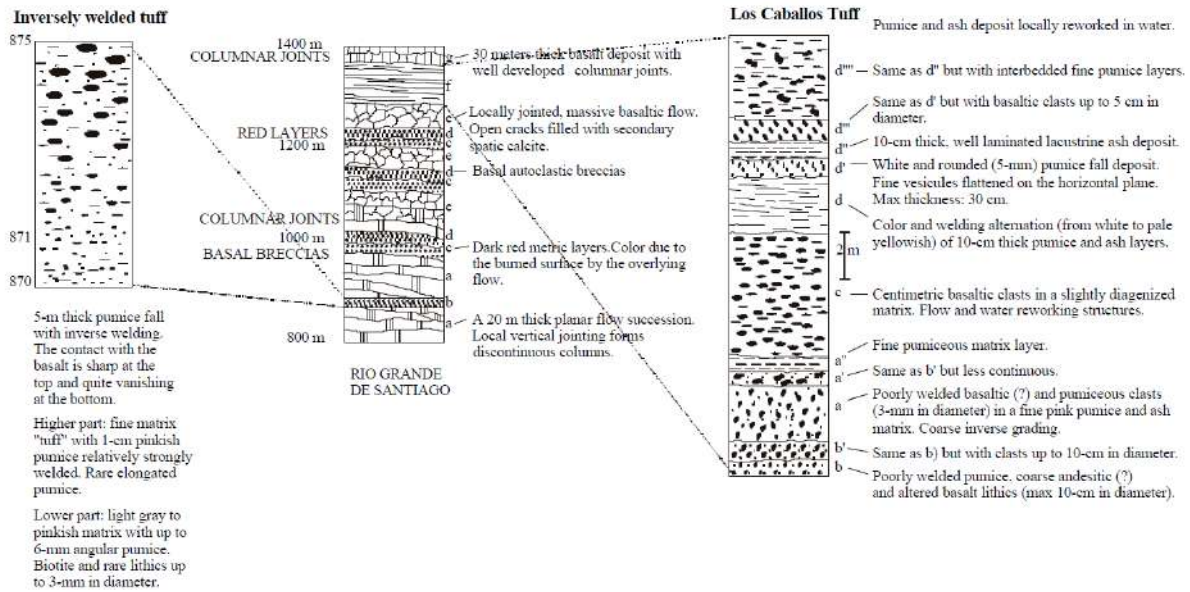


Figura 15 Estratigrafía general del Grupo Río Santiago basada en afloramientos 3 km al sureste de San Cristóbal de la Barranca. Fuente: Rossotti et al., 2002.

En el área de estudio la geología presente la caracterizan principalmente los tipos de roca basaltos, riolitas, piroclásticos, ignimbrita y aluvión (Fig. 16). De lo antiguo a lo reciente están los basaltos de San Cristóbal y Arroyo Mezcala; riolitas del Cerro La Tortuga y Espinazo del Diablo; ignimbrita Guadalajara; piroclásticos San Lorenzo; riolitas Cerro Los Bailadores y Los Pueblitos. Las rocas o derrames de basalto se originan a partir de material fundido en el interior de la corteza terrestre, y una vez que emerge a la superficie se conoce como lava. Las rocas de tipo riolita se forman como resultado de una violenta erupción volcánica. El material piroclástico es la mezcla de roca caliente, ceniza y fragmentos de lava que se lanzan desde el respiradero de un volcán durante una erupción.

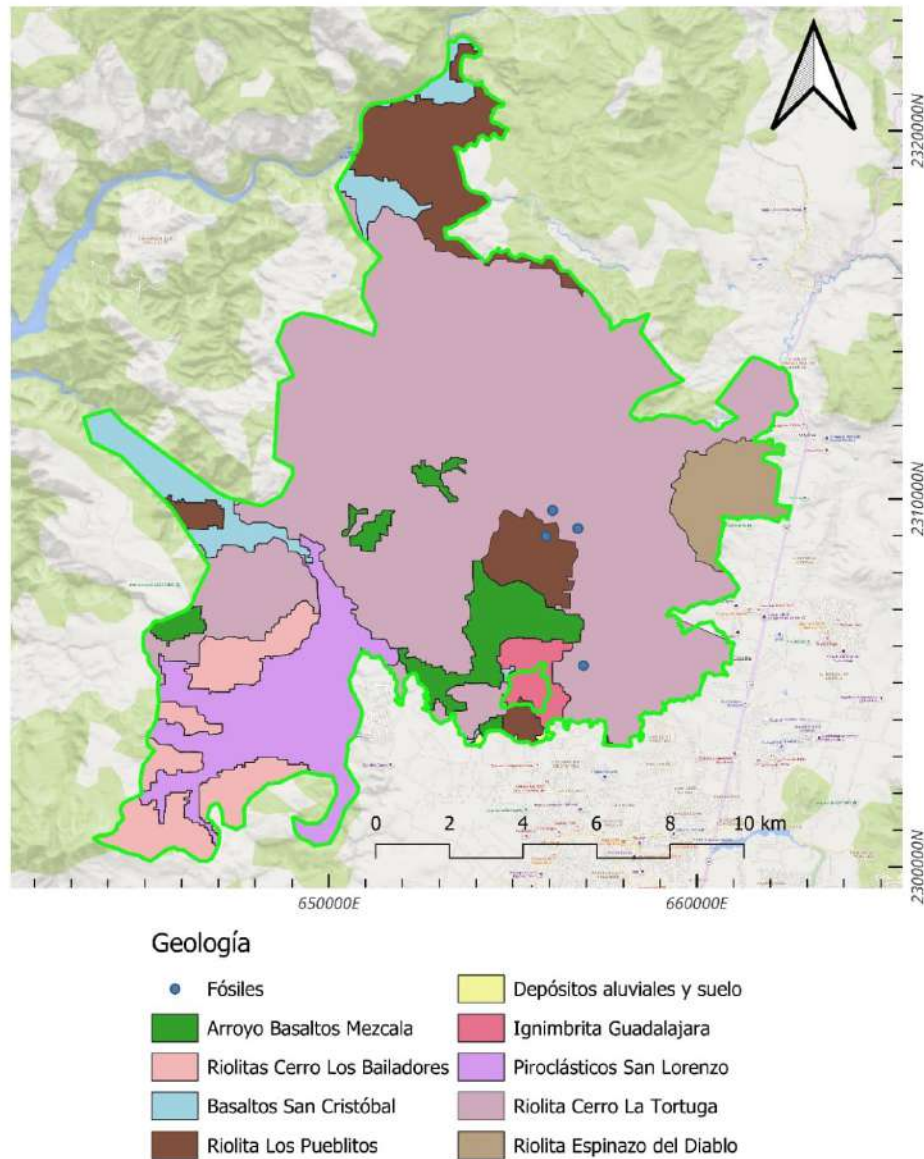
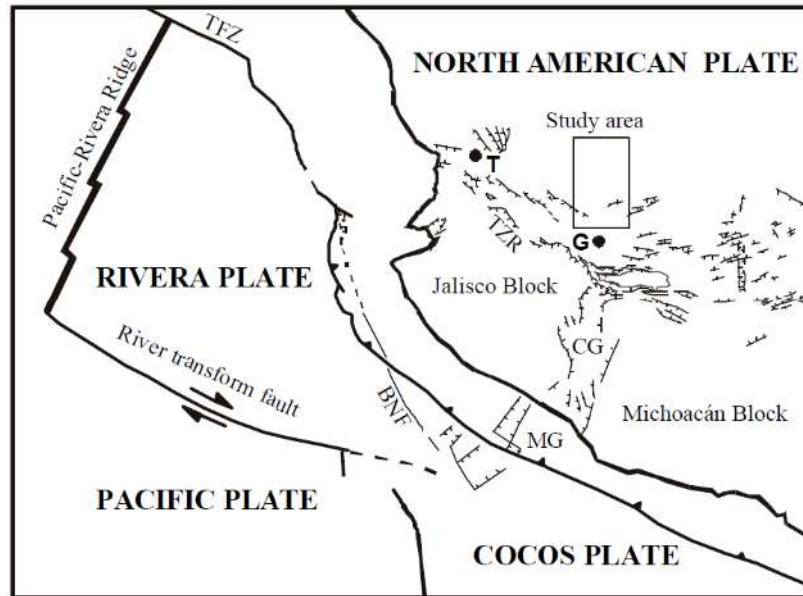


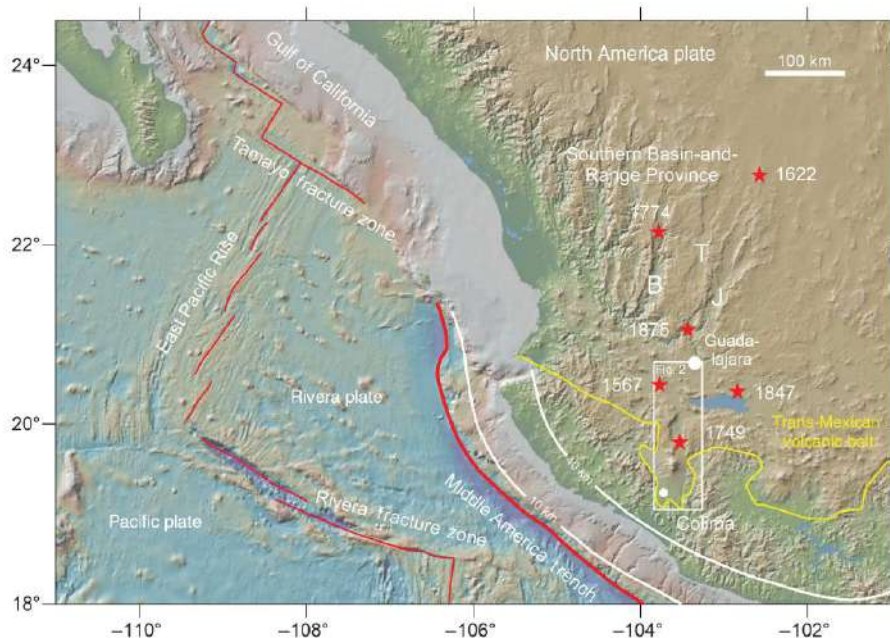
Figura 16 Geología del polígono propuesto para el establecimiento del AMPH SITECOL.

La FVM, en su sección occidental cerca del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), deja de tener una orientación E-W, bien representada en el lago de Chapala, y se divide para parcialmente tener una orientación NW-SE, que es la orientación del graben de Tepic a Guadalajara (donde se ubican un gran número de aparatos volcánicos recientes o activos, como los volcanes de Tequila, Sanganguey, Las Navajas, Ceboruco, entre otros) asociado a esta megaestructura y otra tiene una dirección casi N-S (de Colima a San Marcos), formando parte del graben de Colima que algunos autores consideran continúa hasta el RGS y algunas estructuras en el área de estudio se infiere pertenecen a este trend estructural (ver figura 17).



**Figura 17** Ambiente tectónico del occidente de México con indicación de las placas principales. TFZ= zona de fractura de Tamayo; BNF= Falla de Barra de Navidad; MG= Manzanillo Graben; TZR= Grieta Tepic Zacoalco; CG= Graben de Colima; G= Guadalajara; T=Tepic. Fuente: Ferrari & Rosa-Elguera 1999.

En la figura 18 se ubican los focos de los sismos ocurridos, en el que se considera el graben de Colima (polígono blanco). Se aprecia al interior del polígono sismos en los años 1567 y 1749. Cabe destacar un sismo de gran magnitud en el año 1876 al norte de Guadalajara (Suter 2019); justo en el área de influencia de esta zona de estudio.



**Figura 18** Focos de los sismos ocurridos en el graben de Colima. Fuente: Suter 2019.

### *Geología estructural*

Como se refiere en las figuras 12 y 13, el área de estudio se ubica en el graben de Colima que intersecta al de Chapala, pero además está en el límite del Bloque Jalisco y la Sierra Madre Occidental. En el Río Grande Santiago, presenta un zigzaguo por la presencia de fallas laterales (dextrales principalmente) además de fallas normales y fracturas, como se refleja en una zona accesible que es la presa de Santa Rosa, aguas abajo de la zona de estudio.

Como se ilustra en la figura 14, la actividad tectónica regional producto de las placas tectónicas de Rivera, Cocos y Pacífico, dan por resultado una gran actividad sísmica en la costa de Jalisco y se refleja en el graben presente en Jalisco que influye en la zona de estudio (grietas de Chapala y Colima). Con mayor detalle en la figura 14, se presenta el ambiente volcánico tectónico del área de estudio donde queda incierto el límite del Bloque Jalisco (JB) y la Sierra Madre Occidental (SMO).

En diversas localidades es posible apreciar las estructuras geológicas que existen en la zona de estudio que provee a las unidades litológicas una permeabilidad secundaria, ver figura 19.



**Figura 19** Fallas y fracturas en AMPH SITECOL que generan una permeabilidad secundaria y favorece la infiltración del agua pluvial hacia los acuíferos. Fotografía: Roberto Maciel.

### *Geositios de interés*

En México, existe una vinculación y aprecio de su patrimonio histórico, así como de su multiculturalidad, costumbres, gastronomía, etc. Sin embargo, poco se ha avanzado en la defensa del patrimonio abiótico de Jalisco, como son los recursos hidrológicos, geotérmicos, minerales, edáficos, paisajísticos, restos paleontológicos, peligros geológicos, litología única o formaciones rocosas. Esto en parte se debe a la poca divulgación de las investigaciones científicas, al público en general, sobre el conocimiento geológico y por consecuencia, los habitantes de una localidad no aprecian el valor de su entorno.

A nivel mundial, crece el número de geoparques 177 en 46 países. En México hay dos consolidados, el de la Comarca Minera, en Hidalgo, y Mixteca Alta, en Oaxaca. En ellos se ve el benéfico impacto económico hacia la población local, por lo que es impostergable el análisis de tener un geoparque en Jalisco. Este trabajo puede contribuir a preparar las condiciones para incrementar el turismo de la región y contribuir a reactivar la dañada economía del estado.

Comprender las características de algunos importantes recursos como la geotermia, que existe en las inmediaciones de la zona de estudio, tan poco aprovechada en Jalisco, a pesar de que se tiene la mayor cantidad de localidades termales de baja temperatura de México, con un alto potencial de aprovechamiento industrial, turístico o recreativo.

Diversas localidades con paisajes únicos, que pueden aportar mucho al turismo de aventura o bien al geoturismo. De acuerdo con el paisaje, el AMPH SITECOL cuenta con localidades únicas, que compiten con barrancas tan importantes como la barranca del Cobre en Chihuahua, o el Cañón del Colorado (EUA).

Las localidades fosilíferas, nos permitirán después de su estudio, definir cómo ha cambiado el clima en los últimos millones de años. Deben de ser clasificadas como un patrimonio natural del municipio, en el cual se debe de implementar su protección. Esto con la finalidad que el público en general vaya a conocer, reciba una explicación de su formación y conservación, tal visita, puede ser acompañada de venta de reproducciones de fósiles que la comunidad aprenda a realizar para generar un ingreso por los servicios que se le brinden al geoturista y la venta de reproducciones de los fósiles (Fig. 20).



**Figura 20** Hoja de un encino preservada en sedimentos lacustres. Fotografía: Roberto Maciel.

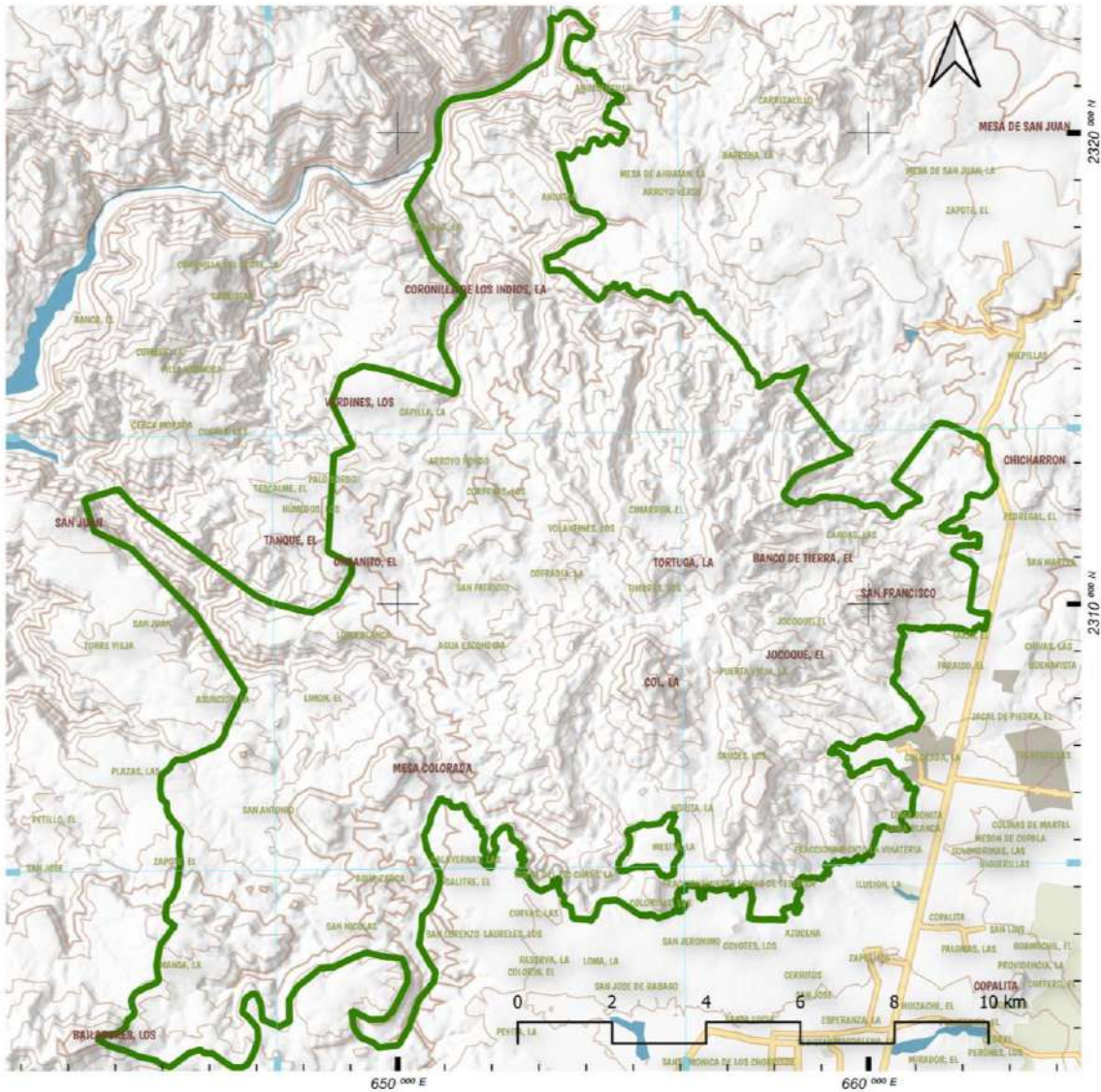


## 7.1.2 Geomorfología

La morfología de esta zona montañosa es variada, al contar con elevaciones como el Cerro La Col de 2,200 metros sobre el nivel del mar (msnm), el más alto del municipio, junto con el cerro de San Francisco a 2,060 msnm (al oeste del Taray) hasta depresiones con 745 msnm, en la base del Río Grande de Santiago, como se aprecia en la figura 21. Al sur de la Sierra de Tesistán, se ubica una gran zona plana que se extiende hacia el este y sureste formando el valle de Tesistán. También al este de la Sierra se forma otra área plana formada por los Llanos de Copala.

El sector oeste está formado por una serie de mesas y mesetas separadas por profundos cañones que han labrado los arroyos y ríos tributarios del Río Santiago, por ejemplo, la Mesa de Ahuatán, Coronilla de los Indios, Los Órganos, Los Verdines o La Capilla, La Mesa de la Coronilla del Ocote, y las Mesas Coloradas y la Mesa de San Lorenzo al este de Santa Lucía.

La posición que tiene la Sierra de Tesistán dentro de la SMO y la FVM ha generado una morfología totalmente diferente entre ambas provincias. La primera tiene una edad de 30 millones de años y la segunda menos de 7 millones de años, como en párrafos anteriores se ha explicado, los efectos del intemperismo en el primero ha dejado profundas cañadas y en la segunda la dinámica vulcano-tectónica generó en primer instancia la formación de un domo, en el cual se formaron varias calderas como se ilustra en la figura 22, dentro de la que se formó un gran lago, el cual posteriormente se colapsó, dejando como evidencia, sedimentos lacustres y fósiles dentro de ellos. Durante la formación de este domo, se formaron además diversos diques.



Límite AMPH SITECOL    Montañas  
Aa Nombres de los cerros

Figura 21 Geomorfología del AMPH SITECOL. Fuente: elaboración propia.

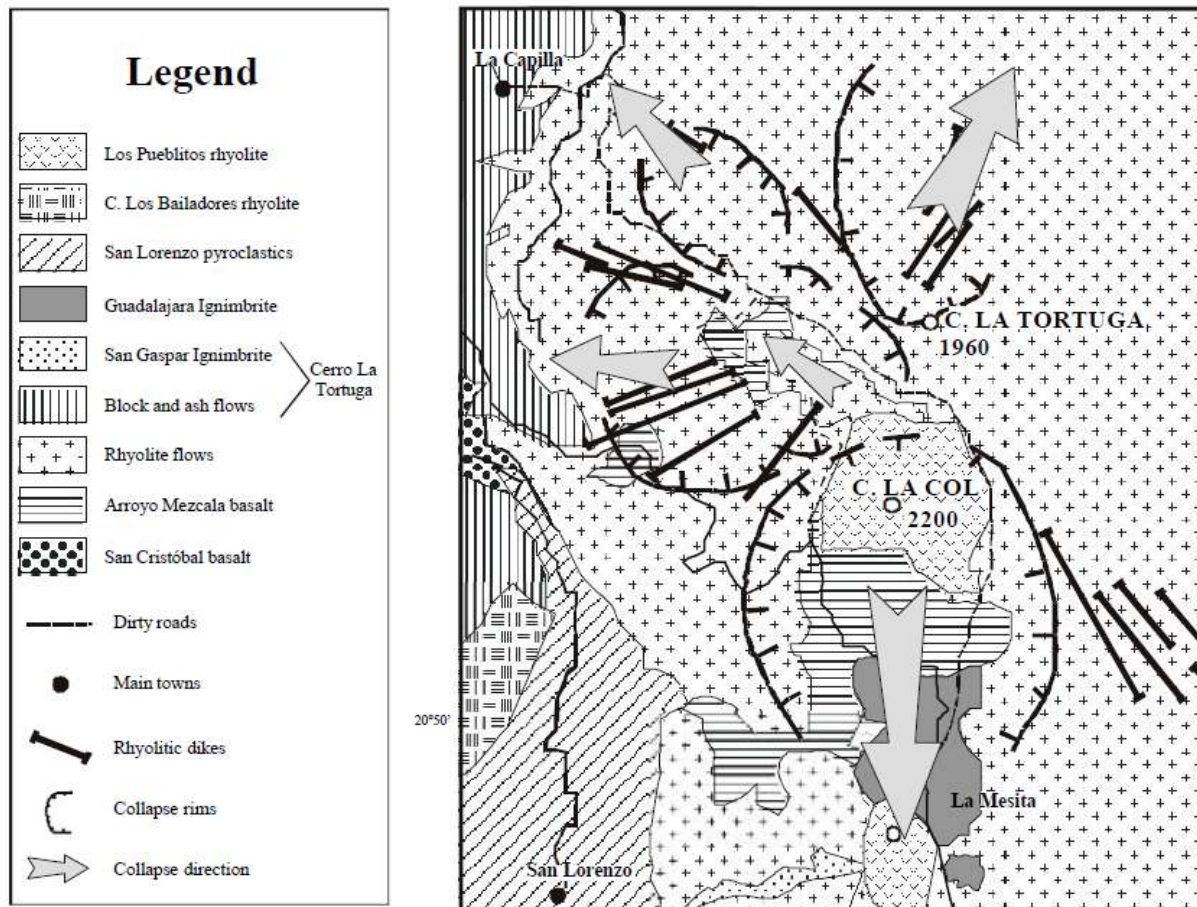


Figura 22 Características geológicas de la zona del cerro La Col y cerro La Tortuga, con detalle en los colapsos del domo. Fuente: Rossotti et al., 2002.

### 7.1.3 Edafología

El suelo se define como la capa más superficial de la corteza terrestre, en la cual se encuentra el soporte de la cobertura vegetal natural y gran parte de las actividades humanas. Es necesario conocer las características de los suelos para el buen manejo agrícola, pecuario, forestal, artesanal o de ingeniería civil. El suelo es el resultado de la interacción de varios factores ambientales como el clima, geología (material parental), relieve y tiempo. Los suelos están formados por horizontes y/o capas, en los cuales se pueden apreciar sus características (INEGI 2004).

De acuerdo con el INEGI (2007), en México existen 26 de los 32 grupos de suelo reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS 2007). Dominan los Leptosoles (28.3 % del territorio), Regosoles (13.7 %), Phaeozems (11.7 %), Calcisoles (10.4 %), Luvisoles (9 %) y Vertisoles (8.6 %) que, en conjunto, ocupan 81.7% de la superficie nacional (SEMARNAT en línea).

Los suelos cartografiados en la zona de estudio son el Feozem háplico, Litosol, Luvisol crómico y Regosol éutrico (Fig. 23). Se identifican y describen con base en las cartas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2016) y la clasificación FAO/UNESCO, agrupados por sus características en los siguientes:

*Feozem.* - Suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante del país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes. Son de profundidad muy variable.

*Litosol.* - Son los suelos más abundantes de México. Tienen una profundidad menor de 10 cm, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. La fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión resultan muy variables, dependiendo de otros factores ambientales.

*Luvisol.* - Suelos con acumulación de arcilla en el subsuelo y que se encuentran principalmente en zonas templadas o tropicales lluviosas, aunque en algunas ocasiones también pueden encontrarse en climas más secos. La vegetación es generalmente de bosque o selva. Son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser oscuros.

*Regosol.* - Suelos presentes en amplia variedad de tipos de clima, vegetación y relieve. Se caracterizan por ser poco desarrollados, claros o pobres en materia orgánica, parecidos a la roca que les da origen. En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad.

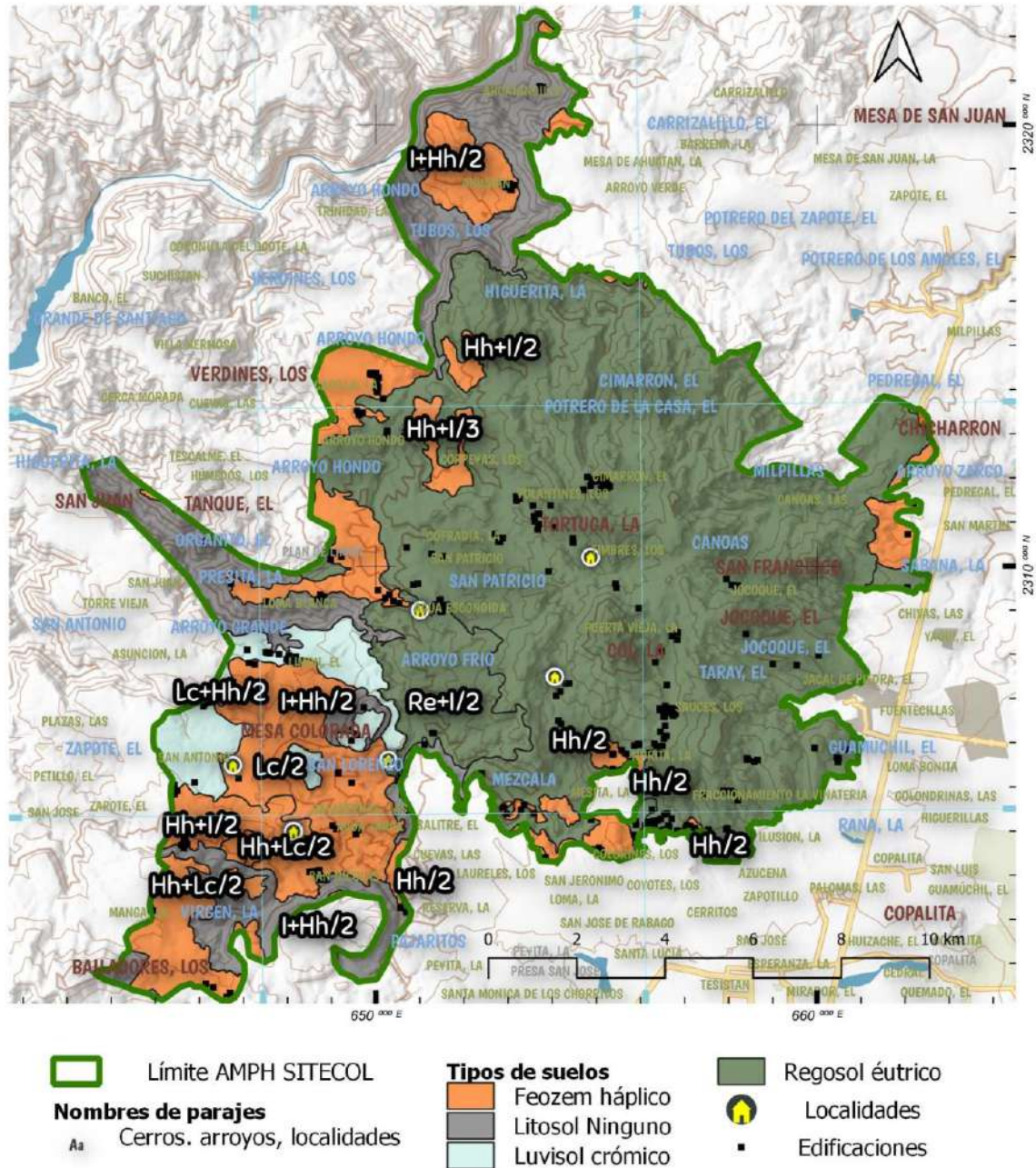


Figura 23 Mapa de los tipos de suelos del AMPH SITECOL. Fuente: elaboración propia.

#### 7.1.4 Hidrología

La disponibilidad del agua superficial y subterránea en México ha bajado considerablemente, de tal manera que en algunos estados ya tienen severos problemas para el suministro a las poblaciones, dentro de ellos Jalisco, el cual tiene comprometido el agua superficial y varios acuíferos. Dentro de estos, los existentes en el municipio de Zapopan son considerados como sobreexplotados, contaminados antrópicamente o en forma natural por yacimientos geotérmicos.

En SITECOL se localizan las cuencas hidrológicas: Arenal y Atemajac que son tributarias del río Grande de Santiago, entre las provincias montañosas de la SMO y la FVM, dentro de la región centro del estado de Jalisco. Desde un punto de vista de aguas subterráneas, esta zona se ubica dentro de los acuíferos definidos como Atemajac y en una fracción mínima del acuífero Arenal.

Hidrologicamente, se tiene el río más grande de México. Pasa por nuestro territorio la cuenca de Lerma- Santiago considerada la de mayor importancia en la República Mexicana. Existen además en el estado y en el municipio aguas subterráneas y superficiales, suficiente para las diferentes actividades productivas que se realizan en el territorio. Desde un punto de vista económico (Costanza 1991, Bifani 1997), la zona cuenta con:

*Recursos hidrológicos*, es importante mencionar que casi toda el área de estudio descarga hacia el RGS exceptuando la parte sur, que descarga y recarga de los acuíferos del valle de Tesistán (Fig. 24) (INEGI 2000); *geotérmicos* (Maciel y Rosas 1992) donde SIAPA tiene una batería de pozos que alimentan al Área Metropolitana de Guadalajara (AMG). Lo cual es de vital importancia, porque de no existir esta recarga se dejaría de suministrar agua a un porcentaje importante de la población de esta metrópoli.

*Rocas de interés comercial* como lo es la tefra ácida de gran tamaño comúnmente denominada “pómez”, usada comúnmente en la construcción, de ornato y en la industria del vestir (COREMI 2000).

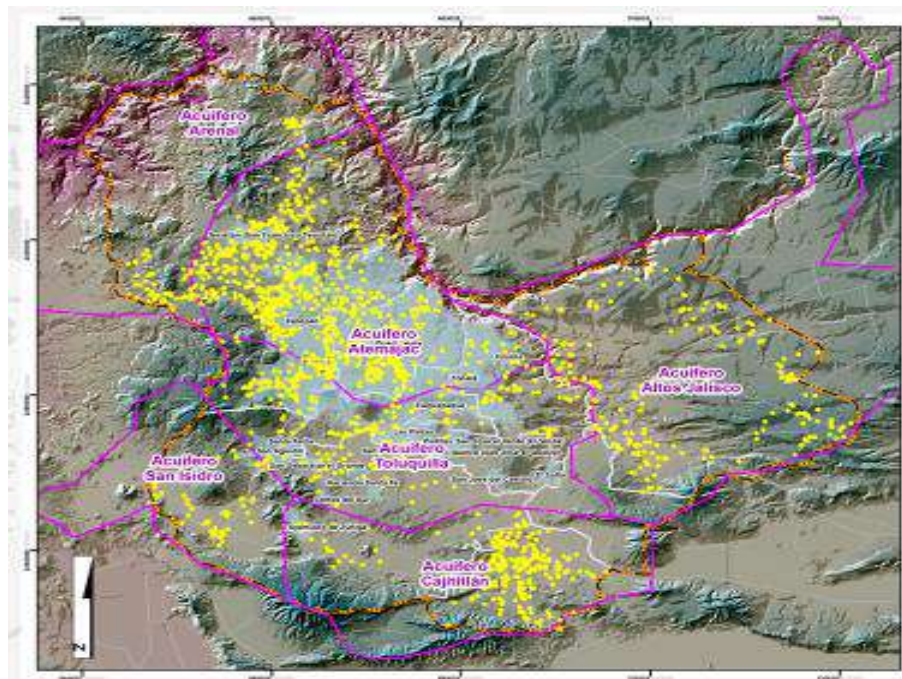


Figura 24 Aprovechamientos de agua subterránea en el centro de Jalisco. Fuente: CONAGUA 2022.

### Áreas de interés geohidrológico

La zona en estudio descarga parcialmente hacia el Valle de Tesistán, donde existe una gran cantidad de pozos concesionados al Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), dentro de lo que se ha denominado el acuífero de Atemajac (Fig. 24) a los cuales se les debe de asegurar su recarga que es a través del agua superficial, que escurre del domo de La Col. Además, deben de ser protegidos evitando la impermeabilización que se da al expandir la zona urbana.

Los aprovechamientos de agua subterránea en el municipio hasta 2020, son los siguientes: 939 pozos en el municipio de Zapopan que abastecen a una población de 1'476,490 habitantes. De todos los municipios del AMG, Zapopan, se caracteriza por tener una mayor densidad de pozos, junto con Tlajomulco de Zúñiga y Tlaquepaque. Sin embargo, no todos son de uso para la población, un importante volumen es para uso agropecuario, el sector industrial y también para uso urbano, superando la media nacional. De acuerdo con el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA 2013) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el municipio de Zapopan tiene registrados 142 aprovechamientos de aguas superficiales (Fig. 25) y 939 aprovechamientos de aguas subterráneas (Fig. 26).

Aprovechamientos de Aguas Superficiales en el Municipio de Zapopan			
Uso	Cantidad	Volumen (Mm3)	% (Volumen)
Agrícola	82	4.6758784	1.30
Agrícola-Pecuario	1	0.024	0.01
Doméstico	6	0.0728285	0.02
G. E. Hidroeléctrica	1	346.896	96.23
Industrial	1	0.126144	0.03
Usos Múltiples	4	0.0847015	0.02
Pecuario	8	0.026849	0.01
Público Urbano	33	7.37702851	2.05
Servicios	6	1.187974	0.33
<b>Total</b>	<b>142</b>	<b>360.4714039</b>	<b>100.00</b>

Figura 25 Aprovechamiento de aguas superficiales en el municipio de Zapopan. Fuente: Comisión Estatal del Agua 2015.

Aprovechamientos de Aguas Subterráneas en el Municipio de Zapopan			
Uso	Cantidad	Volumen (Mm3)	% (Volumen)
Agrícola	418	27.228096	21.58
Agrícola-Pecuario	1	0.026142	0.02
Doméstico	45	0.050015	0.04
Industrial	99	8.853628	7.02
Usos Múltiples	4	0.11482	0.09
Pecuario	45	0.932871	0.74
Público Urbano	198	69.825101	55.35
Servicios	129	19.11841	15.16
<b>Total</b>	<b>939</b>	<b>126.149083</b>	<b>100.00</b>

Figura 26 Aprovechamiento de aguas subterráneas en el municipio de Zapopan. Fuente: Comisión Estatal del Agua 2015.

Lo antes expresado de la alta densidad de pozos existentes y el gran volumen de agua extraída, ha generado que el acuífero presente en la zona sea considerado como sin disponibilidad, acorde a lo publicado por CONAGUA y la CEA (Fig. 27).



Figura 27 Disponibilidad de aguas subterráneas en el municipio de Zapopan. Fuente: Comisión Estatal del Agua 2015.

### 7.1.5 Clima

El conocimiento del clima de una región representa una herramienta ventajosa en la planeación ordenada y aprovechamiento importante de los recursos naturales de su territorio. El clima influye en la distribución espacial que realiza la población sobre la superficie terrestre, en la producción de alimentos, la gestión y aprovechamiento de los recursos hídricos, el intercambio comercial, las comunicaciones, el turismo, la salud y la confortabilidad de las personas.

En el caso del “Estudio Técnico Justificativo para la declaratoria del Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán - Cerro La Col”, el objetivo principal es efectuar un análisis integral del clima que prevalece en la zona; entre los aspectos más importantes a considerar se encuentra las variables de temperatura, precipitación y la determinación del clima.

Para llevar a cabo el análisis de estas variables del clima se utilizaron series representativas de temperatura del aire, precipitación, cuya fuente es la Comisión Nacional del Agua y Base Aérea Militar N° 5. En su elaboración, se aplicarán métodos estadísticos apropiados para cada uno de los parámetros a calcular y el análisis de los resultados mostró la realidad climática de esta zona de estudio.



El clima es un elemento del medio natural que tiene una gran influencia sobre el relieve terrestre, la formación de los suelos, y la manera como se distribuyen los seres vivos en los diferentes lugares de la Tierra. Para la humanidad, puede representar un condicionante de su vida y de sus actividades productivas. “El clima que nos rodea y los aspectos climáticos del medio ambiente influyen de alguna manera en nuestras actividades y comportamiento” (Griffiths 1985, p.1).

El clima, se basa en la observación de los fenómenos atmosféricos que ocurren habitualmente en un lugar a través de los registros que se han hecho de ellos durante muchos años; analizándolos desde un punto de vista científico, utilizando métodos estadísticos. Así, la palabra clima se refiere al conjunto promedio de los estados de la atmósfera (temperatura, presión, viento, humedad, nubes, precipitación) en un cierto periodo de tiempo (más de treinta años) en un lugar dado o en todo el globo (Acot 2005, en Sánchez et al., 2011).

Analizar el clima del AMPH SITECOL es un medio que refleja la realidad de las condiciones actuales de esta variable del medio físico. También, de existir, puede indicar la posible tendencia de variabilidad climática. Al respecto, el cambio o variabilidad climáticos, es un problema mundial repercute en los seres vivos de la Tierra. Sin embargo, en la actualidad es un fenómeno atribuible al ser humano, ya que sus actividades modifican la superficie de la tierra al aprovechar desordenadamente sus recursos naturales, originando un horizonte degradado de muy difícil recuperación.

Los elementos como la temperatura, la precipitación, la humedad ambiental, la presión atmosférica y el viento constituyen el clima y sus características resultan por las interrelaciones que se establecen entre ellos, y la intensidad con que son modificados por factores como la latitud, la altura, la vegetación y la distancia al mar entre otros. De los elementos del clima, según Fernández (1995/1996) la precipitación y la temperatura del aire, son los que de manera más directa influyen en la configuración del medio natural.

#### *Temperatura del aire*

En todos los puntos que se localizan en el hemisferio norte de nuestro planeta, durante la temporada cálida del año los días son más largos que las noches; así, la incidencia de radiación solar es mayor que en los demás meses del año; por lo tanto, la cantidad de calor que recibe sobre su territorio es superior al que irradia al espacio, lo que trae como consecuencia un aumento de la temperatura del aire. En el invierno los días son más cortos, por lo que recibe menos energía; así, la pérdida de calor es mayor que la que recibe, lo que trae como resultado el frío del invierno. De acuerdo con Vidal (2005) “la temporada cálida comprende de abril a septiembre, meses en los que las temperaturas menores de 18 °C solo se presentan en los lugares de altitud superior a 2,100 m” (p. 93). “En octubre se inicia la temporada fría, la temperatura de este mes es semejante a la media anual” (García y Vidal 1992, p. 107).

Desde el punto de vista del organismo humano y la confortabilidad climática, Fernández (1995/1996), señaló que la temperatura del aire es el elemento climático que influye de manera más directa sobre el grado de bienestar en las personas. En este sentido, Griffiths (1985), indicó que para una persona vestida la temperatura óptima está entre 18 °C y 24 °C.

#### *Precipitación*

De acuerdo con García (1973), los lugares de la República Mexicana, situados al sur del Trópico de Cáncer tienen régimen de lluvias de verano con un porcentaje de lluvia invernal menor del 10.2% de la precipitación total anual. Para Mosiño y Benassini (1974), la temporada de lluvias en la mayor parte de nuestro país ocurre en la mitad caliente del año, es decir, de mayo a octubre. Por su parte (Tamayo 2013), señaló que la época de precipitaciones abarca de junio a mediados de octubre. Así, las áreas del territorio nacional que presentan un régimen de lluvia durante esta época son designadas con lluvias de verano. También, suele ocurrir un periodo corto de secas en los meses de julio y agosto, conocido con el nombre de canícula.

En la naturaleza los eventos de precipitaciones intensas no se pueden predecir con exactitud, por tanto, para fines de prevención, planificación y diseño de obras de infraestructura, su análisis se basa en registros de sucesos extremos ocurridos en el pasado, y en la utilización de métodos probabilísticos y frecuencia con el fin de prever su posible magnitud y periodicidad de ocurrencia. Al respecto, Fernández (1995/1996), puntualizó que la variabilidad de las precipitaciones es un factor de riesgo adicional por la aparición de valores máximos, que se traducen en inundaciones y avenidas en determinadas zonas y épocas del año, provocando situaciones de peligro para la vida y bienes de las personas, daños en obras de ingeniería y comunicación, así como pérdidas de suelo fértil y de cultivos.

### Metodología

Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos<sup>1</sup>.

Las estaciones meteorológicas se clasifican en varios tipos según los objetivos y los parámetros que se desee medir, entre las principales podemos citar las siguientes: Climatológicas, Agrometeorológicas, Sinópticas (de superficie y en altitud), Automáticas, Aeronáuticas y Especiales<sup>2</sup>.

Con respecto a la información utilizada para este estudio, se manejaron datos de las estaciones climatológicas: Arenal, Cuixtla, La Experiencia, Santa Rosa y Zapopan. Estas series climatológicas, proceden de la Gerencia Regional Lerma Santiago Pacífico, de la Comisión Nacional del Agua (CNA), constan de registros de temperatura del aire, precipitación, lluvias máximas en 24 horas y número de días con lluvia, de un periodo que comprende de 1991 a 2020. También se obtuvo información de la estación de la Base Aérea Militar No.5. La Tabla 3 contiene la localización geográfica y la distribución territorial de las estaciones que describen el clima en el área de estudio y la Figura 28 además presenta las estaciones ficticias que se utilizaron para representar espacialmente las variables de temperatura y precipitación.

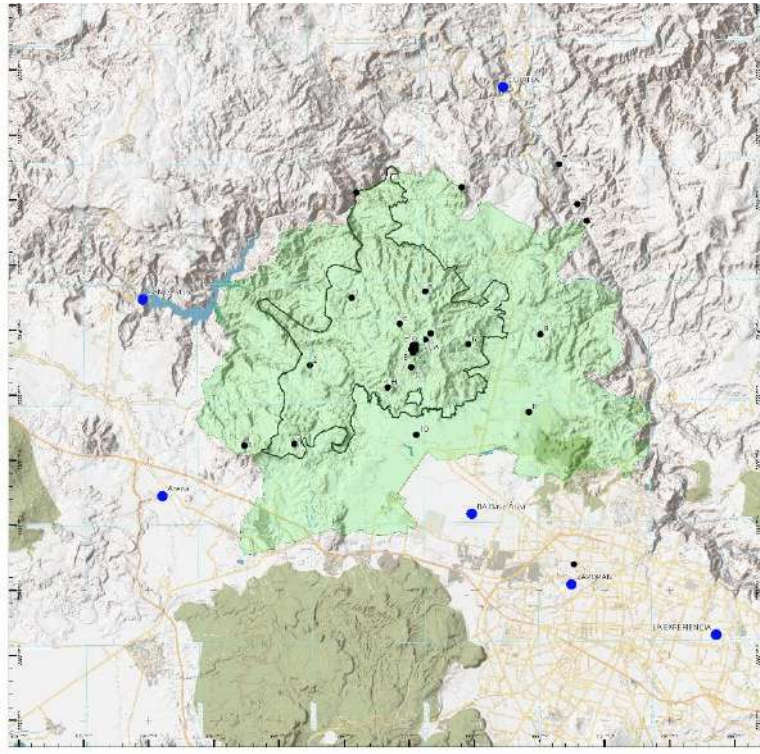
Tabla 3 Localización geográfica de las estaciones climatológicas

Estación Climática a Cargo de:	Nombre de la Estación	Altitud (msnm)	Latitud N (Grados Minutos y Segundos)	Longitud W (Grados Minutos y Segundos)
Base Aérea	<b>Base Aérea</b>	1622	103° 30' 19.36''	20° 52' 13.42''
Conagua	<b>Cuixtla</b>	1000	103° 26' 20.0''	21° 03' 6.9''
Conagua	<b>Santa Rosa</b>	1059	103° 40' 19.9''	20° 53' 30.9''
Conagua	<b>Arenal</b>	1395	103° 41' 34.8''	20° 46' 12.00''
Conagua	<b>Zapopan</b>	1575	103° 23' 24.5''	20° 43' 12.70''
Conagua	<b>Experiencia</b>	1550	103° 20' 13.78''	20° 43' 42.40''

Fuente: Elaboración propia con información de la CNA y de la Base Aérea Militar N°5.

<sup>1</sup>jorge-meteoprat.blogspot.com

<sup>2</sup> [www.inamhi.gov.ec](http://www.inamhi.gov.ec)



**Figura 28** Estaciones meteorológicas geo referidas. Los puntos azules son estaciones fijas y los puntos negros son estaciones ficticias.

En la determinación del régimen de precipitaciones y temperaturas en AMPH SITECOL se solicitó información de la variable precipitación sobre lluvia media, número de días con lluvia y lluvia máxima en 24 horas y para el caso de temperatura se requirió, la Temperatura Media, Temperatura Máxima Extrema, Temperatura Máxima Promedio y Temperatura Mínima Extrema, Temperatura Mínima Promedio de las estaciones antes mencionadas durante el período de 1991-2020.

Para la estimación de datos faltantes existe una gran diversidad de métodos, en este estudio se utilizó el “Método Racional Deductivo” para el llenado de lagunas o huecos en las series de datos de la variable precipitación de las estaciones proporcionadas por la CONAGUA a través del Servicio Meteorológico Nacional. Utilizando las estaciones más cercanas a la estación incompleta.

Con respecto a la distribución espacial de la precipitación Martínez (1999) menciona que entre los modelos que existen para distribuir de manera espacial a la precipitación, se encuentran, entre otros, el método de los Polígonos de Thiessen y el método de las Isoyetas, los cuales utilizan información geométrica y han sido muy utilizados durante mucho tiempo, por lo que son conocidos como clásicos o de uso generalizado.

Sin embargo, existen una serie de métodos que calculan la precipitación en cada punto en función de la distancia a un conjunto de pluviómetros. Estos métodos son los que mejor se adaptan a la modelación distribuida, y están basados en el procedimiento matemático conocido como interpolación.

Según Moreano (2008) la interpolación es un procedimiento matemático utilizado para determinar el valor de un atributo obtenido de puntos vecinos ubicados al interior de la misma región. Se utiliza la interpolación para transformar un número finito de observaciones obtenidas de ubicaciones

geográficas precisas, en un espacio continuo de manera que el patrón espacial presentado por las observaciones puntuales pueda ser comparado con los patrones espaciales de los valores generados.

En el caso del área de estudio se utilizó el “Método Interpolación Lineal” para calcular el valor de la precipitación de las estaciones ficticias que se establecieron en el área de estudio. En general, en la interpolación lineal se utilizan dos puntos, (Xa, Ya) y (Xb, Yb), para obtener un tercer punto interpolado (X, Y) a partir de la siguiente fórmula:

$$Y = Ya + (X - Xa) * \frac{(Yb - Ya)}{(Xb - Xa)}$$

Para la temperatura espacial se utilizó el gradiente vertical, como ya se mencionó antes se establecieron estaciones ficticias dentro del área de estudio, para estimar su temperatura se utilizó el gradiente térmico de 0.7°C/100 m.

#### *Descripción de la Temperatura del aire*

La temperatura del aire registrada en un lugar de la Tierra no es constante, ya que varía conforme pasan las horas del día o los meses del año. Los valores más utilizados para esta variable del clima son las temperaturas medias normales (mensuales y anuales). Las medias normales, son el promedio de las observaciones de temperatura recabadas durante un periodo de cuando menos 30 años consecutivos (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 1990). De esta manera, la temperatura media de un mes en particular será representada por el valor promedio de los datos de temperatura de ese mes, que fueron registrados en ese periodo de tiempo. La Tabla 4 integra las condiciones de temperatura promedio mensual en la zona de estudio y la temperatura mínima extrema anual y la máxima extrema anual del área de estudio (Fig. 29 a y b).

Tabla 4 Temperatura promedio mensual del AMPH SITECOL.

Temperatura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Mínima	9.3	10.9	12.7	15.0	17.4	19.3	18.1	18.1	18.0	15.9	12.2	9.7	14.7
Media	18.8	20.8	23.1	25.4	27.0	27.1	24.6	24.6	24.4	23.5	21.1	18.9	23.3
Máxima	28.3	30.7	33.5	35.8	36.5	34.9	31.2	31.1	30.8	31.0	30.0	28.2	31.8

Fuente: Elaboración propia con información de la CNA y de la Base Aérea Militar No.5.

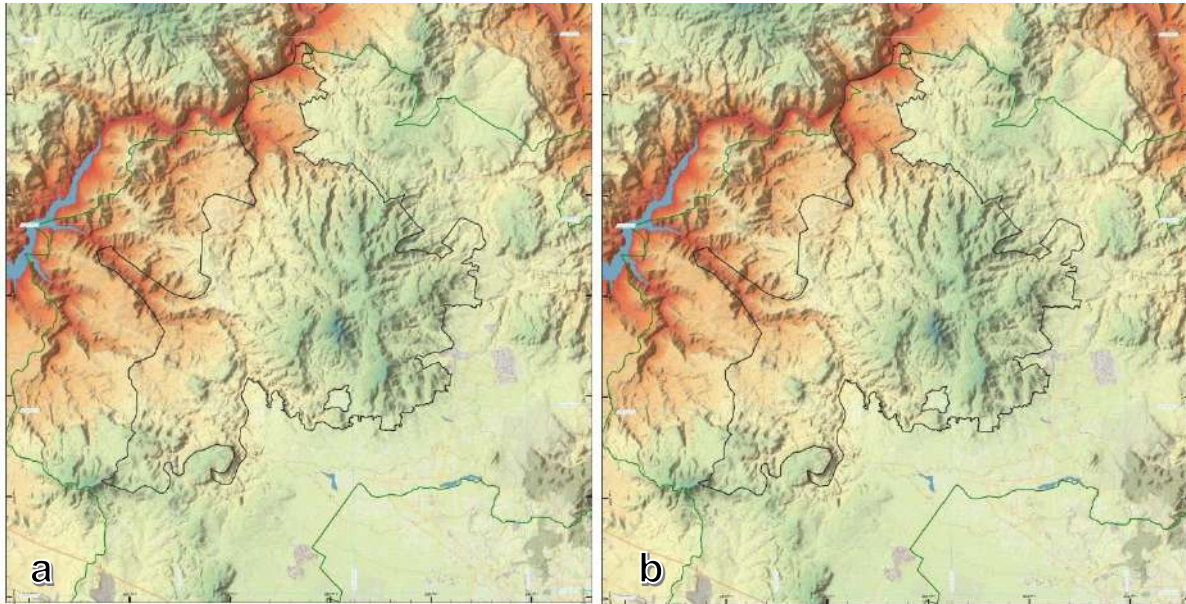


Figura 29 a) Temperatura Mínima Extrema Anual y b) Temperatura Máxima Extrema Anual.

Con respecto a la variabilidad de la temperatura del aire del AMPH SITECOL, la figura 30 muestra que las temperaturas máximas mensuales que indican una leve tendencia a la baja. Por su parte, las temperaturas medias mensuales revelan mantenerse casi igual y mínimas mensuales señalan una ligera tendencia al alta; en las figuras 31a, b y c se representa la temperatura espacial del área de estudio.

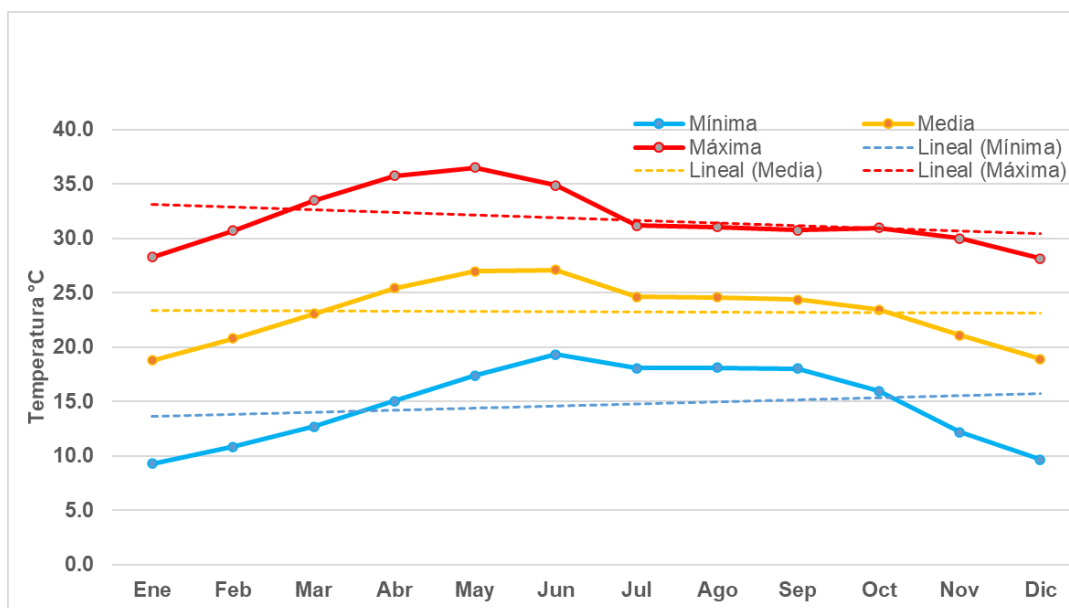


Figura 30 Temperatura del aire promedio en el AMPH SITECOL.

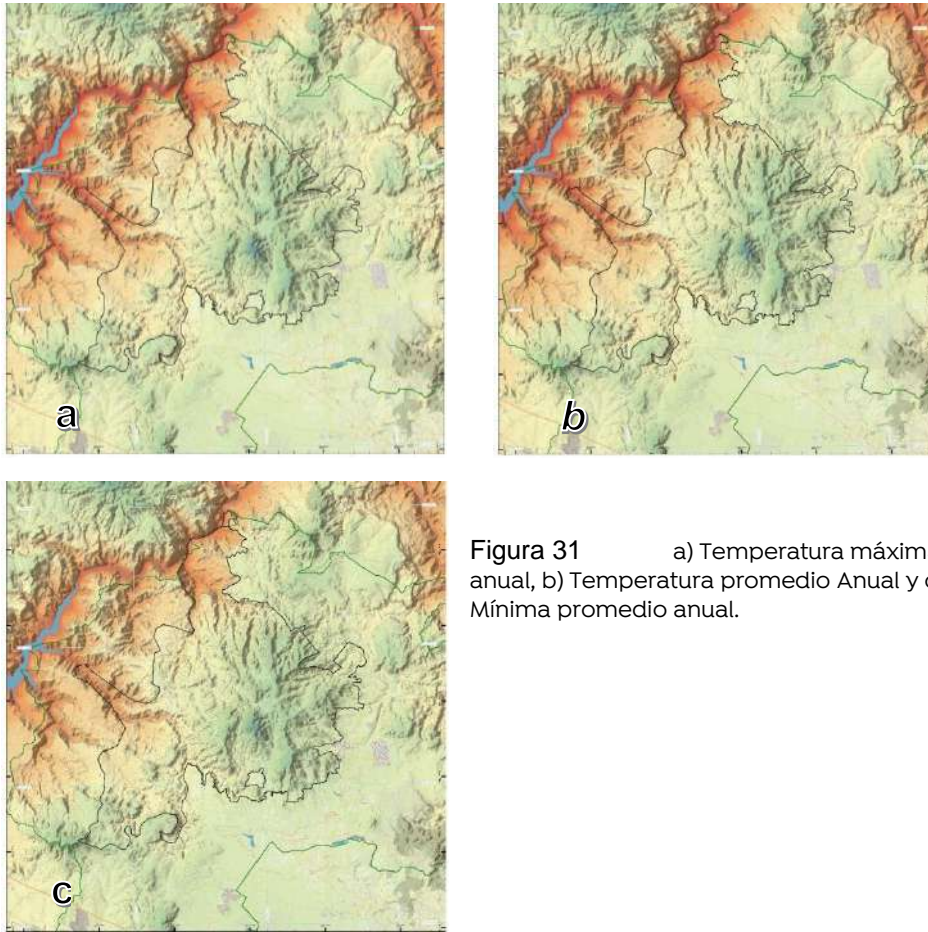


Figura 31 a) Temperatura máxima promedio anual, b) Temperatura promedio Anual y c) Temperatura Mínima promedio anual.

En este sentido la Tabla 5 confirma la variación de la temperatura promedio anual por década en esta zona de trabajo.

Tabla 5 Temperatura del aire promedio anual por década del AMPH SITECOL

Temperatura del Aire	Décadas		
	1991-200	2001-2010	2011-2020
Máxima	31.86	31.68	31.89
Media	23.19	23.12	23.47
Mínima	14.51	14.55	15.06

*Nota:* La temperatura mínima extrema anual es el valor más bajo de toda la serie histórica de las mínimas; la temperatura máxima extrema anual es el valor más alto de toda la serie histórica de las

máximas; la temperatura mínima anual es el valor promedio de todas las mínimas del año; la temperatura máxima anual es el valor promedio de todas las máximas del año.

### Precipitación

El régimen de lluvia que tiene la región donde se encuentra el AMPH SITECOL recibe el nombre de lluvias de verano, debido a que la temporada de lluvias ocurre durante el verano y parte del otoño.

La precipitación se mide con un pluviómetro, en unidades de altura, generalmente en milímetros; éstos representan la cantidad de lluvia caída por metro cuadrado, por tanto, se entiende que una lámina de agua, de un metro cuadrado de superficie, y de un milímetro de altura equivale a un litro.

Los valores más utilizados de precipitación incidente en una zona de estudio son la lluvia mensual y anual. La precipitación mensual es la suma de lluvia ocurrida durante el mes en particular; por tanto, la anual es la precipitación acumulada durante el año. La tabla 6 contiene los datos de precipitación media mensual y anual y el número de días con lluvia. Por su parte la figura 32 muestra el comportamiento de las lluvias anuales; en este sentido la línea de tendencia señala una ligera disminución de este importante recurso natural.

Tabla 6 Precipitación media mensual y anual y el número de días con lluvia.

Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Precipitación</b>	19.0	12.0	5.2	2.4	23.4	174.7	247.7	208.0	167.6	53.9	11.9	9.5	<b>935.3</b>
<b>Días con lluvia</b>	2.0	1.1	0.6	0.7	2.8	14.3	19.8	18.9	13.7	5.5	1.5	1.6	<b>82.3</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la CNA y de la Base Aérea Militar No.5.

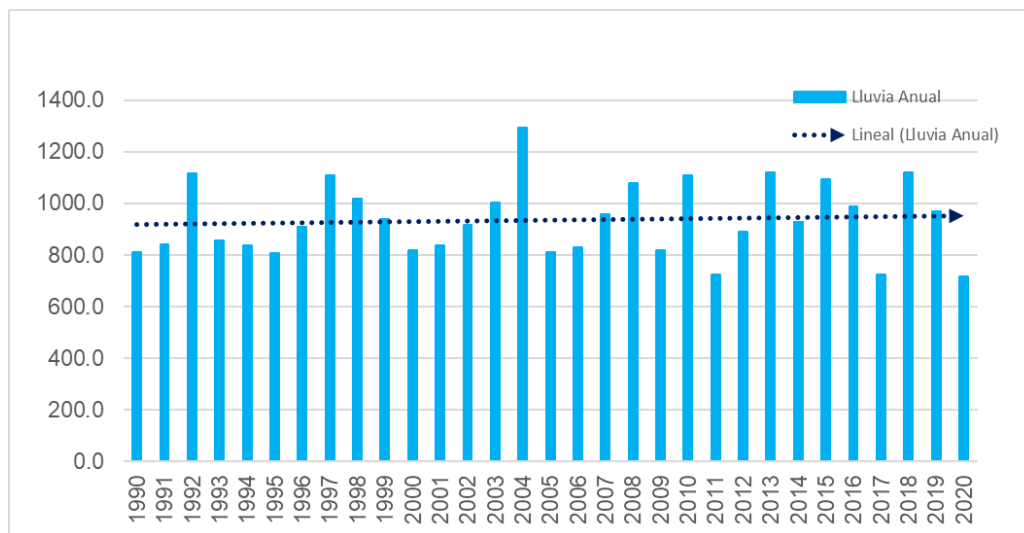


Figura 32 Precipitación (mm) acumulada por año en el AMPH SITECOL.

Fuente: Elaboración propia con información de la CNA y de la Base Aérea Militar No.5.

Con base en la clasificación climática del AMPH SITECOL, en la figura 33 se muestra la precipitación espacial del área de estudio.

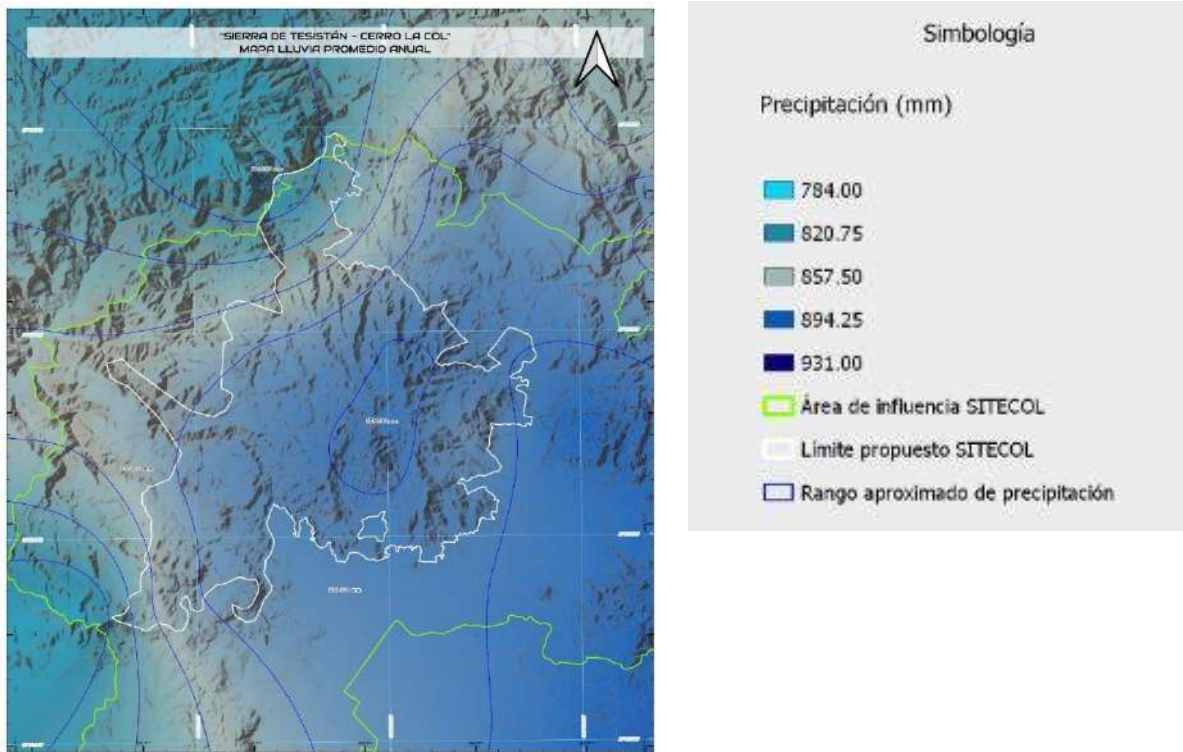


Figura 33 Precipitación espacial del área de estudio. Fuente: elaboración propia.

Acorde a la ficha técnica Hidrológica Municipal en el municipio de Zapopan, que incluye el AMPH SITECOL. Los datos históricos de las estaciones climatológicas cercanas indican que la mayor parte del municipio de Zapopan (85.4%) tiene clima semicálido semihúmedo y clima cálido subhúmedo (14.6%), esto incluye la superficie del área de estudio (Fig. 34).

(A)C(wI) - Semicálido subhúmedo del grupo C, con temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Esta condición climática se presenta en la mayor parte de la sierra, con una temperatura media anual de 21.8 °C y la precipitación del mes más seco menor de 40 mm; con lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual.

Awo - Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Esta condición climática está principalmente en el norte y oeste de la sierra en áreas a menor altitud en cañadas cercanas al Río Santiago. Tiene una temperatura media anual de 18°C y una precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; con lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

De acuerdo con el Instituto de Información, Estadística y Geográfica de Jalisco (IIEG 2022), la temperatura anual registrada en el municipio es de 20.5°C, mientras que sus máximas y mínimas promedio oscilan entre 32.1°C y 8.4°C, respectivamente. Es en el mes de junio cuando se registran las temperaturas más elevadas y el mes de enero las más frías. La precipitación media anual del municipio es de 943 mm (IIEG 2022).



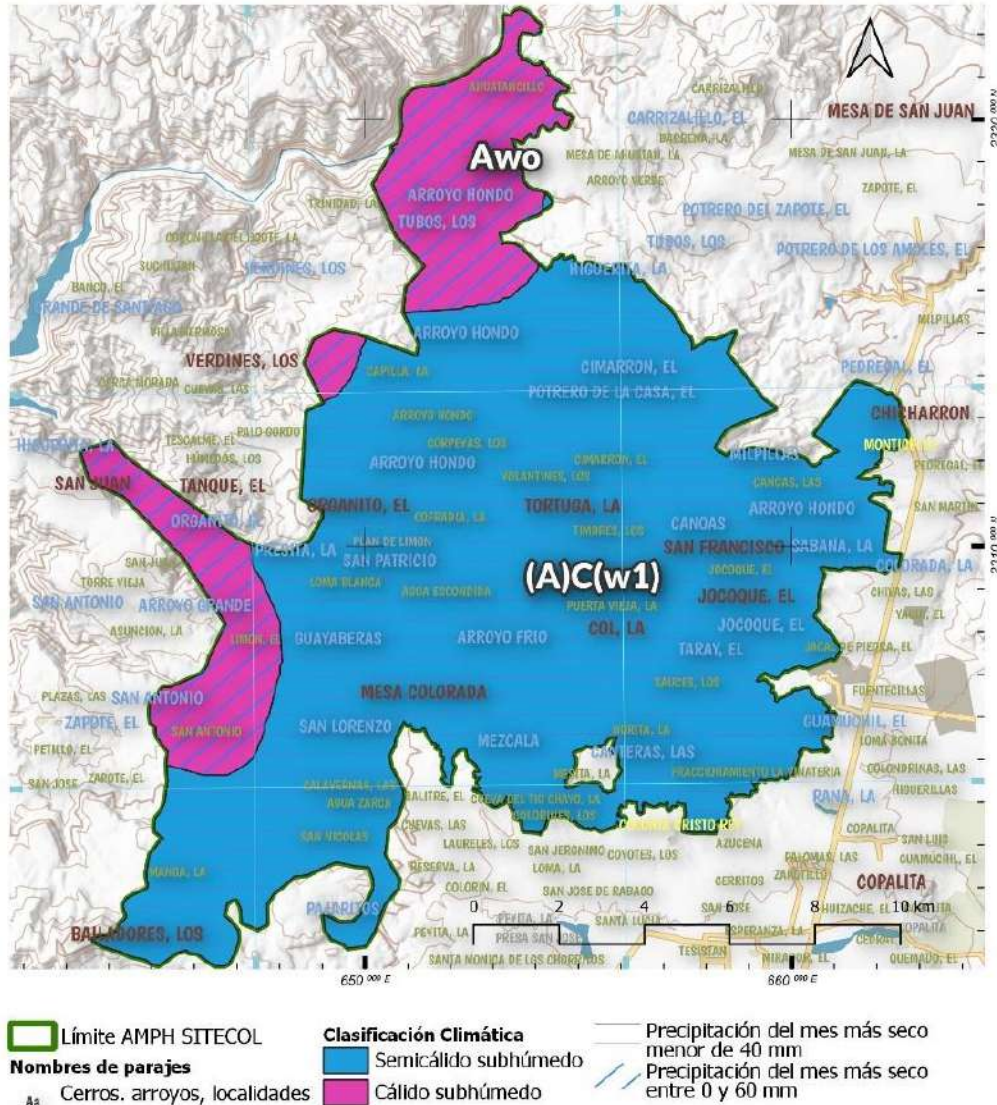


Figura 34 Tipos de clima en el AMPH SITECOL. Fuente elaboración propia.

## 7.1.6 Cuenca atmosférica

### Metodología

Para llevar a cabo este estudio se tomaron en cuenta solo tres estaciones de la red de monitoreo ambiental como son: Las Águilas, Atemajac y Vallarta ya que tienen más influencia en el área de estudio como se puede observar la ubicación de estas en la tabla 7.

Tabla 7 Estaciones meteorológicas en el área metropolitana de Guadalajara

<i>Ubicación de estaciones Metropolitanas</i>			
<i>Clave</i>	<i>Estación</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>
1563	Atemajac	20°43'10"	103°21'19"
1633	Las Águilas	20°37'51"	103°25'00"
1640	Vallarta	20°40'48"	103°23'54"

La decisión de incluir los registros de estas estaciones meteorológicas metropolitanas fue debido a que por la parte Sur del área de estudio solo se contaba con información de la variable viento.

Para dar tratamiento a esta variable viento se utilizó información de la red de estaciones de monitoreo ambiental; posteriormente se trataron los datos en tablas dinámicas del programa Excel y a continuación se utilizó el Software WRPLOT View versión 8.0.2 para hacer el cálculo de la Rosa de los vientos, que representa la *Dirección del Viento* (N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW) y el *Histograma* de la velocidad del viento (Calmas, 0.5-2.10, 2.10-3.0, 3.60-5.70, 5.70-8.80, 8.80-11.10 y =>11.10 m/seg) para cada una de las estaciones y para las diferentes épocas o tiempos que se establecieron *Anual*, *Período Seco* (noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril), *Período Húmedo* (mayo, junio, julio, agosto, septiembre, y octubre), para el caso del día se dividió en tres periodos; por la *Mañana* (7:00 -14:00 hrs), *Tarde* (15:00 - 22:00 hrs) y *Noche* (23:00 - 6:00 hrs).

Es importante señalar que del total de la información se obtuvieron los porcentajes para la dirección y la velocidad del viento para completar el 100% de la información durante estos lapsos; cuando no se completa este porcentaje (100%) es porque no existe información o hay un vacío de datos que por algún motivo no se registraron, por ejemplo, para el caso de la estación de Las Águilas durante la mañana se contó con un 98.7% de la información y en 2.2% no hubo datos.

### Descripción de la Variable Viento (Dirección y Velocidad)

El viento es el elemento básico en la circulación general de la atmósfera. Todos los movimientos del viento, desde ráfagas pequeñas hasta grandes masas de aire, contribuyen al transporte del calor y de otras condiciones de la atmósfera alrededor de la Tierra. La denominación de los vientos depende de la dirección de donde provienen. Así, un "viento del norte" es aquel que sopla de norte a sur y un "viento del oeste" es aquel que sopla de oeste a este. Cuando los vientos soplan con mayor frecuencia desde una dirección que desde otra, esta recibe el nombre de viento prevalente o dominante.

La velocidad del viento aumenta rápidamente con la altura sobre el nivel del suelo mientras que la carga de fricción disminuye. Por lo general, el viento no es una corriente constante sino conformada por ráfagas con una dirección ligeramente variable, separada por intervalos. Las ráfagas de viento que se producen cerca de la Tierra se deben a las irregularidades de la superficie, lo cual crea remolinos. Los remolinos son variaciones de la corriente principal del flujo del viento. Las irregularidades mayores

se producen por convección – o transporte vertical del calor –. Estas y otras formas de turbulencia contribuyen al movimiento del calor, de la humedad y del polvo en el aire en altura.

Para que exista viento es necesario que haya una diferencia de presión entre dos puntos de la superficie terrestre. Los vientos de la superficie se mueven siempre desde las áreas de alta presión hacia los centros de baja presión; pero además esos centros se mueven debido a los fuertes vientos que soplan sobre ellos. El “Viento en altura”, es decir en el seno de la atmósfera el aire se mueve en todos los niveles.

La movilidad de los vientos observados es muy variable tanto en intensidad como en dirección, ambas se reflejan en un tipo de gráfico llamado rosa de los vientos, en el cual se observa tanto la dirección de procedencia como su intensidad, la cual se registra como un vector en forma proporcional a la magnitud del viento.

Esta información se proporciona de dos maneras: viento instantáneo medido (ráfagas) y viento promediado por un intervalo de tiempo que pueden ser minutos, horas, semanas, meses o hasta años, cada uno representa diversas escalas de tiempo y por lo tanto, origen muy particular, por ejemplo, los datos globales poseen mayor persistencia que los locales, cuyas características cambian a lo largo del día, como los contrastes térmicos entre continente y océano o cambios de temperatura atmosférica en la montaña del orden de horas.

#### Cuenca Atmosférica

Cuenca atmosférica es una región geográfica, delimitada por los obstáculos topográficos de origen natural (líneas costeras, formaciones montañosas, etc.), de tal manera que dentro de esta se modifica la circulación general de la atmósfera sobre la superficie (capa límite de la atmósfera), dando lugar a la formación de los vientos locales, diferentes del flujo de la atmósfera libre. Este tipo de vientos determina el transporte de las masas de aire dentro de la región. Por lo tanto, son responsables en la dirección de su transporte y en los procesos de dispersión (o de acumulación) de los contaminantes del aire o del vapor de agua (Davydova, s.f.).

La misma autora establece para el estado de Jalisco siete cuencas atmosféricas en donde la cuenca II se subdivide en tres subcuencas (IIa, IIb y IIc):

- Cuenca I: cuenca con los vientos dominantes tipo *brisa del mar-tierra* (WSW-ENE).
- Cuenca II: cuenca atmosférica con los vientos dominantes tipo *brisa de montaña*, en donde la subcuenca IIa se caracteriza con los vientos tipo *brisa de montaña* (vientos variables). Es decir, una circulación turbulenta y como consecuencia formación de nubes de desarrollo vertical y abundantes lluvias; subcuenca IIb se caracteriza con el mismo tipo de viento complicado por el fenómeno de *foehn*, vientos cálidos, que bajan de la montaña y secan la humedad en esta zona, de tal manera que este valle es relativamente más seco que zonas IIa y IIc, subcuenca IIc está delimitada a consecuencia de que los vientos dominantes tipo *brisa de montaña* están influenciadas por el efecto de *brisa del mar*, es decir por un flujo dirigido del Suroeste (SW) que transporta húmedas y cálidas masas del aire del mar y de esta manera acondiciona una zona templada y muy húmeda ( la más húmeda de todo el estado de Jalisco).
- Cuenca III: cuenca atmosférica con los vientos dominantes tipo *brisa de valle*, en donde su dirección dominante es Oeste - Suroeste (W-SW).
- Cuenca IV: cuenca atmosférica con la circulación tipo *brisa de valle* (viento dominante W-SW) complicada en la presencia del “efecto de chimenea”, vientos de muy alta intensidad provenientes

del N-NE (sobre todo durante los meses de invierno). Este fuerte viento se origina por los efectos topográficos de dos barrancas: Bolaños y Juchipila.

- Cuenca V: cuenca atmosférica con la circulación dominante tipo *brisa de montaña-valle*.
- Cuenca VI: cuenca atmosférica con la circulación dominante tipo *brisa de montaña-valle*.
- Cuenca VII: cuenca atmosférica con la circulación dominante tipo *brisa de valle*. Nota: el viento dominante anual en las cuencas V, VI, VII no se pudo determinar por falta de información climatológica de la zona.

Por sus características los vientos en las cuencas atmosféricas de Jalisco se definen como sigue:

*Brisa del mar* es viento de las regiones costeras que sopla durante el día desde una gran superficie de agua hacia la Tierra a consecuencia del recalentamiento diurno del suelo.

*Brisa de tierra* es viento de las regiones costeras que sopla por la noche desde los campos hacia una gran superficie de agua a consecuencia del enfriamiento nocturno del suelo.

*Brisa de montaña* es viento catabático que sopla por la noche y a primeras horas después del orto solar, a lo largo de las pendientes, desde los valles hacia las montañas.

*Brisa de valle* es viento anabático que sopla por el día a lo largo de las pendientes, desde los valles hacia las montañas.

*Foehn* es viento calentado y desecado por un movimiento descendente, en general hacia abajo de una montaña.

El área de estudio corresponde a la cuenca atmosférica IV de tipo *Brisa de Valle* con efecto de “Chimenea” y viento dominante del W-SW en invierno y E-SE en el verano. Así mismo Davydova (s.f.) menciona que la cuenca IV también se divide en 3 o 4 subcuencas debido a la influencia de profundas barrancas en el Norte del estado, que provocan “el efecto de chimenea”, pero falta de información climatológica sobre los vientos dominantes y su variación mensual y anual no se pudieron establecer esos límites.

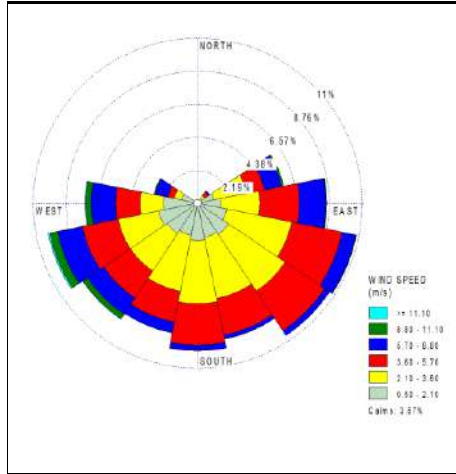
Todas las microcuencas hidrológicas del área de estudio efectivamente se encuentran influenciadas por las profundas barrancas. Es decir, se encuentra rodeada por el Río Santiago en la parte E-N-W, por lo tanto, en la mayor superficie del área de estudio se genera el “Efecto de Chimenea”, tal como lo menciona Dadydova (s.f.), microcuencas hidrológicas del área de estudio, en la parte S es afectada principalmente por los vientos de la zona metropolitana de Guadalajara (estación las Águilas, Atemajac y Vallarta).

#### Viento en la Microcuenca del Río Blanco

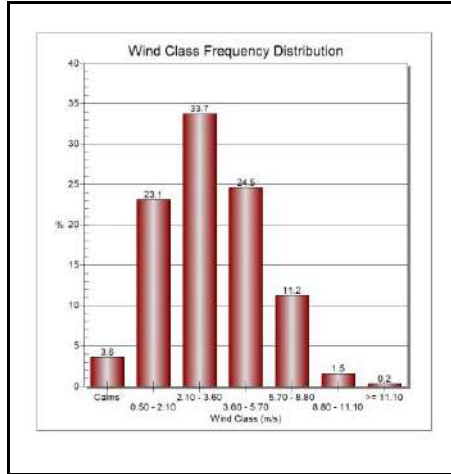
La microcuenca del Río Blanco es influenciada por la circulación atmosférica de una metrópoli donde es controlada por factores naturales y antropogénicos, por ejemplo, temperatura del aire, relieve de la superficie, presencia de diversas barreras (colinas, bosques, edificios altos, etc.) tal como lo describe Mateusz Kaminski (s/f). El área urbana se calienta mucho más rápido durante el día que las zonas no urbanas. Por lo tanto, aparece una diferencia de presión atmosférica, con una zona de presión más baja sobre la ciudad y presión más alta sobre las zonas no urbanas colindantes (La Primavera, el cerro El Tepopote, El Diente e inclusive el Mirador de la Chincheta o la serranía del área de estudio); esta diferencia genera un movimiento del viento hacia el interior de la ciudad. Cuando no hay viento (debido a la circulación atmosférica) sobre un área determinada, es cuando mejor se desarrolla la brisa

urbana. En primer lugar, el aire caliente que hay sobre la ciudad aumenta y llega a los alrededores como la denominada anti-brisa. Después se enfría, se hace más pesada y desciende volviendo a la ciudad como brisa urbana (ver figura 35), de la circulación del viento por la mañana (de 7 a 14 hrs) cuando la temperatura es más fría en las primeras dos horas y una vez que sale el sol va aumentando considerablemente hasta calentar la superficie urbana generando una gran diferencia de temperatura en las zonas colindantes no urbanas, es decir, se produce una baja presión en la zona urbana y una alta presión en las zonas no urbanas.

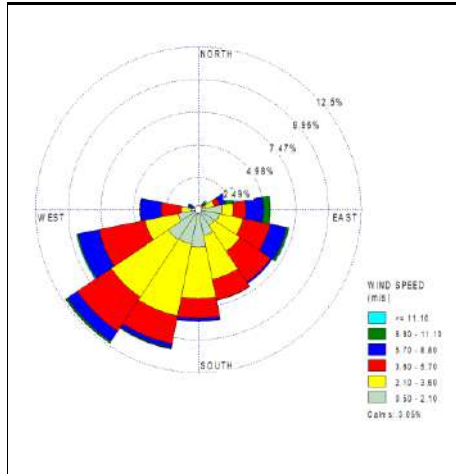
*Dirección del Viento por la Mañana en Águilas*



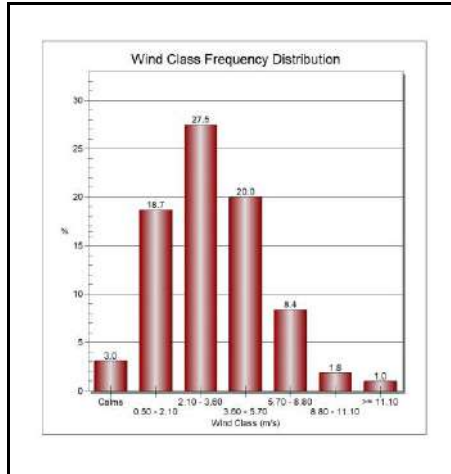
*Velocidad del Viento por la Mañana en Las Águilas*



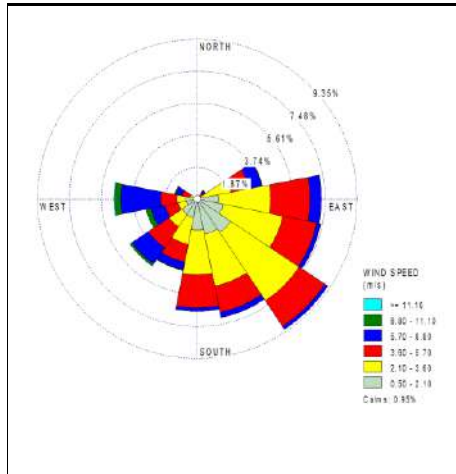
*Dirección del Viento por la Mañana en Atemajac*



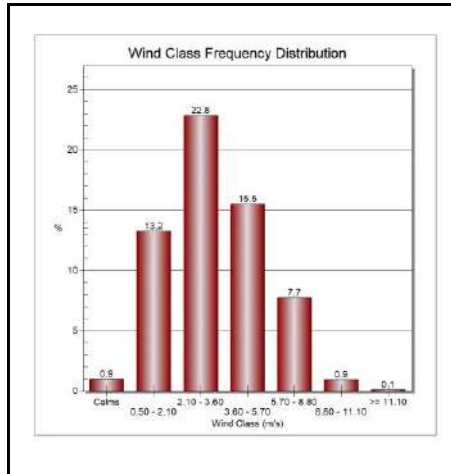
*Velocidad del Viento por la Mañana en Atemajac*



*Dirección del Viento por la Mañana en Vallarta*



*Velocidad del Viento por la Mañana en Vallarta*



Elaborado por: Leticia Loza Ramírez con datos de las estaciones del Sistema de monitoreo Ambiental de Jalisco (2023)

Figura 35 Dirección y velocidad del viento por la mañana en las estaciones de monitoreo. Fuente: elaboración propia.

Al hacer una descripción de esta variable en la estación de Las Águilas la dirección del viento prevalente es del E-W con una intensidad de 0.5 a 8.8 m/seg alrededor del 92.5% y con ráfagas mayores de 8.8m/seg en 1.7% presentando calmas del 3.6% durante el día. Cuando se analiza la estación de Atemajac durante el día se observa que la dirección del viento dominante se presenta del SE-WSW con una intensidad de 0.5 a 8.8 m/seg alrededor del 74.6% y con ráfagas mayores de 8.8m/seg en 2.6% y solo existen el 3.0% de calmas durante el día. Así mismo, se puede observar en la misma figura que la dirección del viento más frecuente en la estación de Vallarta es del E-S con una intensidad de 0.5 a 8.8 m/seg alrededor del 59.2% y con ráfagas mayores de 8.8m/seg en 1.0% en este caso las intensidades no son muy altas, pero existe un bajo porcentaje de calmas solo el 0.9%.

Cuando el viento llega a la ciudad cambia su dirección, sigue el túnel creado por las calles con edificios altos en ambos lados, o evita las barreras que consisten en edificios situados perpendicularmente a la dirección original del viento. Las principales carreteras que llegan a la ciudad también se comportan como pasillos por los que el viento entra por la tarde en la ciudad. En las calles anchas, el viento simplemente sigue el curso de la calle. Sin embargo, en las calles estrechas la velocidad del viento aumenta de forma significativa en las esquinas. Además, el viento genera remolinos locales en las plazas y en los cruces de calles donde se juntan varias corrientes de aire de acuerdo con Mateusz Kaminski (s/f). Por la tarde (15 a 22 hrs) el comportamiento del viento en la zona urbana de Zapopan se muestra en la figura 36.

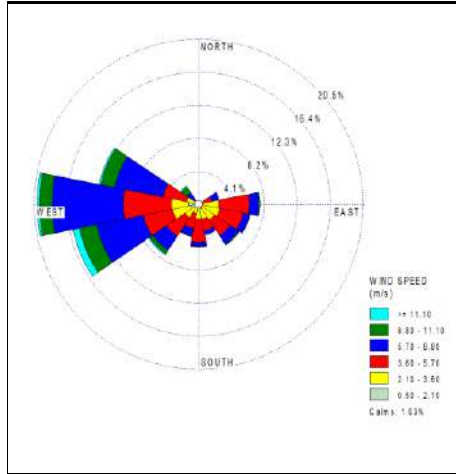
Cuando se habla de la tarde, se está considerando un horario de las 15 hrs. hasta las 22 hrs. que es cuando la tierra presenta la máxima cantidad de calor y también es cuando se presentan las máximas temperaturas que de alguna manera influyen en la dirección y sobre todo en la intensidad de los vientos (Fig. 36). La situación en la estación de las Águilas en este horario la dirección del viento que predominó fue del WSW-WNW con una intensidad de 0.5 a 8.8 m/seg alrededor del 86.7% y con ráfagas mayores de 8.8m/seg en 9.0% y solamente se presentaron calmas en 1.0% durante la tarde. En el caso de la estación de Atemajac durante la tarde se observa que la dirección del viento más frecuente presenta del EN-E con una intensidad de 0.5 a 8.8 m/seg alrededor del 62.7% y con ráfagas mayores de 8.8m/seg en 11.0% y solo existen el 0.3% de calmas durante la tarde. Así mismo, se puede observar la estación de Vallarta donde la dirección del viento prevalente es del W con una intensidad de 0.5 a 8.8 m/seg alrededor del 56.1% y con vientos mayores de 8.8m/seg en 5.9% en este caso el porcentaje de calmas es del 0.1%.

Mateusz Kaminski menciona que, en el centro de una ciudad, la velocidad del viento es menor que en los alrededores y por ello el viento tiene una dirección hacia fuera de la ciudad. La velocidad del viento está estrictamente relacionada con las características de la superficie. Es decir, densidad y altura de las barreras que causan la reducción de la velocidad del viento (edificios, árboles, etc.). En el centro de la ciudad, la velocidad del viento se reduce un 20% en comparación con los alrededores, y se ven frecuentemente vientos más débiles (<3m/s) que fuera de la ciudad. Tal como se puede apreciar en las figuras anteriores.

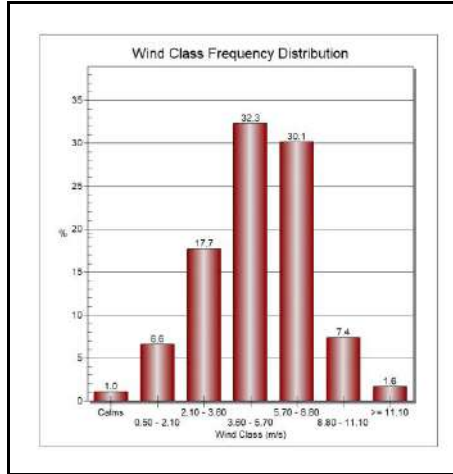
En la figura 37 observamos el comportamiento del viento por la noche (23 a 06 hrs), cuando la zona urbana comienza a enfriarse rápidamente después de que el sol se ha ocultado generando una zona de alta presión, haciendo que el viento se dirija de la zona urbana a las áreas colindantes no urbanas.

En el caso de la estación de Las Águilas el viento dominante es del SW-WNW con una intensidad del 88.2% de velocidad entre 0.5 a 8.8 m/seg y solo el 0.3% con velocidades mayores a 8.8 m/seg, el porcentaje de calmas es del 8.6%. Para la estación de Atemajac el viento

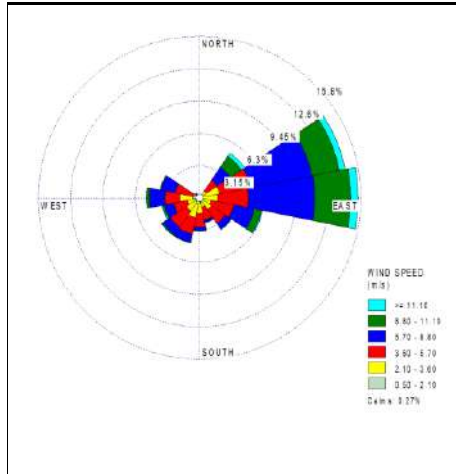
*Dirección del Viento por la Tarde en Águilas*



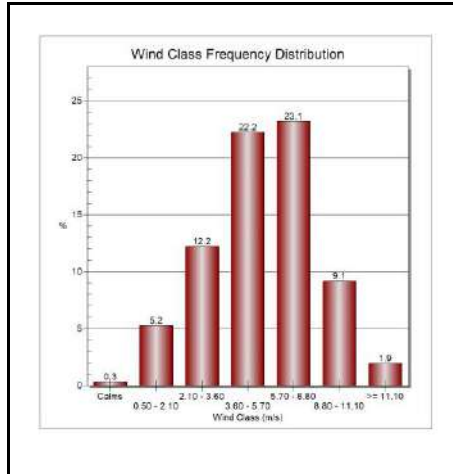
*Velocidad del Viento por la Tarde en Las Águilas*



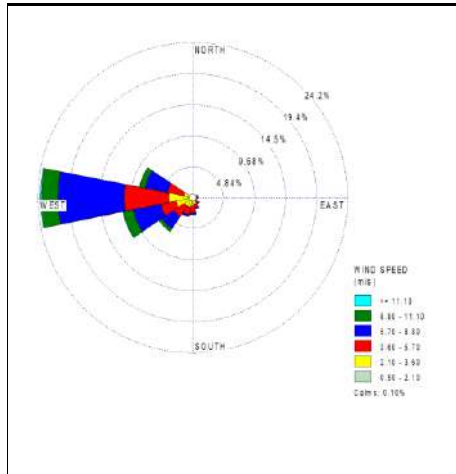
*Dirección del Viento por la Tarde en Atemajac*



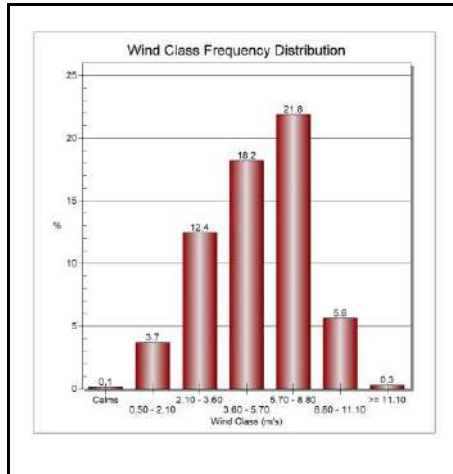
*Velocidad del Viento por la Tarde en Atemajac*



*Dirección del Viento por la Tarde en Vallarta*



*Velocidad del Viento por la Tarde en Vallarta*

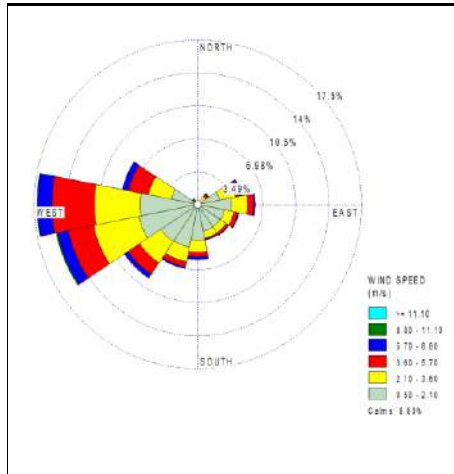


Elaborado por: Leticia Loza Ramírez con datos de las estaciones del Sistema de monitoreo Ambiental de Jalisco (2023)

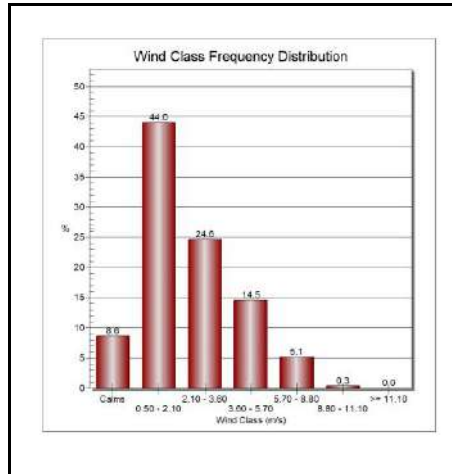
Figura 36 Dirección y velocidad del viento por la tarde en las estaciones de monitoreo. Fuente: elaboración propia.



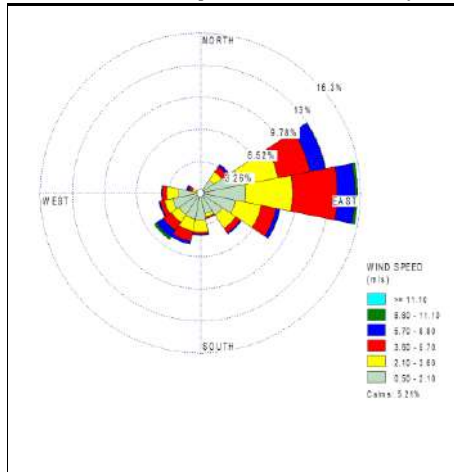
*Dirección del Viento por la Noche en Águilas*



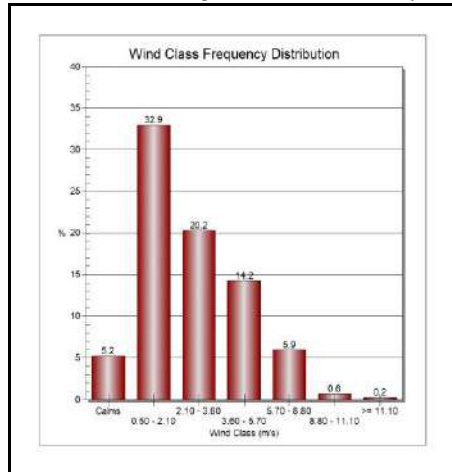
*Velocidad del Viento por la Noche en Las Águilas*



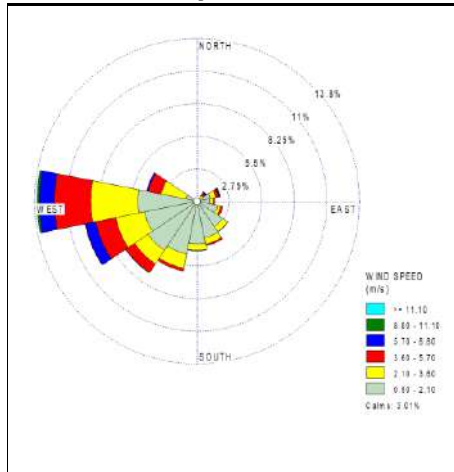
*Dirección del Viento por la Noche en Atemajac*



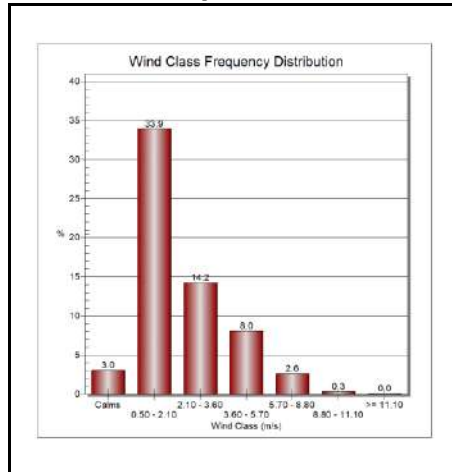
*Velocidad del Viento por la Noche en Atemajac*



*Dirección del Viento por la Noche en Vallarta*



*Velocidad del Viento por la Noche en Vallarta*



Elaborado por: Leticia Loza Ramírez con datos de las estaciones del Sistema de monitoreo Ambiental de Jalisco (2023)

Figura 37 Dirección y velocidad del viento por la noche en las estaciones de monitoreo. Fuente: elaboración propia.

dominante es del ENE-ESE con una intensidad del 73.2% de velocidad entre 0.5 a 8.8 m/seg y solo el 0.8% con velocidades mayores a 5.7 m/seg presentando un 5.2% de calma. Como se puede apreciar en esta estación se ve más influenciada por todas esas barreras mencionadas anteriormente ya que si comparamos la estación de Las Águilas y la de Vallarta esta cambia completamente su dirección de acuerdo con los datos proporcionados para su análisis. Por último, en la estación de Vallarta el viento dominante es del SW-W con una intensidad del 58.7% de velocidad entre 0.5 a 8.8 m/seg y solo el 3% con velocidades mayores a 8.8 m/seg. y un porcentaje de calma del 3%.

#### Viento Anual

La Rosa de Viento Anual representa el comportamiento del viento a lo largo de todo el año mostrando la dirección predominante influenciada directamente por la circulación general de la atmósfera, aunado a que en la zona se le suman otros factores que dan origen a la circulación del viento local durante el año o durante algún período en específico.

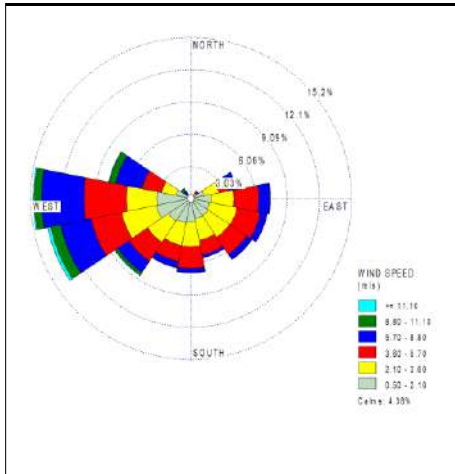
La dirección de viento anual en la estación de Las Águilas durante todo el año predomina del E-WNW con una intensidad del 89.2% de velocidad entre 0.5 a 8.8 m/seg y solo el 3.7% con velocidades mayores a 8.8 m/seg y con un porcentaje de calmas del 4.4%. En la estación de Atemajac el viento dominante es del ENE-SW con una intensidad del 70.3% de velocidad entre 0.5 a 8.8 m/seg y solo el 3.7% con velocidades mayores a 8.8 m/seg, presentando un porcentaje de calmas del 2.8%. Así mismo se puede apreciar en la estación de Vallarta el viento dominante anual es de SW-W con una intensidad del 58.2% de velocidad entre 0.5 a 8.8 m/seg y el 2.3% con velocidades mayores a 8.8 m/seg. y el 1.4% de calmas observar la figura 38.

#### Período Húmedo

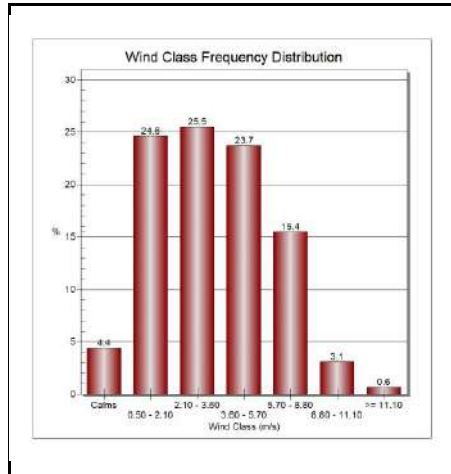
Se determinó como período húmedo desde el mes de mayo hasta el mes de octubre, cuando inicia el temporal lluvias y así poder analizar el comportamiento de esta variable que de alguna manera se ve afectada por las bajas presiones atmosféricas (*Ciclones Tropicales*) que se presentan en esta época. El resultado que arrojaron estas estaciones fue el siguiente:

En la figura 39, se puede observar la dirección de viento durante el período húmedo en la estación de Las Águilas prevalece del E-W con una intensidad del 89.6% de velocidad entre 0.5 a 8.8 m/seg y solo el 3.7% con velocidades mayores a 8.8 m/seg y con un porcentaje de calmas del 5.3%. En el caso de la estación de Atemajac el viento más frecuente en el período lluvioso es del ENE-SW con una intensidad del 60% de velocidad entre 0.5 a 8.8 m/seg y solo el 2.6% con velocidades mayores a 8.8 m/seg, presentando un porcentaje de calmas del 2.1%. y por último en la estación de Vallarta durante este mismo período el viento dominante es de SW-W con una intensidad del 22.6% de velocidad entre 0.5 a 8.8 m/seg y el 2.1% con velocidades mayores a 8.8 m/seg y el 0.1% de calmas. En esta última estación durante este período hizo falta bastante información. Es decir, se perdió o no se registró cerca del 76% de esta, por lo que este comportamiento no es muy claro, pero igualmente indica una idea general del comportamiento esta variable.

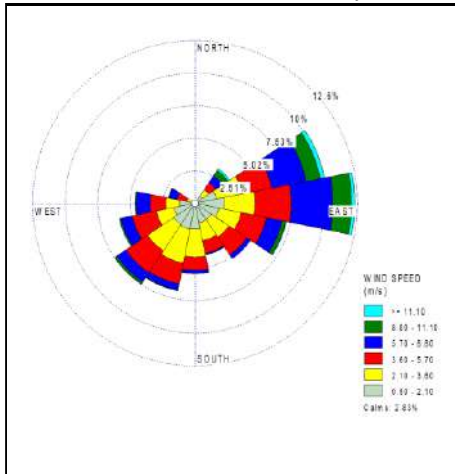
*Dirección del Viento Anual en Las Águilas*



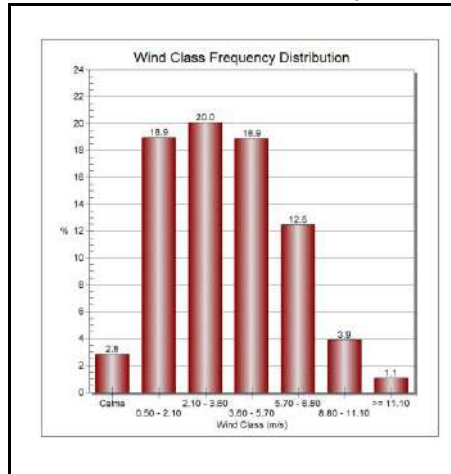
*Velocidad del Viento Anual en Las Águilas*



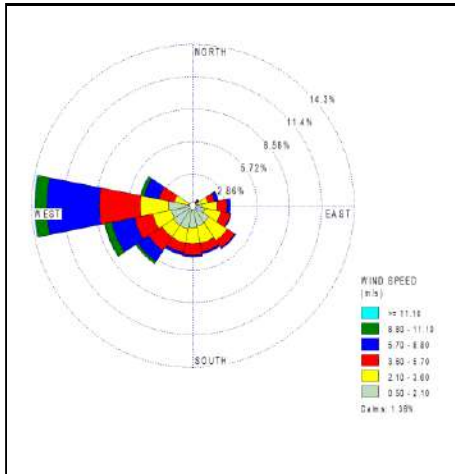
*Dirección del Viento Anual en Atemajac*



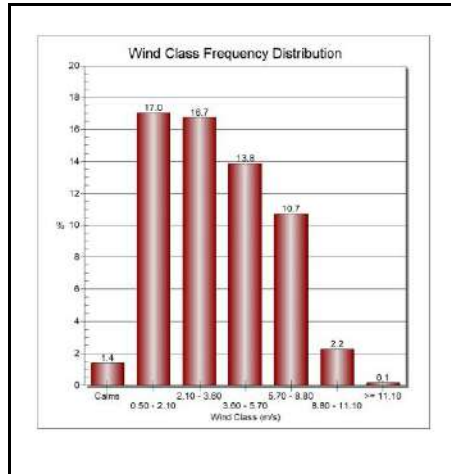
*Velocidad del Viento Anual en Atemajac*



*Dirección del Viento Anual en Vallarta*



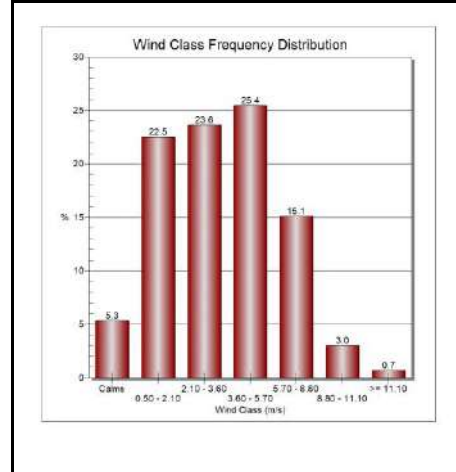
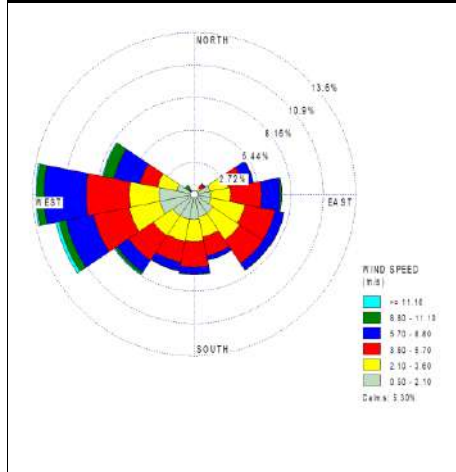
*Velocidad del Viento Anual en Vallarta*



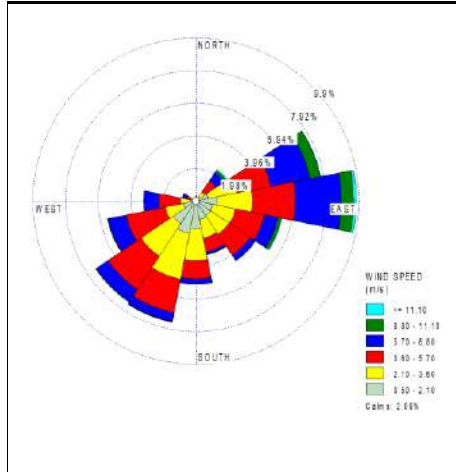
Elaborado por: Leticia Loza Ramírez con datos de las estaciones del Sistema de monitoreo Ambiental de Jalisco (2023)

Figura 38 Dirección y velocidad del viento por la noche en las estaciones de monitoreo. Fuente: elaboración propia.

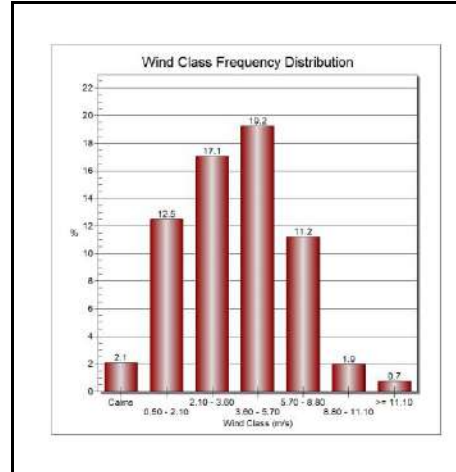
*Dirección del Viento en el Período Humedo en Las Águilas*      *Velocidad del Viento en el Período Humedo en Las Águilas*



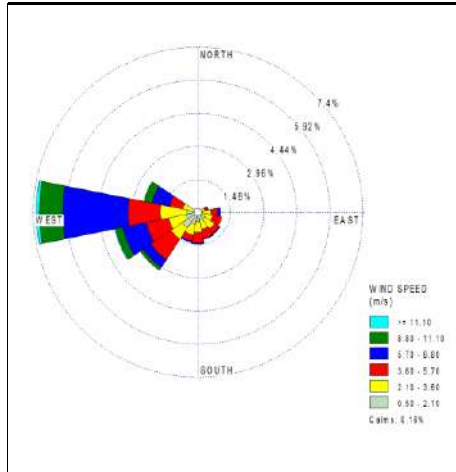
*Dirección del Viento en el Período Humedo en Atemajac*



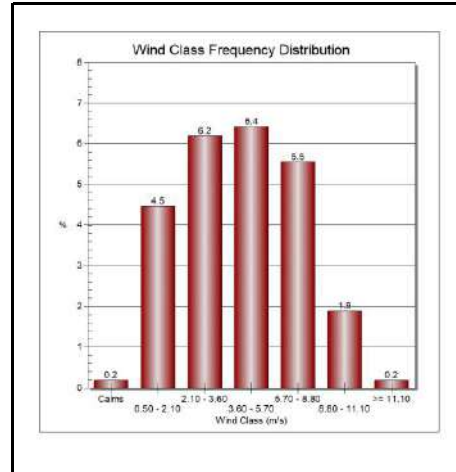
*Velocidad del Viento en el Período Humedo en Atemajac*



*Dirección del Viento en el Período Humedo en Vallarta*



*Velocidad del Viento en el Período Humedo en Vallarta*



Elaborado por: Leticia Loza Ramírez con datos de las estaciones del Sistema de monitoreo Ambiental de Jalisco (2023)

Figura 39 Dirección y velocidad del viento en el periodo húmedo en las estaciones de monitoreo. Fuente: elaboración propia.

### Período Seco

En climatología se establece como período seco desde el mes de noviembre hasta el mes de abril, en el que las lluvias no son tan constantes para el caso del estado de Jalisco, ya que predominan las lluvias de verano, aunque eso no significa que pueda haber tormentas invernales, en este período seco es cuando más aumentan las *Sequías* y es también cuando hay más presencia de incendios forestales; en el caso del mes de mayo está considerado dentro del período húmedo porque así lo determina CONAGUA, sin embargo en este mes se acentúa más la sequía y por lo tanto los incendios, pero también es el mes que dan inicio las lluvias de verano. Una vez definido este período se procedió al cálculo de la variable viento.

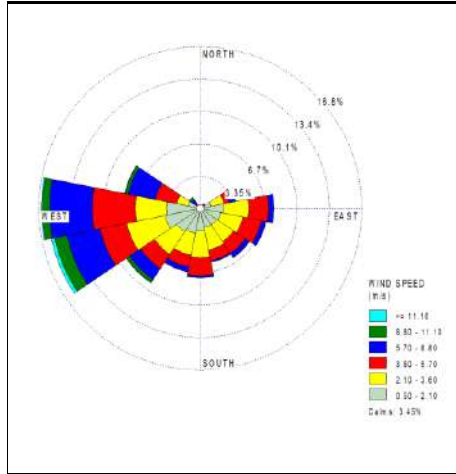
La dirección de viento en el período seco de la estación de Las Águilas fue más frecuente del E-W con una intensidad del 93.3% de velocidad entre 0.5 a 8.8 m/seg y solo el 3.7% con velocidades mayores a 8.8 m/seg y con un porcentaje de 3.5% de calmas. En la estación de Atemajac la dirección del viento prevalente fue del ENE-W con una intensidad del 80.8% de velocidad entre 0.5 a 8.8 m/seg y el 7.2% con velocidades mayores a 8.8 m/seg, este porcentaje es muy significativo ya que en la mayoría de los casos no rebasa el 5%; el porcentaje de calmas fue del 3.6%, y por último se puede observar el comportamiento del viento en la estación de Vallarta donde el viento dominante en el período seco es de SE-W con una intensidad del 94.6% de velocidad entre 0.5 a 8.8 m/seg y el 2.7% con velocidades mayores a 8.8 m/seg. y el 2.6% de calmas ver figura 40.

### Microcuenca Los Tubos, Verdines, San Antonio, Arroyo Grande y Tepopote

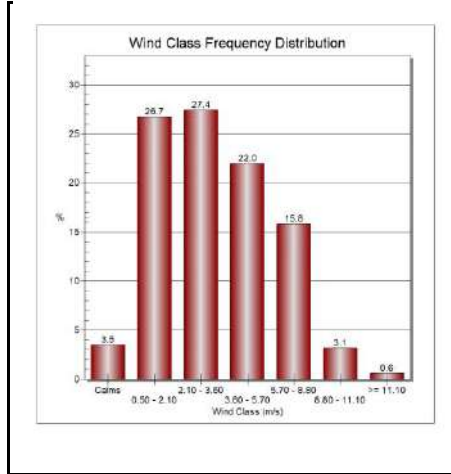
En esta microcuenca por ser una de las más altas genera un gradiente de temperatura muy significativo con respecto al Río Santiago, además de presentar una serie de barrancas con respecto al mismo; como se menciona anteriormente en el Río Santiago se genera una baja presión atmosférica provocando que el aire se eleve y por lo tanto se enfríe en la alta atmósfera; por lo que en las altas montañas se genera una alta presión atmosférica provocando la circulación del viento de las altas a las bajas presiones. En escala de tiempo el viento suele ser muy variable, por mencionar un ejemplo, los vientos durante el día soplarían de la montaña hacia las partes bajas y por la noche se invierte esta circulación, ya que las montañas conservan su calor mientras que solamente en las laderas se enfriarán más rápidamente, esto no sucede en las partes más bajas del Río Santiago.

En cambio, las noches invernales en el Río Santiago es más alta la temperatura que en las montañas, por lo que la diferencia de temperatura puede provocar nubes de neblina por la madrugada ascendiendo el viento por los cañones de las pendientes hacia las montañas. Este efecto es muy claro sobre todo en las microcuencas de Verdines, San Antonio y Arroyo Grande principalmente, y con menor influencia en la microcuenca del Tepopote ya que se encuentra más alejada del Río Santiago. Esta descripción es con base en la física atmosférica ya que no se contó con información de la variable viento para hacer más precisa la descripción de ésta.

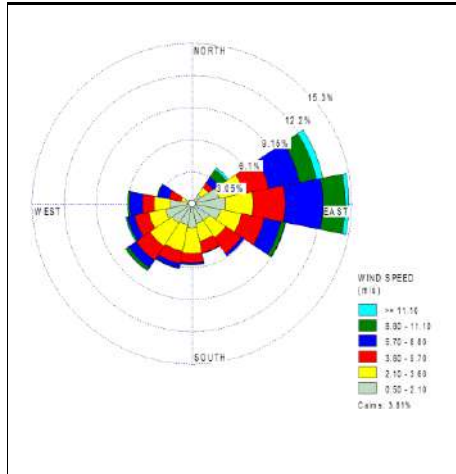
*Dirección del Viento en el Período Seco en Las Águilas*



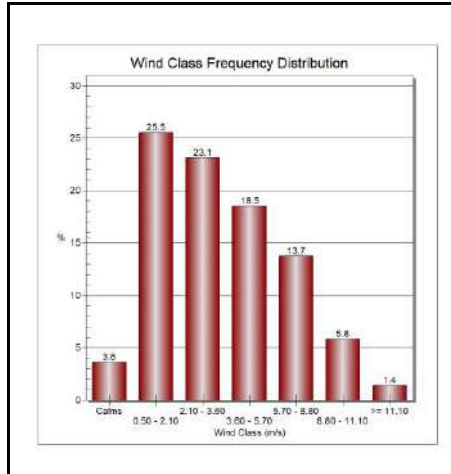
*Velocidad del Viento en el Período Seco en Las Águilas*



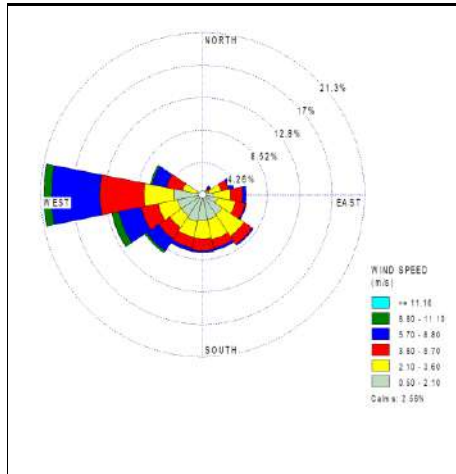
*Dirección del Viento en el Período Seco en Atemajac*



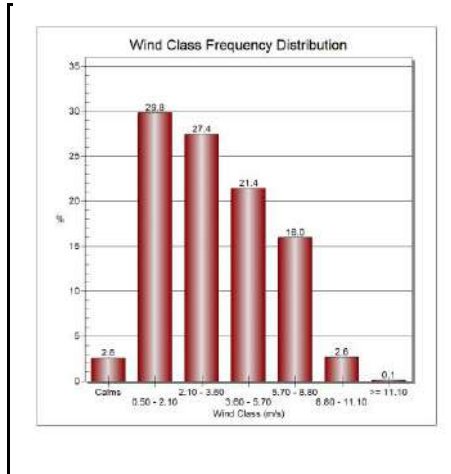
*Velocidad del Viento en el Período Seco en Atemajac*



*Dirección del Viento en el Período Seco en Vallarta*



*Velocidad del Viento en el Período Seco en Vallarta*



Elaborado por: Leticia Loza Ramírez con datos de las estaciones del Sistema de monitoreo Ambiental de Jalisco (2023)

Figura 40 Dirección y velocidad del viento en el periodo seco en las estaciones de monitoreo. Fuente: elaboración propia.

Microcuencas Carricillos, Ahuatancillo I, Ahuatancillo II y Norte de la Sierra de Tesistán (Parte NW de la microcuenca de los Tubos).

Estas microcuencas por estar más cercanas del Río Santiago y por no existir tanta diferencia de elevación, el gradiente de temperatura no es muy alto y por lo tanto el gradiente bórico no es muy significativo; por lo que aquí es muy claro el efecto chimenea que se genera en el Río Santiago al cual se suma el calor que generan estas microcuencas.

Las microcuencas de Agua Zarca, La Soledad y Milpillas

Las masas de aire cálido y húmedo que suben del Río Santiago tienen muy poca influencia en estas microcuencas es mayor sobre los niveles de elevación más bajo de las mismas.

## 7.2 Características hidrológicas

### 7.2.1 Delimitación de Microcuencas

La cuenca es la unidad territorial en la que se llevan a cabo los distintos procesos que componen el ciclo hidrológico, delimitada por una línea imaginaria denominada como parteaguas que une los puntos de mayor elevación; en una cuenca todos los escurrimientos, ríos y arroyos, confluyen en un punto de salida cuyas características definen si se trata de una cuenca endorreica o exorreica.

Para fines de organización y administración, todas las cuencas de México están agrupadas en 37 Regiones Hidrológicas (RH) y 13 Regiones Hidrológicas Administrativas (RHA).

El polígono propuesto para el AMPH “Sierra de Tesistán – Cerro La Col” tiene una superficie de 19,035.50 ha y un perímetro de 128.36 km, y se localiza al noroeste del Municipio de Zapopan en la Sub-Cuenca RH-12Ec Río Verde – Presa Santa Rosa, que a su vez forma parte de la Cuenca Río Santiago – Guadalajara (RH-12E) en la Región Hidrológica RH-12 Lerma – Santiago y Región Hidrológica Administrativa RHA-VIII Lerma – Santiago – Pacífico.

Al contar con una superficie extensa el AMPH SITECOL son múltiples las microcuencas, cuerpos de agua y corrientes que abarca y se encuentran incluidas, total o parcialmente, dentro del polígono, identificándose las siguientes microcuencas principales: 1) Arroyo San Antonio, 2) Arroyos Grande e Higuieritas, 3) Arroyo Hondo y Los Tubos, 4) Arroyo del trayecto de La Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago, 5) Arroyo Grande, 6) Arroyo La Soledad, 7) Arroyo Agua Zarca, 8) Río Blanco, 9) Arroyos Mojoneras y El Carrizalillo y 10) Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago, todas las cuales se indican en la figura 41.

De estas diez microcuencas, las que se encuentran en las vertientes sur y oriente (Río Blanco, Agua Zarca, La Soledad y Arroyo Grande) son las que tienen mayor grado de urbanización e intervenciones y afectaciones derivadas de ésta, aunque ello principalmente fuera del polígono del AMPH SITECOL.

Estas microcuencas contienen una extensísima red de escurrimientos que terminan confluyendo en los arroyos principales que les dan nombre y finalmente desembocando en el Río Santiago.

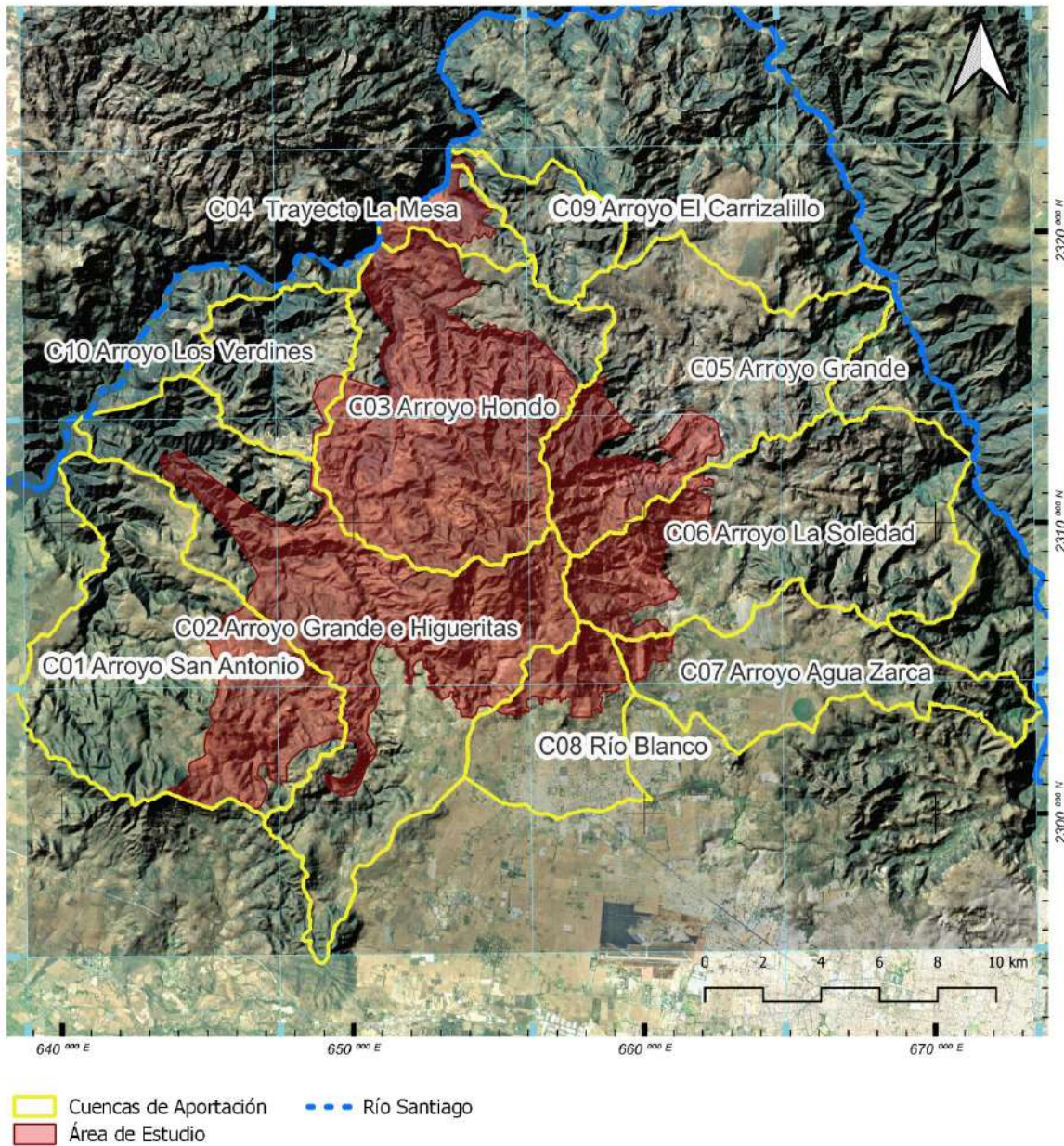


Figura 41 Polígono del Área Municipal de Protección Hidrológica (rojo) SITECOL y microcuencas (amarillo).  
Fuente: elaboración propia.

#### Área y perímetro de las microcuencas

Para el procesamiento de la información cartográfica se elaboró un Sistema de Información Geográfica (SIG) mediante el uso del software QGIS versión 3.26.3. Las áreas y perímetros de las microcuencas dentro del polígono del Área Municipal de Protección Hidrológica se muestran en la tabla 8.



**Tabla 8 Áreas y perímetros de las microcuencas dentro del AMPH SITECOL.**

No.	Microcuenca	Área	Perímetro
		Ha	km
1	Arroyo San Antonio	8,039.71	47.64
2	Arroyo Grande e Higuieritas	10,750.93	77.17
3	Arroyo Hondo y Los Tubos	8,082.02	44.95
4	Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago	864.61	16.77
5	Arroyo Grande	6,680.45	47.33
6	Arroyo La Soledad	7,355.66	47.53
7	Arroyo Agua Zarca	4,064.69	43.76
8	Río Blanco	2,689.65	23.55
9	Arroyo Las Mojoneras y El Carrizalillo	1,471.51	21.69
10	Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago	2,368.63	23.78
<b>Totales</b>		<b>52,367.87</b>	<b>394.17</b>

Fuente: elaboración propia.

Los criterios para la clasificación de las cuencas respecto a su superficie varían respecto a los distintos autores. Atendiendo a la guía metodológica para elaboración de atlas de riesgos por fenómenos hidrometeorológicos, las cuencas pequeñas son aquellas que tienen superficies iguales o menores a los 50 km<sup>2</sup>, las medianas tienen superficies entre 50 y 100 km<sup>2</sup>, mientras que las grandes superan los 100 km<sup>2</sup> de superficie. Bajo ese criterio, la mayoría de las microcuencas dentro del área de estudio se pueden considerar pequeñas y medianas.

#### Características morfológicas de las microcuencas

En la evaluación y estudio de una cuenca es fundamental la determinación de sus características geomorfológicas, las cuales incluyen parámetros tales como sus dimensiones (longitudes, superficies, etc.), formas, pendiente, tipos y usos del suelo, red de drenaje, entre otros, pues estos guardan relación directa con la respuesta hidrológica de la cuenca. En la valoración de tales parámetros, se empleó la información cartográfica disponible, con la finalidad de obtener los parámetros y características que permiten encontrar precisamente como es la respuesta de las cuencas ante la precipitación que se presenta en la zona de estudio.

Todas las microcuencas analizadas se encuentran dentro de la región hidrológica RH12-E, Santiago – Guadalajara y son de tipo exorreicas, pues todas descargan hacia el Río Grande de Santiago. A continuación, se presenta un análisis morfológico de las diez microcuencas con influencia en el

polígono de protección, que incluye los parámetros de forma, la pendiente, la red de drenaje y características del cauce principal.

Los parámetros de forma de las microcuencas que se localizan dentro del polígono y del área de influencia del AMPH SITECOL que se obtuvieron en esta caracterización son la relación de elongación (Re), el alargamiento medio de Caquot (Ca) y el coeficiente de compacidad (Cc). A continuación, se hace una breve descripción de cada uno de ellos.

La relación o índice de elongación, definida por Schumm (1956), relaciona el diámetro de un círculo que tiene la misma superficie que la cuenca bajo análisis y la máxima longitud (Lm) de la cuenca, siendo a su vez Lm la mayor distancia en línea recta entre la desembocadura de la misma y el extremo superior del parteaguas y de manera paralela al cauce principal de la cuenca. El índice de alargamiento medio de Caquot relaciona el recorrido más largo desde el límite de la cuenca y su salida respecto de la longitud del lado de un cuadrado de área equivalente. Entre mayor es este índice, indica que se trata de una cuenca más alargada, con una respuesta de la cuenca más lenta que una que no lo es. Finalmente, el coeficiente de compacidad, definido por Gravelius, relaciona el perímetro de la cuenca y la circunferencia de un círculo de igual superficie a la de la cuenca. Valores cercanos a la unidad indican una cuenca de forma parecida a la de un círculo; valores más altos indican que la cuenca es más alargada.

Por otro lado, también se analizó y obtuvo, mediante el procesamiento de la información altimétrica disponible en el software QGIS previamente mencionado, la pendiente media de las cuencas, expresada en grados y en porcentaje. La pendiente “tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo de flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas” (Campos 1992).

Se definieron además el orden de corrientes, el cual es un indicador del grado de ramificación o bifurcación y extensión en los cauces de las cuencas, la relación de bifurcación (Rb), la densidad de drenaje (Dd), que relaciona la longitud total de los cauces dentro de la cuenca y el área total de drenaje y que se relaciona con la resistencia de las rocas y la permeabilidad del suelo. Según Campos (1992), una baja densidad de drenaje corresponde a rocas resistentes, suelos permeables y vegetación densa, mientras que una alta densidad de drenaje es indicativa de lo contrario. También se determinó la frecuencia de corrientes (F), la cual relaciona el número de segmentos de corrientes por unidad de área.

Finalmente, se determinaron características del cauce o colector principal de cada cuenca, entre las que se incluyen las elevaciones máxima y mínima, la longitud, la pendiente promedio y el tiempo de concentración.

A continuación, se presentan de manera muy concisa las características morfológicas de cada una de las microcuencas con influencia en el SITECOL.

#### Microcuenca del Arroyo San Antonio

La microcuenca del Arroyo San Antonio se localiza en la región hidrológica RH12-E y al sur poniente del polígono SITECOL, siendo de tipo exorreico, descargando sus aguas en el Río Grande de Santiago (Fig. 42).

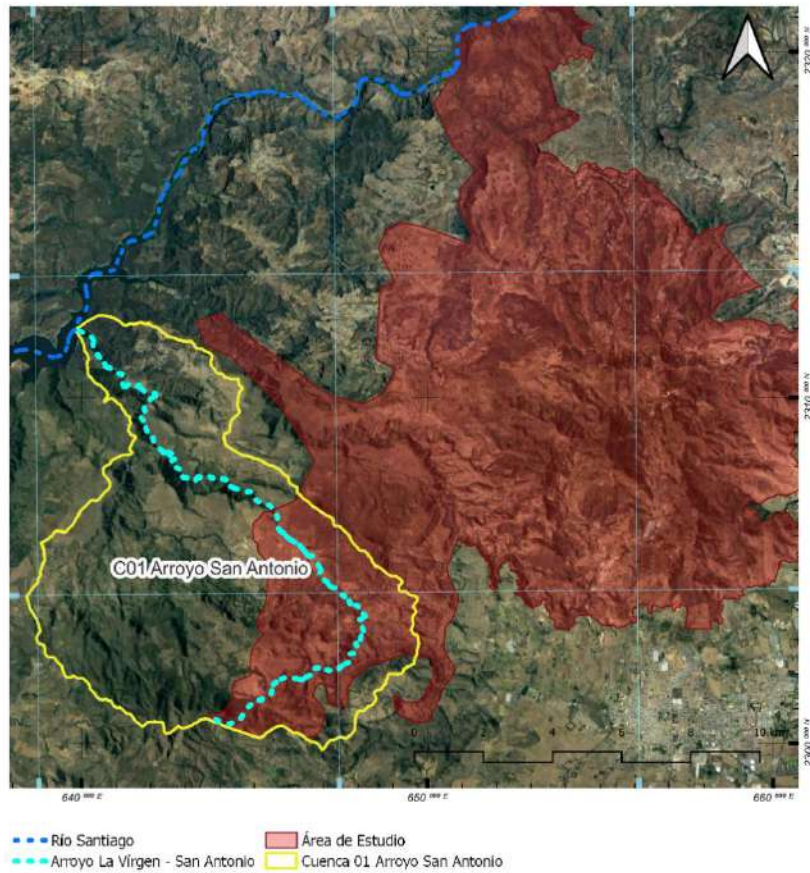


Figura 42 Microcuenca del Arroyo San Antonio. Fuente: elaboración propia.

### Parámetros de forma

La microcuenca del Arroyo San Antonio es, de acuerdo con su superficie, mediana, semicircular con poco alargamiento, de manera que una parte de los cauces secundarios que aportan a los principales que tiene la cuenca, tienden a descargar los escurrimientos casi de manera simultánea (Tabla 9). Tiene a su vez una topografía accidentada y pendientes fuertes, sobre todo cerca de su descarga al Río Grande de Santiago.

Tabla 9 Parámetros de forma de la microcuenca del Arroyo San Antonio. Coeficiente de compacidad (Cc), Relación de elongación (Re) y el alargamiento medio de Caquot (Ca).

No.	Microcuenca	Área km <sup>2</sup>	Perímetro km	Cc	Re	Ca
1	Arroyo San Antonio	80.40	47.64	1.50	0.84	2.37

Fuente: elaboración propia.

*Pendiente de la cuenca*

El relieve de la cuenca es variable, con zonas relativamente planas en las partes media y alta de la misma, y con fuertes pendientes cerca de la descarga. La pendiente media de la cuenca se presenta y se puede apreciar en la tabla 10 y en la figura 43.

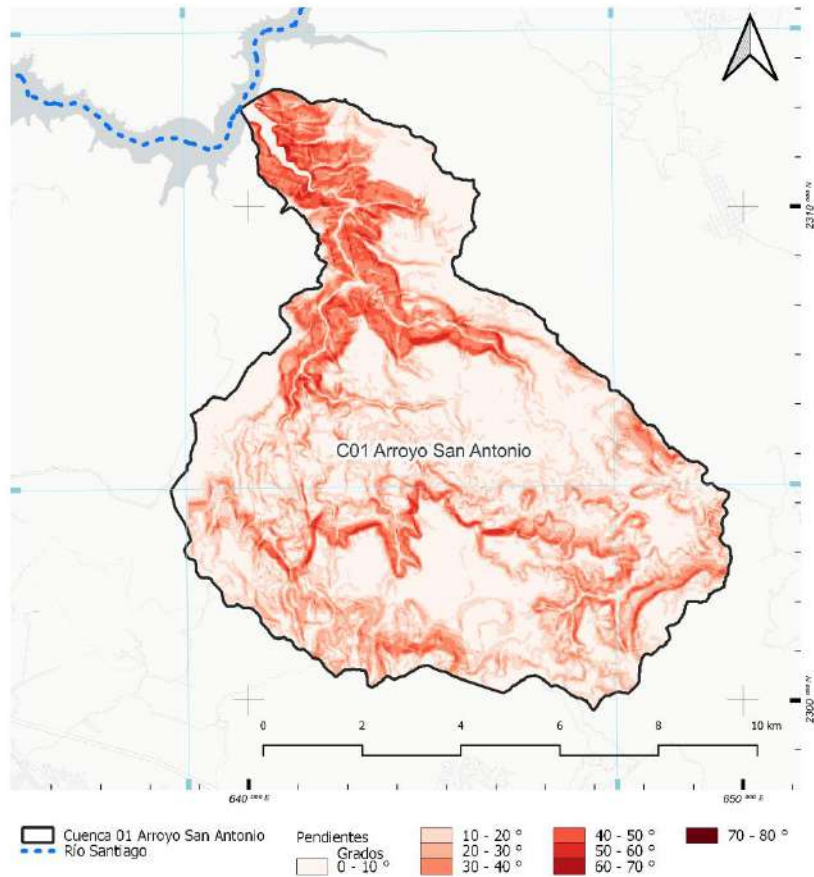


Figura 43 Pendientes de la microcuenca del Arroyo San Antonio. Fuente: elaboración propia.

Tabla 10 Pendiente de la microcuenca del Arroyo San Antonio

No.	Microcuenca	Pendiente media	
		(Grados °)	(Porcentaje %)
1	Arroyo San Antonio	16.43	31.98

Fuente: elaboración propia.

*Red de drenaje*

La cuenca presenta una red de drenaje de orden 6, de acuerdo con el criterio de Horton, como se puede observar en la figura 44. En la tabla 11 se muestran los valores de las leyes de Horton.

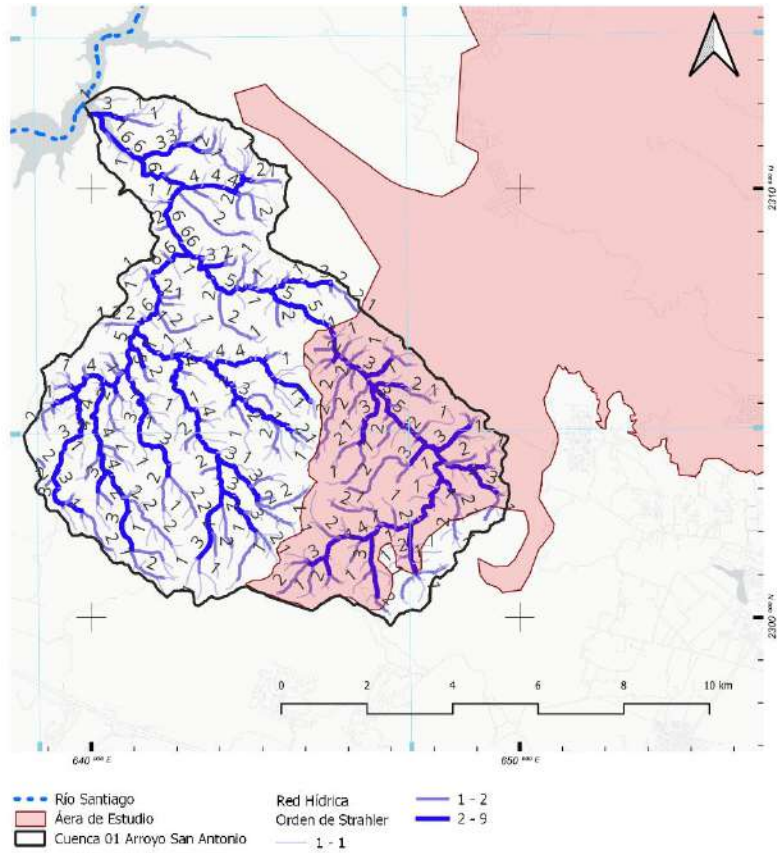


Figura 44 Red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo San Antonio. Fuente: elaboración propia.

**Tabla 11** Valores de Leyes de Horton de la microcuenca del Arroyo San Antonio.

Orden (u)	Número (Nu)	Longitud km	Longitud media km	Densidad (Dd)	Frecuencia (F)	Rel. Bifurcación (Rb)	Rel. Long (RL)
1	636	132.37	0.21	1.65	1.88		
						2.14	1.29
2	297	79.48	0.27	0.99	0.68		
						2.06	0.96
3	144	36.82	0.26	0.46	0.15		
						1.85	0.89
4	78	17.81	0.23	0.22	0.03		
						1.11	0.86
5	70	13.73	0.20	0.17	0.02		
						2.26	1.48
6	31	9.00	0.29	0.11	0.01		

Fuente: elaboración propia.

#### *Cauce principal*

Las características relevantes del cauce principal de la cuenca se muestran en la tabla 12. Presenta un desnivel superior a los 1,200 m en los poco más de 21 km de longitud, con una pendiente promedio del 6.4%. Derivado de ello, es que el tiempo de concentración se estima en 2 horas y 5 minutos (Tabla 13).

**Tabla 12** Características de la red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo San Antonio

No. de Cauces	Longitud km	Longitud media	Área km <sup>2</sup>	Densidad Dd	Frecuencia F
1,256	289.21	0.23	80.40	3.60	8.98

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 13** Características del cauce principal de la microcuenca del Arroyo San Antonio

Elevaciones		Longitud del escurrimiento (m)	Pendiente Promedio	Tiempo de Concentración		
Máxima (m)	Mínima (m)			Promedio (Horas)	(Minutos)	Adoptado (min)
1,945.00	700.00	21,260.42	0.0640	2.080	124.81	125

Fuente: elaboración propia.

### Microcuenca de Los Arroyos Grande e Higuieritas

La microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas se ubica en la región hidrológica RH12-E y al centro y sur del polígono SITECOL, de tipo exorreico, descargando sus aguas en el Río Grande de Santiago (Fig. 45).

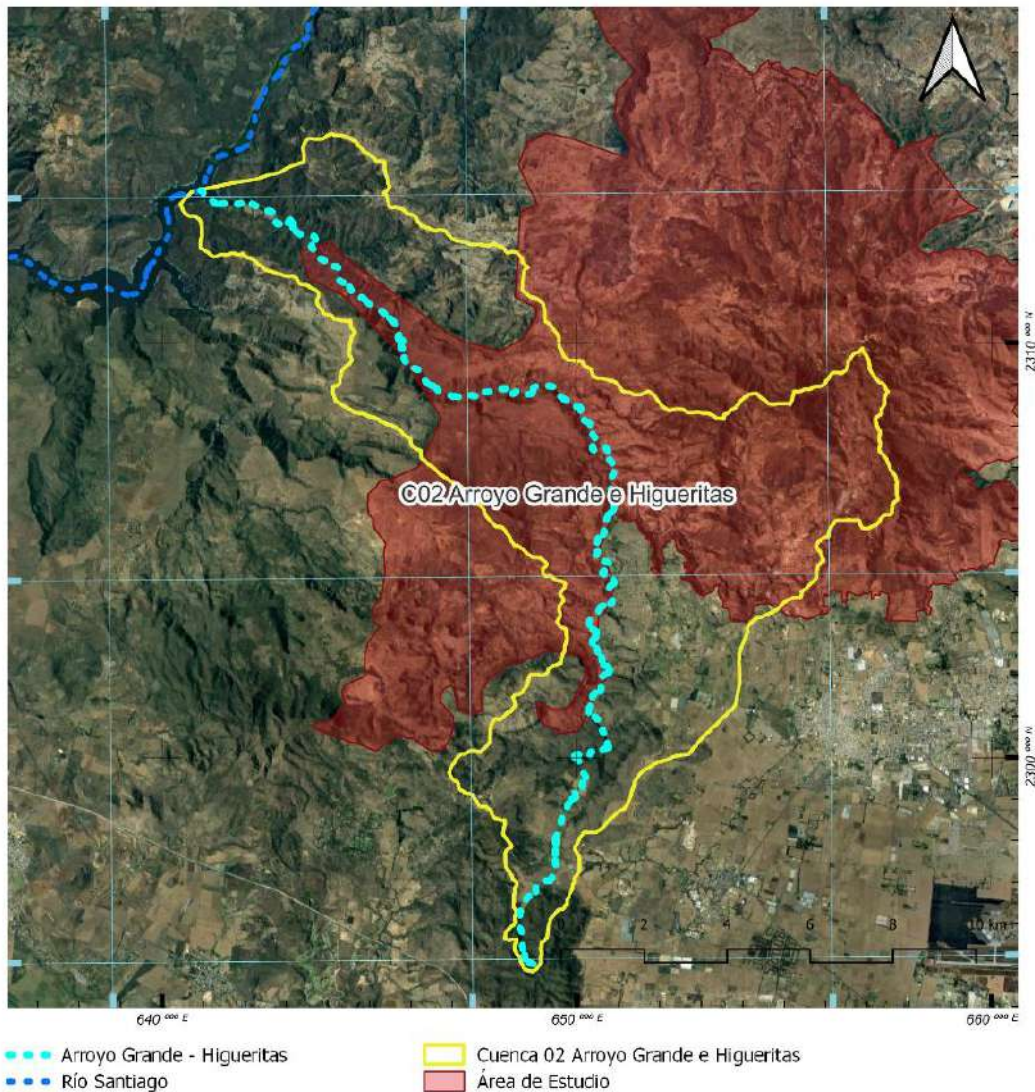


Figura 45 Microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas. Fuente: elaboración propia.

### Parámetros de forma

La microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas es, por sus dimensiones, grande, pues supera los 100 km<sup>2</sup>, siendo una cuenca alargada, por lo que la respuesta y aportaciones de sus cauces secundarios tienden a ser diferidos (Tabla 14). Tiene una topografía accidentada y pendientes fuertes cerca de la descarga al Río Grande de Santiago.

**Tabla 14** Parámetros de forma de la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas

No.	Microcuenca	Área km <sup>2</sup>	Perímetro km	Cc	Re	Ca
2	Arroyo Grande e Higuieritas	107.51	77.17	2.10	0.58	1.96

Fuente: elaboración propia.

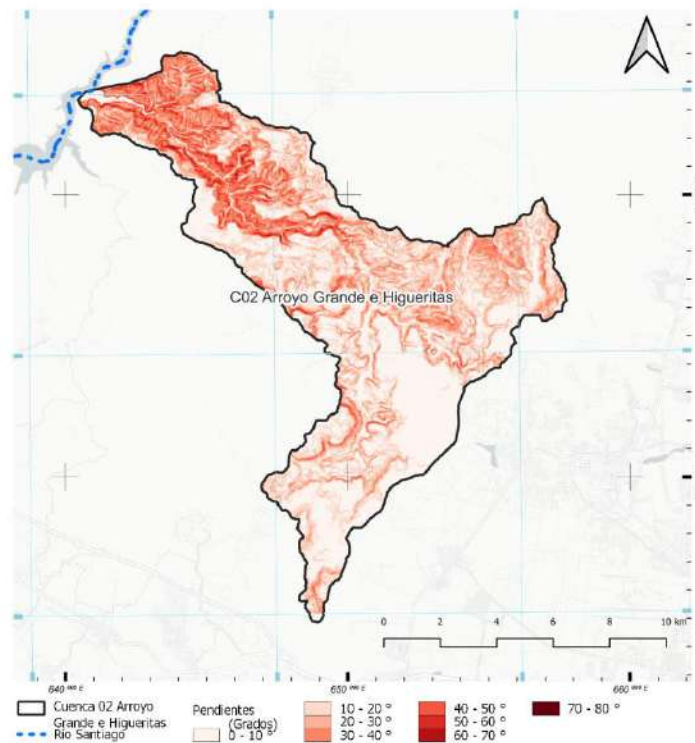
*Pendiente de la cuenca*

Su relieve es variable, teniendo una zona prácticamente plana en la cabecera y con pendientes fuertes conforme baja hacia la descarga, como se puede ver a continuación en la tabla 15 y la figura 46.

**Tabla 15** Pendiente de la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas

No.	Microcuenca	Pendiente media	
		(Grados °)	(Porcentaje %)
2	Arroyos Grande e Higuieritas	17.78	34.63

Fuente: elaboración propia.



**Figura 46** Pendientes de la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas.

Fuente: elaboración propia.



*Red de drenaje*

La cuenca tiene un orden de corrientes de 6, lo que se puede ver en la figura 47. En las tablas 16 y 17 se muestran los valores de las leyes de Horton de densidad y frecuencia.

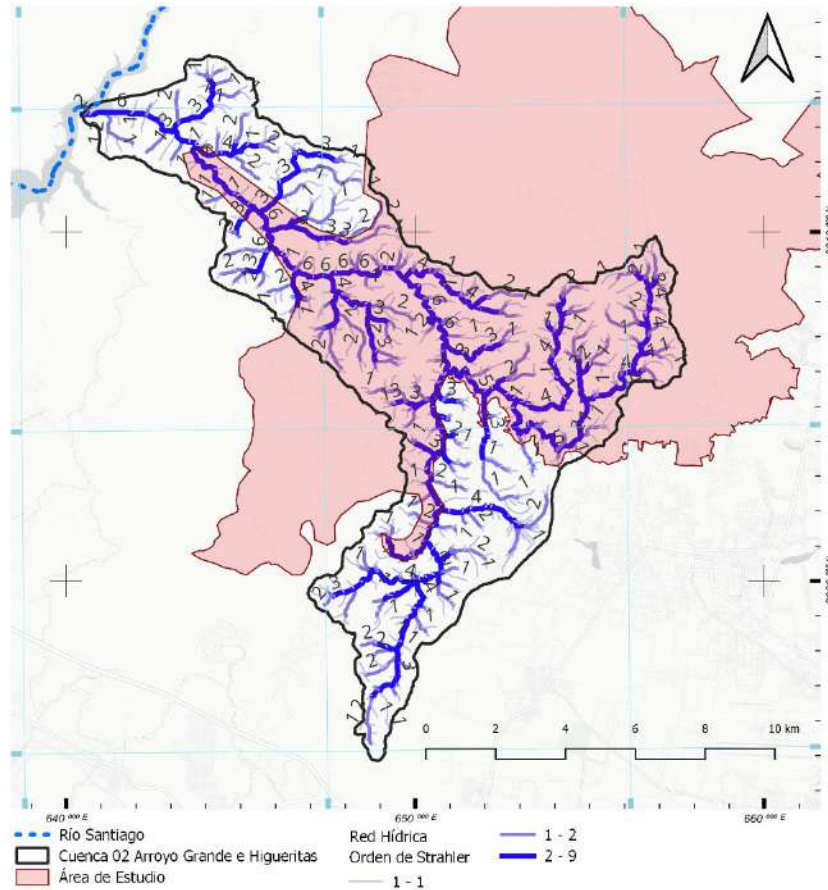


Figura 47 Red hidrográfica de la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas.  
Fuente: elaboración propia.

**Tabla 16** Valores de Leyes de Horton de la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas.

Orden (u)	Número (Nu)	Longitud km	Longitud media km	Densidad (Dd)	Frecuencia (F)	Rel. Bifurcación (Rb)	Rel. Long (RL)
1	866	181.17	0.21	1.69	1.97		
						2.12	1.13
2	408	96.30	0.24	0.90	0.56		
						2.43	0.96
3	168	38.16	0.23	0.35	0.09		
						1.34	0.97
4	125	27.42	0.22	0.26	0.05		
						1.60	1.00
5	78	17.13	0.22	0.16	0.02		
						1.08	1.11
6	72	17.54	0.24	0.16	0.02		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 17** Características de la red hidrográfica de la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas

No. de Cauces	Longitud km	Longitud media	Área km <sup>2</sup>	Densidad Dd	Frecuencia F
1,717	377.73	0.22	107.51	3.51	8.57

Fuente: elaboración propia.

### *Cauce principal*

El cauce principal de la cuenca presenta las características que se muestran en la tabla 18. Tiene un desnivel apenas superior a los 1,200 m en los casi 32 km de longitud y una pendiente promedio del 4.9%. El tiempo de concentración se estima en 3 horas y 20 minutos.

**Tabla 18** Características del cauce principal de la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas

Elevaciones		Longitud del escurrimiento (m)	Pendiente Promedio	Tiempo de Concentración		
Máxima (m)	Mínima (m)			Promedio (Horas)	(Minutos)	Adoptado (min)
1,920.00	700.00	31,624.00	0.0487	3.315	198.88	199

Fuente: elaboración propia.

### Microcuenca de Los Arroyos Hondo y Los Tubos

Esta microcuenca se localiza igualmente en la región hidrológica RH12-E, al centro y norte del polígono SITECOL; como todas, es de tipo exorreico, descargando en el Río Grande de Santiago (Fig. 48).

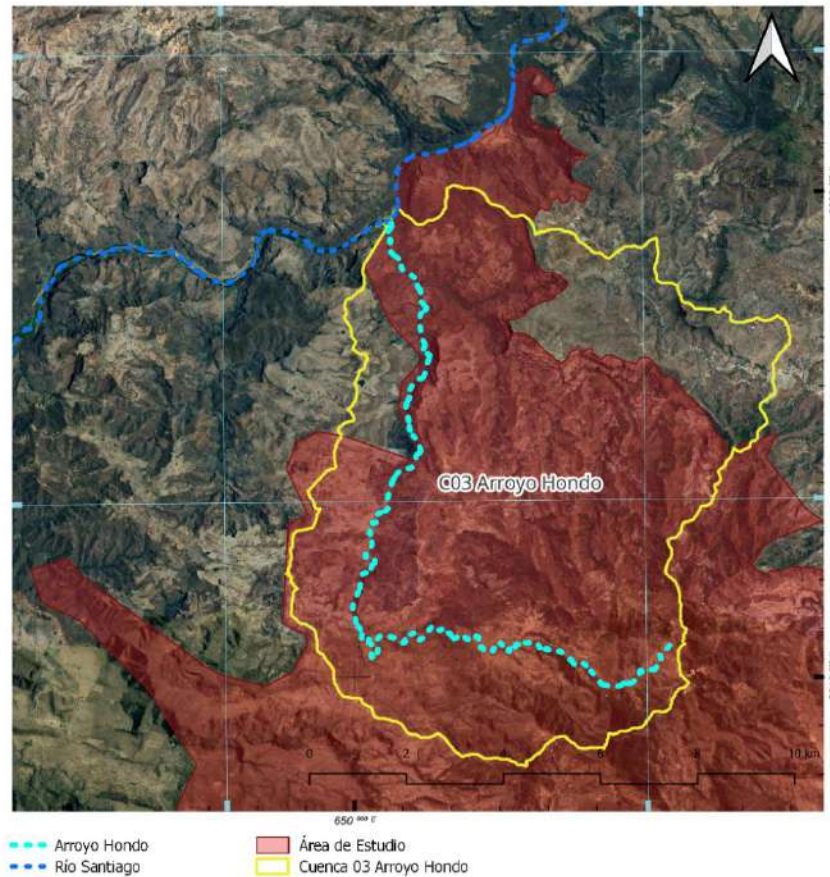


Figura 48 Microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos. Fuente: elaboración propia.

### Parámetros de forma

La de los Arroyos Hondo y Los Tubos se trata de una cuenca mediana, con una superficie cercana a los 81 km<sup>2</sup>, de tipo semicircular, con una respuesta relativamente rápida y tiempos de concentración cortos (Tabla 19). Su topografía es accidentada y con pendientes fuertes en gran parte de esta, acentuándose cerca de la descarga al Río Grande de Santiago.

Tabla 19 Parámetros de forma de la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos

No.	Microcuenca	Área km <sup>2</sup>	Perímetro km	Cc	Re	Ca
3	Arroyo Hondo y Los Tubos	80.82	44.95	1.41	0.96	3.52

Fuente: elaboración propia.

*Pendiente de la cuenca*

Su relieve es accidentado, con pendientes fuertes prácticamente en toda su extensión, según se puede apreciar en la tabla 20 y figura 49, correspondiente.

Tabla 20 Pendiente de la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos		Pendiente media	
No.	Microcuenca	(Grados °)	(Porcentaje %)
		3	Arroyo Hondo y Los Tubos

Fuente: elaboración propia.

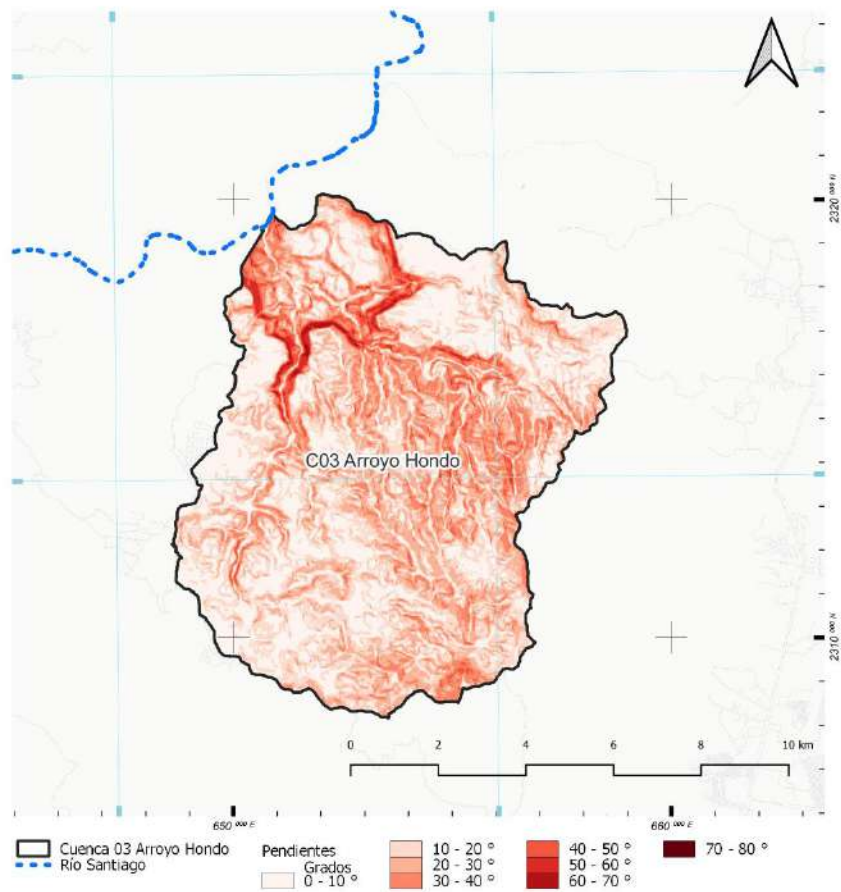
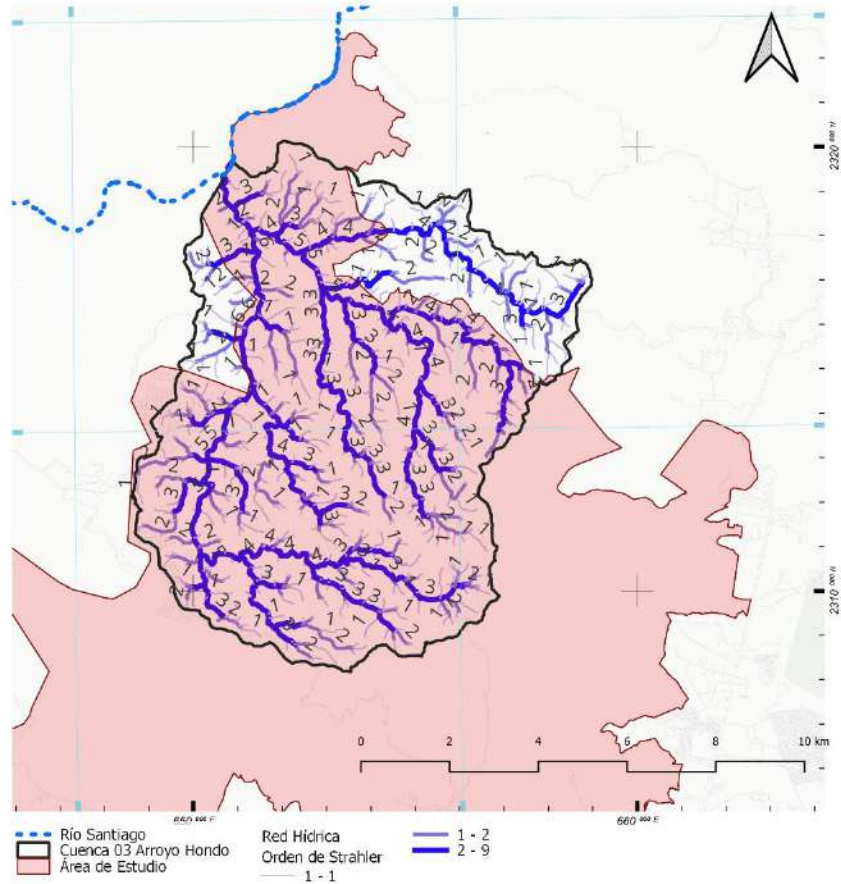


Figura 49 Pendientes de la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos.  
Fuente: elaboración propia.

*Red de drenaje*

El orden de corrientes de esta cuenca es de 6, como se aprecia en la figura 50. Se muestran los valores de las leyes de Horton, de densidad y frecuencia en las tablas 21 y 22, correspondientes.



**Figura 50** Red hidrográfica de la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos.  
Fuente: elaboración propia.

**Tabla 21** Valores de Leyes de Horton de la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos.

Orden (u)	Número (Nu)	Longitud km	Longitud media km	Densidad (Dd)	Frecuencia (F)	Rel. Bifurcación (Rb)	Rel. Long (RL)
1	674	129.79	0.19	1.61	1.79	2.24	1.19
2	301	68.86	0.23	0.85	0.50	1.73	1.07
3	174	42.78	0.25	0.53	0.19	1.67	0.99
4	104	25.28	0.24	0.31	0.07	2.04	0.98
5	51	12.10	0.24	0.15	0.02	1.76	0.87
6	29	5.98	0.21	0.07	0.00		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 22** Características de la red hidrográfica de la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos

No. de Cauces	Longitud km	Longitud media	Área km <sup>2</sup>	Densidad Dd	Frecuencia F
1,333	284.78	0.21	80.82	3.52	8.62

Fuente: elaboración propia.

### *Cauce principal*

El cauce principal de la cuenca tiene una longitud de más de 20 km y un desnivel superior a los 1,100 m, por lo que la pendiente promedio del 5.9%. El tiempo de concentración se estima en 2 horas y 3 minutos (Tabla 23).

**Tabla 23** Características del cauce principal de la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos. Fuente: elaboración propia.

Elevaciones		Longitud del escurrimiento	Pendiente	Tiempo de Concentración		
Máxima	Mínima			Promedio	Adoptado	
(m)	(m)	(m)	Promedio	(Horas)	(Minutos)	(min)
1,830.00	700.00	20,323.00	0.0592	2.049	122.97	123

### Microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago

La microcuenca de este arroyo se incluye en la región hidrológica RH12-E, en el extremo norte del AMPH SITECOL; es de tipo exorreico y descarga en el Río Grande de Santiago (Fig. 51).

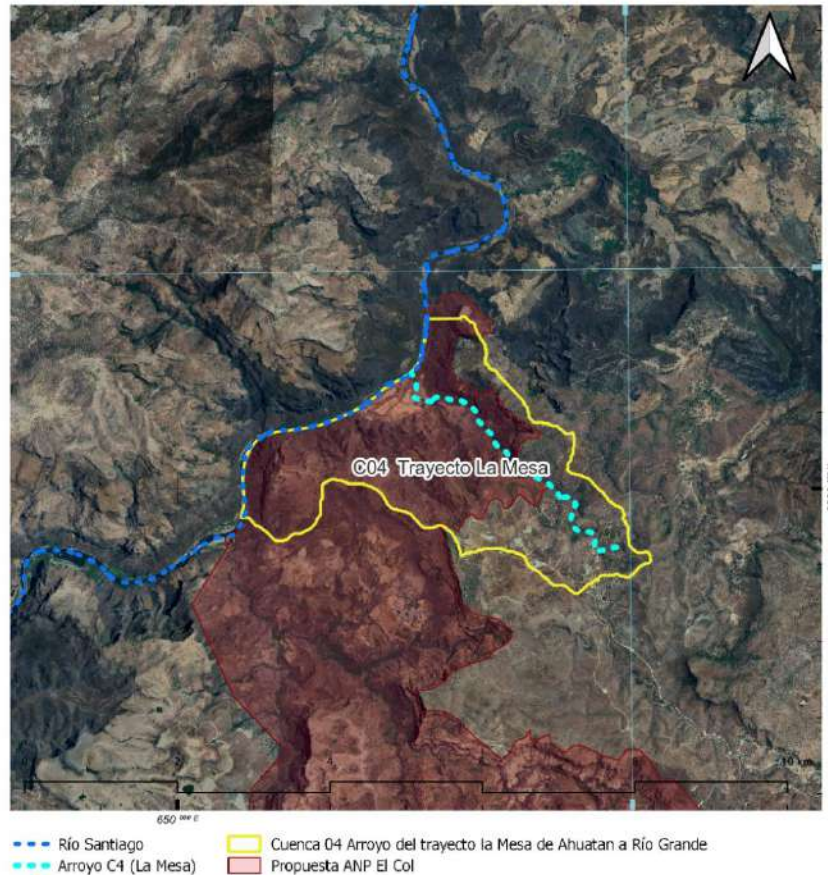


Figura 51 Microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago.  
Fuente: elaboración propia.

#### *Parámetros de forma*

La microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago es una cuenca pequeña, con una superficie superior a los 8 km<sup>2</sup>, por lo que es susceptible de que una tormenta la cubra en su totalidad, de tipo semicircular con un ligero alargamiento y una respuesta muy rápida y tiempos de concentración muy cortos (Tabla 24). Su topografía es variable, con zonas relativamente planas y otras muy accidentadas y pendientes fuertes cerca de la descarga al Río Grande de Santiago.

**Tabla 24** Parámetros de forma de la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago

No.	Microcuenca	Área km <sup>2</sup>	Perímetro km	Cc	Re	Ca
4	Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago	8.65	16.77	1.61	0.83	1.46

Fuente: elaboración propia.

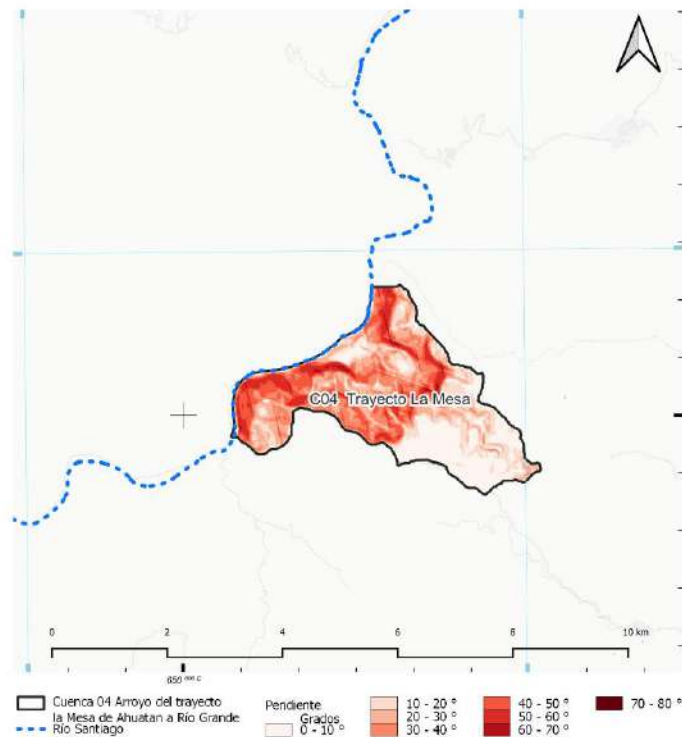
*Pendiente de la cuenca*

Su relieve variable, con la parte alta de la cuenca relativamente plana, mientras que la parte baja cerca de la descarga, tiene pendientes fuertes (Tabla 25), como se puede observar en la figura 52.

**Tabla 25** Pendiente de la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago

No.	Microcuenca	Pendiente media	
		(Grados °)	(Porcentaje %)
4	Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago	25.42	54.24

Fuente: elaboración propia.



**Figura 52** Pendientes de la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago. Fuente: elaboración propia.



*Red de drenaje*

En esta cuenca pequeña, el orden de corrientes es de 4, como se observa en la figura 53. Las tablas correspondientes muestran los valores de las leyes de Horton, de densidad y frecuencia (Tabla 26 y 27).

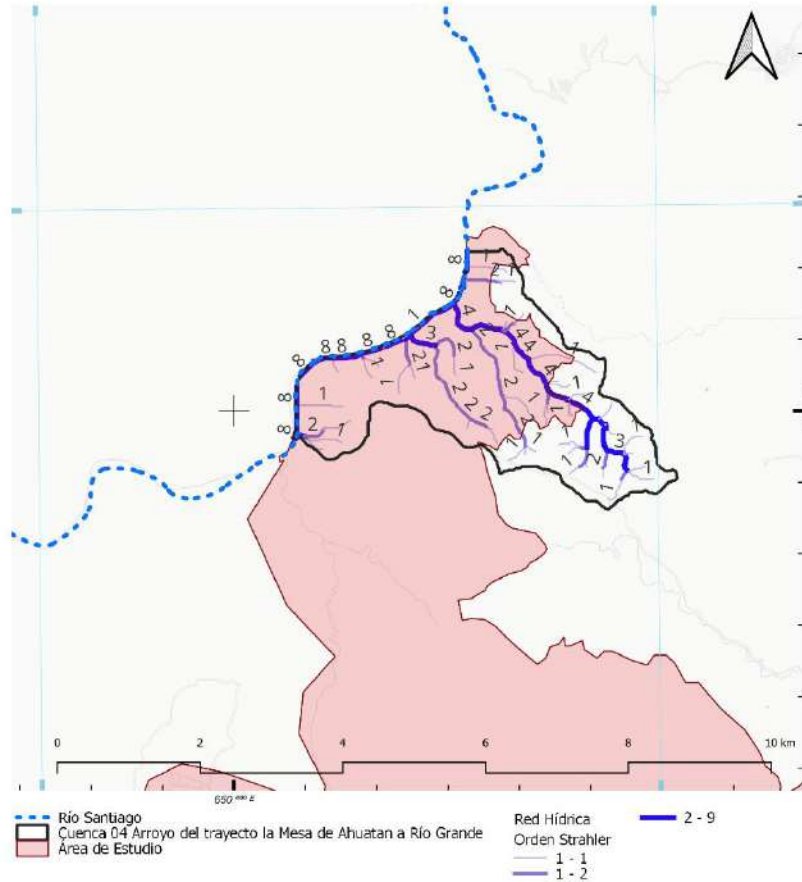


Figura 53 Red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago. Fuente: elaboración propia.

**Tabla 26** Valores de Leyes de Horton de la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago.

Orden (u)	Número (Nu)	Longitud km	Longitud media km	Densidad (Dd)	Frecuencia (F)	Rel. Bifurcación (Rb)	Rel. Long (RL)
1	66	15.41	0.23	1.78	2.20		
						2.54	1.22
2	26	7.42	0.29	0.86	0.51		
						1.86	0.76
3	14	3.05	0.22	0.35	0.09		
						1.08	1.13
4	13	3.21	0.25	0.37	0.10		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 27** Características de la red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago

No. de Cauces	Longitud km	Longitud media	Área km <sup>2</sup>	Densidad Dd	Frecuencia F
119	29.10	0.24	8.65	3.37	7.86

Fuente: elaboración propia.

### *Cauce principal*

El cauce principal de la cuenca tiene una longitud apenas mayor a los 4 km y un desnivel de alrededor de 800 m, su pendiente promedio del 16.5%. El tiempo de concentración ronda los 24 minutos (Tabla 28).

**Tabla 28** Características del cauce principal de la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago

Elevaciones		Longitud del escurrimiento (m)	Pendiente Promedio	Tiempo de Concentración		
Máxima (m)	Mínima (m)			Promedio (Horas)	Adoptado (Minutos)	Adoptado (min)
1,545.00	725.00	4,304.48	0.1650	0.387	23.20	24

Fuente: elaboración propia.

Microcuenca del Arroyo Grande (Milpillas)

La microcuenca del Arroyo Grande se encuentra en la región hidrológica RH12-E, hacia el noreste del AMPH SITECOL; igualmente es de tipo exorreico, descargando hacia el Río Grande de Santiago (Fig. 54).

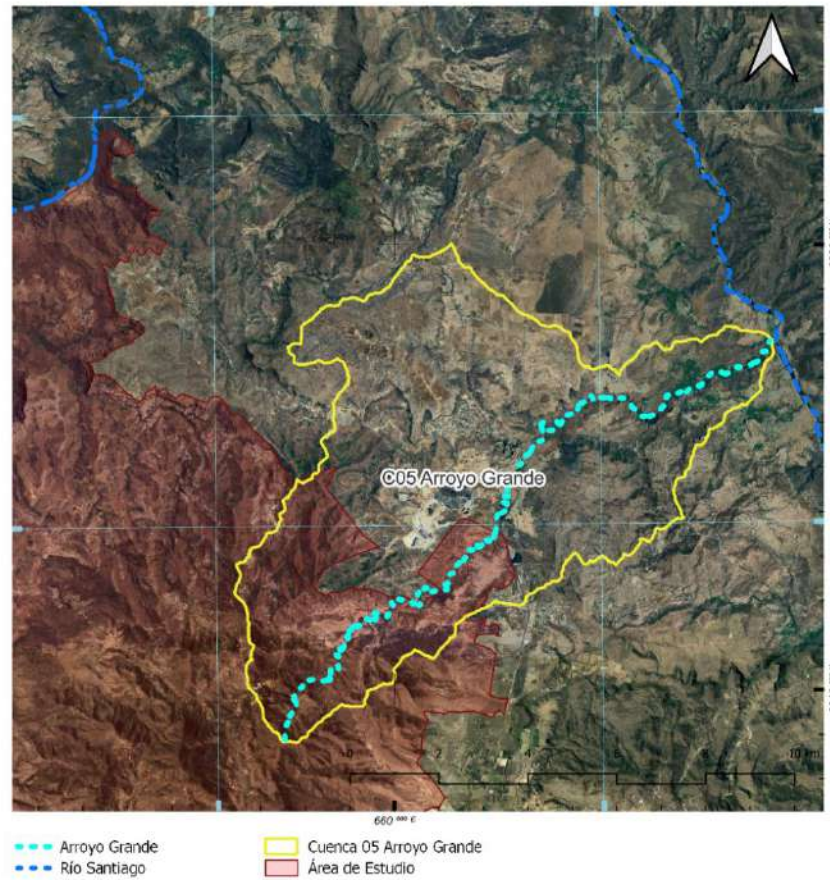


Figura 54 Microcuenca del Arroyo Grande. Fuente: elaboración propia.

*Parámetros de forma*

La microcuenca del Arroyo Grande es una cuenca mediana, con una superficie cercana a los 67 km<sup>2</sup>, semicircular con un ligero alargamiento y una respuesta relativamente rápida y tiempos de concentración cortos (Tabla 29). Su topografía es variable, con las zonas de la cabecera y la descarga con un relieve accidentado, mientras que la zona central presenta un relieve relativamente plano.

Tabla 29 Parámetros de forma de la microcuenca del Arroyo Grande

No.	Microcuenca	Área km <sup>2</sup>	Perímetro km	Cc	Re	Ca
5	Arroyo Grande	66.80	47.33	1.63	0.66	2.51

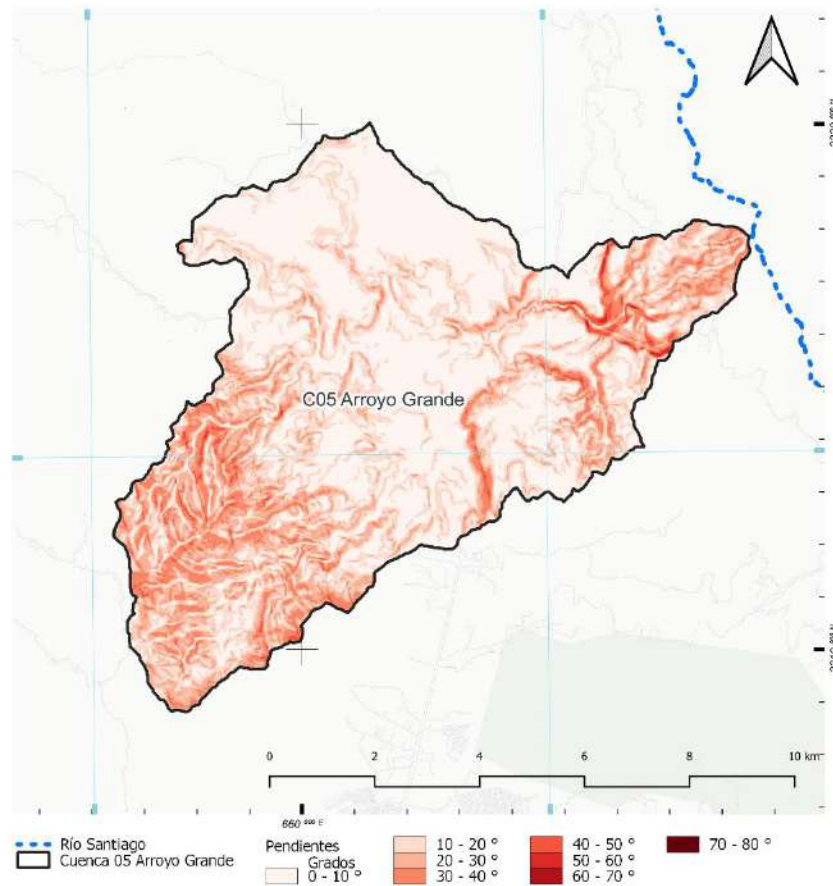
*Pendiente de la cuenca*

El relieve es variable. Tanto la cabecera de la cuenca como la zona cercana a la descarga al Río Santiago tienen fuertes pendientes, mientras que en la parte central el relieve es relativamente plano (Tabla 30), como se puede apreciar en la figura 55.

**Tabla 30** Pendiente de la microcuenca del Arroyo Grande

No.	Microcuenca	Pendiente media	
		(Grados °)	(Porcentaje %)
5	Arroyo Grande	14.19	26.54

Fuente: elaboración propia.



**Figura 55** Pendientes de la microcuenca del Arroyo Grande. Fuente: elaboración propia.

*Red de drenaje*

La red de drenaje de esta cuenca es tiene un orden de corrientes de 6, como se puede observar en la figura 56. En las tablas 31 y 32, correspondientes se incluyen los valores de densidad y frecuencia.

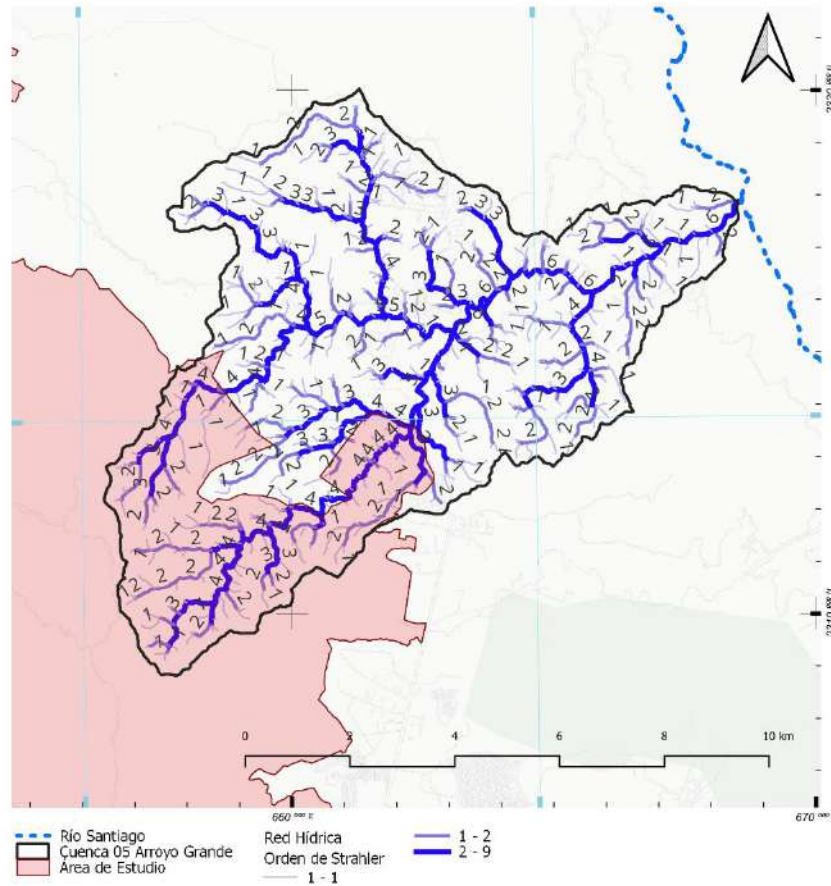


Figura 56 Red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo Grande. Fuente: elaboración propia.

**Tabla 31** Valores de Leyes de Horton de la microcuenca del Arroyo Grande.

Orden (u)	Número (Nu)	Longitud km	Longitud media km	Densidad (Dd)	Frecuencia (F)	Rel. Bifurcación (Rb)	Rel. Long (RL)
1	570	109.11	0.19	1.63	1.85		
						2.11	1.21
2	270	62.44	0.23	0.93	0.61		
						2.16	1.10
3	125	31.85	0.25	0.48	0.16		
						1.30	0.81
4	96	19.89	0.21	0.30	0.06		
						3.10	0.95
5	31	6.07	0.20	0.09	0.01		
						0.94	1.26
6	33	8.13	0.25	0.12	0.01		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 32** Características de la red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo Grande

No. de Cauces	Longitud km	Longitud media	Área km <sup>2</sup>	Densidad Dd	Frecuencia F
1,125	237.50	0.21	66.80	3.56	8.77

Fuente: elaboración propia.

### *Cauce principal*

La longitud del cauce principal de la cuenca es mayor a 20 km, presenta un desnivel de alrededor de 1,100 m, y pendiente promedio del 6.1%. El tiempo de concentración poco mayor a 2 horas (Tabla 33).

**Tabla 33** Características del cauce principal de la microcuenca del Arroyo Grande

Elevaciones		Longitud del escurrimiento (m)	Pendiente Promedio	Tiempo de Concentración		
Máxima (m)	Mínima (m)			Promedio (Horas)	Adoptado (Minutos)	Adoptado (min)
1,970.00	860.00	20,534.00	0.0610	2.088	125.30	126

Fuente: elaboración propia.

### Microcuenca del Arroyo La Soledad

Esta microcuenca se localiza también en la región hidrológica RH12-E, hacia el oriente del AMPH SITECOL; se trata de una cuenca de tipo exorreico, cuya descarga es hacia el Río Grande de Santiago (Fig. 57).

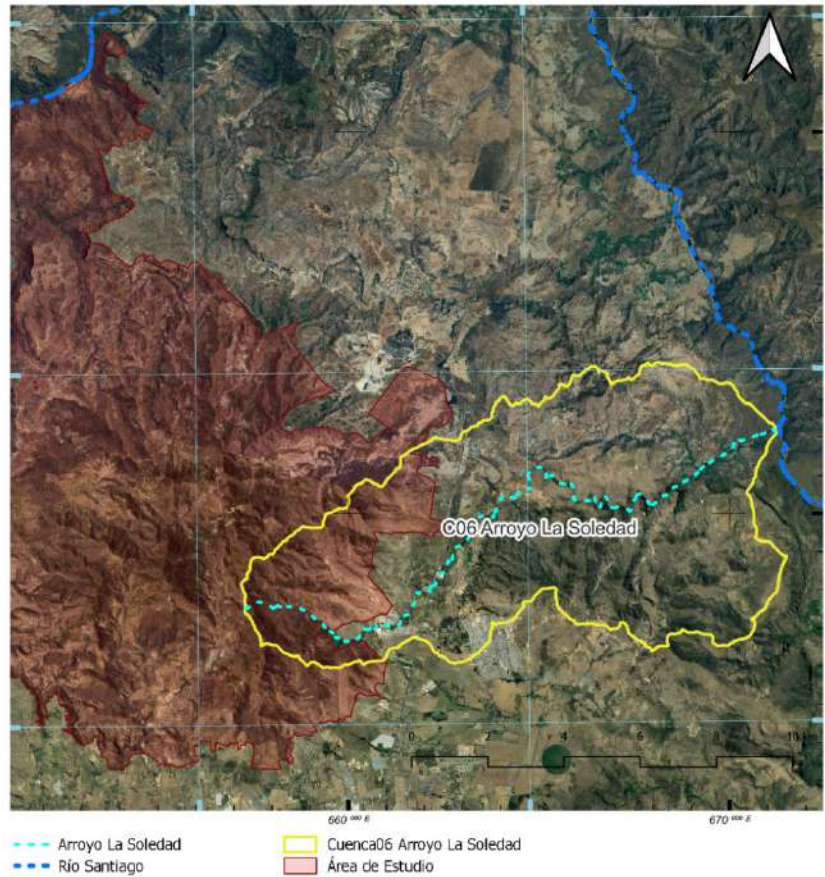


Figura 57 Microcuenca del Arroyo La Soledad. Fuente: elaboración propia.

*Parámetros de forma*

La microcuenca del Arroyo La Soledad se clasifica como mediana de acuerdo con su superficie, la cual es del orden de los 73 km<sup>2</sup>, pudiendo por esto ser susceptible a que una tormenta la cubra en su totalidad. Tiene una forma semicircular, ligeramente alargada y una respuesta y tiempos de concentración prolongados (Tabla 34).

Tabla 34 Parámetros de forma de la microcuenca del Arroyo La Soledad

No.	Microcuenca	Área km <sup>2</sup>	Perímetro km	Cc	Re	Ca
6	Arroyo La Soledad	73.56	47.53	1.56	0.66	2.51

Fuente: elaboración propia.

*Pendiente de la cuenca*

El relieve de la cuenca es variable (Tabla 35). La cabecera de la cuenca y la zona baja tienen fuertes pendientes, mientras que, en la sección central, donde se localiza la carretera a Colotlán y algunas urbanizaciones, el relieve es prácticamente plano, como se puede observar en la figura 58.

Tabla 35 Pendiente de la microcuenca del Arroyo La Soledad

No.	Microcuenca	Pendiente media	
		(Grados °)	(Porcentaje %)
6	Arroyo La Soledad	14.95	28.05

Fuente: elaboración propia.

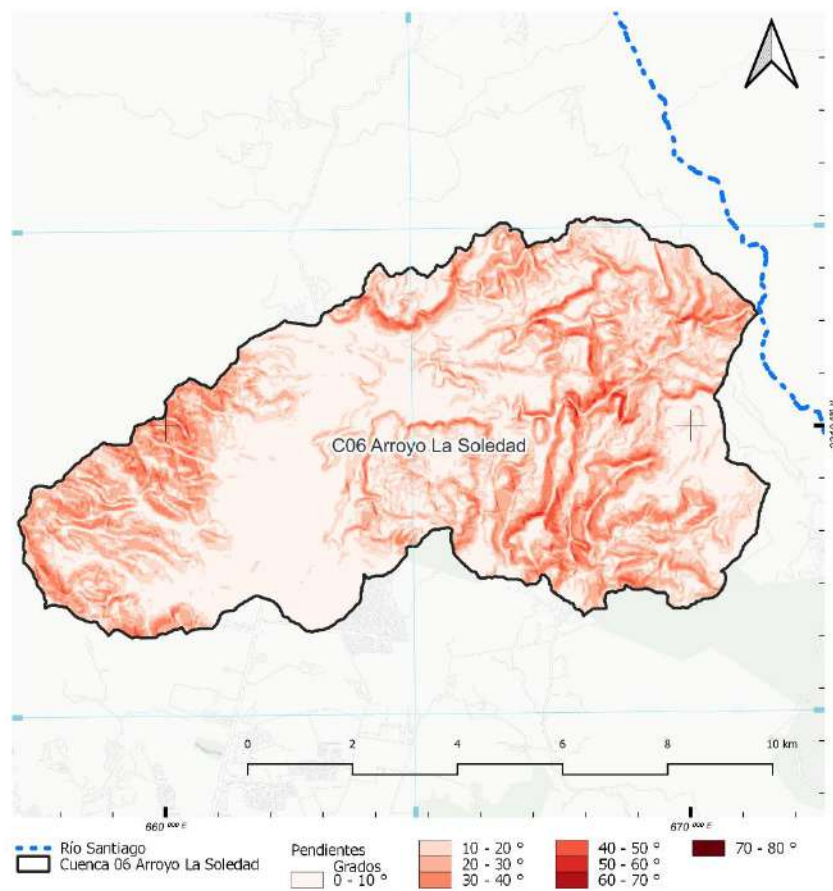


Figura 58 Pendientes de la microcuenca del Arroyo La Soledad. Fuente: elaboración propia.



*Red de drenaje*

El orden de corrientes de la red de drenaje de esta cuenca es de 5 (Fig. 59). En las tablas 36 y 37 correspondientes se muestran sus valores característicos.

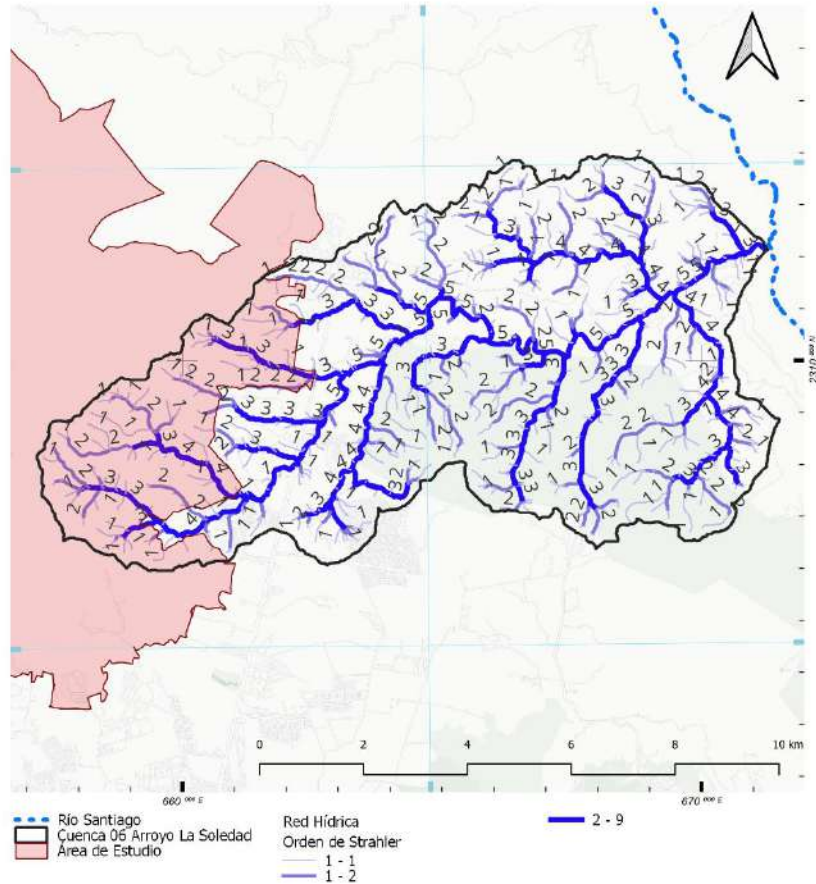


Figura 59 Red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo La Soledad. Fuente: elaboración propia.

**Tabla 36** Valores de Leyes de Horton de la microcuenca del Arroyo La Soledad.

Orden (u)	Número (Nu)	Longitud km	Longitud media km	Densidad (Dd)	Frecuencia (F)	Rel. Bifurcación (Rb)	Rel. Long (RL)
1	608	123.89	0.20	1.68	1.97	2.19	1.13
2	277	63.93	0.23	0.87	0.52	1.60	0.96
3	173	38.46	0.22	0.52	0.19	2.37	0.98
4	73	15.89	0.22	0.22	0.03	0.96	1.01
5	76	16.75	0.22	0.23	0.04		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 37** Características de la red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo La Soledad

No. de Cauces	Longitud km	Longitud media	Área km <sup>2</sup>	Densidad Dd	Frecuencia F
1,207	258.93	0.21	73.56	3.52	8.60

Fuente: elaboración propia.

#### *Cauce principal*

La longitud del cauce principal de la cuenca es mayor a 21.5 km, teniendo un desnivel de alrededor de 1,000 m, y pendiente promedio del 5.3%. El tiempo de concentración es de alrededor de 2.25 horas (Tabla 38).

**Tabla 38** Características del cauce principal de la microcuenca del Arroyo La Soledad

Elevaciones		Longitud del escurrimiento (m)	Pendiente Promedio	Tiempo de Concentración		
Máxima (m)	Mínima (m)			Promedio (Horas)	(Minutos)	Adoptado (min)
1,890.00	880.00	21,502.00	0.0529	2.284	137.01	137

Fuente: elaboración propia.

### Microcuenca del Arroyo Agua Zarca

La microcuenca del Arroyo Agua Zarca se encuentra, como las demás, en la región hidrológica RH12-E, hacia el sureste del AMPH SITECOL; es una cuenca de tipo exorreico, descargando hacia el Río Grande de Santiago (Fig. 60).

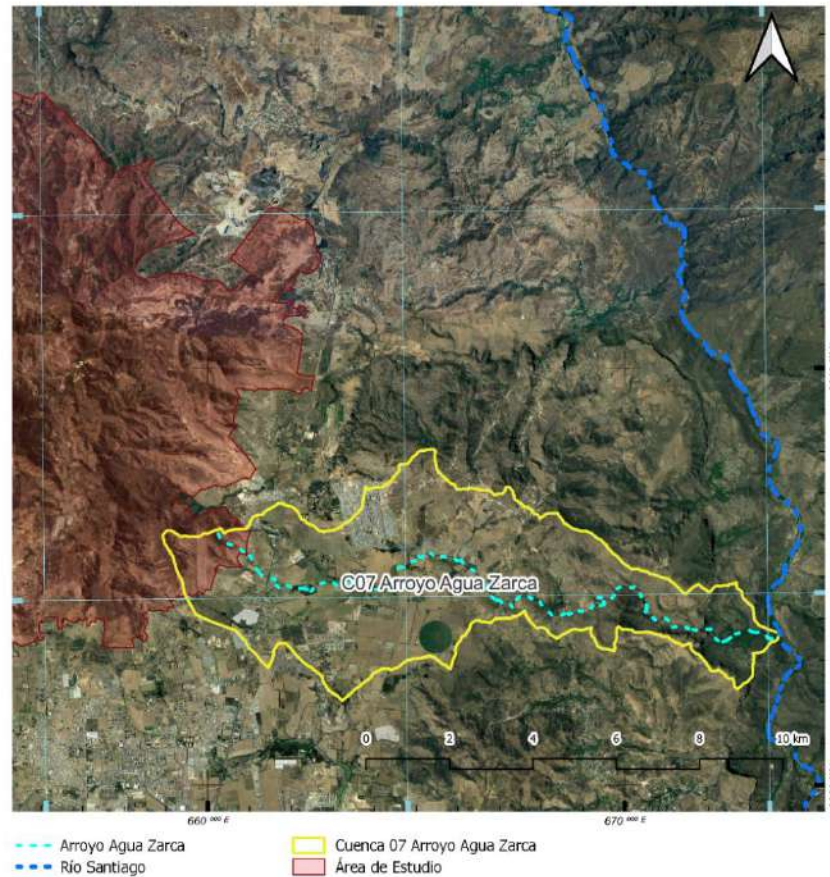


Figura 60 . Microcuenca del Arroyo Agua Zarca. Fuente: elaboración propia.

### Parámetros de forma

Esta microcuenca se clasifica como pequeña debido a su superficie inferior a 50 km<sup>2</sup>, lo que la hace susceptible a que las tormentas que se presentan la puedan cubrir totalmente (Tabla 39). Tiene una forma alargada, lo que propiciaría tiempos de respuesta diferidos, sin embargo, debido a sus dimensiones puede presentar crecidas e inundaciones repentinas.

Tabla 39 Parámetros de forma de la microcuenca del Arroyo Agua Zarca

No.	Microcuenca	Área km <sup>2</sup>	Perímetro km	Cc	Re	Ca
7	Arroyo Agua Zarca	40.65	43.76	1.94	0.48	2.92

Fuente: elaboración propia.

*Pendiente de la cuenca*

Esta cuenca se caracteriza por tener un relieve mayoritariamente plano en una gran parte de su superficie (Tabla 40), en la que además se localizan algunas urbanizaciones. Su cabecera y la zona cercana a la descarga tienen fuertes pendientes, como se puede observar en la figura 61.

Tabla 40 Pendiente de la microcuenca del Arroyo Agua Zarca

No.	Microcuenca	Pendiente media	
		(Grados °)	(Porcentaje %)
7	Arroyo Agua Zarca	7.45	13.91

Fuente: elaboración propia.

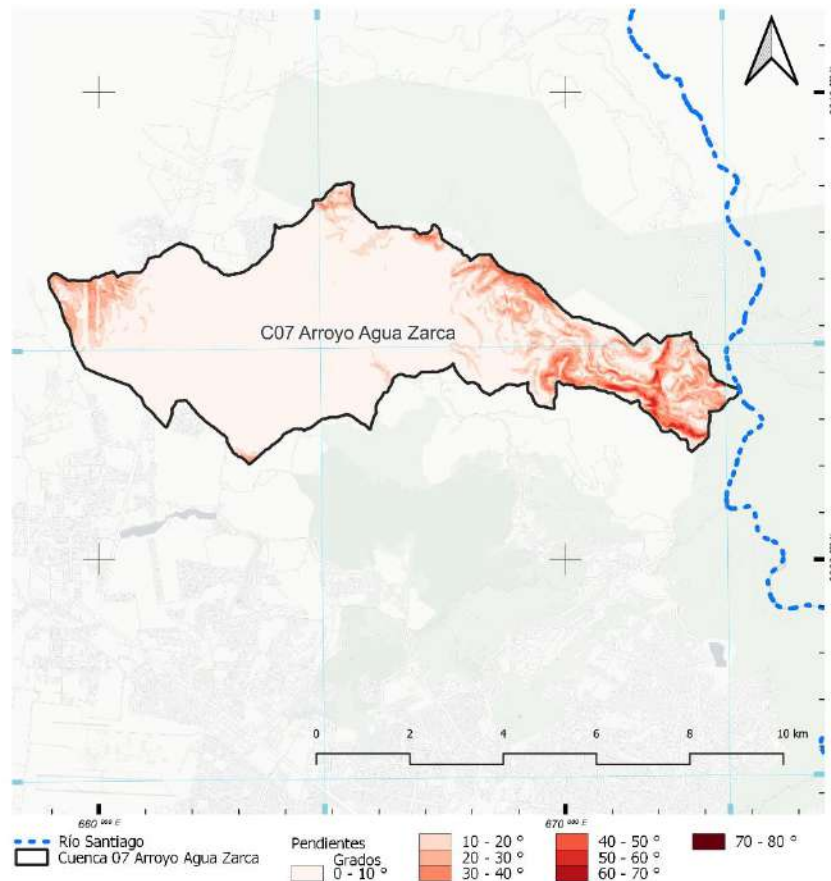
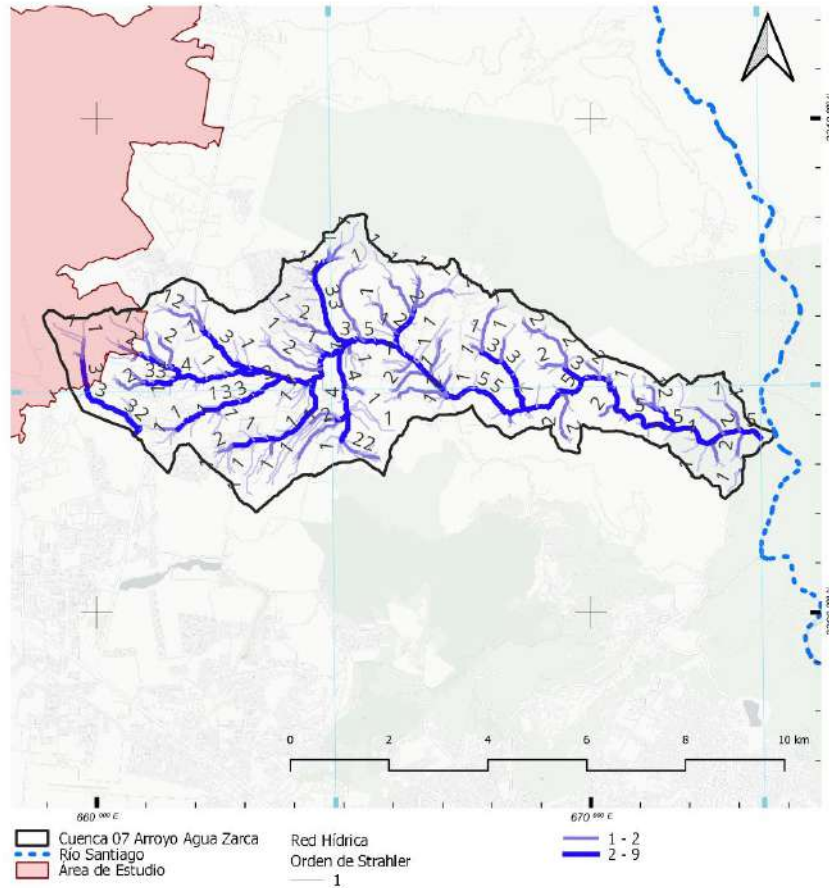


Figura 61 Pendientes de la microcuenca del Arroyo Agua Zarca. Fuente: elaboración propia.

*Red de drenaje*

La red de cauces de esta cuenca tiene un orden de corrientes de 5 y sus valores de la relación de bifurcación, densidad y frecuencia se pueden consultar en la figura 62 y las tablas 41 y 42.



**Figura 62** Red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo Agua Zarca. Fuente: elaboración propia.

**Tabla 41** Valores de Leyes de Horton de la microcuenca del Arroyo Agua Zarca.

Orden (u)	Número (Nu)	Longitud (km)	Longitud media (km)	Densidad (Dd)	Frecuencia (F)	Rel. Bifurcación (Rb)	Rel. Long (RL)
1	359	91.71	0.26	2.26	3.53		
2	156	36.38	0.23	0.90	0.56	2.30	0.91
3	89	18.44	0.21	0.45	0.14	1.75	0.89
4	39	5.88	0.15	0.14	0.01	2.28	0.73
5	64	11.16	0.17	0.27	0.05	0.61	1.16

**Tabla 42** Características de la red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo Agua Zarca

No. de Cauces	Longitud km	Longitud media	Área km <sup>2</sup>	Densidad Dd	Frecuencia F
707	163.56	0.23	40.65	4.02	11.24

Fuente: elaboración propia.

*Cauce principal*

La longitud del cauce principal de esta cuenca es mayor a 18.5 km, con un desnivel de alrededor de 800 m, y pendiente promedio del 5.4%. El tiempo de concentración es de poco más de 2.0 horas (Tabla 43).

**Tabla 43** Características del cauce principal de la microcuenca del Arroyo Agua Zarca

Elevaciones		Longitud del escurrimiento	Pendiente Promedio	Tiempo de Concentración		
Máxima (m)	Mínima (m)			Promedio (Horas)	(Minutos)	Adoptado (min)
1,775.00	955.00	18,587.00	0.0542	2.091	125.46	126

Fuente: elaboración propia.

### Microcuenca del Arroyo tributario del Río Blanco

La microcuenca del Arroyo que es tributario del Río Blanco se localiza en la región hidrológica RH12-E, al sur del AMPH SITECOL; es una cuenca de tipo exorreico, descargando hacia el Río Blanco que posteriormente descarga en el Río Grande de Santiago (Fig. 63).



Figura 63 Microcuenca del Arroyo tributario del Río Blanco. Fuente: elaboración propia.

### Parámetros de forma

La microcuenca del Río Blanco se considera pequeña ya que su superficie es inferior a 50 km<sup>2</sup>. Las probabilidades de que las tormentas que se presentan la puedan cubrir totalmente son altas. Esta sección de esa cuenca tiene una forma semicircular, lo que puede ocasionar crecidas e inundaciones repentinas con tiempos de respuesta muy rápidos (Tabla 44).

**Tabla 44** Parámetros de forma de la microcuenca del Arroyo tributario al Río Blanco

No.	Microcuenca	Área km <sup>2</sup>	Perímetro km	Cc	Re	Ca
8	Río Blanco	26.90	23.55	1.28	0.88	2.35

*Pendiente de la cuenca*

Esta cuenca tiene un relieve mayoritariamente plano en gran parte de su superficie (Tabla 45), en sus zonas central y baja, donde se asientan los poblados de Santa Lucía, Tesistán y La Magdalena. Su cabecera tiene fuertes pendientes, como se puede observar en la figura 64.

**Tabla 45** Pendiente de la microcuenca del Arroyo tributario al Río Blanco

No.	Microcuenca	Pendiente media	
		(Grados °)	(Porcentaje %)
8	Río Blanco	5.90	10.85

Fuente: elaboración propia.

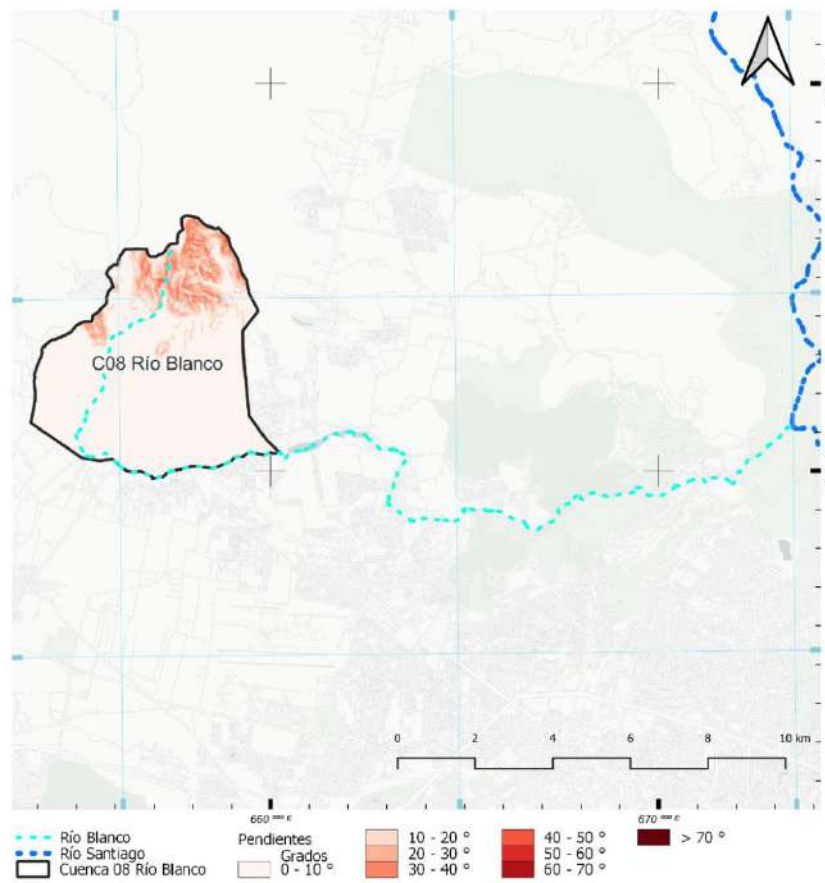


Figura 64 Pendientes de la microcuenca del Arroyo tributario al Río Blanco. Fuente: elaboración propia.



### Red de drenaje

Esta cuenca cuenta con una red de cauces con un orden de corrientes de 6. Sus valores característicos de relación de bifurcación, densidad y frecuencia se encuentran en la figura 65 y las tablas 46 y 47, correspondientes.

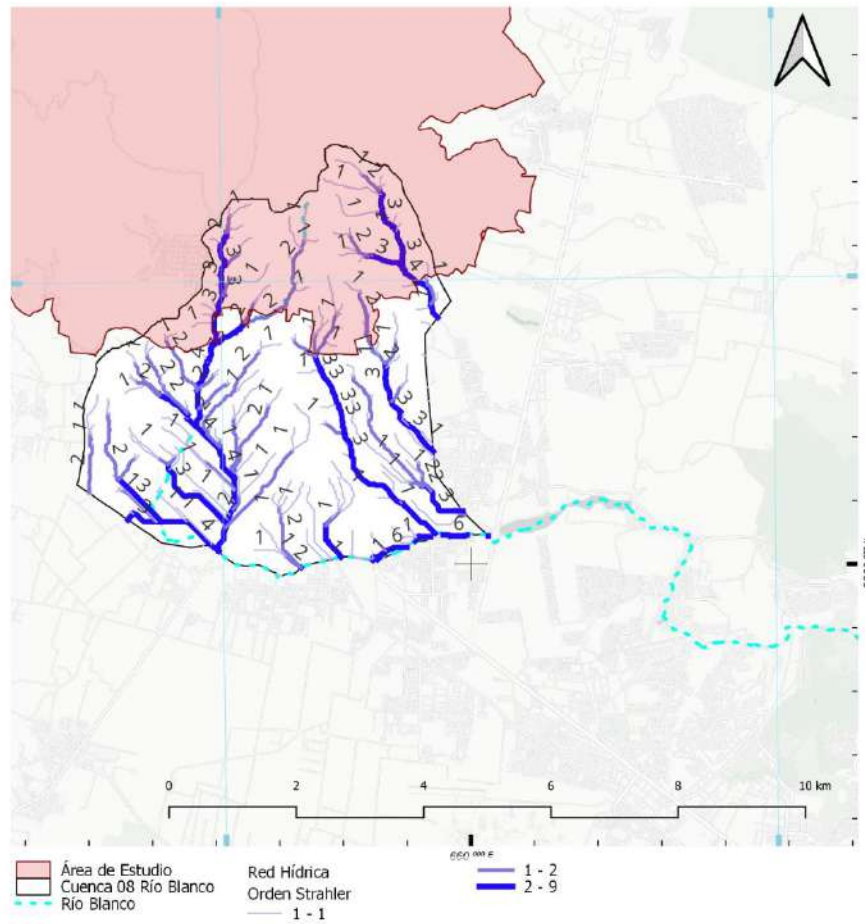


Figura 65 Red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo tributario al Río Blanco. Fuente: elaboración propia.

**Tabla 46** Valores de Leyes de Horton de la microcuenca del Arroyo tributario al Río Blanco.

Orden (u)	Número (Nu)	Longitud km	Longitud media km	Densidad (Dd)	Frecuencia (F)	Rel. Bifurcación (Rb)	Rel. Long (RL)
1	212	67.62	0.32	2.51	4.39		
						2.21	0.98
2	96	30.10	0.31	1.12	0.87		
						1.50	0.88
3	64	17.75	0.28	0.66	0.30		
						2.00	0.84
4	32	7.49	0.23	0.28	0.05		
						32.00	2.97
5	1	0.69	0.69	0.03	0.00		
						0.09	0.29
6	11	2.24	0.20	0.08	0.00		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 47** Características de la red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo tributario al Río Blanco

No. de Cauces	Longitud km	Longitud media	Área km <sup>2</sup>	Densidad Dd	Frecuencia F
416	125.89	0.30	26.90	4.68	15.20

Fuente: elaboración propia.

#### *Cauce principal*

La longitud del cauce principal de esta cuenca es mayor a 12 km, con un desnivel inferior a los 400 m, y una pendiente promedio del 3.4%. El tiempo de concentración es de 1 hora y 45 minutos (Tabla 48).

**Tabla 48** Características del cauce principal de la microcuenca del Arroyo tributario al Río Blanco

Elevaciones		Longitud del escurrimiento (m)	Pendiente Promedio	Tiempo de Concentración		
Máxima (m)	Mínima (m)			Promedio (Horas)	(Minutos)	Adoptado (min)
1,965.00	1,590.00	12,183.00	0.0335	1.734	104.05	104

Fuente: elaboración propia.

Microcuenca de Los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo

La microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo, se localiza en la región hidrológica RH12-E, al norte del AMPH SITECOL; es también una cuenca de tipo exorreico, descargando hacia el Río Grande de Santiago (Fig. 66).

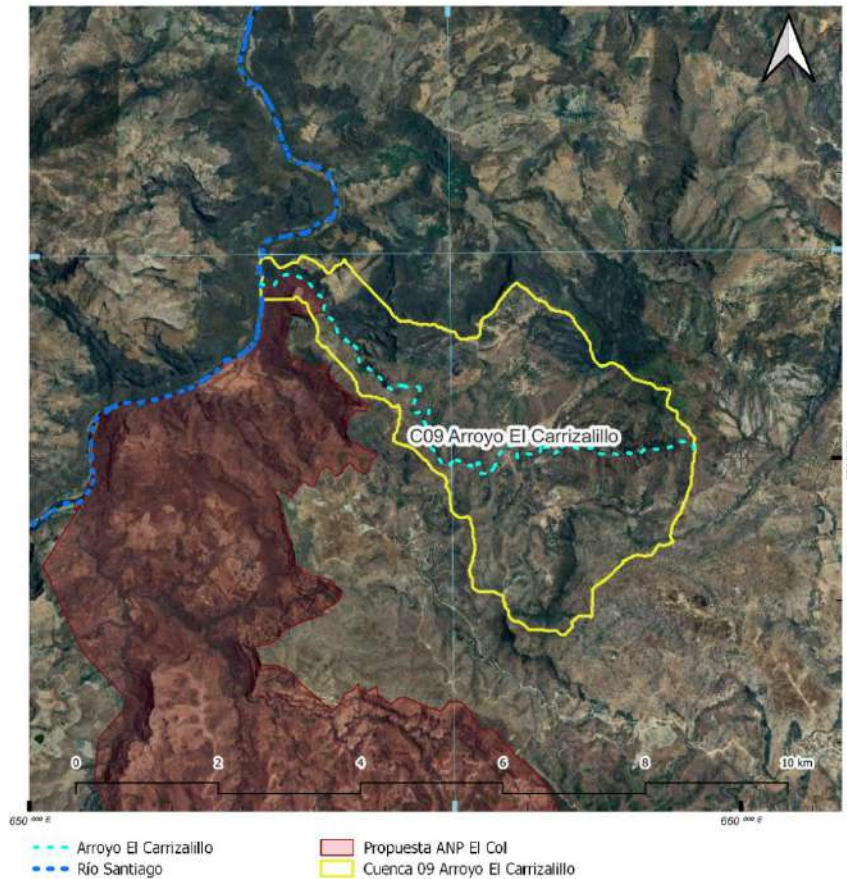


Figura 66 Microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo. Fuente: elaboración propia.

*Parámetros de forma*

La microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo es pequeña, con una superficie muy por debajo de los 50 km<sup>2</sup>, siendo muy susceptible a que las tormentas que se presentan en la zona la cubran totalmente (Tabla 49). La cuenca tiende a ser circular ligeramente alargada, lo que puede propiciar crecidas e inundaciones repentinas con tiempos de respuesta diferidos.

Tabla 49 Parámetros de forma de la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo

No.	Microcuenca	Área km <sup>2</sup>	Perímetro km	Cc	Re	Ca
9	Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo	14.72	21.69	1.59	0.67	2.41

Fuente: elaboración propia.

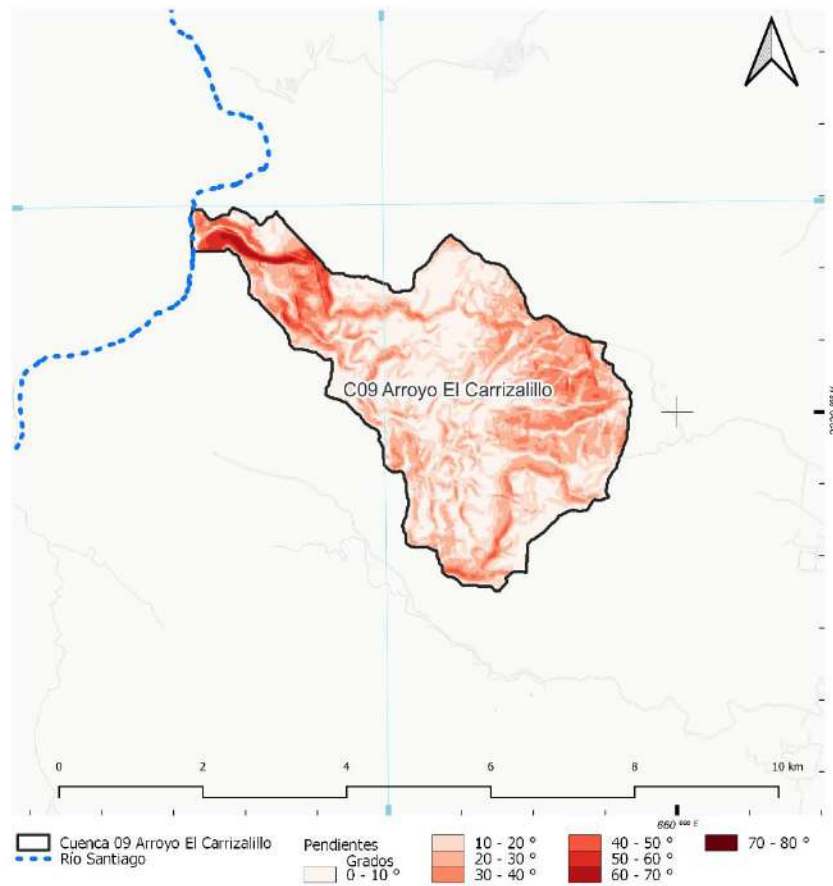
*Pendiente de la cuenca*

Esta cuenca, como su vecina de los Arroyos Hondo y Los Tubos, tiene un relieve accidentado en gran parte de su superficie con fuertes pendientes (Tabla 50), como se puede observar en la figura 67.

**Tabla 50** Pendiente de la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo

No.	Microcuenca	Pendiente media	
		(Grados °)	(Porcentaje %)
9	Arroyo Las Mojoneras y El Carrizalillo	17.90	34.74

Fuente: elaboración propia.



**Figura 67** . Pendientes de la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo.  
Fuente: elaboración propia.

*Red de drenaje*

La cuenca cuenta con una red de cauces cuyo orden de corrientes de 5 (Fig. 68). Los valores característicos tales como la relación de bifurcación, la densidad y frecuencia se encuentran en las tablas 51 y 52 correspondientes.

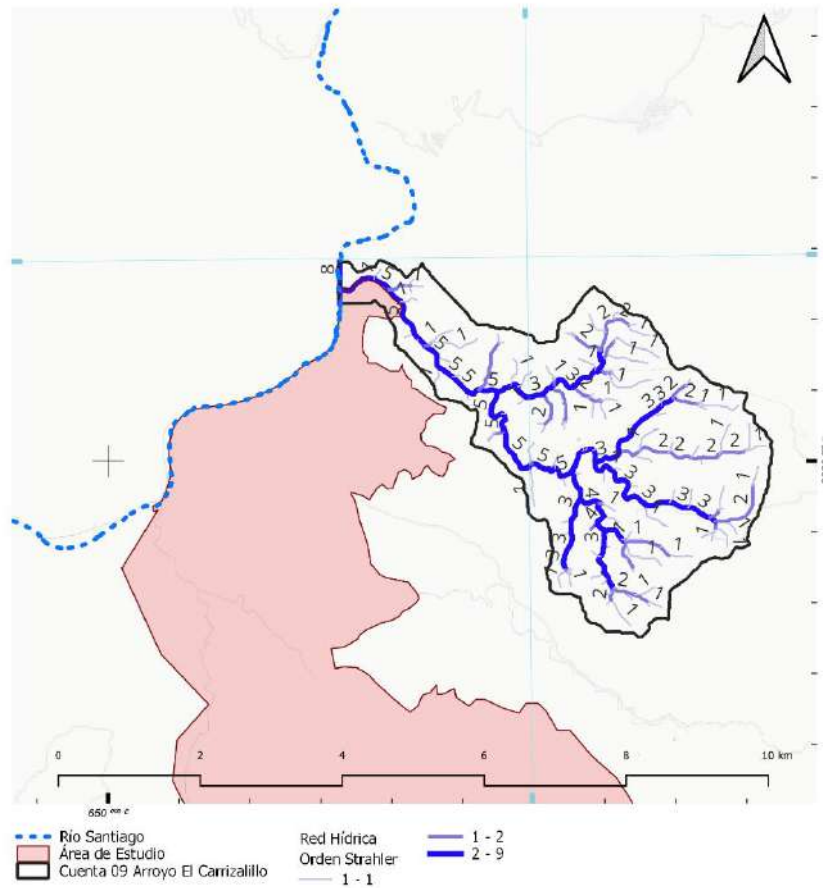


Figura 68 Red hidrográfica de la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo.  
Fuente: elaboración propia.

**Tabla 51** Valores de Leyes de Horton de la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo.

Orden (u)	Número (Nu)	Longitud km	Longitud media km	Densidad (Dd)	Frecuencia (F)	Rel. Bifurcación (Rb)	Rel. Long (RL)
1	130	25.97	0.20	1.77	2.16	2.24	0.97
2	58	11.21	0.19	0.76	0.40	1.61	1.26
3	36	8.79	0.24	0.60	0.25	3.60	0.82
4	10	2.00	0.20	0.14	0.01	0.45	1.31
5	22	5.76	0.26	0.39	0.11		

**Tabla 52** Características de la red hidrográfica de la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo

No. de Cauces	Longitud km	Longitud media	Área km <sup>2</sup>	Densidad Dd	Frecuencia F
256	53.74	0.21	14.72	3.65	9.26

Fuente: elaboración propia.

### *Cauce principal*

El cauce principal de esta cuenca tiene una longitud superior a los 9 km, con un desnivel de alrededor de 1,100 m, y una pendiente promedio del 13.4%. El tiempo de concentración es de 50 minutos (Tabla 53).

**Tabla 53** Características del cauce principal de la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneras y El Carrizalillo

Elevaciones		Longitud del escurrimiento (m)	Pendiente Promedio	Tiempo de Concentración		
Máxima (m)	Mínima (m)			Promedio (Horas)	(Minutos)	Adoptado (min)
1,860.00	740.00	9,248.00	0.1335	0.829	49.75	50

Fuente: elaboración propia.

Microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago (Los Verdines)

La microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago, también conocida como Los Verdines, se encuentra en la región hidrológica RH12-E, al noroeste del AMPH SITECOL; se trata de una cuenca de tipo exorreico que descarga sus aguas hacia el Río Grande de Santiago (Fig. 69).

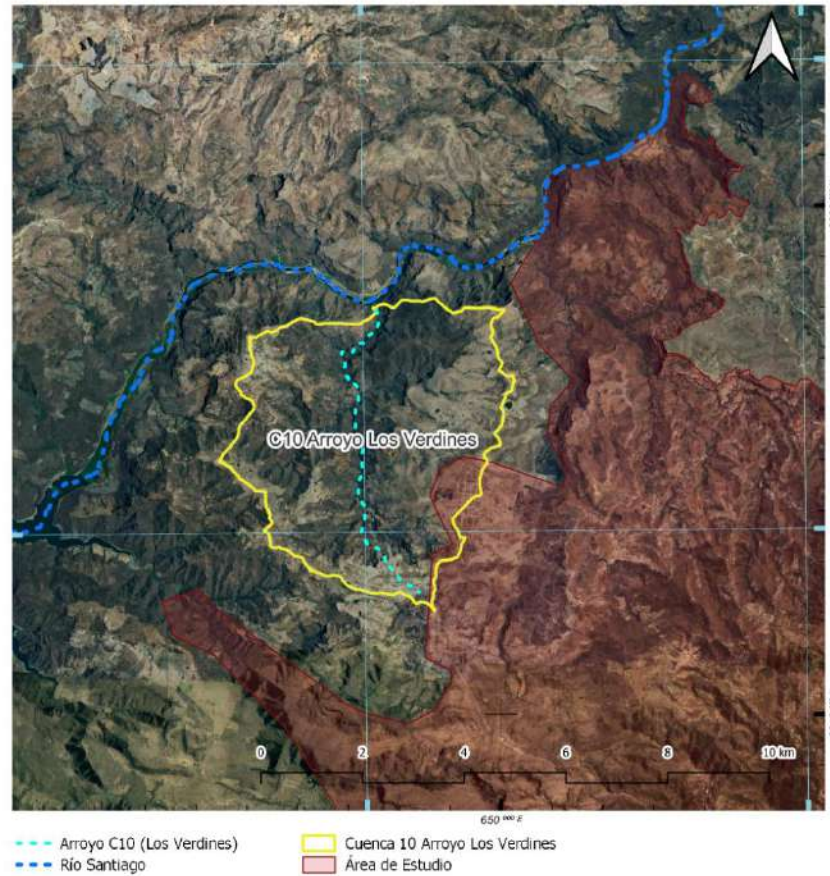


Figura 69 Microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago.  
Fuente: elaboración propia.

#### *Parámetros de forma*

La microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago es pequeña, con una superficie un poco inferior a los 24 km<sup>2</sup> (Tabla 54), por lo que es susceptible a que las tormentas que se presentan en la zona la cubran en su totalidad. La cuenca tiende a ser semicircular con muy poco alargamiento, lo que puede propiciar crecidas e inundaciones repentinas con tiempos de respuesta muy cortos.

**Tabla 54** Parámetros de forma de la microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago

No.	Microcuenca	Área km <sup>2</sup>	Perímetro km	Cc	Re	Ca
10	Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago	23.69	23.78	1.38	0.90	1.50

Fuente: elaboración propia.

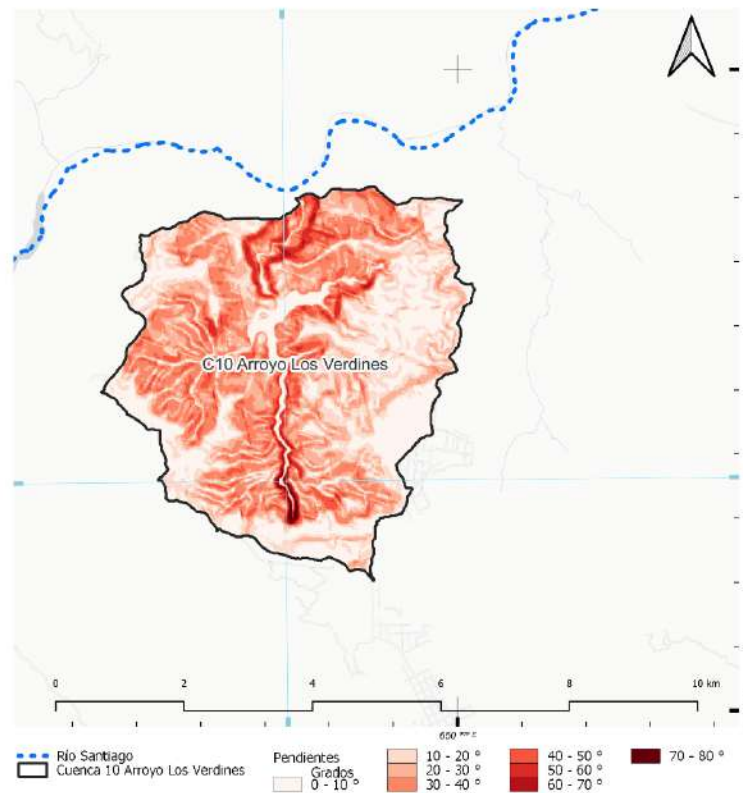
*Pendiente de la cuenca*

Esta cuenca presenta un relieve accidentado en casi toda su superficie, con pendientes fuertes, como se puede observar en la tabla 55 y la figura 70.

**Tabla 55** Pendiente de la microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago

No.	Microcuenca	Pendiente media	
		(Grados °)	(Porcentaje %)
10	Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago	22.27	45.20

Fuente: elaboración propia.



**Figura 70** Pendientes de la microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago. Fuente: elaboración propia.



### *Red de drenaje*

Esta pequeña cuenca presenta una red de cauces cuyo orden de corrientes es de 5. Sus valores característicos relación de bifurcación, la densidad y frecuencia se muestran en las tablas 56 y 57 correspondientes y la figura 71.

**Tabla 56** Valores de Leyes de Horton de la microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago. Fuente: elaboración propia.

Orden (u)	Número (Nu)	Longitud km	Longitud media km	Densidad (Dd)	Frecuencia (F)	Rel. Bifurcación (Rb)	Rel. Long (RL)
1	173	36.44	0.21	1.54	1.64		
						1.73	1.28
2	100	26.93	0.27	1.14	0.90		
						3.57	1.02
3	28	7.67	0.27	0.32	0.07		
						1.47	1.21
4	19	6.28	0.33	0.27	0.05		
						0.76	0.66
5	25	5.42	0.22	0.23	0.04		

**Tabla 57** Características de la red hidrográfica del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago

No. de Cauces	Longitud km	Longitud media	Área km <sup>2</sup>	Densidad Dd	Frecuencia F
345	82.75	0.24	23.69	3.49	8.47

Fuente: elaboración propia.

### *Cauce principal*

La longitud del cauce principal de esta cuenca es superior a los 7 km, con un desnivel superior a los 700 m, y una pendiente promedio del 8.9%. El tiempo de concentración es muy corto, de apenas 45 minutos (Tabla 58).

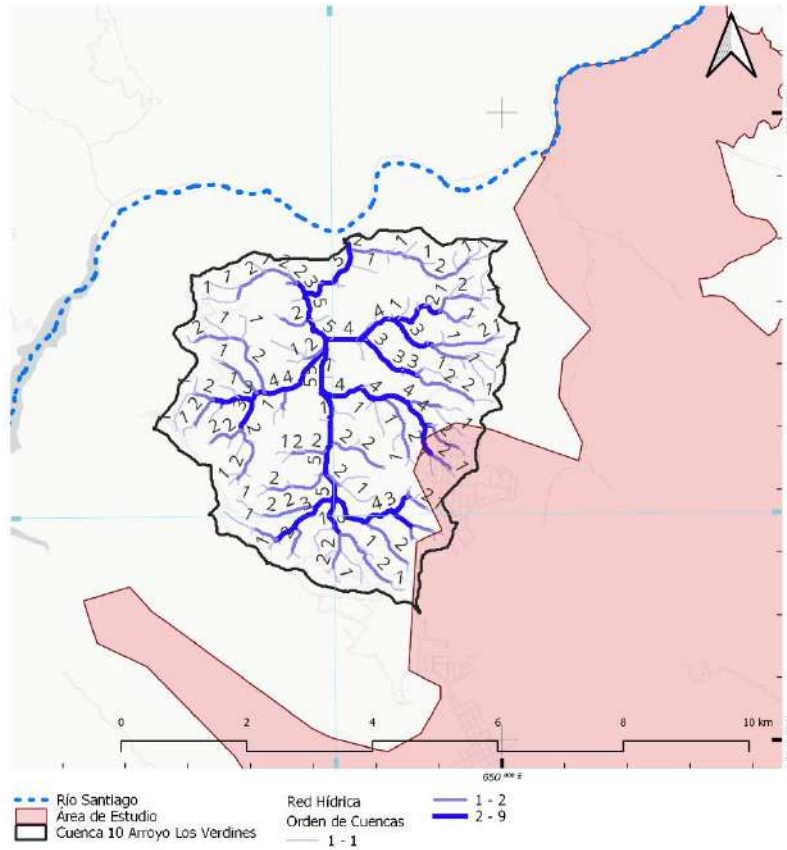


Figura 71 Red hidrográfica de la microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago. Fuente: elaboración propia.

Tabla 58 Características del cauce principal de la microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago

Elevaciones		Longitud del escurrimiento	Pendiente	Tiempo de Concentración		
Máxima	Mínima			Promedio	Adoptado	
(m)	(m)	(m)	Promedio	(Horas)	(Minutos)	(min)
1,440.00	700.00	7,281.00	0.0888	0.738	44.26	45

Fuente: elaboración propia.

Influencia y beneficios de la protección de los recursos y usos del suelo en la SITECOL

Como es notorio, el AMPH SITECOL da origen a múltiples cuencas, siendo cabecera de todas ellas y contiene una enorme red de cientos de kilómetros de cauces y cuerpos de agua. Este polígono de protección y su área de influencia se localizan en la zona norte y poniente del acuífero de Atemajac, uno de los dos sobre los que se asienta la mancha urbana del Área Metropolitana de Guadalajara, y del que depende un importante porcentaje del abastecimiento de agua para uso público urbano y

servicios de los habitantes de la misma, por lo que es esencial el mantener la recarga que tiene lugar en el área de interés.

En las zonas bajas de las cuencas de estos cientos de arroyos, sobre todo las que se localizan hacia el oriente y sur del AMPH SITECOL, se encuentran algunos desarrollos habitacionales, aprovechamientos agrícolas e incluso algunos turísticos que podrían verse afectados por las crecidas de los arroyos que descienden desde lo alto de la Sierra de Tesistán, más aún si se permite la alteración de la cubierta vegetal y el incremento de los coeficientes de escorrentía inherentes a la urbanización. Lo anterior tiene efecto también en la erosión y pérdida de suelo que puede ocurrir en las cabeceras de las cuencas, derivadas de las altas velocidades de los escurrimientos por las pendientes de las zonas altas, lo que ocasiona el azolvamiento de las propias corrientes en partes bajas de las cuencas, reduciendo su sección hidráulica y afectando el funcionamiento de las obras existentes.

Por lo anterior, es imprescindible el proteger el área propuesta para conservar los usos del suelo y la capacidad de retención, regulación y recarga del estado natural de las cuencas e inhibir los procesos negativos previamente descritos, que tienen el potencial de generar efectos adversos para quienes habitan no solo el área de influencia del AMPH SITECOL, sino toda el Área Metropolitana de Guadalajara.

## 7.2.2 Estimación de la precipitación en las microcuencas

Para la estimación de la probabilidad de que se presenten lluvias de determinada magnitud se requiere del empleo de información climatológica, en este caso de datos de altura de precipitación e intensidad de lluvia. Esta información es sometida a algunos procedimientos estadísticos para posteriormente transformarlos a curvas de Precipitación-Duración-Periodo de retorno y de Intensidad-Duración-Periodo de retorno. A partir de esta información se pueden obtener tormentas para distintos periodos de retorno.

### *Procesamiento estadístico de información climatológica para obtención de curvas I-D-TR*

Los procedimientos de tratamiento de la información consisten en la recopilación de datos de altura de precipitación máxima en 24 hrs, los cuales están disponibles en las estaciones climatológicas operadas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Una vez que se cuenta con estos datos hay que deducir los faltantes. Posteriormente es necesario someter esta información a la aplicación de funciones de distribución de probabilidad para poder extrapolar los datos a periodos de retorno muy superiores a los que se podrían manejar con los periodos de obtención de datos de las estaciones. Esto es lo que permite que, con datos pluviométricos de 35, 40 años o más se puedan obtener datos de precipitación para periodos de 50, 100, 250, 500, 1,000 y hasta 10,000 años.

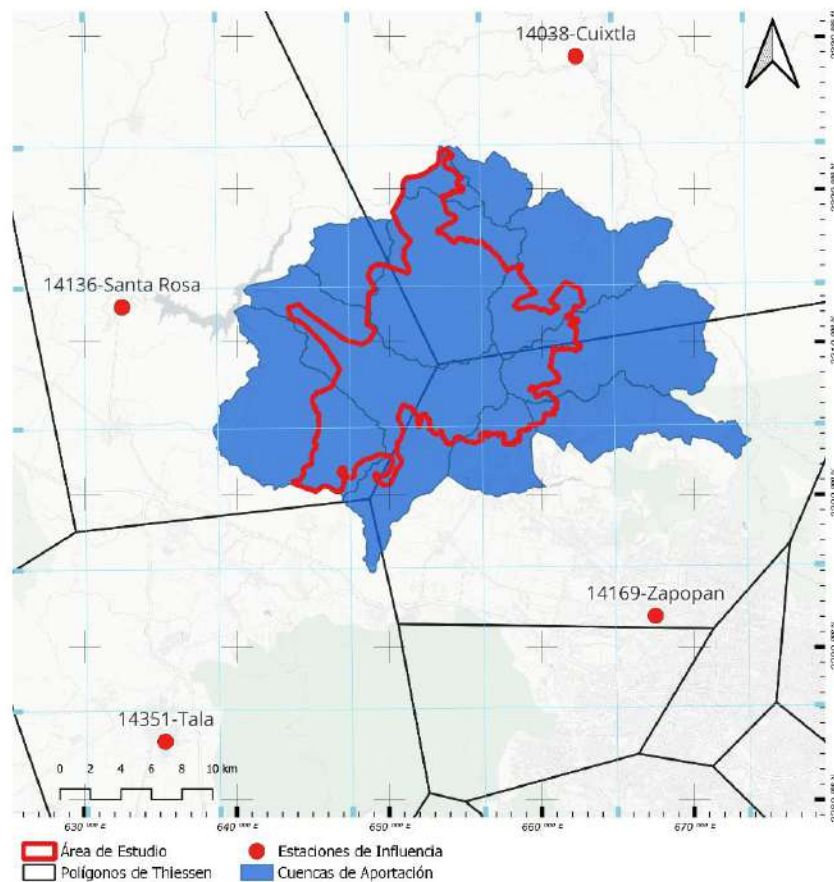
Se identificaron las estaciones climatológicas en la zona de estudio, se determinaron las estaciones de influencia mediante el trazo de los polígonos de Thiessen, encontrando que 4 estaciones en operación tienen influencia sobre las microcuencas bajo análisis (Tabla 59):

**Tabla 59** Estaciones climatológicas con influencia en el polígono del SITECOL.

No.	Estación climatológica	Municipio	Coordenadas geográficas		Periodo de información
			Latitud	Longitud	
14038	Cuixtla	San Cristóbal de la Barranca	21.0519	-103.438	1954 - 2019
14136	Santa Rosa	Amatitán	20.9056	-103.7264	1955 - 2018
14169	Zapopan	Zapopan	20.7203	-103.3919	1941 - 2019
14351	Tala	Tala	20.6483	-103.7011	1967 - 2019

Fuente: elaboración propia con datos del SMN.

En la figura 72 se muestran las estaciones climatológicas y su ubicación respecto al polígono del AMPH SITECOL. Se realizó un análisis de los datos históricos para determinar que las estaciones cuentan con por lo menos 20 años de registro, en caso contrario se descartarían aquellas que no cumplen con dicho requerimiento (Aparicio 1999).



**Figura 72** . Estaciones climatológicas con influencia en las microcuencas dentro del polígono del Área Municipal de Protección Hidrológica.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 60 se muestra el porcentaje de influencia de las estaciones climatológicas respecto del polígono del Área Municipal de Protección Hidrológica.

**Tabla 60** Porcentaje de influencia de las estaciones climatológicas en el AMPH SITECOL.

No.	Estación climatológica	Porcentaje de influencia
14038	Cuixtla	35.25%
14136	Santa Rosa	33.29%
14169	Zapopan	30.62%
14351	Tala	0.84%

Fuente: elaboración

propia.

A partir del procesamiento de la información de los registros históricos de cada estación, se determinó la precipitación máxima probable para diferentes periodos de retorno (5, 10, 20, 25, 50, 100, 250, 500, 1000). La información de las precipitaciones máximas anuales en 24 horas de las estaciones analizadas, se procesaron mediante el análisis de frecuencias. Este método tiene como objetivo obtener gastos pico o precipitación máxima asociados a distintos periodos de retorno y consiste en describir probabilísticamente la ocurrencia de los máximos anuales por medio de una Función de Distribución de Probabilidad (FDP), cuyos parámetros se estiman utilizando la información histórica disponible, la cual se considera como una muestra aleatoria.

Las series requieren ser homogéneas en relación con el periodo considerado, con el objeto de emplear la precipitación que realmente se midió en las estaciones con influencia en las microcuencas, por lo que fue necesario estimar los datos faltantes, empleando el método del U.S. National Weather Service (USNWS). Este método ha sido verificado tanto en la teoría como de manera empírica y considera que un dato faltante en alguna estación puede ser estimado en base a los datos observados en las estaciones circundantes, permite estimar valores de precipitación diarios, mensuales o anuales a partir de los datos observados en una indeterminada cantidad de estaciones circundantes, los cuales se ponderan en función del recíproco del cuadrado de la distancia existente entre la estación circundante y la estación carente del dato requerido. Una vez determinados los datos faltantes, se completa la serie de máximos anuales, se procede a aplicar distintas funciones de distribución de probabilidad.

El proceso de estimación de los parámetros de la Función de Distribución de Probabilidad se conoce como "ajuste de la distribución". Los métodos de ajuste más empleados son máxima verosimilitud y el método de momentos. En cuanto a la selección del mejor ajuste normalmente se usa el error mínimo cuadrático, el error estándar o el análisis gráfico de los datos contra la distribución teórica. Las distribuciones teóricas de frecuencias más comúnmente usadas en México en el ámbito hidrológico son la: Normal, Exponencial, Gumbel, Doble Gumbel, Gamma de 2 y 3 parámetros y LogNormal de 2 y 3 parámetros. Se utilizó el software "AX" desarrollado por el CENAPRED, que se ha podido comprobar mediante otros programas y hojas de cálculo que calcula correctamente los ajustes a estas distribuciones.

Una vez seleccionada la función de distribución del mejor ajuste, ésta se utiliza para determinar la magnitud de los eventos asociados con los niveles de riesgo (diferentes periodos de retorno). Si el

periodo de retorno ( $T_r$ ) es mayor que el periodo de registro, se “extrapola” para obtener así la estimación de las precipitaciones para los periodos de retorno de interés.

#### Construcción de Curvas P-D-Tr E I-D-Tr

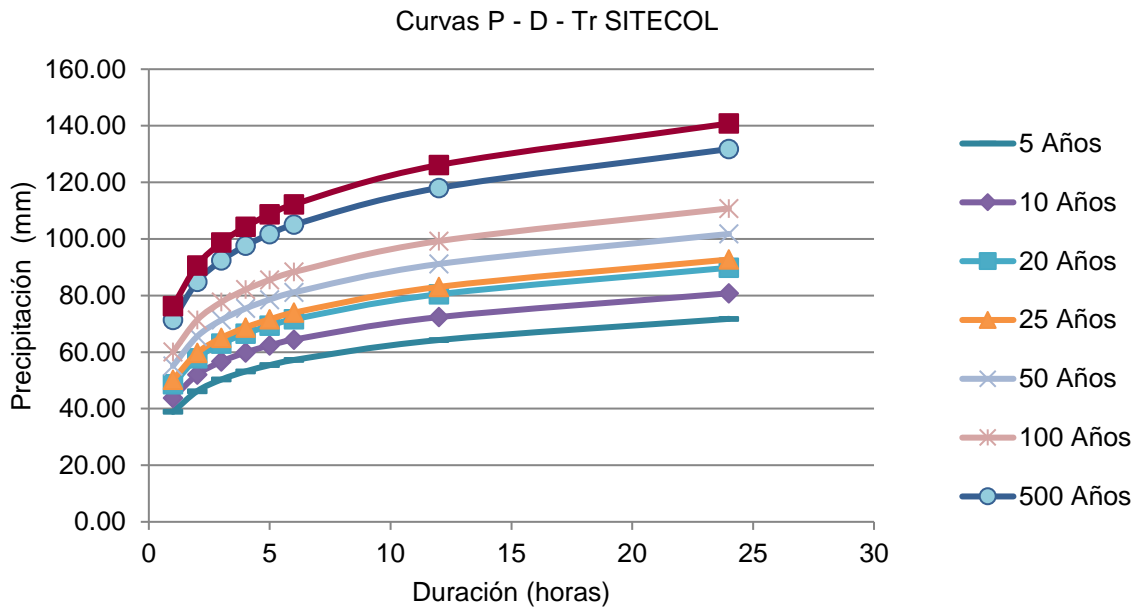
El procedimiento para construir las curvas Precipitación – Duración – Periodo de Retorno (P-D-Tr) e Intensidad – Duración – Periodo de Retorno (I-D-Tr) utiliza la información pluviométrica disponible como Precipitación Máxima Diaria (PMD) o precipitación máxima en 24 horas (P24) y permite completar duraciones desde 5 minutos hasta 24 horas y ampliar los periodos de retorno de 5 a 100 años; empleando la fórmula de Cheng-lung Chen, el procedimiento fue sugerido por Campos Aranda (2007) y consiste en combinar la información de isoyetas de intensidad (SCT 1990), con la disponible de PMD, para estimar los cocientes lluvia – duración (R), necesario para calcular los parámetros a, b y c, así como el cociente lluvia -frecuencia (F), cocientes que definen la forma y separación entre las curvas I-D-Tr, necesarios para aplicar la fórmula de Cheng-lung Chen.

A continuación, en la Tabla 61 se presentan los valores calculados de precipitación - duración - periodo de retorno obtenidos con la ecuación de Cheng-lung Chen para los periodos de retorno requeridos y las duraciones de 1 a 24 horas, así como la gráfica de la familia de curvas para el AMPH SITECOL (Fig. 73).

**Tabla 61** Valores de P-D-Tr ponderadas para el SITECOL.  
CURVAS PRECIPITACION - DURACION - PERIODO DE RETORNO- SITECOL

Duración t		Periodo de Retorno $T_r$								
hrs	min	Años								
		5	10	20	25	50	100	250	500	1000
1	60	38.87	43.76	48.65	50.23	55.12	60.01	66.48	71.37	76.26
2	120	46.20	52.02	57.83	59.70	65.52	71.33	79.02	84.84	90.65
3	180	50.30	56.63	62.96	65.00	71.33	77.66	86.03	92.36	98.70
4	240	53.17	59.86	66.55	68.71	75.40	82.09	90.94	97.63	104.32
5	300	55.39	62.36	69.33	71.58	78.55	85.52	94.74	101.71	108.68
6	360	57.21	64.41	71.61	73.93	81.13	88.33	97.85	105.05	112.25
12	720	64.27	72.36	80.45	83.06	91.15	99.24	109.93	118.03	126.12
24	1440	71.75	80.78	89.82	92.72	101.76	110.79	122.73	131.77	140.80

Fuente: elaboración propia.



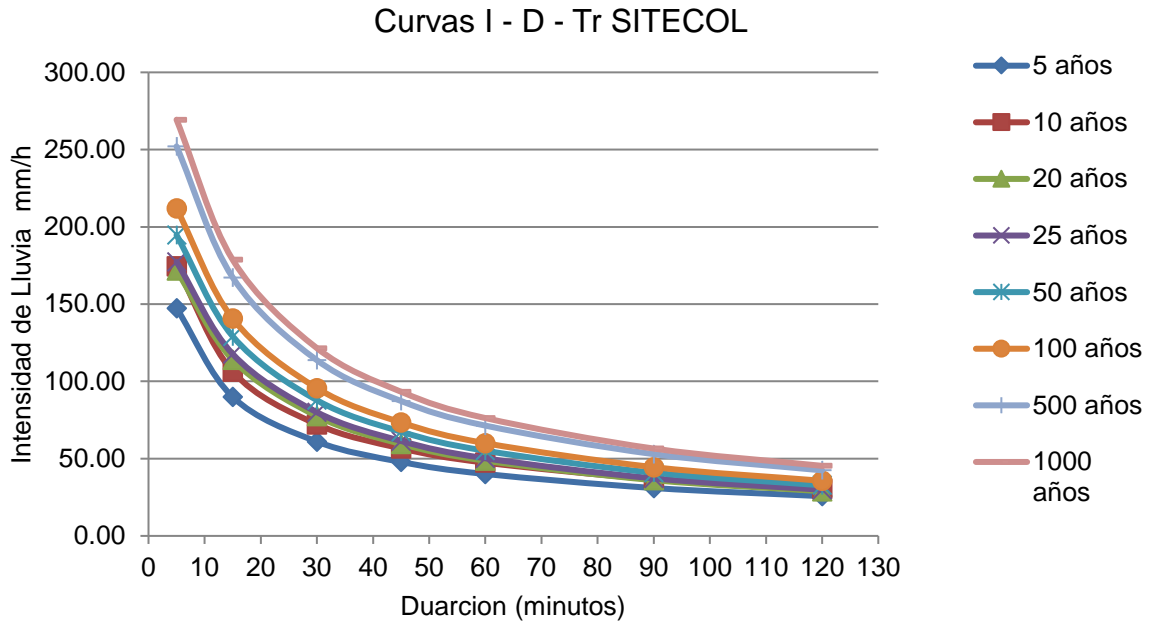
**Figura 73** Curvas P-D-Tr ponderadas para el SITECOL. Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se calculan los valores de Intensidad de lluvia empleando la ecuación de F.C. Bell para duraciones de 5 a 120 minutos y Tr de 2 a 10 años y la ecuación de Cheng-lung Chen para duraciones de 5 a 1440 min y Tr igual mayor a 10 años, dividiendo por la respectiva duración de lluvia (Tabla 62 y Fig. 74).

**Tabla 62** Valores de I-D-Tr ponderadas para el SITECOL.  
CURVAS INTENSIDAD - DURACION - PERIODO DE RETORNO - SITECOL

Periodo de Retorno Años	Duración t' minutos									
	5	15	30	45	60	90	120	150	180	210
5	147.40	89.92	61.02	47.86	40.06	30.98	25.71	22.21	19.68	17.76
10	174.43	106.40	72.21	56.64	47.41	36.66	30.43	26.28	23.29	21.01
20	171.84	114.02	77.52	59.51	48.65	36.07	28.92	24.27	20.99	18.54
25	177.41	117.71	80.03	61.43	50.23	37.23	29.85	25.05	21.67	19.14
50	194.69	129.18	87.83	67.42	55.12	40.86	32.76	27.49	23.78	21.00
100	211.96	140.64	95.62	73.40	60.01	44.49	35.67	29.93	25.89	22.87
250	234.81	155.80	105.93	81.31	66.48	49.28	39.51	33.16	28.68	25.33
500	252.08	167.26	113.72	87.30	71.37	52.91	42.42	35.60	30.79	27.20
1000	269.36	178.73	121.52	93.28	76.26	56.53	45.33	38.04	32.90	29.06

Fuente: elaboración propia.



**Figura 74** Curvas I-D-Tr ponderadas para el SITECOL.  
Fuente: elaboración propia.

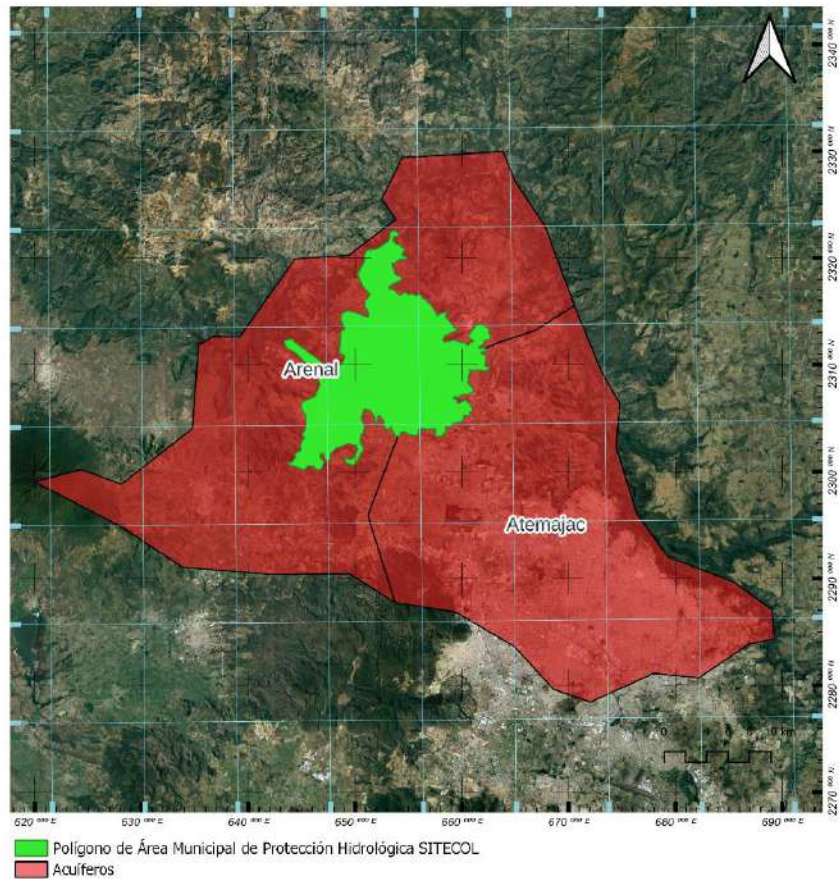
### 7.2.3 Hidrología subterránea

El polígono del AMPH SITECOL se asienta sobre dos acuíferos, de acuerdo con la delimitación elaborada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y disponible para su consulta en el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA): Acuífero 1401 Atemajac y 1436 Arenal. Alrededor del 15% de la superficie del Área Municipal de Protección Hidrológica se localiza dentro del acuífero Atemajac. El resto se encuentra en el acuífero Arenal (Fig. 75).

Basado en la más reciente edición disponible de los informes de disponibilidad media anual de agua en los acuíferos editados por la Gerencia de Aguas Subterráneas de la Subdirección General Técnica de la CONAGUA, ambos se encuentran sin disponibilidad.

En el caso del acuífero Atemajac existen dos decretos de veda que datan de los años 1951 y 1976, por tiempo indefinido para “prevenir perjuicios al abastecimiento de agua potable y usos domésticos de la Cd. de Guadalajara, así como procurar la conservación de los acuíferos en condiciones de explotación racional y, controlar la construcción o ampliación de obras de alumbramiento, extracción y aprovechamiento de aguas del subsuelo” (CONAGUA, 2020). El acuífero Arenal cuenta con tres decretos de veda, de los años 1973, 1976 y 1987.





**Figura 75** Área Municipal de Protección Hidrológica (en verde) y acuíferos Arenal y Atemajac (en rojo).  
Fuente: elaboración propia con datos del SINA – Google Earth.

### Hidrogeología del Acuífero Atemajac

De acuerdo con lo que señala la CONAGUA en el reporte de la Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua en el Acuífero Atemajac (1401) Estado de Jalisco, de diciembre de 2020, debido a las características del suelo (depósitos residuales y tobas), de alta permeabilidad, extensión y espesor, este acuífero se constituye en el “más importante de la región”. Se indica además que la mayor fuente de recarga del acuífero es la propia precipitación, cuyos volúmenes se infiltran e integran al acuífero con rapidez, mientras que la recarga secundaria proviene de las zonas altas de las elevaciones orográficas de la región, entre las que se incluye la Sierra de Tesistán. La circulación de las aguas subterráneas es de poniente a oriente, desde las zonas cerriles del poniente y sur del valle y hacia el Río Grande de Santiago.

La descarga principal del acuífero tiene origen en la elevada extracción que se hace mediante los aprovechamientos de aguas subterráneas que se localizan al poniente y norte del área urbana de la ciudad de Guadalajara y municipios aledaños.

### Tipo de acuífero

En el valle de Atemajac se tienen dos acuíferos. El primero, a base de suelos granulares (arenas pumíticas principalmente), con un espesor de entre 4 y 300 m. Debajo de este se encuentra oro conformado por basaltos y andesitas fracturados y alterados, semiconfinado por una capa de arcillas.

Existe un acuífero somero (aguas freáticas) en las arenas pumíticas superficiales, en profundidades que oscilan entre 2 y 45 m.

#### Aprovechamientos y disponibilidad

De acuerdo con lo reportado por la CONAGUA, se tienen registrados un total de 1,509 aprovechamientos con un volumen de extracción anual de 159.66 millones de metros cúbicos, aunque en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) se tenía registrado hasta 2020, un volumen de extracción de 133.64 millones de metros cúbicos anuales.

La disponibilidad de aguas subterráneas en el acuífero Atemajac, resultado del cálculo de acuerdo a la NOM-011-CONAGUA-2015, “Conservación del recurso agua - Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”, indica que se tenía en 2020 un déficit de poco más de 12 millones de metros cúbicos por año, es decir, no hay disponibilidad en el acuífero Atemajac y el volumen deficitario se extrae “a costa del almacenamiento no renovable del acuífero”.

#### Hidrogeología del Acuífero Arenal

##### Tipo de acuífero

Según lo que reporta la CONAGUA en el reporte de la Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua en el Acuífero Arenal (1436) Estado de Jalisco, se tiene, como en el caso del acuífero Atemajac, un acuífero libre en los depósitos de suelos granulares (gravas, gravillas y arenas gruesas), debajo el cual se tiene un acuífero semiconfinado en las rocas volcánicas, de “potencial hidrológico incierto”, pues depende del grado de fracturación y de la interconectividad de estas.

##### Aprovechamientos y disponibilidad

La CONAGUA reporta que tenía registrados, al año 2007, 90 aprovechamientos de aguas subterráneas, con un volumen de extracción anual de 12.5 millones de metros cúbicos, la gran mayoría de ellos destinados a uso agrícola. Sin embargo, reporta también que en el REPGA se tenía registrado hasta 2020, un volumen de extracción de 29.35 millones de metros cúbicos anuales. La disponibilidad de aguas subterráneas en el acuífero Arenal, indica que se tenía en 2020 un déficit de poco menos de 9 millones de metros cúbicos por año, por lo que, como en el caso del acuífero Atemajac, tampoco hay disponibilidad.

#### 7.2.4 Coeficientes de escurrimiento

Para la determinación del coeficiente de escurrimiento de las microcuencas con influencia en el AMPH SITECOL, se realizó un análisis de los usos del suelo de cada una de ellas empleando la información cartográfica disponible y procesándola mediante el empleo del software QGIS en la versión previamente indicada en este apartado de hidrología. La clasificación de uso del suelo empleada se desarrolló con base en Aparicio (1992) y Campos (2010) y se muestra en la tabla 63. Los usos del suelo de cada una de las microcuencas se pueden observar en las figuras 76 a 85.

**Tabla 63** Uso del suelo y coeficientes de escorrentía.

Clasificación usos del suelo					
Clave	Uso de Suelo	Tipo de vegetación	Desarrollo	Uso del terreno	C
Vlh	Ecológica - Florística - Fisonómica	Vegetación inducida	No disponible / Herbáceo	Pastizal en suelo arcilloso	0.40
QSa	Ecológica - Florística - Fisonómica	Bosque de encino	Secundario	Bosque - menos denso	0.25
QSB	Ecológica - Florística - Fisonómica	Bosque de encino	Secundario	Bosque - menos denso	0.25
QM	Ecológica - Florística - Fisonómica	Bosque de encino	Primario	Bosque - denso	0.15
QB	Ecológica - Florística - Fisonómica	Bosque de encino	Primario	Bosque - denso	0.15
CB	Ecológica - Florística - Fisonómica	Selva caducifolia	Primario	Bosque - denso	0.15
H2O	Complementaria	Cuerpo de agua	No aplicable	Río	0.01
IAPF	Agrícola - Pecuaria - Forestal	Cultivo en surco	Surco recto	Suelo arcilloso cultivado	0.50
AH	Complementaria	Complementaria	Asentamiento humano	Casas familiares	0.50
CSa	Ecológica - Florística - Fisonómica	Selva caducifolia	Secundario	Bosque - menos denso	0.25
BM	Ecológica - Florística - Fisonómica	Bosque de coníferas	Primario	Bosque - denso	0.15
ZU	Complementaria	No aplicable	Zona urbana	Casas / vialidades	0.75

Fuente: elaboración propia basado en Aparicio (1992) y Campos (2010).

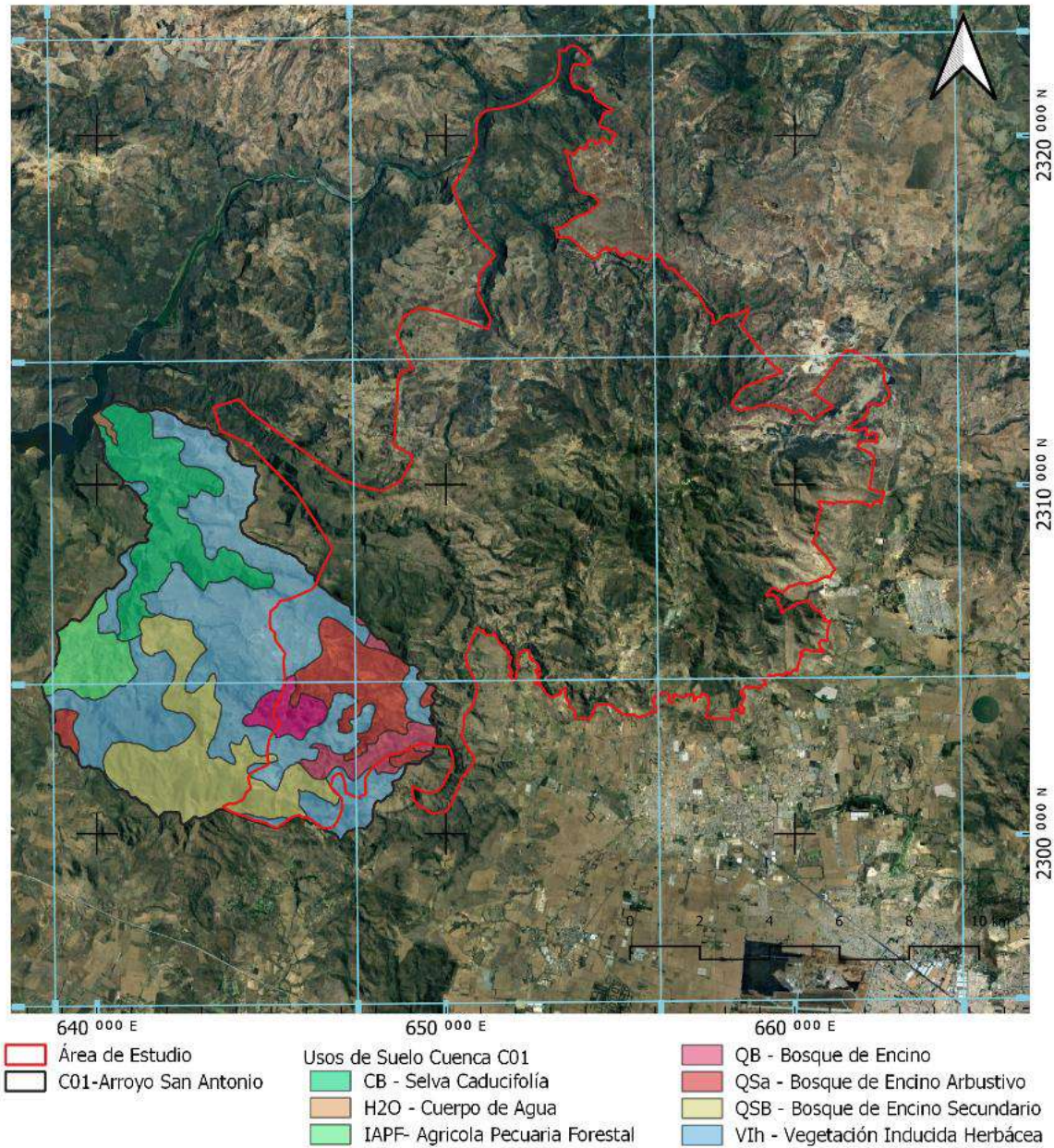


Figura 76 Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Arroyo San Antonio.  
Fuente: elaboración propia.

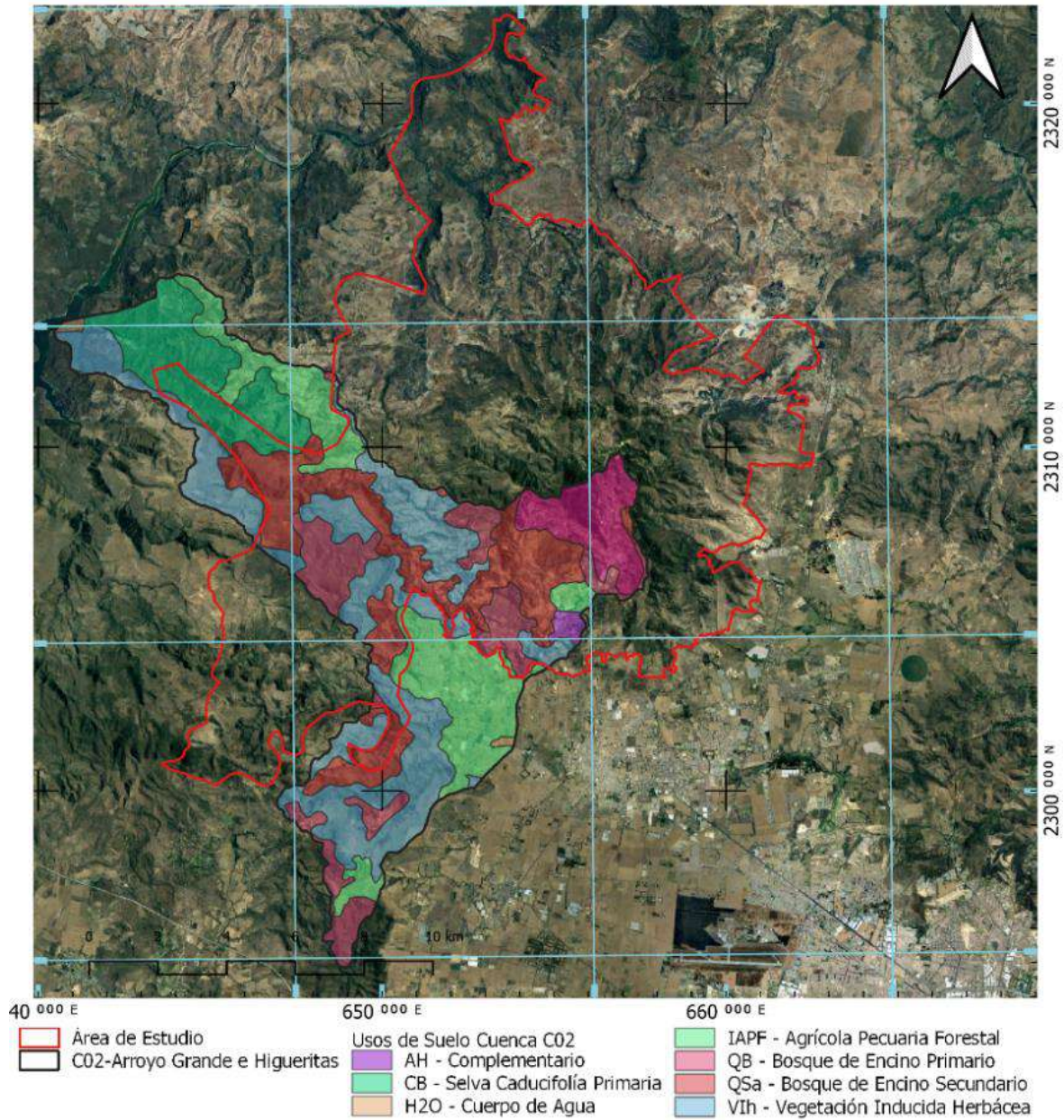


Figura 77 Uso de suelo y vegetación en la microcuenca de los Arroyos Grande e Higuieritas.  
Fuente: elaboración propia.

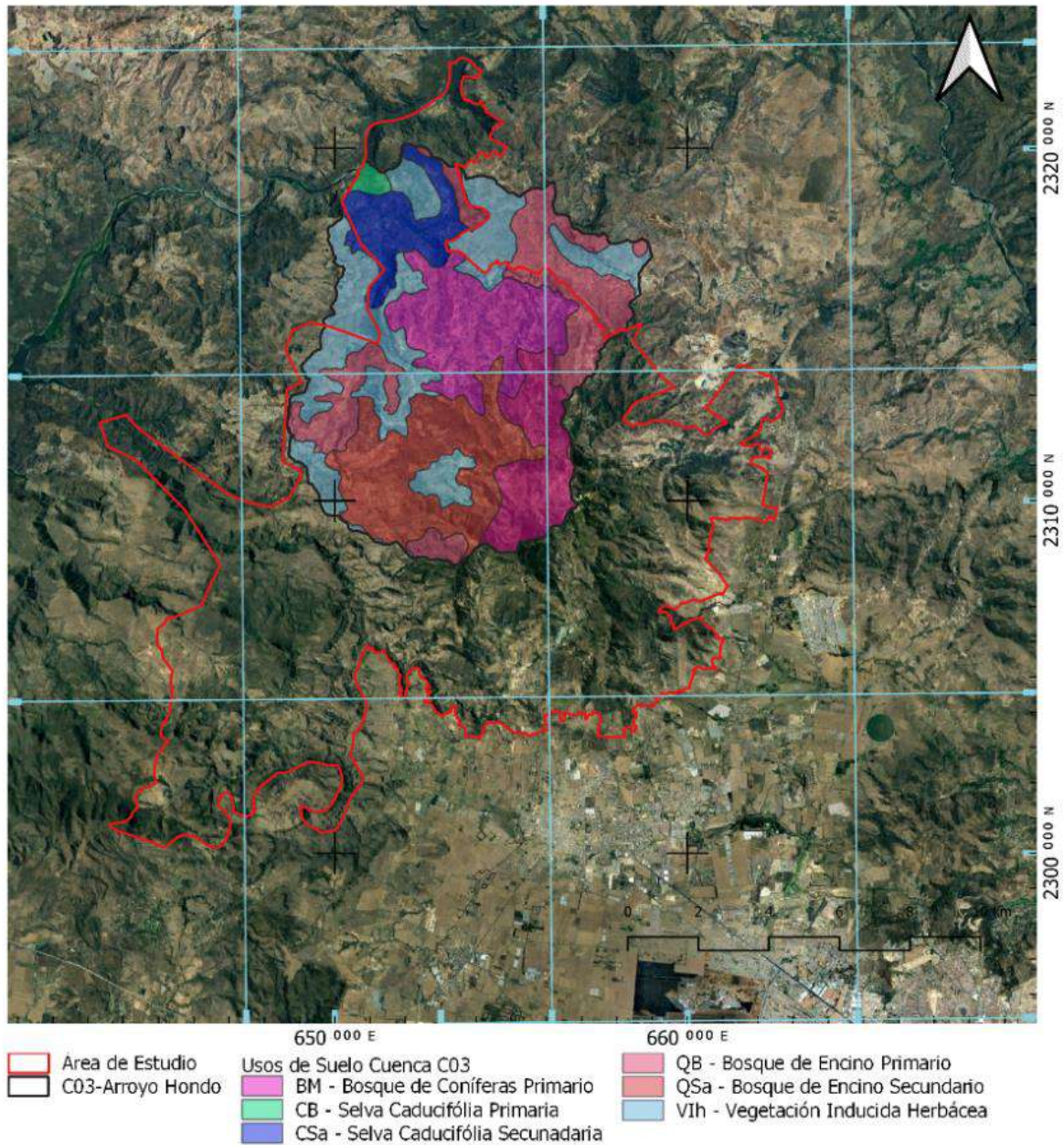


Figura 78                      Uso de suelo y vegetación en la microcuenca de los Arroyos Hondo y Los Tubos.  
Fuente: elaboración propia.

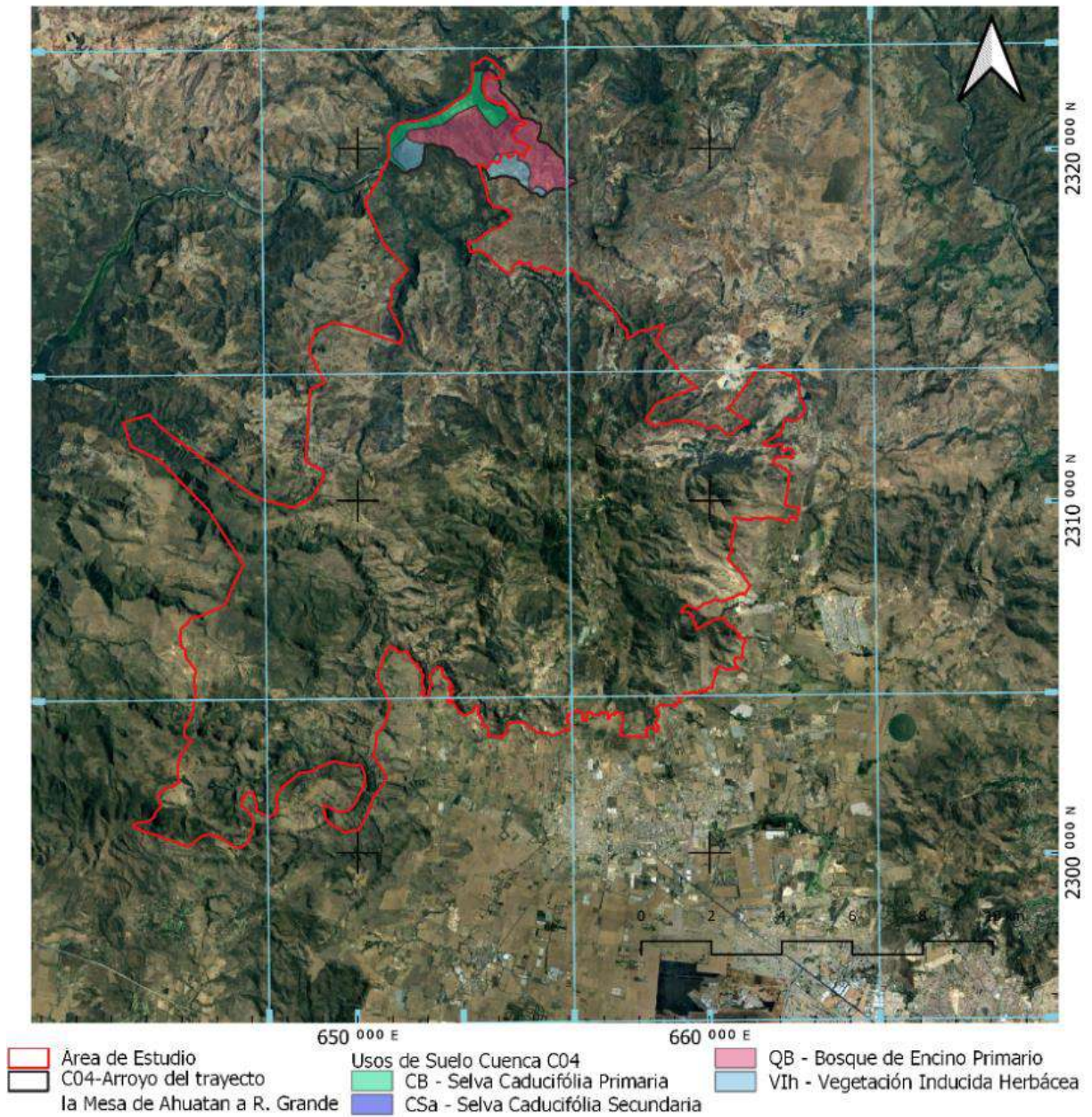


Figura 79            Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago. Fuente: elaboración propia.

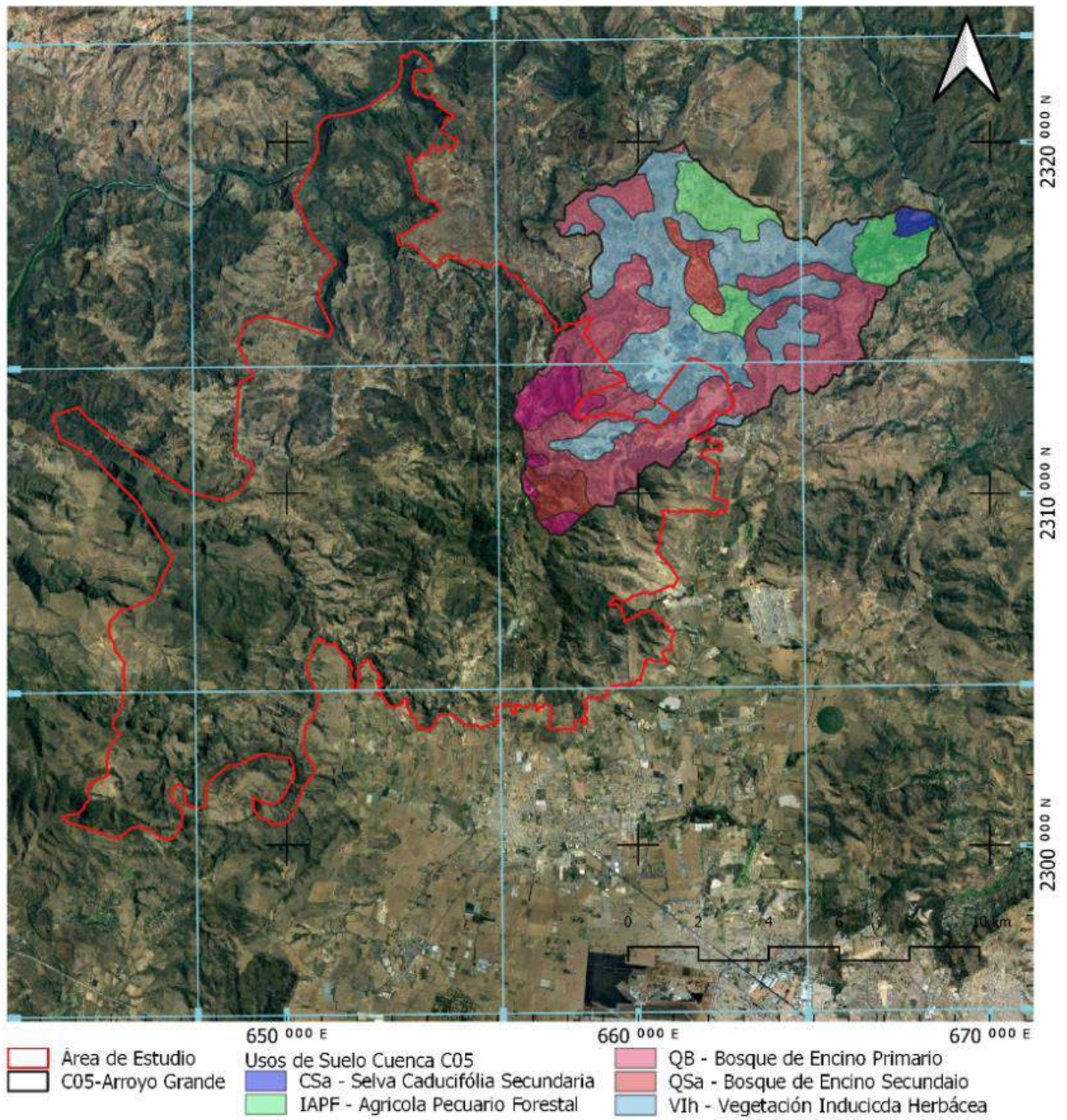


Figura 80 Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Arroyo Grande (Milpillas).  
Fuente: elaboración propia.



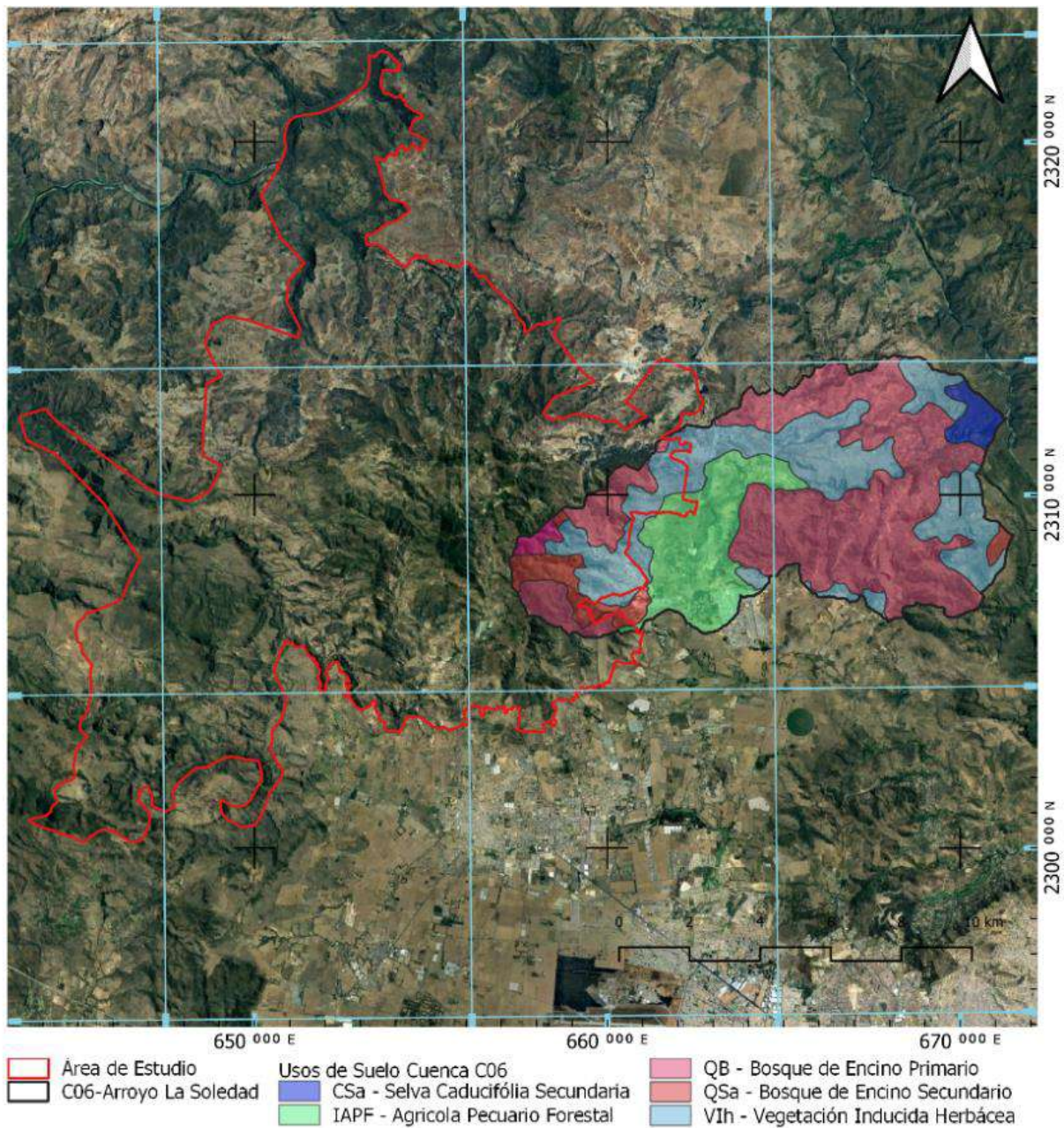


Figura 81 Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Arroyo La Soledad.  
Fuente: elaboración propia.

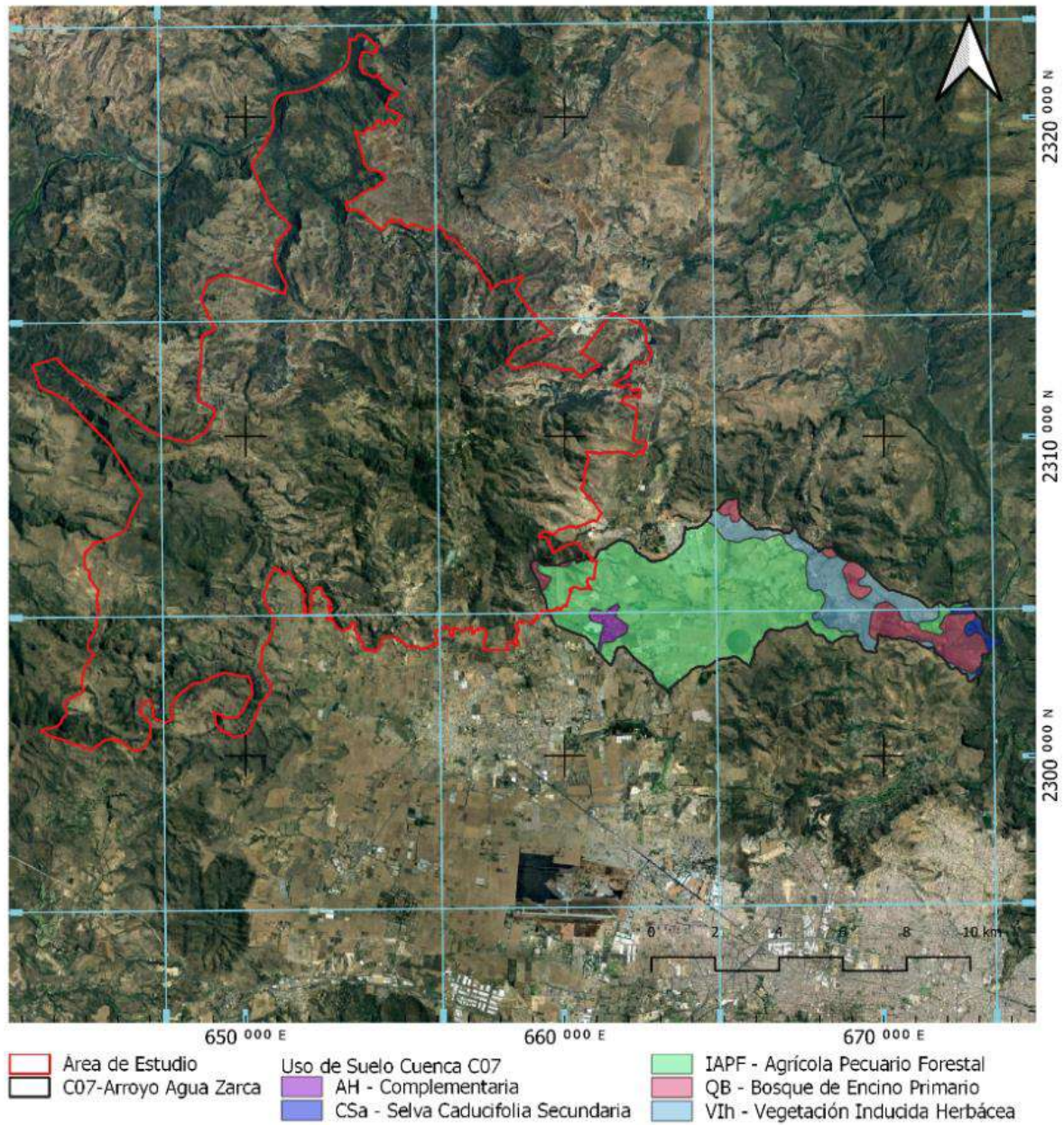


Figura 82 Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Arroyo Agua Zarca.  
Fuente: elaboración propia.

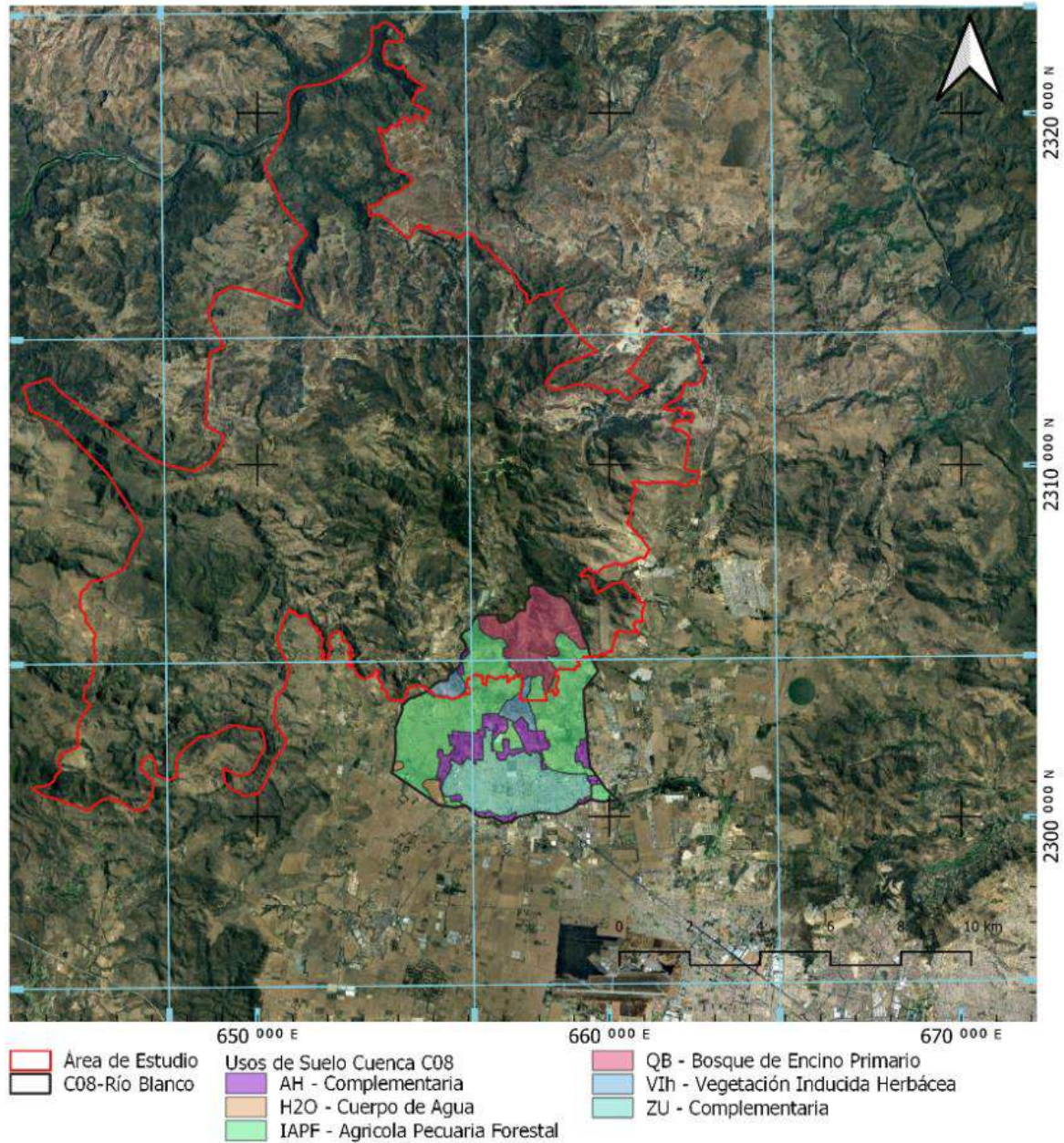


Figura 83      Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Arroyo Río Blanco.  
Fuente: elaboración propia.

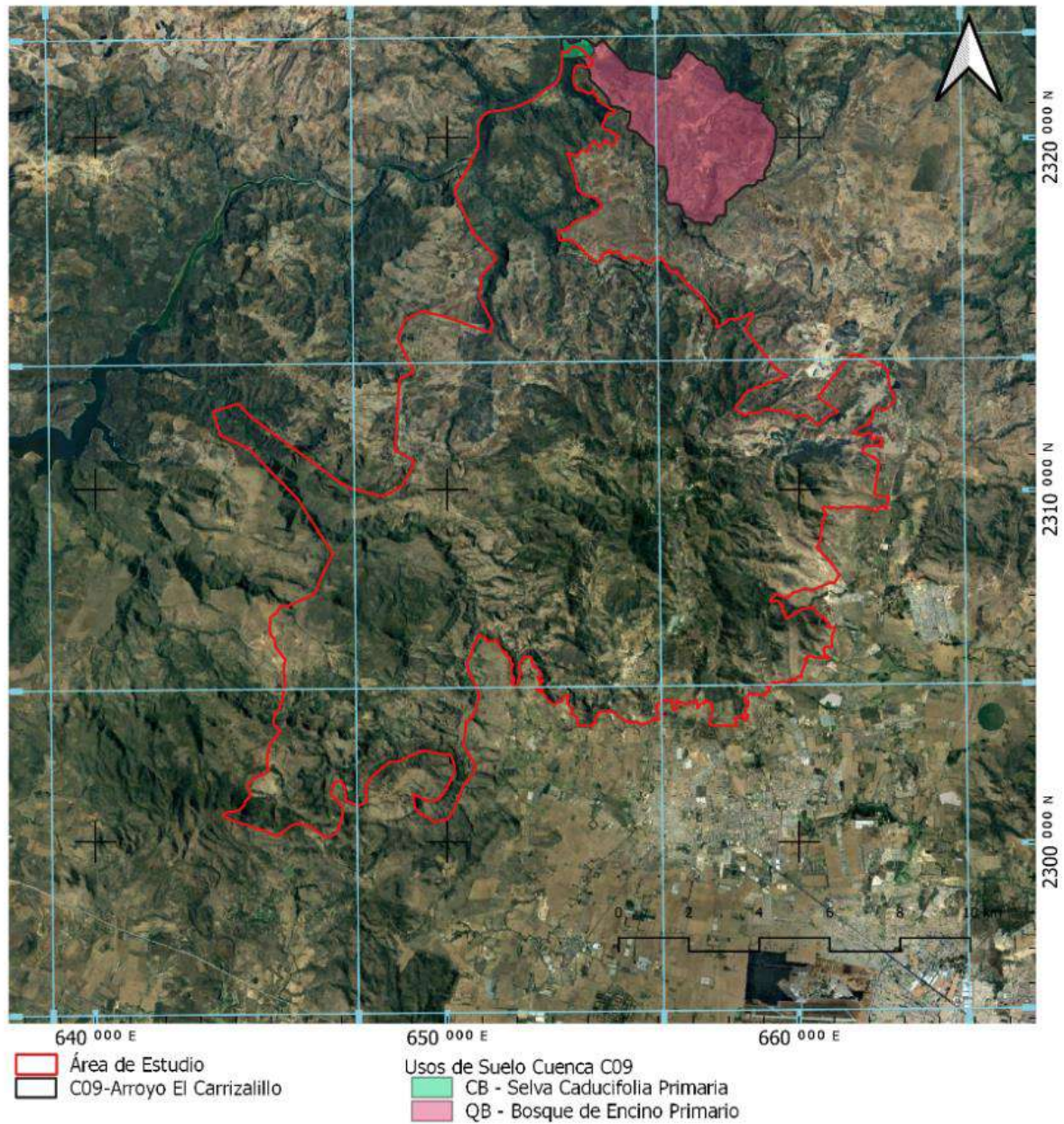


Figura 84      Uso de suelo y vegetación en la microcuenca de los Arroyos Las Mojoneas y El Carrizalillo.  
Fuente: elaboración propia.

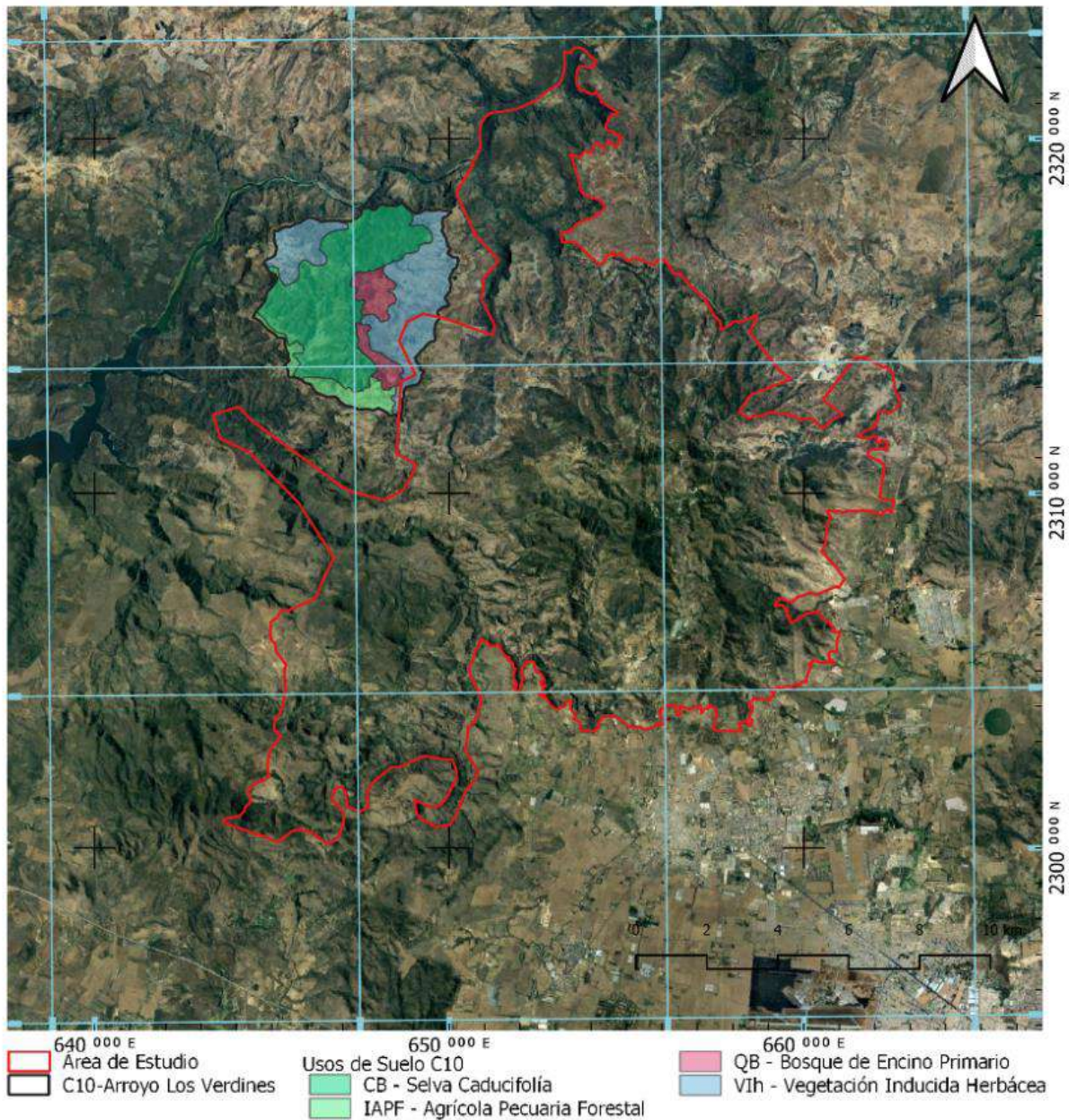


Figura 85      Uso de suelo y vegetación en la microcuenca del Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago. Fuente: elaboración propia.

Con base en la tabla 63 se determinan los coeficientes de escurrimiento “C” de cada uso de suelo con presencia en las cuencas. Para determinar el valor “C” asignado a cada cuenca se hizo una ponderación en función de tipo y uso de suelo en las cuencas, obteniendo así los siguientes valores de C ponderado (Tabla 64).

Tabla 64 Coeficiente de escorrentía “C” para cada cuenca con influencia en la SITECOL.

Cuenca	Coeficiente de escurrimiento (Adimensional)
Arroyo San Antonio	0.31
Arroyo Grande e Higuieritas	0.31
Arroyo Hondo y Los Tubos	0.24
Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago	0.19
Arroyo Grande	0.29
Arroyo La Soledad	0.29
Arroyo Agua Zarca	0.44
Río Blanco	0.49
Arroyo Las Mojoneras y El Carrizalillo	0.15
Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago	0.27

Fuente: elaboración propia.

### 7.2.5 Escorrentías para periodo de retorno 50 años

El cálculo de las escorrentías para el periodo de retorno ( $T_r$ ) de 50 años se empleó el método racional americano, que requiere el uso de tres variables previamente determinadas en este documento: el coeficiente de escorrentía “C”, la intensidad de la precipitación “I” y la superficie de la cuenca.

En el caso de la intensidad de la precipitación, es importante tener en cuenta que, según la teoría del método, la duración de la tormenta se iguala al tiempo de concentración (variable también calculada para cada cuenca), por lo que, para obtener el valor de la intensidad a usar, se debe interpolar entre los datos de intensidad y duración mostrados en las curvas de Intensidad – Duración – Periodo de Retorno (Tabla 62).

Los resultados de las escorrentías para el periodo de retorno de 50 años se muestran en la tabla 65:

**Tabla 65** Escorrentías para periodo de retorno (Tr) 50 años SITECOL.

Cuenca	Periodo de retorno Tr Años	Tiempo de concentración Tc Minutos	Intensidad mm/hr	Método Racional Gasto m3/s
Arroyo San Antonio	50	125	31.88	222.32
Arroyo Grande e Higuieritas	50	199	32.76	302.58
Arroyo Hondo y Los Tubos	50	123	29.05	157.20
Arroyo del trayecto la Mesa del Ahuatan a Río Grande de Santiago	50	24	104.37	48.24
Arroyo Grande	50	126	31.71	170.00
Arroyo La Soledad	50	137	29.77	175.54
Arroyo Agua Zarca	50	126	31.71	156.84
Río Blanco	50	104	37.07	134.91
Arroyo Las Mojoneras y El Carrizalillo	50	50	63.32	38.82
Arroyo 1 del trayecto La Coronilla del Ocote a Río Grande de Santiago	50	45	67.42	117.96

Fuente: elaboración propia.

### 7.2.6 Balance hidrológico

La realización de un balance hidrológico en una cuenca involucra el estudio de algunos de los procesos del ciclo hidrológico tales como la precipitación, el escurrimiento, la evapotranspiración y la infiltración, todo ello con el fin de determinar entradas y salidas del recurso hídrico en la propia cuenca en un periodo de tiempo dado.

El enfoque en el presente documento consistió en el estudio de las variables geomorfológicas de cada una de las cuencas que conforman el área de influencia del AMPH SITECOL y la determinación del probable escurrimiento esperado para una condición de precipitación. Los valores de tal escurrimiento para las cuencas vertientes hacia el oriente del polígono del SITECOL muestran valores muy altos (caudales que superan los 100 m<sup>3</sup>/s) para la condición actual de uso del suelo. Es en tales cuencas que se está presentando una urbanización acelerada, con la aparición de desarrollos habitacionales en las zonas bajas de las mismas (Fig. 80).

Una condición de cambio de uso del suelo que incremente el coeficiente de escorrentía en las cabeceras de las cuencas, las que se encuentran precisamente dentro del polígono de interés, propiciará un aumento en el escurrimiento y de las velocidades del mismo, lo que acarrearía riesgos para las zonas habitadas aguas abajo, así como la erosión, arrastre y pérdida de suelo en las propias

cuenas, los impactos en la calidad del agua superficial por probable contaminación por descargas no controladas, lo que a su vez puede afectar a los aprovechamientos de aguas superficiales y subterráneas aguas abajo, entre otras consecuencias.

Partiendo de ello, los hallazgos de este estudio permiten concluir que resulta crucial el que se mantengan o mejoren las condiciones de cobertura del suelo en las cuencas mediante la protección de estas.

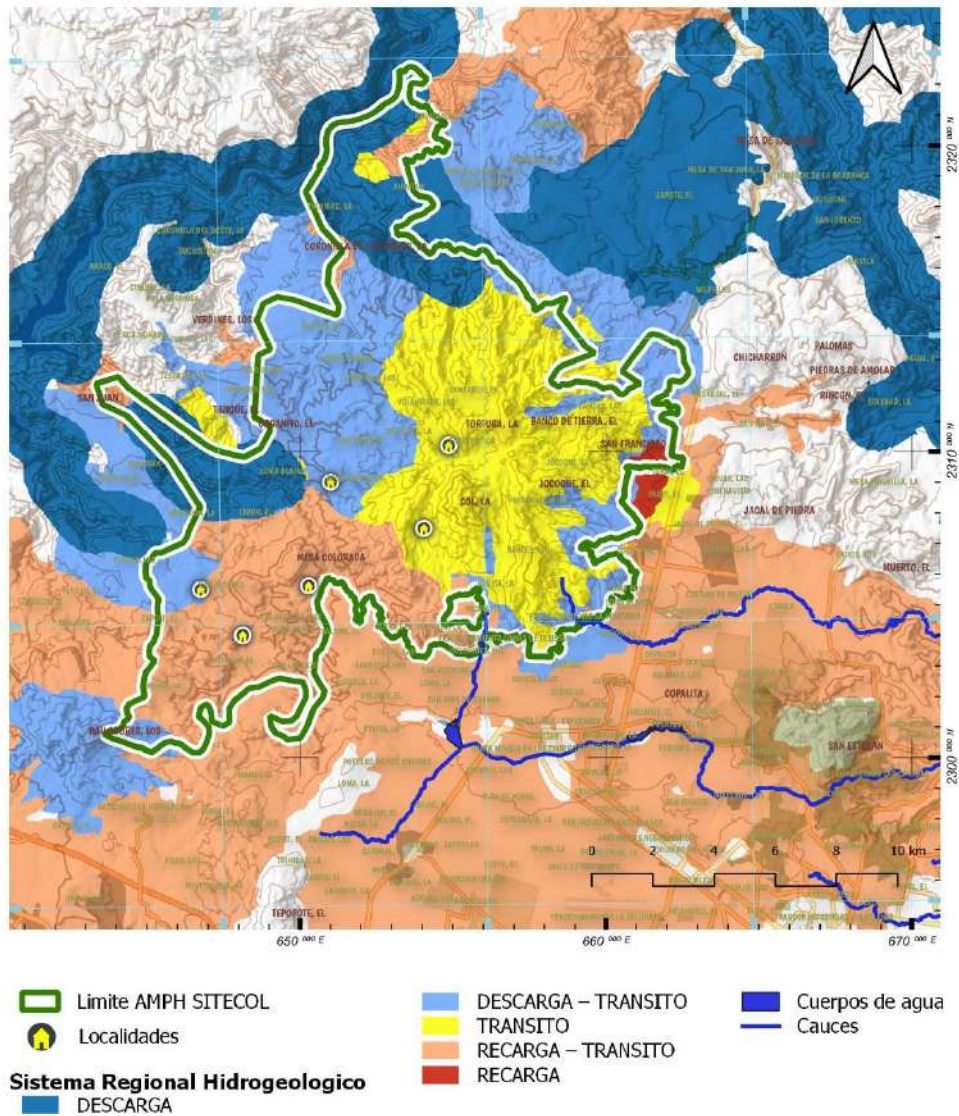


Figura 86 Sistema hidrogeológico del AMPH SITECOL y su contexto regional.



## 7.2.7 Evaluación de la calidad del agua superficial

### Introducción

#### *La calidad del agua*

La calidad del agua interesa desde diversos puntos de vista:

- Utilización fuera del lugar donde se encuentra (agua potable, usos domésticos, urbanos e industriales, riego).
- Utilización del curso o masa de agua (actividades recreativas: baño, remo, pesca, etc.).
- Como medio acuático, que acoge especies animales y vegetales.

Por lo tanto, hablar de calidad del agua siempre conlleva a la integración del factor de utilización para darle el peso correcto a la expresión, dado que sus características de composición pueden indicar que es apta para unos usos determinados y exclusivamente para otros. Una definición de la contaminación del agua dice que el medio acuático está contaminado cuando la composición o el estado del agua están modificados, directa o indirectamente, por el hombre, de modo que se presta menos fácilmente a todas o algunas de las utilidades para las que podría servir en su estado natural (Ministerio de Medioambiente, 2000).

En la determinación de la disponibilidad del agua en un país, no solamente es necesario saber que cantidad de agua está a nuestro alcance en las diferentes fases del ciclo hidrológico, además, deben conocerse las características fisicoquímicas y bacteriológicas para estar en condiciones de darle uso en diferentes actividades productivas y como agua potable en el abastecimiento a poblaciones (Margalef, 1991). Los criterios y normas de calidad del agua pueden definirse como los niveles o concentraciones que deben respetarse para un uso determinado.

Existen diversos usos que pueden darse al agua, pero aquellos que involucran criterios de calidad del agua son principalmente los siguientes:

- Abastecimiento para sistemas de agua potable e industrias alimenticias
- Usos recreativos
- Conservación de la flora y fauna
- Acuicultura y riego

Se considera que existe contaminación cuando la composición o el estado del agua están modificados, directa o indirectamente ya sea por el hombre o por eventos de la naturaleza. Los nutrientes son indispensables para la vida y la presencia de la flora y fauna acuáticas y solo están disponibles en cuerpos de agua con un cierto nivel trófico. Cuando un río o un lago reciben descargas de aguas residuales o agrícolas, con altos contenidos de nutrientes, puede producirse una fertilización excesiva de las aguas. Ello provoca el envejecimiento prematuro del cuerpo receptor, con la consecuente pérdida de oxígeno disuelto y proliferación de malezas acuáticas (Wetzel, 1981).

El ambiente se daña seriamente debido a la contaminación del agua, muchos organismos que viven y se reproducen en el agua son afectados por la contaminación de esta, esto puede alternativamente lastimar el ciclo vital de otras especies animales y vegetales acuáticos. Por otro lado, es importante señalar que la presencia o ausencia de algunos microorganismos en los sistemas acuáticos son indicadores de calidad o ausencia de la misma, esto es conocido como biomonitoreo (Margalef, 1986).

## Principales indicadores de la calidad del agua

La manera de estimar la calidad del agua incluye la determinación de índices o proporciones de mediciones de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en situaciones reales y otras que se consideran admisibles o deseables y definidas por ciertos estándares o criterios. Los parámetros físicos más importantes son la transparencia, turbidez, color, olor, sabor, temperatura, conductividad eléctrica y pH. Le siguen los plaguicidas, metales pesados y microbiológicos como bacterias, virus u hongos.

La selección de los parámetros se puede determinar en función de los usos del agua, siendo los más comunes el uso doméstico, industrial, de riego, recreativo y vida acuática, variando el número y tipo de parámetros debido a los requisitos de calidad son diferentes.

Los estándares constituyen un punto de referencia para determinar la calidad del agua, y sufre de frecuentes revisiones a medida que se avanza en el estudio de las consecuencias de la contaminación y son, en todo caso, independientes del propio medio que se pretende estudiar, lo que lleva a pensar en la conveniencia de establecer estándares diferentes para contextos territoriales distintos. Por tales motivos existen diferentes estándares de calidad que cada país, región o comunidad adopta según sus criterios de seguridad establecidos.

En México las especificaciones de contaminantes y de calidad se señalan en los “Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CCA-001-89” y la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.

## Objetivos

- Caracterizar la calidad del agua a través de un muestreo físico – químico y microbiológico, incluyendo parámetros enumerados tanto en los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CCA-001-89, para la protección a la vida en agua dulce, así como en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.
- Elaborar el Índice de Calidad del Agua (ICA) para los los sitios estudiados.

## Descripción metodológica del análisis de calidad del agua

### *Protocolo muestreo de agua*

El muestreo de agua se realizó según los lineamientos técnicos establecidos en los Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales, APHA, AWWA-WDCF (1992), y los establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-14-1980 "Cuerpos receptores, muestreo", así como los descritos en la Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo. Las especificaciones técnicas para cada uno de los parámetros a evaluar se resumen en la tabla 66.

Se determinó en cada punto de muestreo: Coordenadas, Hora, Altitud (msnm), Presión atmosférica (Hpa), Viento (m/s), Nubosidad (%), Humedad relativa (%), Temperatura ambiente (°C), Temperatura de agua (°C), Profundidad (m), pH (pH), Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), Salinidad (%), Sólidos disueltos totales [SDT] (mg/L), Color aparente, Materia flotante, Presencia de peces, Olor y Oxígeno Disuelto.

La totalidad de las muestras se tomaron en frascos de plástico y/o vidrio, se preservaron las fracciones y su traslado al laboratorio se realizó manteniendo una temperatura menor a 4 grados centígrados.

**Tabla 66** Especificaciones técnicas de muestreo y preservación del agua (NOM-AA-14-1980).

Parámetro	Material de envase	Volumen mínimo (ml)	Preservación	Tiempo máx. de almacén.
pH	p, v	---	Analizar inmediatamente	-
Alcalinidad a la fenolfaleína	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	14 d
Alcalinidad total	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	14 d
Conductividad	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Turbiedad	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Dureza total	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	14 d
Dureza de calcio	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	14 d
Dureza de Mg	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	14 d
Cloruros	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
SDT	p,v	1000	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	7d
Sulfatos	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Nitritos	p, v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Nitratos	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Salinidad	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Fluoruros	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h

Abreviaturas; p (plástico), pH (potencial de hidrogeno), s (vidrio enjuagado con solventes orgánicos; interior de la tapa del envase recubierta con teflón), v (vidrio) ne (no especificado en la norma).

#### Descripción métodos analíticos

En cada uno de los parámetros analizados se determinará previamente el límite mínimo de detección, así como las pruebas correspondientes a la precisión y exactitud, procediendo a su aplicación de acuerdo con los lineamientos que para cada caso en particular existen en la literatura. La descripción de los métodos analíticos aplicados se presenta en la tabla 67.

**Tabla 67** Descripción de principales métodos analíticos en agua.

Parámetro	Método Analítico
Alcalinidad	Método volumétrico de Warder. Se basa en añadir con exactitud el volumen necesario de una solución patrón, ácida, para efectuar una reacción de neutralización en una cantidad desconocida de otra sustancia básica.
Cloruros	Método Argentométrico de Morh, también llamado de nitrato de plata, la determinación se basa en la formación de cromato de plata de color rojizo insoluble, esto ocurre cuando se adicionan al agua iones cromato como indicador e iones de plata como reactivo precipitante.
Cianuros	Método colorimétrico piridina-ácido barbitúrico y cuantificación con nitrato de plata. Se basa en la destilación como ácido cianhídrico (HCN) de los cianuros simples y complejos, que se absorbe en una solución alcalina. Posteriormente se hace reaccionar con una mezcla de piridina-pirazolona, lo que da lugar a la formulación de un complejo colorido azul, cuya intensidad se puede medir colorimétricamente y es proporcional a la cantidad de cianuros presente.

Color	Comparación espectrofotométrica de la muestra con soluciones coloridas de Platino-Cobalto de concentraciones conocidas. Se compara visualmente el color de la muestra con soluciones coloridas de platino cobalto de concentraciones conocidas, también se pueden comparar con discos – patrón. El color que produce 1mg/l de platino en forma de ion platinato constituye la unidad de comparación.
Conductividad	Método Electrométrico, se trata de una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica, capacidad que dependerá del tipo de iones presentes en la disolución de una concentración y naturaleza, así como de la temperatura a la que se efectúe la medida.
Cromo Hexavalente	El cromo hexavalente reacciona con la difenilcarbazida en medio ácido para dar un complejo de color violeta, de composición desconocida, el cual se cuantifica a 540nm.
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Método de incubación por cinco días. Se basa en la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para efectuar la oxidación de la materia orgánica presente en aguas naturales y residuales, y se determina por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto al cabo de 5 días de incubación a 20°C.
Demanda Química de Oxígeno	Método de la oxidación ácida, se basa en la oxidación enérgica de la materia orgánica y de la inorgánica oxidable que se encuentra en el agua, en un medio fuertemente ácido, con una solución valorada de dicromato de potasio. El exceso del agente oxidante se titula con una solución valorada de sulfato ferroso amoniacal en presencia de un complejo ferroso de ortofenantrolina como indicador interno.
Dureza total Dureza Cálctica Dureza Magnésica	Método del EDTA, en este método los alcalinotérreos presentes en el agua forman un complejo con la sal disódica del ácido etilen-diaminotetracético EDTA, se emplea como indicador el negro de erio cromo T, el cual al ser agregado a una solución que contenga iones calcio y magnesio, reacciona formando complejos de un color rojo vino. Después se adiciona la sal disódica del ácido etilen-diaminotetracético EDTA, que remueve los iones calcio y magnesio de los complejos coloridos formando complejos solubles. Cuando ha sido agregada suficiente solución de EDTA, para liberar todos los iones calcio y magnesio, el indicador regresa a su color azul original. En un medio adecuadamente tamponado para evitar la precipitación del magnesio, el método permite determinar la suma de los iones calcio y magnesio.
Parámetro	Método Analítico
Dureza total Dureza Cálctica Dureza Magnésica	Método del EDTA, en este método los alcalinotérreos presentes en el agua forman un complejo con la sal disódica del ácido etilen-diaminotetracético EDTA, se emplea como indicador el negro de erio cromo T, el cual al ser agregado a una solución que contenga iones calcio y magnesio, reacciona formando complejos de un color rojo vino. Después se adiciona la sal disódica del ácido etilen-diaminotetracético EDTA, que remueve los iones calcio y magnesio de los complejos coloridos formando complejos solubles. Cuando ha sido agregada suficiente solución de EDTA, para liberar todos los iones calcio y magnesio, el indicador regresa a su color azul original. En un medio adecuadamente tamponado para evitar la precipitación del magnesio, el método permite determinar la suma de los iones calcio y magnesio.
Fenoles	Método de destilación-colorimétrico de la aminoantipirina, lectura en espectrofotómetro UV-visible Lambda 35. Los fenoles purificados reaccionan con la 4 aminoantipirina a un pH de 10± 0.2, en presencia de ferricianuros de potasio, para formar anilina de antipirina; esta anilina se extrae con cloroformo de la solución acuosa

Fósforo total	Colorimétrico con método de cloruro estañoso, lectura con espectrofotómetro UV- visible Lambda 35. En una solución diluida y en condiciones ácidas el ion fosfato se combina con el molibdato de amonio para formar un complejo conocido como fosfomolibdato de amonio. El molibdato contenido en el fosfomolibdato de amonio se reduce fácilmente para producir una solución de color azul que es proporcional a la cantidad de fosfato presente.
Grasas y Aceites	Extracción Soxhlet con hexano, gravimétrico. Los jabones metálicos solubles se hidrolizan durante la acidificación. Las grasa sólida o viscosa y cualquier aceite presente se separa de la muestra líquida por filtración. Después se efectúa una extracción con freón en un equipo Soxhlet, se evapora el disolvente, y el residuo remanente se pesa para determinar el contenido de grasa y aceites de la muestra. Los compuestos que se volatizan a menos de 103°C se perderán cuando se seque el filtro.
Metales pesados	Lectura directa en espectrofotómetro de absorción atómica.
Nitrógeno Amoniacal	El amoníaco se destila en medio alcalino, se absorbe en una solución de ácido bórico y se determina por valoración con ácido sulfúrico
Nitrógeno total	Mediante digestión en presencia de ácido sulfúrico, sulfato de potasio y sulfato mercuríco, el nitrógeno de compuestos orgánicos se convierte en sulfato de amonio. El amoníaco libre y también el nitrógeno amoniacal se transforma en sulfato de amonio.
Nitrógeno de Nitratos	Método colorimétrico con brucina, lectura en espectrofotómetro UV-visible Lambda 35. Los moles de NO <sub>3</sub> reaccionan con un mol de ácido cromotrópico para formar un productote reacción de color amarillo, con una absorbancia máxima de 410nm. La máxima intensidad en color se desarrolla en 10 minutos y es estable 24 horas. El método se recomienda para unas concentraciones entre 0.1 y 5 mg de NO <sub>3</sub> /litro
Nitrógeno de Nitritos	Método Espectrofotométrico de la Diazotización. El principio del método consiste en que los nitritos presentes reaccionan en medio ácido (pH = 1.9 a 2.5), por diazotación con la sulfanilamida para formar una sal de diazonio, la cual por copulación con el dihidrocloruro de N-(l-Naftil) etilendiamina forma un colorante azoico de color púrpura rojizo que se mide espectrofotométricamente a 543 nm.

Parámetro	Método Analítico
Oxígeno Disuelto	Método electrométrico, utilizando un electrodo de membrana unible al oxígeno, en determinaciones de campo. En laboratorio se aplica el método iodométrico de Winkler.
pH	Método Electrométrico, se basa en la determinación de la actividad de los iones hidrógeno medidos en un potenciómetro usando un electrodo de vidrio y otro de referencia. La fuerza electromotriz producida por el sistema de electrodos es proporcional al pH de la solución problema.
Sólidos Disueltos Totales	Método Gravimétrico, se basa en la evaporación y calcinación de la muestra, en donde los residuos de una y otra operación sirven de base para el cálculo del contenido de sólidos.
Sólidos Suspendidos Totales	Método Gravimétrico, son aquellos retenidos en filtros de fibra de vidrio, se secan en estufa a 103-105 °C y se pesan.
Sólidos Sedimentables	Método Volumétrico, se llena un cono imhoff con 1 l de muestra y se observa el material sedimentado a las 2 horas.
Sólidos Totales	Método Gravimétrico. se realiza tras evaporar en placa de porcelana la muestra y secarla a 103-105 °C.

Sulfatos	Método turbidimétrico del cloruro de bario. Lectura en espectrofotómetro UV-visible Lambda 35. El ion sulfato se precipita en medio ácido (HCl) con cloruro de bario (BaCl <sub>2</sub> ) para formar cristales de sulfato de bario (BaSO <sub>4</sub> ) de tamaño uniforme. Se mide la absorbancia de la suspensión del sulfato de bario por medio de un nefelómetro o fotómetro de transmisión y se determina la concentración del ion sulfato comparando la lectura con una curva patrón.
Coliformes totales y fecales	Método del número más probable en tubos múltiples (organismos termotolerantes).
Plaguicidas	Método de cromatografía de gases con detector de espectrometría de masas de triple cuadrupolo.

#### Analítica de agua

Las muestras de agua se analizaron conforme a los procedimientos establecidos para cada parámetro en la Normativa Oficial Mexicana, equivalentes a los descritos en los métodos establecidos por la APHA-AWWA-WDCF (1992). Los parámetros para evaluar y la metodología a aplicar se presentan en la Tabla 68.

Para el cálculo del índice de calidad del agua (ICA) se aplicó el método descrito por Martínez de Bascaran (1992), el cual es equivalente metodológicamente al descrito por el ICA de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), pero este permite incluir una constante de valoración visual para el caso de ríos y manantiales.

**Tabla 68** Proceso metodológico empleado en la determinación de los parámetros de calidad enumerados.

Parámetro	Unidad	Método de análisis
pH	pH	NMX-AA-071-1981
Alcalinidad a la fenolftaleína	mg/L CaCO <sub>3</sub>	NMX-AA-071-1981
Alcalinidad total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	NMX-AA-36-2001
Conductividad	µS/cm	NMX-AA-093-SCFI-2000
Turbiedad	UTN	NMX-AA-038-SCFI-2001
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	NMX-AA-072-SCFI-2001
Dureza de Calcio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	NMX-AA-072-SCFI-2001
Dureza de Magnesio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	NMX-AA-072-SCFI-2001
Cloruros	mg/L	NMX-AA-073-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	NMX-AA-074-1981

Nitritos	mg/L N-NO <sub>2</sub>	NMX-AA-099-SCFI-2021
Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>	NOM-AA-079-SCFI-2001
Salinidad	%	NMX-AA-093-SCFI-2000
Fluoruro	mg/ L F	NMX-AA-077-SCFI-2001
Plaguicidas	µg/L	NOM-AA-71-1981
Coliformes totales y fecales	NMP/100 ml	NMX-AA-042-SCFI-2015

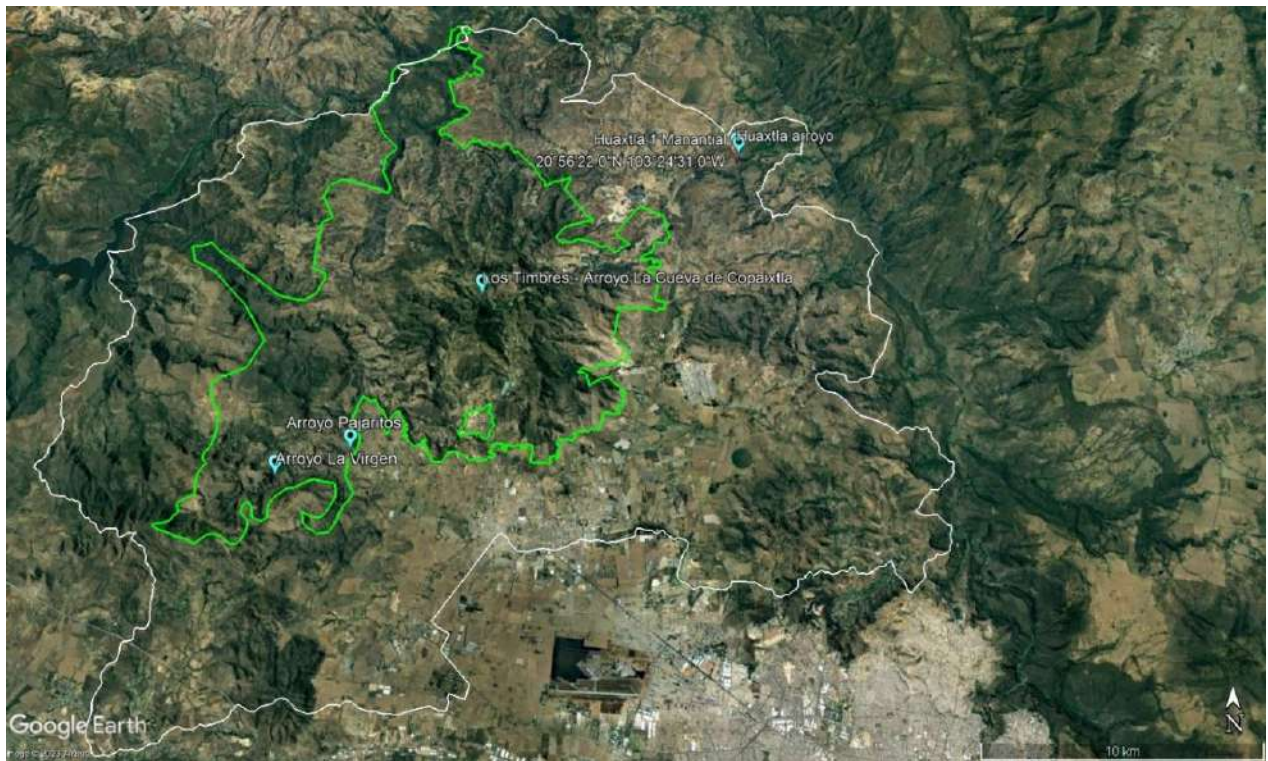
## Resultados

La ubicación de la toma de muestras de calidad de agua colectadas en campo se muestra en la tabla 69 y la visualización de los sitios de muestreo también se presenta en una imagen de satélite (Fig. 87).

Los parámetros obtenidos en campo como: los datos meteorológicos de las condiciones ambientales, los registros de datos de las mediciones y el tipo de muestras colectadas al momento de la toma de las muestras de agua se presentan en la tabla 70.

**Tabla 69** Ubicación de los sitios de muestreo en AMPH SITECOL y zona de influencia.

Codificación	Nombre del sitio	Coordenadas	Fecha de muestreo
M1	Arroyo Pajaritos	20°49'36.63 N 103° 33'10.73 W	24/04/23
M2	Arroyo La Virgen	20°49'9 N 103°34'41 W	24/04/23
M3	Los Timbres Arroyo la Cueva de Copaixtla	20°52'59 N 103°30'33 W	24/04/23
M4	Huaxtla 1 Manantial	20°56'16 N 103°24'28 W	24/04/23
M5	Huaxtla 2 Arroyo	20°56'22 N 103°24'31 W	24/04/23



**Figura 87** Ubicación de los sitios de la toma de muestras para la calidad del agua dentro del AMPH SITECOL (línea verde) y su zona de influencia (línea blanca). Fuente: elaboración propia mediante Google Earth.



**Tabla 70** Descripción de los parámetros obtenidos en los sitios de muestreo.

Parámetro		M1	M2	M3	M4	M5
	Unidad					
DATOS METEOROLÓGICOS						
Temperatura ambiente	°C	20.6	26.7	28.5	33	32
Viento	m/s	3.6	-	7.0	5.22	5.8
Nubosidad	%	25	25	50	22	31
Altitud	msnm	1390	1379	1.650	1325	1353
Presión atmosférica	Hpa	1032.5	1033.7	1005.8	1024	1026
Punto de evaporación	%	13.4	14.2	12.1	14.2	14.6
Punto de rocío	°C	6.0	4.9	-0.7	5.8	6.8
Humedad relativa	%	29.8	22.9	15.6	21.9	22.4
PARÁMETROS DE CAMPO						
Temperatura	°C	23.7	19.3	18.8	29	27
Conductividad	μS/cm	135.5	154	194	108	84.4
Salinidad	%	0	0	0	0	0
Oxígeno disuelto	mg/L	1.6	1.3	1.4	1.8	1.6
SDT	mg/dL	73	81.5	103	57.3	46.2
pH	pH	6	5	5	5	7
Olor	-	-	-	-	-	-
Materia flotante		Material flotante y hojas	Hojas Renacuajos Corixidae	Hojas secas Corixidae	-	-

#### Parámetros obtenidos en Laboratorio

A continuación, se presentan los resultados de los análisis obtenidos en los laboratorios de Ciencias Ambientales y Microbiología del CUCBA en las tablas 71 y 72 siguientes:

**Tabla 71** Resultados de análisis fisicoquímicos.

Parámetro	Unidades	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
pH	pH	6	5	5	5	7
Alcalinidad a la fenolftaleína	mg/L CaCO <sub>3</sub>	0	0	0	0	0
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	4	7	2	0	4
Conductividad	μS/cm	135.5	154	194	108	84.4
Parámetro	Unidades	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5

Turbiedad	UTN	1.29	0.95	0.46	2.24	17.92
Dureza total	mg/L	56	70	56	16	20
	CaCO <sub>3</sub>					
Dureza de calcio	mg/L	30	54	34	12	14
	CaCO <sub>3</sub>					
Dureza de Mg	mg/L de Mg	26	16	22	4	6
Cloruros	mg/L Cl	7.09	5.67	5.67	5.67	5.67
SDT	mg/L	73	81.5	103	57.3	46.2
Sulfatos	mg/L SO <sub>24</sub>	1	1	62	0	1
Nitritos	mg/L N-NO <sub>2</sub>	0.023	0.002	0.006	0.008	0.008
Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>	1.6	1.4	0.8	1.4	1.6
Salinidad	%	0	0	0	0	0
Fluoruro	mg/L F	0.65	0.26	0.13	0.68	0.34

La presencia de organismos coliformes totales y fecales es propio de las condiciones de espacios rurales o naturales, como se observa en los puntos 1 a 3, mientras que en los puntos de los arroyos La Virgen, La Cueva de Copaixtla y Huaxtla 1 manantial sus valores están ausentes lo que se correlaciona con un mayor caudal presente en el momento de muestreo (Tabla 72).

**Tabla 72** Resultados del análisis microbiológico (coliformes totales y fecales).

Parámetro	Unidades	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Coliformes Totales	NMP/100 ml	150	ausencia	4	150	240
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	3	ausencia	ausencia	ausencia	9

Entre los cinco puntos de muestreo se presentó ausencia de plaguicidas, siendo esto congruente ya que los sitios de muestreo corresponden a zonas sin agricultura intensiva, y por ser parte de una microcuenca sin impactos de este tipo (Tabla 73).

**Tabla 73** Resultados de plaguicidas de los sitios de muestreo con respecto a límites permitidos en la NOM 127-2021

Pesticida	Unidades	M1	M2	M3	M4	M5	Límite Máximo permitido
Lindano	$\mu\text{g/L}$	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	2.00
Aldrin	$\mu\text{g/L}$	<0.000032	<0.000032	<0.000032	<0.000032	<0.000032	0.03
Dieldrin	$\mu\text{g/L}$	<0.000032	<0.000032	<0.000032	<0.000032	<0.000032	0.03
Clordano	$\mu\text{g/L}$	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.20
DDT	$\mu\text{g/L}$	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	1.0
Hexaclorobeneno	$\mu\text{g/L}$	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001
2.4-D	$\mu\text{g/L}$	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	30
Heptacloro	$\mu\text{g/L}$	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.03
Hepoxido de Heptacloro	$\mu\text{g/L}$	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.03
Metoxicloro	$\mu\text{g/L}$	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	20

#### Desarrollo del cálculo del Índice de calidad del agua (ICA)

El Índice de Calidad del Agua (ICA), como forma de agrupación simplificada de algunos parámetros, indicadores de un deterioro en calidad del agua, es una manera de comunicar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Sin embargo, para que dicho índice sea práctico debe de reducir la enorme cantidad de parámetros a una forma más simple, y durante el proceso de simplificación algo de información se sacrifica. Por otro lado, si el diseño del ICA es adecuado, el valor arrojado puede ser representativo e indicativo del nivel de contaminación y comparable con otros para enmarcar rangos y detectar tendencias.

El monitoreo de un cuerpo de agua para detectar su grado de contaminación conduce a obtener una inmensa cantidad de datos de varios parámetros, incluso dimensionalmente distintos, que hace difícil detectar patrones de contaminación.

Se desarrolló en este trabajo el Índice de Calidad del Agua propuesto por Martínez de Basarán (1979) que es ampliamente utilizado debido a su diseño sencillo y a que permite incluir  $n$  número de variables en la integración, previa ponderación de su magnitud, siendo entonces aplicable a series de datos tanto numerosas como pequeñas. El índice proporciona un valor global de la calidad del agua, en función de los valores individuales de una serie de parámetros, para lo cual se realizan varias transformaciones numéricas en cada uno de los resultados a integrar. Para elaborar el ICA, se seleccionaron aquellos parámetros de calidad del agua más usuales en la evaluación de ríos y lagos y

que se enumeran en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001-89) y son: pH, Cloruros, Conductividad, Dureza Total, Turbiedad, Nitratos, Sulfatos, Nitritos, Coliformes Totales, Oxígeno Disuelto, Color, Sólidos Disueltos Totales, y Temperatura. Los procesos metodológicos aplicados son:

El primer procedimiento fue la normalización de los valores individuales que conforman el índice al establecer una correspondencia de los resultados obtenidos en cada uno de los parámetros con una escala variable de 0 a 100 que se construye en función de los valores límite establecidos. Se asume como valor de 100 % al que indica condiciones naturales u óptimas en un lago, y el 50 % corresponde al máximo permitido. Una valoración menor al 50 % significa que existen limitantes de importancia para su utilización.

El segundo procedimiento ha sido la asignación de un peso numérico a cada uno de los parámetros.

PESO ASIGNADO / PARÁMETRO

---

Valor máximo de 4 Conductividad, Oxígeno Disuelto, S.A.A.M. (Detergentes), Color, Mercurio

Valor medio de 3 Turbiedad, Fósforo Total, Coliformes Totales, Arsénico, Cadmio, Cromo total, hierro, Manganeso, Plomo

Valor menor de 2 Sólidos Disueltos, Sulfatos, Nitrógeno de Nitratos, Nitrógeno de Nitritos, Aluminio, Cromo hexavalente

Valor mínimo de 1 PH, Cloruros, Temperatura, Dureza Total

---

El tercer procedimiento ha sido aplicar la siguiente fórmula para el cálculo del índice de calidad del agua (ICA) (ver figura 88):

$$ICA = \frac{\sum CIPI}{\sum Pi} \cdot k$$

Donde:

Ci = Valor porcentual asignado a los parámetros

Pi = Peso asignado a cada parámetro

k = Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua, definida de la siguiente forma:

- 1,00 para aguas claras sin aparente contaminación
- 0,75 para aguas con ligero color, con espumas y ligera turbiedad aparentemente no natural
- 0,50 para aguas con apariencia de estar contaminadas y con fuerte olor
- 0,25 para aguas negras que presentan fermentaciones y olores

MUESTRA 1	Ci	Pi	(Ci Pi)	
pH	6	50	1	50
Conductividad	135,5	100	4	400
Turbiedad	1,29	100	3	300
Dureza total	56	90	1	90
Cloruros	0,47	100	1	100
Solidos Disueltos Totales	73	100	2	200
Sulfatos	1	100	2	200
Nitrógeno de Nitritos	0,023	100	2	200
Nitrógeno de Nitratos	1	10	2	20
Fluoruros	0,65	100	3	300
Cloriformes totales	150	100	3	300
Coliformes fecales	3	100	3	300
			27	2460
			ICA= 91,1111111	
			K= 1	

MUESTRA 2	Ci	Pi	(Ci Pi)	
pH	5	40	1	40
Conductividad	154	100	4	400
Turbiedad	0,95	100	3	300
Dureza total	70	90	1	90
Cloruros	5,67	100	1	100
Solidos Disueltos Totales	81,5	100	2	200
Sulfatos	1	100	2	200
Nitrógeno de Nitritos	0,002	100	2	200
Nitrógeno de Nitratos	1	90	2	180
Fluoruros	0,26	100	3	300
Coliformes totales	0	0	3	0
Coliformes fecales	0	0	3	0
			27	2010
			ICA= 74,4444444	
			K=1	

MUESTRA 3	Ci	Pi	(Ci Pi)	
pH	5	40	1	40
Conductividad	194	100	4	400
Turbiedad	0,46	100	3	300
Dureza total	56	90	1	90
Cloruros	5,67	100	1	100
Solidos Disueltos Totales	103	90	2	180
Sulfatos	62	80	2	160
Nitrógeno de Nitritos	0,006	100	2	200
Nitrógeno de Nitratos	0,8	100	2	200
Fluoruros	0,13	80	3	240
Coliformes totales	4	100	3	300
Coliformes fecales	0	0	3	0
			27	2210
			ICA= 81,8518518	
			K=1	

MUESTRA 4	Ci	Pi	(Ci Pi)	
pH	5	40	1	40
Conductividad	108	90	4	360
Turbiedad	2,24	90	3	270
Dureza total	16	100	1	100
Cloruros	5,67	100	1	100
Solidos Disueltos Totales	57,3	100	2	200
Sulfatos	0	100	2	200
Nitrógeno de Nitritos	0,008	80	2	160
Nitrógeno de Nitratos	1	90	2	180
Fluoruros	0,68	100	3	300
Coliformes totales	150	100	3	300
Coliformes fecales	0	0	3	0
			27	2210
			ICA= 81,8518518	
			K= 1	

MUESTRA 5	Ci	Pi	(Ci Pi)	
pH	7	100	1	100
Conductividad	84,4	0	4	0
Turbiedad	17,92	50	3	150
Dureza total	20	100	1	100
Cloruros	5,67	100	1	100
Solidos Disueltos Tota	46,2	100	2	200
Sulfatos	1	100	2	200
Nitrógeno de Nitritos	0,008	90	2	180
Nitrógeno de Nitratos	0,2	100	2	200
Fluoruros	0,43	100	3	300
Coliformes totales	240	100	3	300
Coliformes Fecales	9	100	3	300
			27	2130
			ICA= 78,8888888	
			K= 1	

Figura 88 Cálculos de parámetros en conjunto para obtener el índice de calidad del agua (ICA) en los sitios de muestreo. Fuente: elaboración propia.

En los sitios de muestreo se observan valores mayores a 80, lo que establece un agua de buena calidad, el sitio 2 por tener valores de pH menores a 6.5 de conductividad y dureza elevados, presenta un ICA de 74 y el punto 5 al presentar valor de turbiedad 17.92 su valor de ICA es de 78 (Fig. 89). En la figura 90 se muestran los valores de referencia referidos a limitantes de uso en función de la calidad del agua.

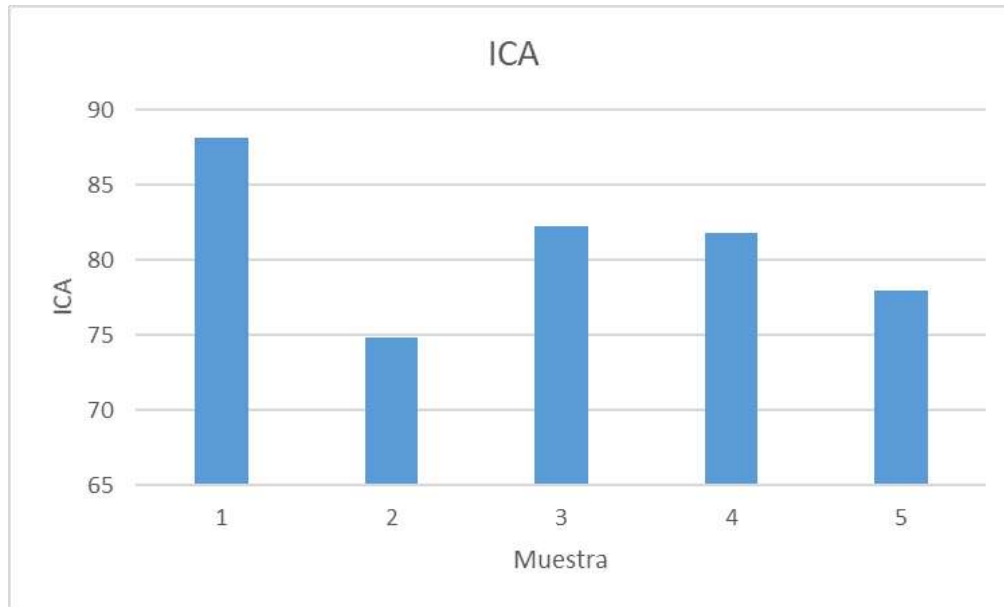


Figura 89 Interpretación gráfica del índice calidad de agua (ICA) en los sitios de muestreo.

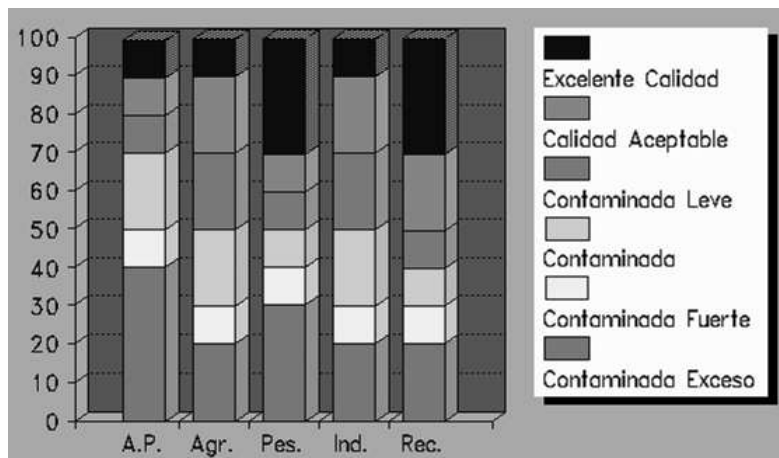


Figura 90 Limitantes de uso del agua según el valor de ICA. Donde AP: agua potable, AGR: Agricultura, PES: Pesca, IND: industria, REC: Recreativo con contacto primario. Fuente: León-Vizcaíno 2009.

A continuación, en las figuras 91 a-d, 92 y 93 se muestra la representación gráfica de los resultados positivos encontrados en el presente estudio de calidad del agua.

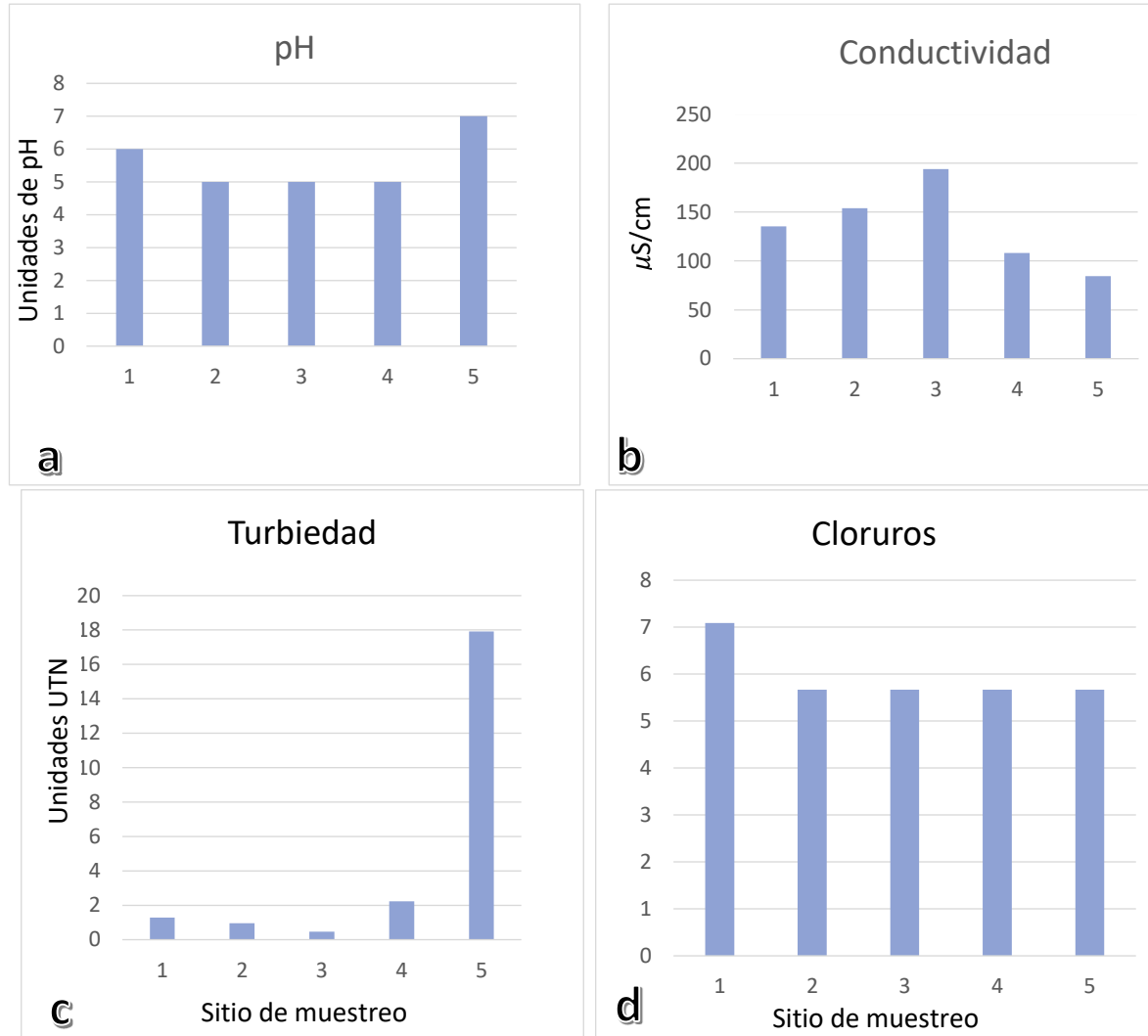
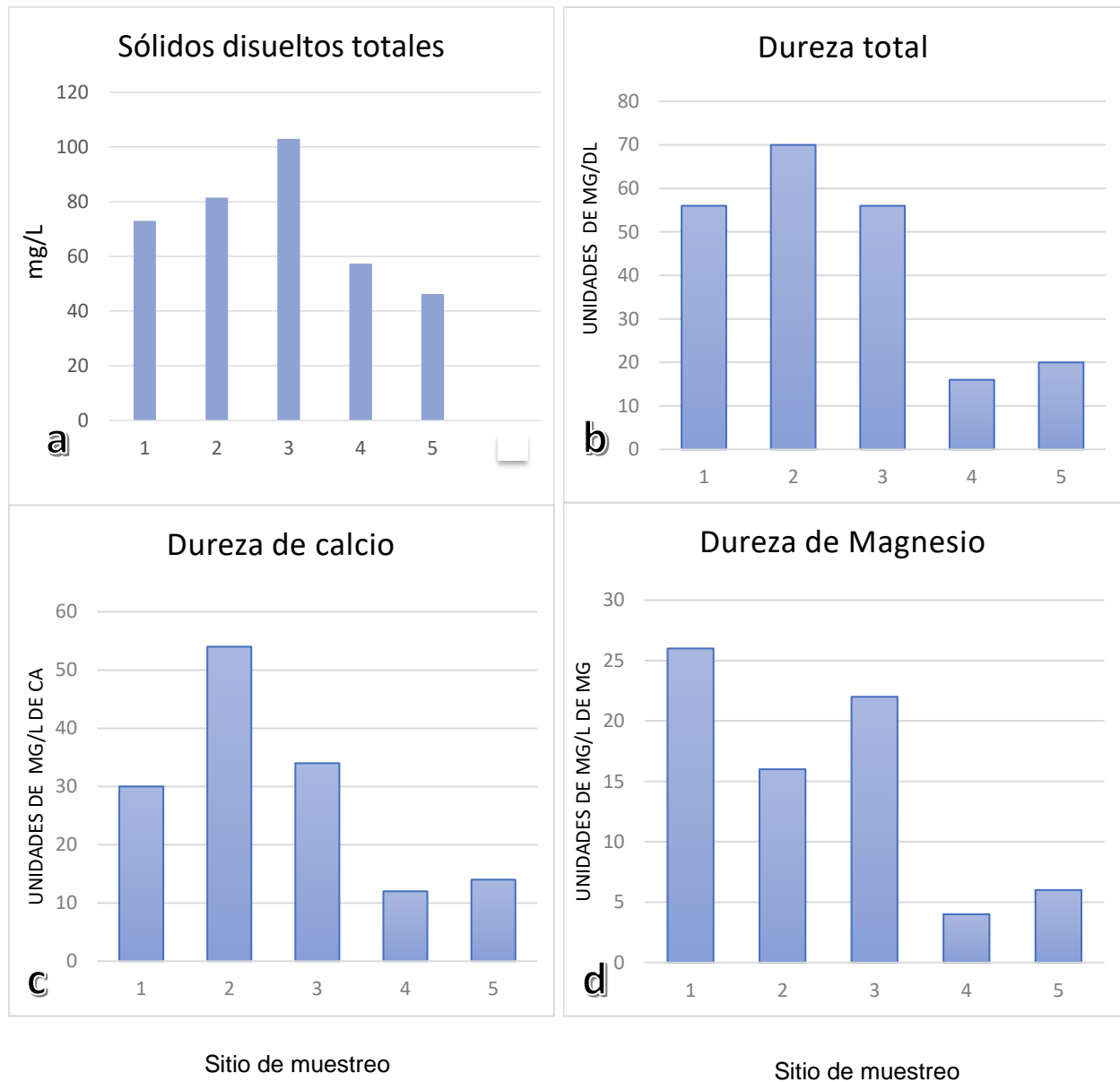


Figura 91 Valores de pH, conductividad, turbiedad y cloruros registrados en los sitios de muestreo.

El valor de pH normal se encuentra entre 6.5 a 8.5, y como se observa se tienen valores menores, siendo característicos de aguas de poca movilidad con degradación de materia orgánica de la hojarasca (Fig. 91a). Los valores de conductividad observados son normales para el tipo de agua evaluado, ya que corresponden a una microcuenca con poco caudal y poca distancia de escorrentía con respecto al parteaguas (Fig. 91b). La turbiedad observada es normal para los cuatro puntos primeros, y en el punto 5 esta se correlaciona con el caudal que arrastra mayor contenido de arcillas y limos ya que esta cruza zonas agrícolas aguas arriba (Fig. 91c). Los valores de cloruros (Fig. 91d), sólidos disueltos totales (Fig. 92a), dureza total (Fig. 92b), dureza de calcio (Fig. 92c), y dureza de magnesio (Fig. 92d) observados son normales para el tipo de agua evaluado, ya que corresponden a una microcuenca con poco caudal y poca distancia de escorrentía con respecto al parteaguas.



**Figura 92** Valores de sólidos disueltos totales, dureza total, dureza de calcio y dureza de magnesio registrados en los sitios de muestreo.

Los valores de cloruros observados son normales para el tipo de agua evaluado, ya que corresponden a una microcuenca con poco caudal y poca distancia de escorrentía con respecto al parteaguas (Fig. 91d).

Los valores de sulfatos observados son normales y muy bajos para el tipo de agua evaluado, ya que corresponden a una microcuenca con poco caudal y poca distancia de escorrentía con respecto al parteaguas, la muestra 3, al ser un cuerpo de agua estancado, permite una mayor disolución de este por degradación de materia orgánica (Fig. 93a). Los valores de nitrógeno de nitritos (Fig. 93b), nitratos (Fig. 93c) y fluoruros (Fig. 93d) observados son normales para el tipo de agua evaluado, ya que



corresponden a una microcuenca con poco caudal y poca distancia de escorrentía con respecto al parteaguas.

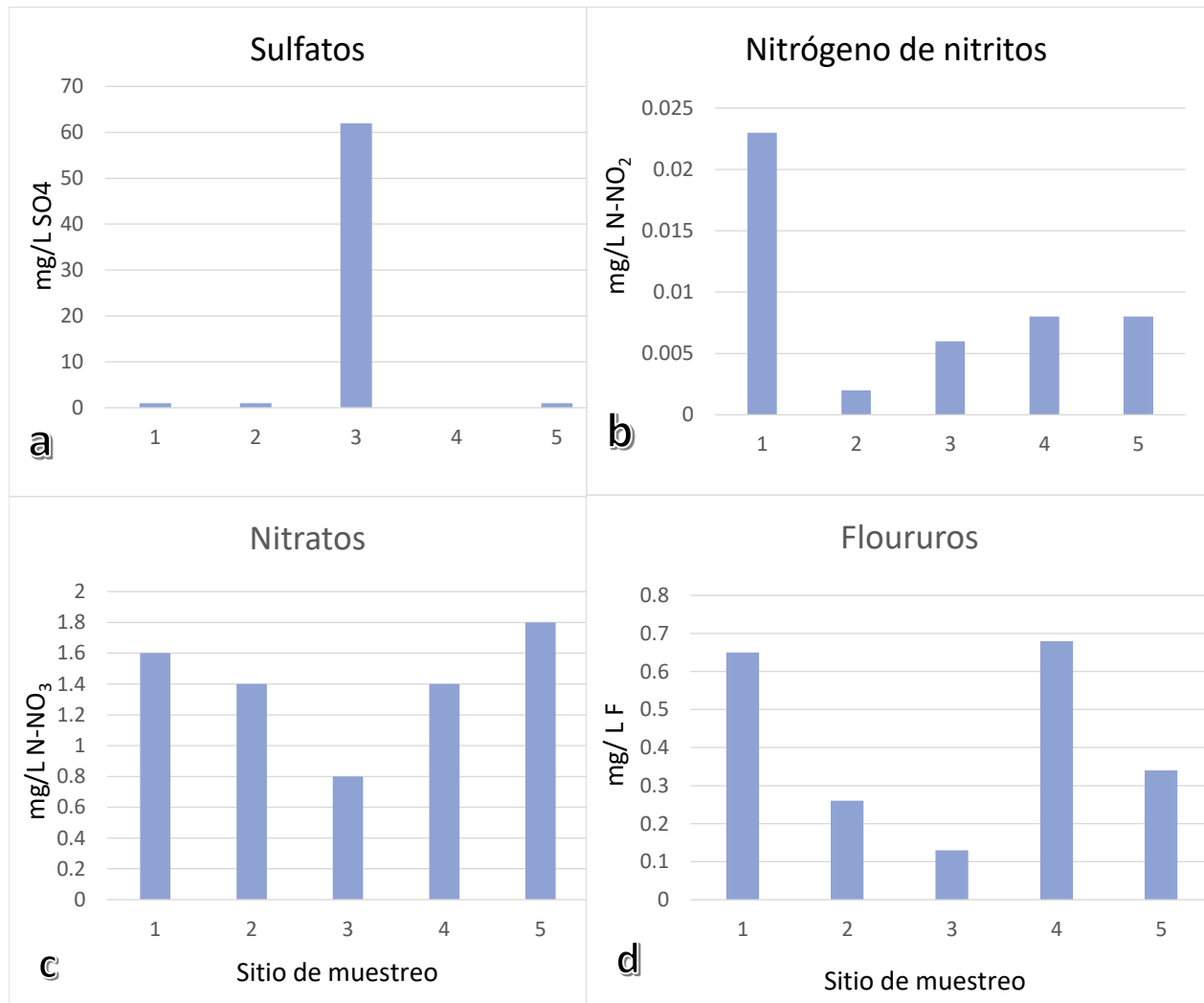


Figura 93 Valores de sulfatos, nitrógeno de nitritos, nitratos y floururos registrados en los sitios de muestreo.

### Discusión de resultados obtenidos

En relación con los parámetros fisicoquímicos se observa que no sobrepasan ninguno de ellos los límites establecidos tanto para los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CCA-001-89, para la protección a la vida en agua dulce, así como en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.

En el caso de plaguicidas todos dieron resultado negativo, denotando una ausencia de contaminación para la fecha de muestreo efectuada, será conveniente posteriormente evaluar dicho contaminante en época de escorrentía, y así validar su ausencia estacional.

En el aspecto microbiológico los resultados fueron positivos en algunos puntos de muestreo tanto para coliformes totales como fecales, pero los valores son consistentes con la contaminación esperada por la presencia de mamíferos silvestres en los sitios, ya que si tuvieran origen de aguas residuales o por contaminación humana sus valores oscilarían en miles o millones de NMP/100ml.

Se concluye que se mantiene una buena calidad del agua evaluada para los 5 sitios considerados en el estudio. Se recomienda que se promueva la protección de todos los cauces y cuerpos de agua en la Sierra de Tesistán, además del uso responsable de este valioso recurso.

## 7.3 Relevancia biótica

### 7.3.1 Flora y vegetación

#### Introducción

La presencia de especies vegetales es imprescindible en cualquier ecosistema de nuestro planeta. Al realizar la fotosíntesis, generan el oxígeno vital para los seres vivos. Constituyen la base de los ciclos de energía o cadenas tróficas en los sistemas biológicos, es por eso que de las plantas dependen la mayoría de las especies de fauna, incluido el ser humano. Según las condiciones del clima y varios otros factores del ambiente, la flora determina la estructura y composición de una comunidad vegetal o vegetación de un área determinada. Además, las plantas proveen refugio y alimento a las especies que habitan los bosques y a la vez, favorecen interacciones ecológicas con ellas. Desde la perspectiva económica el ser humano se beneficia de las plantas al obtener recursos diversos como madera, alimentos, medicinas, productos industriales como resina o fibras, aceites, entre muchos otros.

En este sentido, México se ha reconocido a nivel mundial por ocupar la cuarta posición por su riqueza florística con 23,314 especies y su endemismo que alcanza casi 50%. En el contexto nacional, Jalisco se ubica en el cuarto lugar con 7,155 especies de plantas y de éstas 3,353 son endémicas de México (Villaseñor 2016). Al interior del Estado, para el municipio de Zapopan se han registrado 1,388 especies de flora, de las cuales, siete fueron reconocidas en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-ECOL-2001, vigente en ese tiempo (POETZ 2006). Sin embargo, la diversidad biológica del municipio no se ha cuantificado por completo, existen áreas de su territorio con escasa o nula exploración, tal es el caso de la Sierra de Tesistán, la cual a pesar de su cercanía con la mancha urbana no cuenta con inventarios de flora.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue elaborar el inventario de la flora presente en el polígono que se pretende proteger como Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col (SITECOL) y señalar las especies que se encuentran en riesgo.

#### Métodos

El listado florístico del área se elaboró a partir de varias fuentes: 1) revisión de literatura especializada; 2) consulta de bases de datos en plataformas digitales (GBIF, Herbarios del Noroeste, Ibddata, Naturalista, SIANET) y, 3) trabajo de campo propio. Este último se concentró en el área del polígono que se propone proteger y con escasa exploración en el área de influencia. Se realizaron 14 salidas a diferentes sitios con el fin de explorar los hábitats representativos para recolectar material botánico. Las muestras vegetales se recolectaron y herborizaron de acuerdo con la metodología de Lot & Chiang (1986). La determinación se realizó en su mayoría hasta nivel de especie mediante el uso de claves dicotómicas, monografías, floras, revisiones taxonómicas y bibliografía especializada. En algunos casos se consultó a taxónomos especialistas en algunas familias de plantas quienes validaron las determinaciones realizadas. El listado florístico se organizó con base en el sistema de clasificación de las plantas con flores propuesto por APG IV (2016). Los nombres científicos se citan de acuerdo con Tropicos (2023). En la lista se anotan el nombre científico completo de todos los taxa (familia, género, especie y autor/es y taxa infraespecíficos y autor), origen (nativa o introducida), endemismo (escala México), categorías de riesgo según la Lista Roja de especies en riesgo de la UICN (2023), apéndices vigentes de la CITES (2022) y NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010, 2019). También se incluyen los nombres comunes de algunas especies, los cuales se obtuvieron principalmente a partir del conocimiento popular propio (Gregorio Nieves, comunicación personal) y de forma complementaria, de la revisión bibliográfica.

## Resultados

Se presenta un listado preliminar de 644 taxones (se incluyen 11 con categoría infra específica) de plantas vasculares en 365 géneros y 113 familias (Anexo II). Esta diversidad florística, representa el 46.4% de la registrada para todo el municipio. El grupo de las Angiospermas modernas (dicotiledóneas): girasoles, legumbres, tomates, entre otras es el de mayor riqueza con 73%, le siguen las Angiospermas modernas (monocotiledóneas): agaves, pastos, orquídeas, gallitos y otras con un 23 %. Mientras que las Pteridofitas (Helechos y plantas afines) representan sólo el 4 %. Del total de la flora, las familias con mayor riqueza de especies son: Asteraceae (104), Fabaceae (74), Poaceae (45), Asparagaceae (23), Lamiaceae y Malvaceae (20 cada una) entre otras (Fig. 94). Entre los géneros más diversos destacan *Solanum* (11), *Salvia* e *Ipomoea* (10 cada uno) y *Quercus* (9) (Fig. 95).

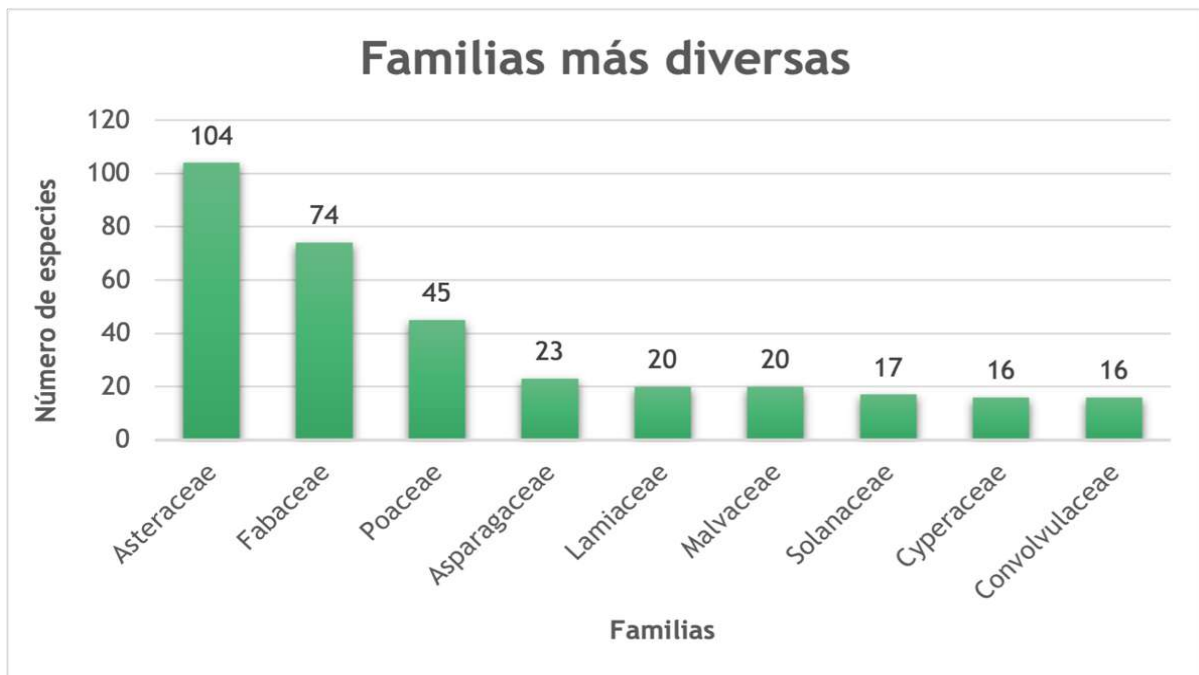


Figura 94 Familias de plantas más diversas de la flora en la SITECOL. Fuente: elaboración propia.

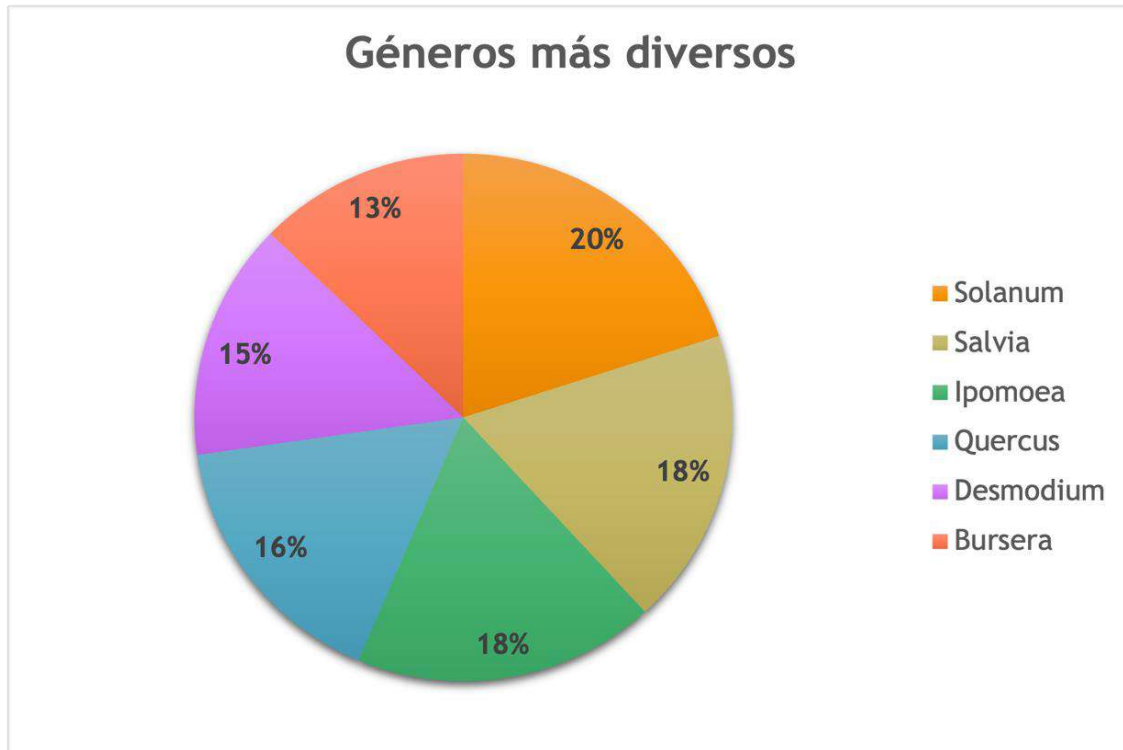
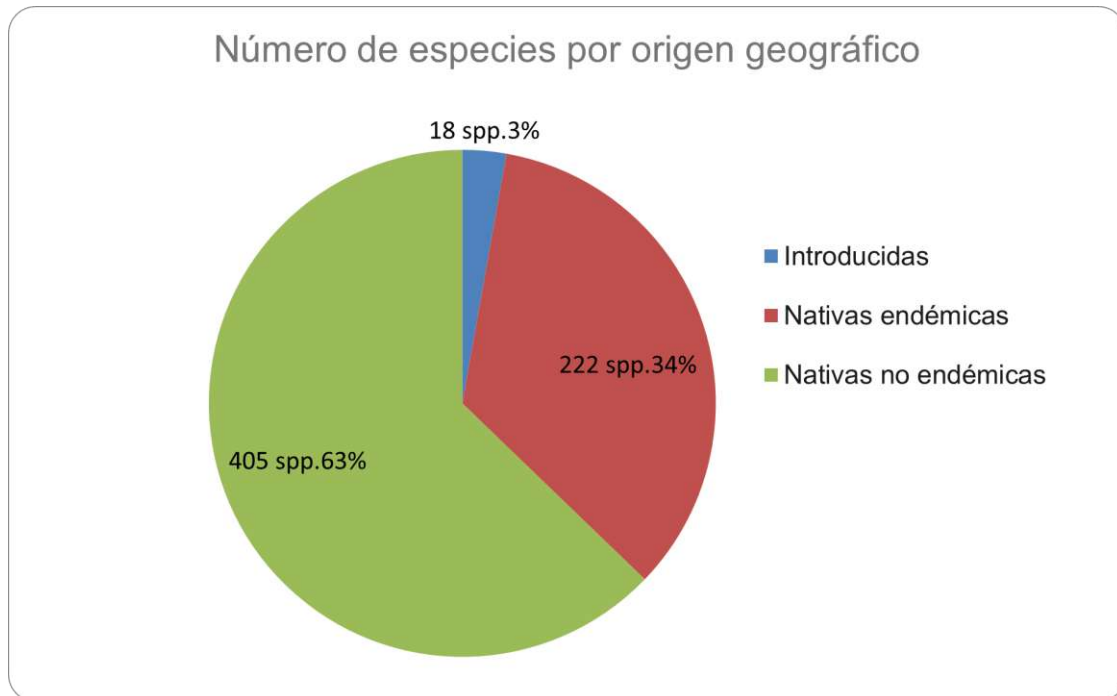


Figura 95 Géneros de plantas con mayor riqueza de especies en la SITECOL. Fuente: elaboración propia.

Por su origen geográfico la flora de la SITECOL incluye 626 especies nativas de México y sólo 18 especies introducidas (exóticas o no nativas de México). De las especies nativas, 222 son endémicas del país (exclusivas no compartidas con otras regiones) (Fig. 96 y Anexo II). Entre las especies introducidas intencionalmente se encuentran el zacate guinea (*Panicum maximum*), el pasto estrella africana (*Cynodon dactylon*) y zacate rhodes (*Chloris gayana*), los cuales se cultivan para alimentar al ganado. Otras se utilizan como valla rompevientos; eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis*) y casuarinas (*Casuarina equisetifolia*), por lo que se les encuentra en áreas cercanas a ranchos o caseríos (Anexo II). Existen otras especies exóticas cuya introducción en el área parece accidental y se encuentran en la lista de especies invasoras de México elaborada por la SEMARNAT (2016), tomando en cuenta su nivel de invasividad. Se trata de *Melinis repens* (Pasto rosado), *Leonotis nepetifolia* (Bola del rey, vela de navidad), *Ricinus communis* (Higuerilla), *Cajanus cajan* (Chícharo gandú) y *Andropogon gayanus* (Pasto Gamba).



**Figura 96** Número de especies de plantas por origen geográfico y endemismo (escala México) en la SITECOL. Fuente: elaboración propia.

Las especies enlistadas con alguna categoría de riesgo suman 161: según la NOM-059 son 7, de ellas 2 están Amenazadas (A) y 5 en Protección especial (Pr). Según la UICN 10 enfrentan alto riesgo; 2 son Vulnerables (VU), 2 Casi Amenazadas (NT) y 6 en Peligro (E). Mientras que 123 se encuentran en menor riesgo (LC). Por otra parte, el CITES incluye 21 taxones de la flora de la SITECOL en el Apéndice II (Tabla 74 y 75, Fig. 97).

**Tabla 74** Número de especies de plantas por categoría enlistadas en la NOM-059-2010, 2019, UICN y CITES.

Instrumento de protección	Categoría	Número de especies
NOM-059	A	2
	Pr	5
	LC	123
UICN	E	6
	NT	2
	VU	2
CITES	Apéndice II	21

Categorías: NOM-059 (Amenazada=A, Protección Especial=Pr); CITES (Apéndices I y II); UICN (En peligro=E, Vulnerable=V, Casi amenazado=NT, Preocupación menor=LC).

**Tabla 75** Especies de plantas con alguna categoría de riesgo en la NOM-059-2010, 2019, UICN y CITES.

Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010)	
Categoría de riesgo	Especies
Amenazada (A)	<i>Bursera arborea, Sideroxylon capiri</i>
Protección especial (Pr)	<i>Amoreuxia palmatifida, Bouvardia loeseneriana, Ferocactus histrix, Polianthes longiflora, P. platyphylla</i>
Lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)	
En peligro (E)	<i>Agave guadalajarana, Brahea sarukhanii, Ilex dugesii, Magnolia pugana, Prunus zinggii, Styrax jaliscana</i>
Casi amenazada (NT)	<i>Bursera arborea, Ferocactus histrix</i>
Vulnerable (V)	<i>Mammillaria jaliscana, Persea hintonii</i>
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)	
Apéndice II	Cactáceas: <i>Ferocactus histrix, Mammillaria araeolae, Mammillaria jaliscana, Opuntia tomentosa, Stenocereus queretaroensis.</i>  Orquídeas: <i>Bletia adenocarpa, Bletia brevicaulis, Bletia ensifolia, Bletia reflexa, Bletia tamayoana, Dichromanthus aurantiacus, Epidendrum rosilloi, Greenwoodiella micrantha, Habenaria jaliscana, Habenaria repens, Habenaria trifida, Habenaria zapopana, Liparis vexillifera, Malaxis soulei, Sacoila lanceolata, Trichocentrum cebolleta</i>

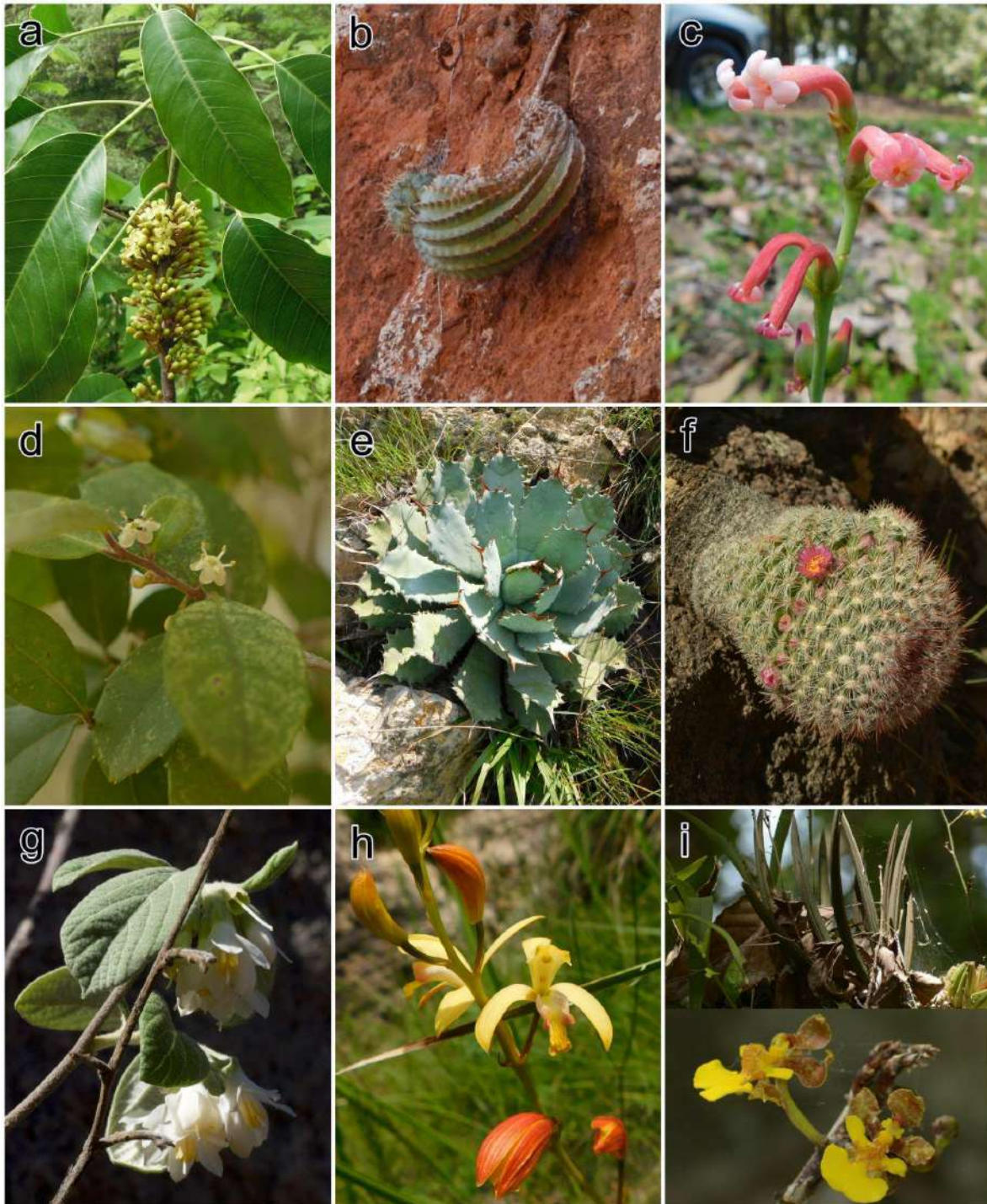
Fuente: elaboración propia.

Otros taxones que no están enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010, 2019) pero que son de importancia biogeográfica y de alto valor para la conservación por su endemismo restringido, incluyen a *Populus luziarum, Styrax jaliscana, Magnolia pugana, Bletia tamayoana, Sedum meyranianum* y *Mammillaria araeolae* de reciente descripción (Ortiz-Brunel et al., 2023).

En el área se encuentran especies nombradas en honor a esta región tales como: *Agave guadalajarana, Asclepias jaliscana, Begonia tapatia, Commelina jaliscana, Habenaria jaliscana, H. zapopana, Hechtia jaliscana, Mammillaria jaliscana, Manfreda jaliscana, Perityle jaliscana, Pitcairnia jaliscana, Polianthes zapopanensis, Salvia guadalajarensis* y *Styrax jaliscana* (Fig. 98).

La especie *Casimiroa edulis* que también se encuentra en el área y es conocida como “Zapote blanco” es una especie emblemática a la que se debe el nombre del municipio de Zapopan (tierra de zapotes) y se encuentra en el escudo municipal.

Adicionalmente en el Anexo IV se ilustran más especies vegetales a manera de catálogo fotográfico de la biodiversidad del AMPH SITECOL.



**Figura 97** Muestra de especies de plantas de la SITECOL con alguna categoría de riesgo en la NOM-059: (a) *Sideroxylon capiri*, (b) *Ferocactus histrix*, (c) *Polianthes platyphylla*; según la UICN: (d) *Ilex dugesii*, (e) *Agave guadalajarana*, (f) *Mammillaria jaliscana*, (g) *Styrax jaliscana* y según CITES: (h) *Bletia adenocarpa*, (i) *Trichocentrum cebolleta*. Fuente: elaboración propia.





**Figura 98** Muestra de especies de alto valor para la conservación en la SITECOL: (a) *Magnolia pugana*, (b) *Populus luziarum*. Nombradas en honor a esta región: (c) *Asclepias jaliscana*, (d) *Begonia tapatia*, (e) *Habenaria jaliscana*, (f) *Manfreda jaliscana*, (g) *Pitcairnia jaliscana*, (h) *Polianthes zapopanensis*, (i) *Salvia guadalajarensis*. Fuente: elaboración propia.

## Vegetación

Las masas boscosas son de vital importancia para la sociedad y para muchas otras especies ya que proporcionan múltiples beneficios y servicios como regulación del clima, disminución de la erosión del suelo, protección de cuencas hidrográficas, favorecen la recarga de acuíferos, son fuente de materias primas, sirven como sitios para la recreación y fungen como hábitat de numerosas especies de hongos y de fauna, entre otras.

La cobertura de la vegetación en el AMPH Sierra de Tesistán-La Col (SITECOL), se determinó a partir de las coberturas del suelo 2016 en el marco del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Zapopan (POELZ 2020).

Se identificaron 15 tipos de coberturas y su distribución se muestra en la Figura 93. Seis tipos corresponden a cobertura de bosque (bosque espinoso, bosque templado denso, bosque templado semidenso, bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio y matorral inducido) y ocupan el 75.44 % de la superficie del polígono. Asimismo, 9 coberturas pertenecen a no bosque (agricultura de riego y de humedad, agricultura seca, áreas verdes urbanas, cuerpos de agua, infraestructura, pastizal inducido, urbanización densa, urbanización semidensa y áreas sin vegetación aparente) y cubren el 24.56 % de la superficie (Tabla 76 y Fig. 99). En las coberturas de bosque, predomina el bosque templado semidenso con 31.08%, le sigue el bosque tropical caducifolio con 15.43% y el matorral inducido (14.27%). Mientras que en las coberturas de no bosque el pastizal inducido ocupa la mayor superficie con 19.25%, seguido de agricultura seca con 4.16% (Tabla 76 y Fig. 100).

Con el fin de describir las características de cada tipo de vegetación en el AMPH SITECOL, se determinó la correspondencia que guardan los tipos de coberturas utilizados en el POEL Zapopan (2018) con los tipos de vegetación de Rzedowski (2006) y las observaciones realizadas durante el trabajo de campo para la recolecta de material botánico. En la tabla 76 se muestran los niveles generales de clasificación y la superficie que ocupan en el polígono del AMPH.

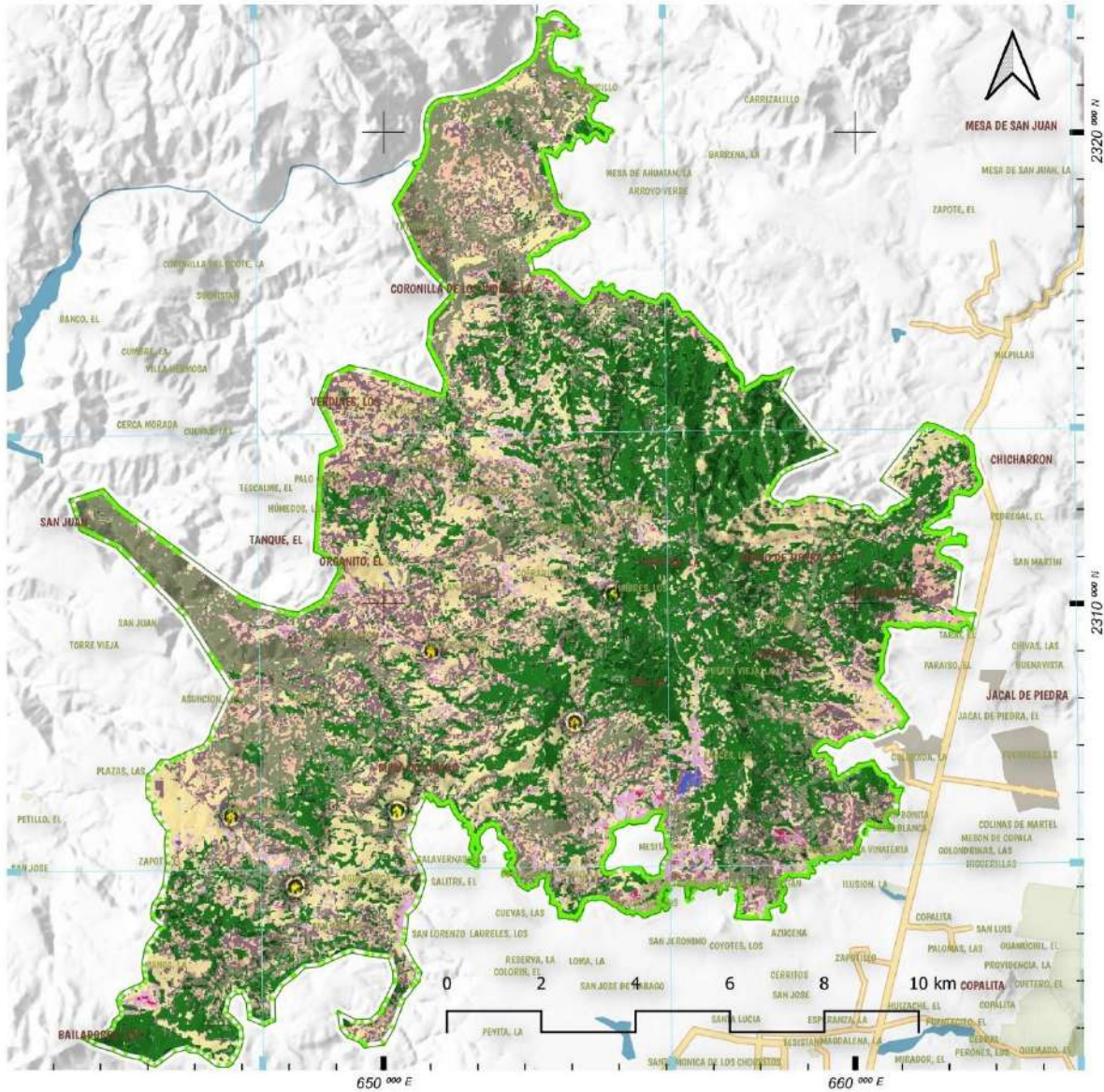


Figura 99 Cobertura del suelo y vegetación en el AMPH SITECOL. Fuente: INEGI 2016.

**Tabla 76** Superficie en el AMPH SITECOL por tipo de cobertura del suelo según diversas fuentes.

	Cobertura POELZ 2020	Equivalencia con Rzedowski (2006) y campo	Superficie	
			Ha	%
Bosque	Bosque espinoso	Bosque tropical caducifolio perturbado	1799.3636	9.46
	Bosque templado denso	Bosque de <i>Quercus-Pinus</i>	764.7235	4.02
	Bosque templado semidenso	Bosque de <i>Quercus-Pinus</i>	5911.1184	31.08
	Bosque tropical caducifolio	Bosque tropical caducifolio	2933.6497	15.43
	Bosque tropical subcaducifolio	Bosque tropical subcaducifolio	223.5064	1.18
	Matorral inducido	Vegetación secundaria	2714.7197	14.27
No bosque	Agricultura de riego y de humedad	Agricultura de riego	30.2317	0.16
	Agricultura seca	Agricultura de temporal	793.273	4.17
	Áreas sin vegetación aparente	Áreas sin vegetación aparente	73.177	0.38
	Áreas verdes urbanas	Áreas verdes urbanas	0.157	0
	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	6.004	0.03
	Infraestructura	Infraestructura	32.929	0.17
	Pastizal inducido	Pastizal inducido	3660.938	19.25
	Urbanización densa	Urbanización densa	37.300	0.2
	Urbanización semidensa	Urbanización semidensa	36.544	0.19
<b>Total</b>			<b>19,035.50</b>	<b>100</b>

Fuente: POELZ 2020 basado en INEGI 2016.

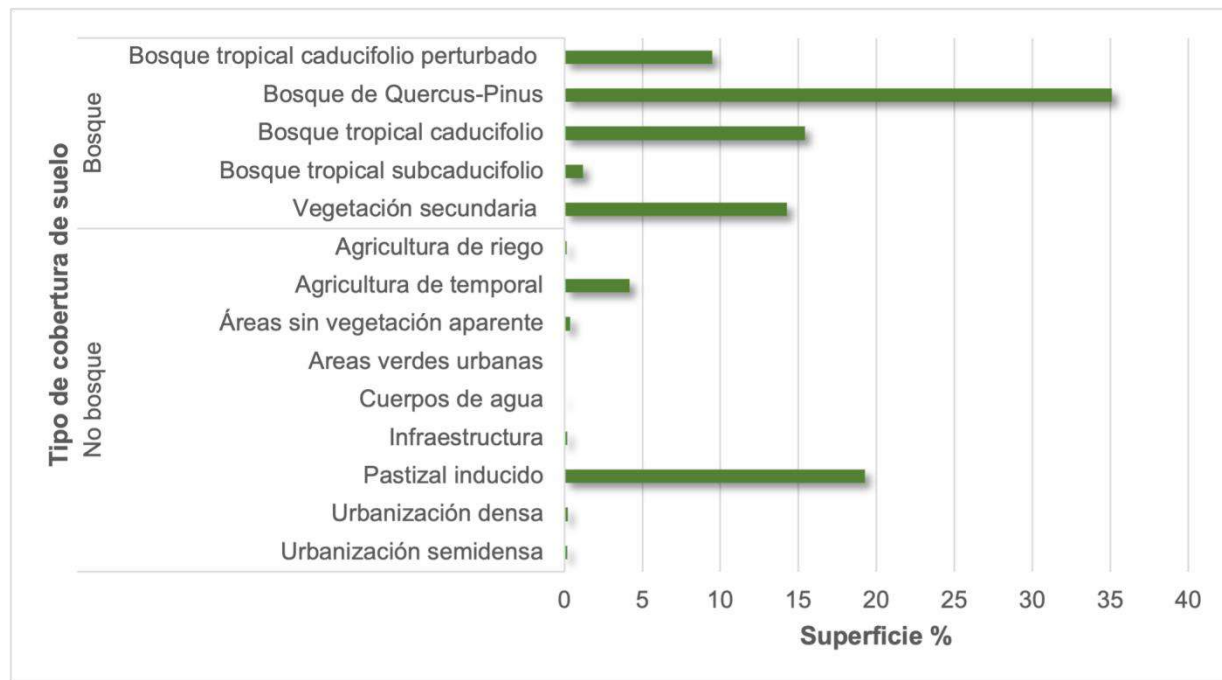


Figura 100 Porcentaje de superficie ocupada por los tipos de coberturas del suelo en el AMPH SITECOL. Fuente: basado en INEGI 2016.

La descripción de los tipos de vegetación y sus especies representativas, con base en Rzedowski (2006) y las observaciones en campo propias, se presenta a continuación:

#### *Bosque templado denso y Bosque templado semidenso*

Estos dos tipos de coberturas, aquí se consideran equivalentes al Bosque de *Quercus-Pinus* (BQP) y ocupan la mayor superficie del polígono del AMPH SITECOL con 35.1%. Comunidad vegetal que se desarrolla en suelos pedregosos y puede formar masas densas donde predominan los encinos y robles del género *Quercus*, o ser muy abierta, este último caso es el más frecuente en la SITECOL. La altura de los árboles varía de 4 hasta 20 m y prevalecen *Quercus magnoliifolia* y *Q. resinosa*, con menor frecuencia se encuentran *Q. aristata*, *Q. laeta*, *Q. praineana*, *Q. subspathulata* y *Q. viminea*. Por su parte, *Quercus castanea* ocupa terrenos planos. En las partes altas, cerca de la cima de los cerros La Col y La Aguja, crecen intercalados individuos de *Pinus oocarpa* y *P. devoniana*. Es de resaltar que en la cara noreste del cerro La Aguja en una superficie muy reducida, se encuentran cinco especies de la familia Ericaceae que son raras en el área tales como *Agarista mexicana*, *Bejaria aestuans*, *Comarostaphylis glaucescens*, *Gaultheria erecta* y *Vaccinium stenophyllum*, además de *Frangula capreifolia*. El estrato arbustivo en el BQP semidenso es escaso mientras que en el estrato herbáceo son frecuentes *Iostephane heterophylla*, *Dahlia coccinea*, *Calliandra hirsuta*, *Desmodium sericophyllum*, *Chamaecrista serpens*, *Oxalis decaphylla*, *Commelina erecta*, *Begonia gracilis*, *Cuphea llavea* y *Salvia* spp. En el BQP abierto es frecuente *Agave guadalajarana* y varias especies de gramíneas entre las cuales se encuentra *Melinis repens* (especie exótica). Se aprecia también los muérdagos *Psittacanthus calyculatus* y *P. palmeri*.

### *Bosque tropical caducifolio*

También se le conoce como selva baja caducifolia que hace alusión a los cambios contrastantes en su fisonomía densa y exuberante en el periodo de lluvias a una apariencia seca en el periodo de estiaje, debido a la pérdida de la mayor parte de las hojas de las especies que lo componen. Se desarrolla sobre terrenos pedregosos, en laderas con pendientes suaves o a veces pronunciadas, en cañadas, y por lo general en suelos someros. En el AMPH SITECOL ocupa el 15.43% de la superficie y se presenta en algunas cañadas y laderas en los cerros El Cimarrón y La Mesa. En este tipo de vegetación son frecuentes especies de los géneros *Bursera*, *Annona*, *Ceiba*, *Pseudobombax*, *Heliocarpus*, *Leucaena*, *Stenocereus*, *Cochlospermum*, *Physodium*, *Opuntia* e *Ipomoea*. Es importante destacar la riqueza del género *Bursera* como un elemento tropical muy característico, entre ellas: *B. bipinnata*, *B. fagaroides*, *B. kerberi*, *B. multijuga*, *B. palmeri*, *B. penicillata* y *B. arborea*, aunque esta última se encuentra en lugares de mayor humedad.

### *Bosque tropical subcaducifolio*

Esta comunidad vegetal se presenta sólo en las cañadas de los arroyos temporales donde se concentra una mayor humedad, es muy reducida en superficie (1.18%) y aún crecen individuos de *Lysiloma acapulcense*, *Malvaviscus arboreus*, *Prunus zingii*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Bursera arborea*, *Ficus pringlei*, *F. velutina*, *Ceiba aesculifolia*, *Aphananthe monoica*, *Fraxinus udhei*, *Salix bomplandiana*, además son frecuentes los helechos.

Es importante señalar que en el análisis de coberturas no se registra el bosque de galería. Probablemente debido a la superficie reducida que ocupa en el área y por la escala utilizada en este trabajo quedó incluido como bosque tropical subcaducifolio. Sin embargo, debe enfatizarse una cañada ubicada en la porción suroeste del polígono formada por el arroyo La Virgen, en la cual existe una composición única de especies no observada en otros sitios del área propuesta. Esta condición es de alto valor para la conservación por albergar especies que no se encuentran en ningún otro sitio en el mundo (microendémicas) como *Populus luziarum* recientemente descrito como especie nueva (Vázquez et al., 2019) y por lo cual los autores mencionados llamaron la atención hacia esta localidad. Además, otro taxón presente en el sitio y relevante ya que sólo se distribuye en la parte central de Jalisco y sur de Zacatecas es *Magnolia pugana*. Otras especies arbóreas de distribución restringida a las áreas húmedas son *Persea liebmannii*, *Salix taxifolia*, *Oreopanax peltatus*, *Fraxinus uhdei*, *Prunus zingii*, *Styrax jaliscana* e *Ilex dugesii*. Entre las herbáceas epífitas se encontraron *Trichocentron cebolleta* y *Tillandsia schiedeana*. Este sitio se encuentra amenazado ya que además de su escasa superficie se observó rodeado de potreros con ganado vacuno y pastizal inducido para alimentar al mismo. También es un riesgo inminente la posible expansión de huertas de limón y cultivo de agave que actualmente se encuentran en la cercanía.

### *Bosque espinoso (Bosque tropical caducifolio perturbado)*

El bosque espinoso con 9.46% de superficie al que se hace alusión en las coberturas del AMPH (Tabla 72) no se distribuye propiamente en esta área, ya que varios trabajos (Rzedowski y McVaugh 1966, Rzedowski, 2006) lo ubican de forma preferente en planicies costeras de la vertiente del Pacífico y en menor proporción en otras áreas del sur del Estado. Consideramos que en el AMPH ésta vegetación se refiere al bosque tropical caducifolio con muestras de perturbación, en el que aún permanecen relictos de elementos del bosque tropical original, acompañados de otros elementos del tipo malezoide, algunas veces exóticos-invasivos, es así que se aprecian con frecuencia *Acacia farnesiana*, *Eysenhardtia polystachya*, *Guazuma ulmifolia*, *Casearia nitida*, *Tecoma stans*, *Ipomoea intrapilosa*, *Lippia umbellata*, *Verbesina fastigiata*, y *Waltheria indica*, entre otras.

#### *Matorral inducido (Vegetación secundaria)*

El matorral inducido que se menciona en las coberturas del AMPH con 14.27% (Tabla 72), aquí se considera como equivalente a la vegetación secundaria, ya que este se desarrolla como consecuencia de un evento de disturbio o alteración de la vegetación original. Es decir, aquel donde la composición de especies propias ha cambiado drásticamente y en él predominan especies herbáceas y escasas arbustivas. Esta condición se considera como una fase de sucesión ecológica en la cual cabe la posibilidad de restablecimiento de una vegetación original o clímax si los eventos de disturbio cesan y transcurre el tiempo necesario. Pueden encontrarse especies de tallas bajas que no superan los tres metros, entre ellos *Acacia farnesiana*, *A. pennatula*, *Dodonaea viscosa*, *Condea albida*, *Buddleja sessiliflora*, *Ricinus communis*, *Nicotiana glauca* y *Wigandia urens*.

#### *Pastizal inducido*

Entre las coberturas de no bosque, este pastizal es el que ocupa la mayor superficie con 19.25%. Como su nombre lo indica, corresponde a la comunidad vegetal dominada por pastos y otras herbáceas de porte bajo que colonizan terrenos donde la vegetación original ha sido eliminada entre ellas *Argemone ochroleuca*, *Amaranthus hybridus*, *Solanum rostratum*, *Salvia misella*, *Lobelia laxiflora*, entre otras.

#### *Agricultura de riego y de humedad*

Refiere a la superficie cultivada que depende de la humedad residual del suelo o que utiliza algún sistema de riego que suministra agua suplementaria a los cultivos. En el área de estudio los cultivos de este tipo corresponden en su mayoría a huertas de limón y de nopales.

#### *Agricultura seca (Agricultura de temporal)*

Corresponde a las áreas cultivadas en donde los cultivos que se siembran dependen exclusivamente del agua de la lluvia. En el AMPH SITECOL los principales cultivos de temporal son el agave y el maíz.

Adicionalmente en el Anexo IV se ilustran fotografías de paisaje y algunos de los tipos de vegetación a manera de catálogo fotográfico de la biodiversidad del AMPH SITECOL.

## 7.3.2 Fauna

### Introducción

Cerca de dos terceras partes de la biodiversidad mundial se localizan en poco más de una docena de países conocidos como países megadiversos. México destaca ya que es la quinta nación con mayor riqueza de especies en cuanto a los cuatro grupos de vertebrados (aves, reptiles, anfibios y mamíferos). Dicha biodiversidad se explica por su gran complejidad fisiográfica y por su intrincada historia geológica y climática (Sarukhán et al. 2017).

Uno de los ecosistemas que se encuentran en México son los bosques templados, los cuales ocupan el 16% del territorio mexicano (324,183 km<sup>2</sup>). Se encuentran en altitudes entre 2,000 y 3,400 m y se distribuyen en mayor grado en el norte y sur de Baja California, así como a lo largo de las Sierras Madre Occidental y Oriental, en el Eje Neovolcánico, la Sierra Norte de Oaxaca y en el sur de Chiapas (CONABIO 2021) estos bosques poseen un alto número de especies amenazadas, en peligro de extinción y sujetas a protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Galicia et al. 2018), sin embargo, poseen una tasa de deforestación anual promedio mayor a 0.5% (Masera, Ordoñez y Dirzo, 1997a; Galicia et al. 2015). Lo cual pone en riesgo la biodiversidad de especies que habitan aquí.

Respecto al número de especies, para el grupo de las aves, existen aproximadamente 10,906 especies en el mundo (Birds of the World 2022). En México se han registrado un total de 1,128 especies (Chesser et al. 2022), cerca del 10% del total mundial. Para el estado de Jalisco se han reportado 565 (Santana et al. 2017), donde una tercera parte son migratorias, lo que confirma la importancia de esta región para las especies migratorias neotropicales (Palomera-García et al. 2007).

En lo que se refiere a los reptiles se han registrado 1,051 especies en México (Uetz 2022), mientras que para el estado de Jalisco se ha reportado la presencia de 171 especies (Cruz-Sáenz et al. 2017), lo cual representa un 16% de la riqueza nacional. Para el caso de los anfibios, en México se cuenta con registro de 434 especies (Frost 2023), por otra parte, para el estado de Jalisco se tiene un listado de 52 especies (Cruz-Sáenz et al. 2017) lo cual representa un 12% de la riqueza de México. En lo que se refiere a mamíferos, en México habitan 564 especies, lo que representa aproximadamente el 13% de la diversidad mundial (Ceballos 2014, Sánchez-Cordero et al. 2014) y para el estado de Jalisco se tiene registrado un total de 190 especies (Godínez y Guerrero 2014). Lo cual es el 36 % de las especies de México.

Esta diversidad biológica se refleja en la gran variedad de ecosistemas, así como de procesos ecológicos, formando la base de importantes servicios ambientales (como de provisión, de regulación y culturales). Una gran parte de la biodiversidad es exclusiva de nuestra nación, lo que representa una seria responsabilidad ante el mundo (Sarukhán et al. 2017). En México las áreas naturales protegidas (ANP) son una alternativa para promover el uso sustentable de los recursos, favorecer la prevalencia de los servicios ecosistémicos y permitir la conservación de la diversidad cultural y biológica de México (Jiménez Sierra et al. 2014).

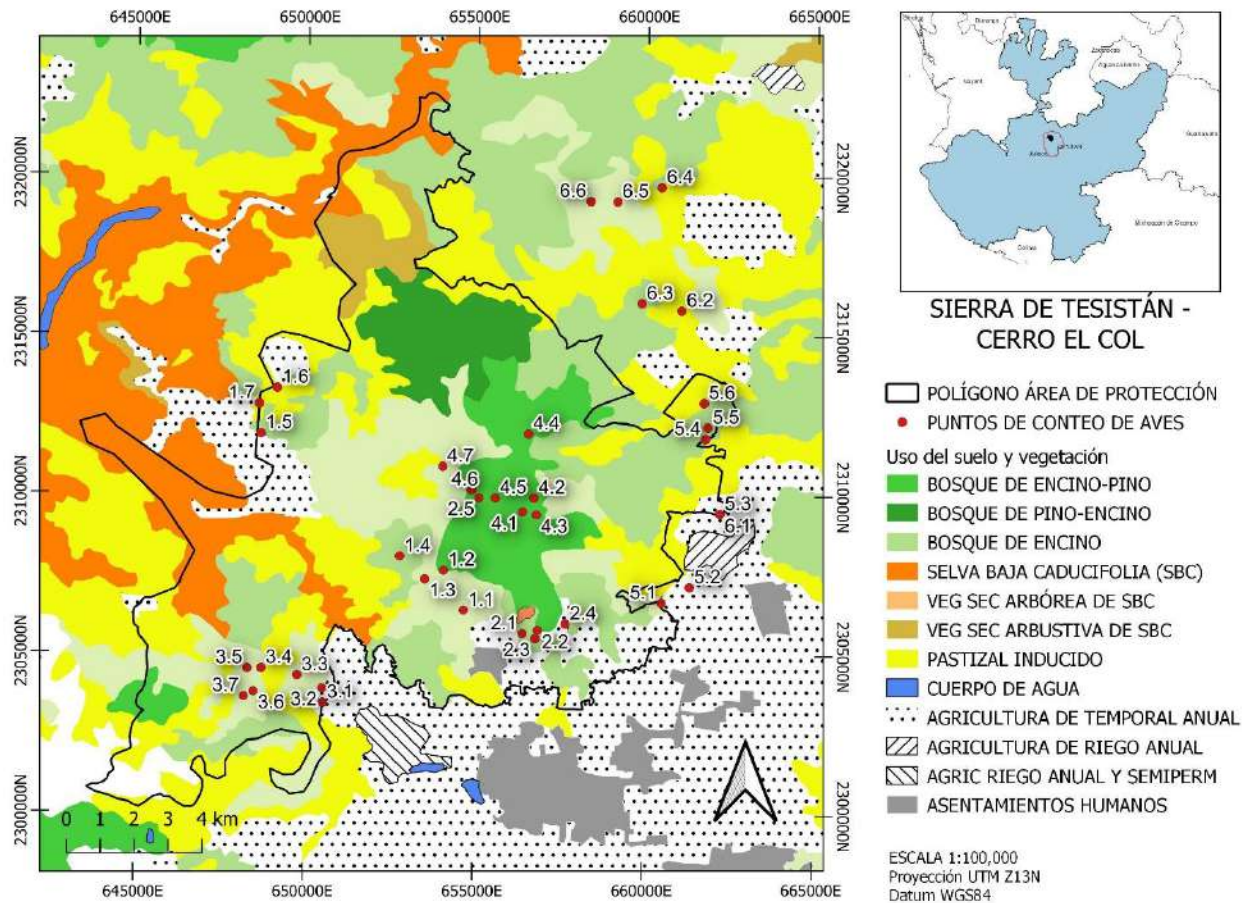
El polígono propuesto para la creación del Área Municipal de Protección Hidrológica (AMPH) Sierra de Tesistán-Cerro La Col, se localiza en la porción norte del municipio de Zapopan, en el estado de Jalisco, México y cubre en su totalidad una superficie de 19,035.50 hectáreas, actualmente no se cuenta con estudios previos dentro del área propuesta, sin embargo toma relevancia debido a que la Sierra de Tesistán-Cerro La Col se sitúa como un área de flujo y conectividad ecológica al integrarse con el Corredor Biológico Metropolitano (Torres-González 2018).

### Métodos

Se realizaron seis salidas de campo para el registro de puntos de conteo de aves. Los puntos fueron seleccionados de tal forma que cubrieran los principales tipos de vegetación de la Sierra de Tesistán-Cerro La Col (Fig. 101). En los sitios visitados se dio aviso o se contó con el permiso de los propietarios para la realización de los muestreos.



Para el registro de las aves en cada punto se identificaron y contaron las aves que se observaron o escucharon dentro de una superficie circular de 15 m de radio durante un periodo de 10 minutos, esto de acuerdo con la metodología recomendada por Ralph et al. (1996) (Fig. 102). Para la determinación de las especies observadas se utilizaron guías de campo y literatura especializada (e.g. Howell y Webb 1995, Berlanga et al. 2021, Sibley 2000, Chesser et al. 2022).



**Figura 101** Puntos de conteo de aves en diferentes tipos de uso del suelo y vegetación. La numeración indica: el primer dígito es el número de salida de campo y el segundo número corresponde al sitio.



Figura 102 Punto de conteo de aves en la localidad de Los Timbres.

La conformación del listado de anfibios y reptiles se basó en la publicación de Salcido-Rodríguez et al. (2023) en la Sierra de Tesistán y zonas aledañas en Palo Gordo (Rojo et al. 2020).

Para el grupo de los mamíferos González-Pérez (en preparación) realizó un estudio sobre la diversidad ecológica de mamíferos medianos y grandes en la Sierra de Tesistán, en el cual, durante el periodo de enero de 2021 hasta febrero del 2022, registraron felinos como ocelote, puma y lince. Además, se realizó una búsqueda de literatura con referencia de listados faunísticos de zonas aledañas al área de estudio como los realizados en el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (Zalapa et al., 2018).

Adicionalmente, se revisaron bases de datos científicas tales como Enciclovida, la plataforma Naturalista y GBIF, para registros de los grupos de anfibios, reptiles y mamíferos, tomando como criterio que presentaran evidencia fotográfica.

## Resultados

Se obtuvo una riqueza total de 257 especies de vertebrados para Sierra de Tesistán-Cerro La Col, de las cuales 115 especies corresponden al grupo de las aves, 61 especies de reptiles, 21 de anfibios y 60 son mamíferos (Anexo III). Del total de especies de fauna 63 son endémicas del país, entre estas 9 son aves, 33 reptiles, 13 anfibios y 8 mamíferos, y 40 especies están protegidas por las leyes ambientales de México (Tabla 77).

Se registraron un total de 115 especies de aves, pertenecientes a 33 familias de 12 órdenes (Anexo III). A su vez, de las especies registradas, 9 especies (7.83%) son endémicas (Tabla 77), además fueron registradas 2 especies (1.74%) exóticas.

**Tabla 77** Riqueza total de vertebrados registrada para Sierra de Tesistán-Cerro La Col. END= Endemismo y NOM-059-SEMARNAT-2010: En peligro de extinción (P), Amenazada (A), Protección especial (Pr).

GRUPO	ORDEN	FAMILIA	ESPECIES	END	NOM-059		
					P	A	Pr
Aves	12	33	115	9	0	2	7
Reptiles	3	20	61	33	1	8	12
Anfibios	2	9	21	13	0	2	4
Mamíferos	8	20	60	8	1	3	0
<b>TOTALES</b>	<b>25</b>	<b>80</b>	<b>257</b>	<b>63</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>23</b>

Fuente: elaboración propia.

De las especies de aves registradas 86 especies (74.78%) son residentes y 29 especies (25.22%) son migratorias (Anexo III.1). Entre las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 7 especies (6.09%) se encuentran en la categoría “Sujeta a protección especial”, 2 especies (1.74%) se encuentra en la categoría de “Amenazada” (Tabla 77).

En el grupo de los reptiles se incluyen un total de 61 especies, pertenecientes a 20 familias de 3 subórdenes (Anexo III.2). Respecto a su grado de endemismo, 33 especies son endémicas (Tabla 77) y dos especies son introducidas. De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, 21 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo: *Heloderma horridum*, *Ctenosaura pectinata*, *Boa sigma*, *Leptophis diplotropis*, *Pituophis deppei*, *Micrurus euryxanthus*, *Thamnophis cyrtopsis* y *T. eques* bajo la categoría de “Amenazada” (A); *Elgaria kingii*, *Plestiodon dugesii*, *Aspidoscelis communis*, *Hypsiglena torquata*, *Imantodes gemmistratus*, *Leptodeira maculata*, *Rhadinaea hesperia*, *Salvadora bairdi*, *Micrurus distans*, *Crotalus basiliscus*, *Kinosternon integrum* en la categoría de “Sujeta a protección especial” (Pr); y *Xantusia sanchezi* en la categoría de “En Peligro de extinción” (P) (Tabla 78).

En lo referente a los anfibios, se obtuvieron un total de 21 especies, pertenecientes a 10 familias de 2 órdenes (Anexo III.3). Respecto a su grado de endemismo, 13 especies son endémicas. De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, 6 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo: *Lithobates neovolcanicus* e *Isthmura bellii* bajo la categoría de “Amenazada” (A); *Eleutherodactylus modestus*, *Exerodonta smaragdina*, *Lithobates forreri* y *Lithobates megapoda* en la categoría de “Sujeta a protección especial” (Pr) (Tabla 78).

En el grupo de los mamíferos se obtuvieron un total de 60 especies, pertenecientes a 20 familias de 8 órdenes (Anexo III.4). Respecto a su grado de endemismo, 8 especies (13.33%) son endémicas y 2 especies (3.33%) son introducidas. De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, 4 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo: *Leopardus pardalis* en “Peligro de extinción (P), *Choeronycteris mexicana*, *Leptonycteris yerbabuena* y *Cratogeomys fumosus* bajo la categoría de “Amenazada” (A) (Tabla 78).

**Tabla 78** Especies de fauna silvestre en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Nombre científico	Nombre común	NOM-059
AVES		
<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	Pr
<i>Anas diazi</i>	Pato Mexicano	A
<i>Buteo swainsoni</i>	Aguililla de Swainson	Pr
<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla Negra Menor	Pr
<i>Cyrtonyx montezumae</i>	Codorniz de Moctezuma	Pr
<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	Aguililla Cola Blanca	Pr
<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín Jilguero	Pr
<i>Passerina ciris</i>	Colorín Sietecolores	Pr
<i>Tilmatura dupontii</i>	Colibrí Cola Pinta	A
REPTILES		
<i>Aspidoscelis communis</i>	Huico Moteado Gigante de la Costa de Jalisco	Pr
<i>Boa sigma</i>	Boa de la Costa Oeste Mexicana	A
<i>Crotalus basiliscus</i>	Cascabel del Pacífico	Pr
<i>Ctenosaura pectinata</i>	Iguana Mexicana de Cola Espinosa	A
<i>Elgaria kingii</i>	Lagarto Escorpión de Arizona	Pr
<i>Heloderma horridum</i>	Lagarto de Chaquira	A
<i>Hypsiglena torquata</i>	Culebra Nocturna del Pacífico	Pr
<i>Imantodes gemmistratus</i>	Culebra Cordelilla Centroamericana	Pr
<i>Kinosternon integrum</i>	Tortuga Pecho Quebrado Mexicana	Pr
<i>Leptodeira maculata</i>	Escombrera del Suroeste Mexicano	Pr
<i>Leptophis diplotropis</i>	Culebra Perico del Pacífico	A
<i>Micrurus distans</i>	Serpiente Coralillo del Occidente Mexicano	Pr
<i>Micrurus euryxanthus</i>	Coralillo Occidental	A
<i>Pituophis deppei</i>	Alicante	A
<i>Salvadora bairdi</i>	Culebra Chata Mexicana	Pr
<i>Plestiodon dugesii</i>	Eslizón de Cuitzeo	Pr
<i>Rhadinaea hesperia</i>	Culebra Rayada Occidental	Pr
<i>Salvadora bairdi</i>	Culebra Chata Mexicana	Pr
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	Culebra Lineada de Bosque	A
<i>Xantusia sanchezi</i>	Lagartija Nocturna de la Sierra Madre Occidental	P
ANFIBIOS		
<i>Eleutherodactylus modestus</i>	Rana Chirriadora Dedos Chatos	Pr
<i>Exerodonta smaragdina</i>	Rana de Árbol Esmeralda	Pr
<i>Isthmura bellii</i>	Tlaconete Pinto	Pr
<i>Lithobates forreri</i>	Rana Leopardo de Forrer	Pr
<i>Lithobates megapoda</i>	Rana Leopardo Patas Grandes	A
<i>Lithobates neovolcanicus</i>	Rana Leopardo Neovolcánica	A
MAMÍFEROS		
<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	P
<i>Choeronycteris mexicana</i>	Murciélago Trompudo	A
<i>Cratogeomys fumosus</i>	Tuza del Eje Neovolcánico	A
<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	Murciélago Magueyero Menor	Pr

Se muestra evidencia fotográfica de algunas especies de fauna silvestre que fueron registradas durante los muestreos de campo (Figuras 103 y 104). En el Anexo IV se presenta un catálogo fotográfico de la biodiversidad en la Sierra de Tesistán – Cerro La Col y su zona de influencia.



**Figura 103** Aves de la Sierra de Tesistán: (a) Aguililla Cola Roja (*Buteo jamaicensis*), (b) Aguililla Gris (*Buteo plagiatus*), (c) Aguililla Cola Blanca (*Geranoaetus albicaudatus*), (d) Halcón Guaco (*Herpetotheres cachinnans*), (e) Martín Pescador Verde (*Chloroceryle americana*), (f) Colibrí Garganta Rubí (*Archilochus colubris*), (g) Cernícalo americano (*Falco sparverius*), (h) Gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*), (i) Aguililla negra menor (*Buteogallus*)

*anthracinus*). Fotos: Saulo Cortés, Néstor Ramírez y José M. Hernández.



**Figura 104** Aves captadas en la Sierra de Tesistán: (a) Piranga Encinera (*Piranga flava*), (b) Golondrina Alas A serradas (*Stelgidopteryx serripennis*), (c) Zacatonero Corona Rayada (*Peucaea ruficauda*), (d) Perlita Azulgris (*Polioptila caerulea*), (e) Matraca serrana (*Campylorhynchus gularis*), (f) Centzontle Norteño (*Mimus polyglottos*). Fotografías: Saulo Cortés y Néstor Ramírez.

## Fauna exótica e invasora

Entre las principales causas que producen efectos perjudiciales sobre la biodiversidad mundial se encuentra la introducción de especies exóticas (González-Sánchez et al., 2021). Una especie exótica invasora es aquella que no es nativa de una región o país, y que se establece en un nuevo sitio, se reproduce y se dispersa sin control, causando daños al ecosistema, a las especies nativas, a la salud o a la economía (CONABIO 2023). La dinámica poblacional y estructura de las comunidades de aves nativas pueden verse afectadas por la mayor capacidad de las aves invasoras para aprovechar los recursos disponibles (Rogers y Kark 2020, Evans et al., 2021).

Sin embargo, este fenómeno no es nuevo, ya que las invasiones o translocaciones biológicas mediadas por humanos de especies han estado ocurriendo durante al menos 20,000 años (Hofman y Rick 2018). De las 800 especies animales que se han registrado como extintas desde el año 1500, la causa puede atribuirse a dichas invasiones en al menos el 33 % (Blackburn et al. 2019). En consecuencia, su manejo es crucial para la conservación de la biodiversidad y el bienestar humano (Giakoumi et al., 2019).

Durante la realización del monitoreo de avifauna y de revisión bibliográfica y de bases de datos científicas, se obtuvo la presencia de algunas especies de vertebrados exóticas e invasoras para nuestro país, aunado a esto consideramos que, dadas las características de la zona estudiada, la presencia de otras especies exóticas invasivas puede ser muy alta, por lo que se decidió mencionarlas (Tabla 79).

**Tabla 79** Fauna exótica invasora que se puede encontrar en Sierra de Tesistán–Cerro El Col. (\*) especies registradas a través de observación directa.

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común
Aves	Columbiformes	Columba	<i>Columba livia</i>	Paloma Doméstica
	Columbiformes	Columbidae	<i>Streptopelia decaocto*</i>	Paloma de Collar Turca
	Passeriformes	Passeridae	<i>Passer domesticus*</i>	Gorrión Doméstico
	Psittacidae	Arinae	<i>Myiopsitta monachus</i>	Perico Monje Argentino
Mamíferos	Artiodactyla	Bovidae	<i>Bos taurus*</i>	Ganado vacuno
	Carnivora	Canidae	<i>Canis lupus familiaris*</i>	Perro Doméstico
	Rodentia	Muridae	<i>Mus musculus</i>	Ratón casero eurasiático
	Rodentia	Muridae	<i>Rattus norvegicus</i>	Rata gris asiática
	Rodentia	Muridae	<i>Rattus rattus</i>	Rata negra
Reptiles	Sauria	Gekkonidae	<i>Gehyra mutilata*</i>	Gecko Plano
	Sauria	Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i>	Besucona Asiática
	Serpentes	Typhlopidae	<i>Indotyphlops braminus*</i>	Serpiente Ciega Afroasiática

Estudios globales sobre avifauna urbana han identificado varias especies generalistas extendidas, entre las cuales se enlistan el Gorrión Doméstico (*Passer domesticus*), la Paloma Doméstica (*Columba livia*), y la Paloma de Collar Turca (*Streptopelia decaocto*) (Aronson et al., 2014, Sol et al., 2014). Dichas especies poseen una amplia plasticidad en sus requerimientos ecológicos y fisiológicos que le permiten

competir por recursos alimenticios y sitios de anidación en asentamientos humanos (Álvarez-Álvarez 2022).

La Serpiente Ciega Afroasiática (*Indotyphlops braminus*) es la especie de reptil invasor más extendido en el mundo (Capinha et al., 2017). Su amplio rango de distribución puede explicarse por la facilidad con la que puede ser transportada, pasando casi inadvertida (González-Sánchez et al., 2021). Además, dada su apariencia es fácilmente confundible con una lombriz de tierra; se trata de una especie cuyas características reproductivas (unisexual, triploide y partenogenética) permiten que un solo individuo pueda establecer una nueva población (Vitt y Caldwell 2014). En México se ha registrado en casi todos los estados del país (Wallach 2020).

#### 7.4 Características paisajísticas

En su conceptualización más general, el paisaje se define como una porción de territorio con características propias, las que son el resultado de la interrelación de procesos naturales y antrópicos a lo largo del tiempo (Mazzoni 2014, p. 53).

Para el caso de Zapopan en el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Zapopan (ver POETZ 2006, pp. 174-187) se ha creado un modelo especial para caracterizar el paisaje que representa una abstracción similar al concepto de ecosistema, lo que quiere decir que no tiene una referencia espacial concreta, sino que los paisajes se definen por los elementos y procesos unidos por un intrincado ensamble de relaciones que deben ser medidas y no pueden ser establecidas a priori, sino que se representan en medio de variantes dentro de un territorio que está siempre expuesto a grandes cambios.

De hecho, en esa concepción del paisaje se considera al espacio como un continuo, el cual es necesario medir a través de los diferentes subsistemas que lo componen. Como en la meteorología, se establecen puntos de muestreo que servirán para la captura de información que permita obtener datos para efectuar, con base en ellos, la diferenciación territorial; esto es, que se llega al paisaje como una unidad definida por los parámetros medidos, los cuales se extrapolan mediante procesos matemáticos. Éste es un método más desarrollado que la superposición cartográfica, el cual se sostiene en un seguimiento riguroso de la teoría general de sistemas. Existe otra postura frente al paisaje que tiene sus antecedentes en la geografía alemana y fue consolidada por la escuela francesa. Ésta tiene sus bases en la consideración científica del paisaje a partir del acercamiento formal. Es decir, que se asume que la morfología que podemos percibir proyecta el estado de las relaciones de los elementos y subsistemas que componen el paisaje y que establecen ligazones en procesos complejos de intercambio de materia y energía. Sus reminiscencias fisiológicas le hacen lejana a consideraciones mecanicistas, ya que sólo así es posible un acercamiento a los procesos de equilibrio dinámico, mucho más complejos que la mera consideración mecánica del conjunto.

Lo anterior, no significa sólo una aproximación estética, sino que trasciende hacia lo científico e incluso ético, significa pues que la dimensión naturalista desde lo social es fundamental; implica, no obstante, la medición de procesos, utilización de tecnologías informáticas y modelos matemáticos en la búsqueda de datos e indicadores que sirvan para el análisis. En este sentido, existen datos procesados y encauzados de los elementos bióticos, abióticos y antrópicos, aunque el nivel de detalle para cada uno es desigual. En resumen, aunque las escalas de trabajo de las disciplinas convocadas para los estudios justificativos de un programa de ordenamiento ecológico hayan mostrado diferencias, por el grado de especialización, es posible plantear una discriminación de datos capaz de integrar sólo la información que exhiba a las características que dan identidad al paisaje. La identidad, tanto en su dimensión social como en la natural, fue el principal referente para abordar a los paisajes del municipio de Zapopan.

Puede decirse que la aproximación a los paisajes de Zapopan se efectuó bajo la concepción fisonómica, el fenopaisaje, por lo percibido por nuestros sentidos y filtrado por nuestro bagaje



intelectual, incluso por nuestras aspiraciones e ideales. La aproximación formal al espacio del municipio presenta contenidos estéticos de origen, incluso éticos. No obstante, la aproximación científica es la base de la identificación de las discontinuidades que se reflejan por las formas, colores, texturas, etc. Todo ello como producto de una dilatada evolución natural y humana que marca a los paisajes, dotándolos de identidad, con elementos característicos e intercambios de energía peculiares.

Para el caso del ANP Sierra de Tesistán-Cerro La Col de los 12 complejos paisajísticos identificados para Zapopan únicamente 2 de ellos corresponden al área proyectada para el ANP y su punto de partida clave es que se trata de espacios “Naturales” fragmentados por la impronta rural conforme el resumen de la tabla 137 del POETZ (Tabla 80).

**Tabla 80** Unidades de paisaje prospectivas del municipio de Zapopan

Clasificación funcional	Complejo Paisajístico	Unidad de Paisaje	Clave por Unidad	Número Sucesivo
Naturales Fragmentados por Impronta Rural	03. Bailadores	01. Cerro Bailadores	2.03.01	33
		02. Domo San Nicolás	2.03.01	34
		03. Cerro Tepopote	2.03.01	35
	04. Sierra de Tesistán	01. Serranía desolada del norte	2.04.01	36
		02. Cuenca alta Milpillás	2.04.01	37
		03. Cerro San Francisco	2.04.01	38
		04. Canteras La Mesita	2.04.01	39
		05. cumbre La Col	2.04.01	40
		06. Agua Escondida	2.04.01	41
		07. Caseríos pecuarios	2.04.01	42

Fuente: POETZ 2006, p. 183

En el modelo establecido en el POETZ para la identificación y diferenciación de los territorios se sigue con el método esbozado antes para proceder a caracterizar la identidad paisajística del territorio. En ese sentido, es muy útil la distinción entre los niveles taxonómicos y una clasificación global entre unidades y complejos paisajísticos. La delineación de las fronteras entre identidades y entre paisajes, implicó determinar niveles jerárquicos de funcionalidad entre estructuras biofísicas y antrópicas. Éstas a su vez denotan las discontinuidades territoriales como se puede observar en la figura 105.



**Figura 105** Vista de la Sierra de Tesistán, a la izquierda Cerro Colorines, a la derecha Cerro Las Mesitas, al fondo al centro Cerro La Col. Toma con Dron DJI Mini 3 PRO. Fecha: 29/07/2023.

El nivel inferior representado es el de la Unidad de Paisaje, entre 1 a 10 Km<sup>2</sup>, contenedora de procesos a nivel de topoclimas, morfoestructuras del relieve, un tipo de vegetación predominante, conjunto de parcelas con cadenas productivas asociadas, rancherías, pueblo o barrio urbano.

El siguiente nivel ascendente es el de Complejo Paisajístico, con extensiones variantes de los 10 a 200 Km<sup>2</sup>; es aquí donde ya se pueden diferenciar los distintos climas locales del territorio de estudio, el predominio de las morfoestructuras, la vegetación natural se distribuye por pisos altitudinales, el mosaico parcelario denota un predominio de usos de suelo asociados, además se identifican varios asentamientos rurales o urbanos.

#### 7.4.1 Denominación de las unidades de paisaje y los complejos

Los nombres que adquieran los paisajes deben ser expresivos de su herencia, impronta, carácter y funcionamiento. Además, debe contener expresiones culturales evocadoras en el caso de espacios con fuerte raigambre cultural. Con la intención de sistematizar y darle coherencia a los diferentes nombres adoptados, debemos seguir un orden sencillo que implica un proceso más o menos deductivo. Es decir, destacamos los elementos y factores de mayor amplitud territorial a los más localizados. Los Complejos y Unidades han sido agrupados por identidad funcional con la finalidad de dar claridad a los protagonismos. Es por ello por lo que, en la denominación elegida, se procuró aludir

a la funcionalidad de las estructuras espaciales imperantes. Tales estructuras fueron diferenciadas según su grado de naturalidad, tipo de ambiente rural, o bien por su consolidación urbana. Como espacio natural, se entendió al área continente de estructuras y procesos de índole biofísico, que dominan y dan aspecto de poca perturbación humana. Los espacios rurales en cambio reflejan la explotación del suelo para actividades extractivas y agropecuarias constituyentes de las unidades de producción rural (insumos, procesos, producción y utilidad de las cadenas productivas) que dan identidad a los sitios, parcelas, localidades o áreas. Por último, los ambientes urbanos agruparon a las áreas geoestadísticas básicas propias de la economía basada en la transformación, comercio y servicios.

Los Complejos Paisajísticos, adquirieron su nombre por la estructura imperante en la que se asientan los elementos del paisaje. En este sentido, los rasgos biofísicos sobresalieron, conformando el armazón de las unidades de paisaje que tienen en común funcionalidades asociadas; de esta forma, el emplazamiento geográfico de los espacios naturales, rurales y urbanos, dan matices al interior del complejo paisajístico.

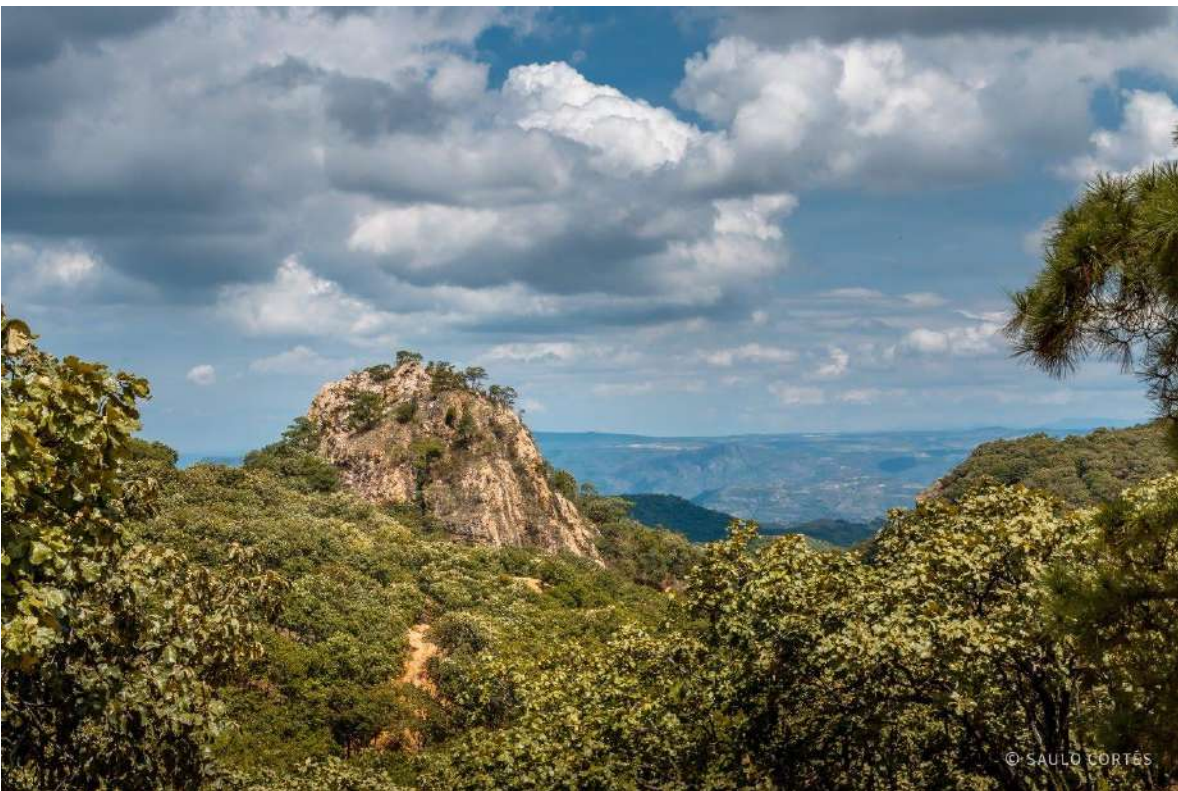
Las Unidades de Paisaje tienen una denominación local, se refieren a diferenciaciones territoriales puntuales. El nombre fue dispuesto principalmente por topónimos, ya que éstos reflejan la asignación simbólica de parte de los habitantes del territorio, denotando los rasgos naturales y sociales que originalmente existieron o siguen en funcionamiento. Y para aquellas delimitaciones sin referencia local, se dispuso de una nomenclatura referente a la estructura imperante (relieve). Se trató de elegir calificativos con que los usuarios del paisaje se sintieran identificados.

En el caso de la Sierra de Tesistán, las relaciones entre todos los elementos primarios que componen el espacio natural como las estructuras geológicas, las formas de relieve, el clima, los usos de suelo, la cubierta vegetal y el escurrimiento de las aguas, confieren al espacio su propia fisonomía, de manera que el carácter de dichas relaciones puede utilizarse también para la definición y diferenciación del espacio. Así, se llega al concepto de región natural, de paisaje natural o de espacio físico integrado, como una porción del espacio geográfico caracterizado por las relaciones de los elementos que lo componen (Ayuntamiento de Zapopan y Universidad de Guadalajara, 1990).

Como se puede apreciar al respecto en sus dos complejos paisajísticos corresponden a las formaciones incluidas en el polígono proyectado para el AMPH SITECOL (Figs. 106 y 107), donde el territorio en propuesta de protección alberga extensas montañas, domos, lomeríos, mesas planicies, cañadas y laderas abruptas para dar paso al gran cañón de la Barranca del Río Santiago. Esto se puede apreciar en el resumen de la tabla de ambos complejos paisajísticos (Tabla 81).



**Figura 106** Vista desde la Sierra de Tesistán al sur el Valle y el Complejo del Bosque La Primavera. Toma con Dron DJI Mini 3 PRO. Fecha: 29/07/2023. Fotografía: Margarita Anaya.



**Figura 107** Vista del peñón al norte del Cerro La Col y al poniente el Complejo Paisajístico de la Barranca. Toma con Dron Mavic 2 PRO. Fecha: 22/07/2023. Fotografía: Saulo Cortés.

Tabla 81 Clasificación de los complejos paisajísticos por sus variables físicas.

Fuente: POETZ 2006, p.185

Complejo paisajístico	Fisiografía	Geología	Flujos aguas subterráneas	Temperatura Máx/mín	Uso de suelo 1971	Uso de suelo 2003
Bailadores	-Bloque volcánico Los Bailadores -Cañón del Río Santiago -Lomeríos complejos de Arenal -Mesa volcánica de Santa Rosa -Mesas y cañadas marginales al Río Santiago -Planicie compleja de Tesistán -Sierra volcánica de Tesistán	-Basalto San Cristóbal -Basaltos Arroyo Mezcala -Basaltos -Mesa Santa Rosa -Cerros riolíticos Los Bailadores -Piroclastos San Lorenzo -Riolitas Cerro La Tortuga - Suelos y depósitos aluviales	-Material Consolidado con Posibilidades Bajas -Material Consolidado con Posibilidades Medias -Material Consolidado con Rendimiento Bajo < 10 LPS -Material Consolidado con Rendimiento Medio 10-40 LPS -Material No Consolidado con Rendimiento Alto > 40 LPS	Máxima 33° Mínima 09°	Agricultura de temporal anual  Agricultura de temporal permanente  Forestal  Pecuario  Sin uso	Agricultura con riego anual  Agricultura de temporal anual  Forestal  Pecuario  Zona urbanizada
Sierra Tesistán	-Cañón del Río Santiago -Domo -Mesas y cañadas marginales al Río Santiago -Planicie compleja de Tesistán -Sierra volcánica de Tesistán	-Basalto San Cristóbal -Basaltos Arroyo Mezcala -Ignimbrita Guadalajara - Ignimbrita San Gaspar - Piroclastos San Lorenzo -Riolita Cerro Chicharrón - Riolitas Cerro La Tortuga -Riolitas Espinazo del Diablo -Riolitas Los Pueblitos -Suelos y depósitos aluviales	-Material Consolidado con Posibilidades Bajas -Material No Consolidado con Rendimiento Alto > 40 LPS	Máxima 33° Mínima 08°	Agricultura de temporal anual  Agricultura de temporal permanente  Forestal  Pecuario  Sin uso	Agricultura de temporal anual  Forestal  Pecuario

Más recientemente se ha adoptado como enfoque clave para un concepto nodal del paisaje, el que se puede denominar como *Geoecología del Paisaje*, que concibe al paisaje como un “todo”, desde una concepción antro-po-natural. Hereda el legado de la Geografía Física Compleja bajo diferentes denominaciones (paisaje integrado, geoecología, geografía del paisaje, etc.). Realiza un análisis integrado del paisaje, utilizando fuertemente herramientas de campo, teledetección y SIG. Dentro de este enfoque se incluye la cartografía de los paisajes. En cuanto a la clasificación de los paisajes, estos

adoptan distintos criterios en función del objetivo perseguido: se habla así de “paisajes naturales”, “paisajes transformados”, “paisajes rurales”, “paisajes urbanos”, etc. (Mateo 2002).

Para la conservación y el manejo de las formaciones paisajísticas de la Sierra de Tesistán-La Col, habrá que retomar los conceptos relacionados con las Unidades de Gestión Ambiental (UGA), del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Zapopan, Jalisco (POELZ 2020) que coinciden con las políticas ambientales para la zona como de conservación, preservación y restauración, conformadas por ocho polígonos. Cada UGA corresponde a un área con características similares del medio físico. Para la delimitación de cada UGA se consideran características tales como erosión, topografía, unidades de paisaje, escurrimientos y geomorfología entre otras. Cada UGA contiene elementos de gestión relacionada con alguna de las cuatro políticas ambientales: Protección, Conservación, Restauración y Aprovechamiento, a la cual se asigna: (1) un lineamiento, (2) unas estrategias y (3) unos criterios, con la finalidad de lograr un manejo sostenible (SEMADET s/f, p.17).

Las políticas ambientales tienen como base lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (del estado de Jalisco) en la que se definen como: 1) Protección: en esta política se incluyen medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro. Se aplica a todas las áreas naturales protegidas y en vías de protegerse. El objetivo de esta política es establecer una protección y mantenimiento de los elementos y procesos naturales, de forma que se potencien sus cualidades naturales; 2) Preservación: se aplica en zonas de amortiguamiento de áreas naturales protegidas, así como en áreas naturales o creadas por el hombre para proveer bienes y servicios ambientales y las áreas que ayudan para la conectividad de los ecosistemas. En esta política se incluyen medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitats naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad; 3) Restauración: comprende un conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales. Se aplica en áreas que presentan procesos acelerados de deterioro ambiental por contaminación, erosión y deforestación en los que es necesario facilitar la restauración.

La asignación de estas políticas implicará la realización de un conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales en los terrenos degradados. La restauración puede ser dirigida a la recuperación de tierras no productivas o al mejoramiento de ecosistemas con fines de aprovechamiento, protección o conservación y Aprovechamiento sustentable: bajo el tenor de esta política se promueve un uso de los recursos naturales de forma tal que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos.

Cada UGA es representada por una clave, que está conformada por: (A) un tipo de uso predominante, (B) nivel de fragilidad ambiental, (C) número o zona del municipio de acuerdo con INEGI, (D) Número consecutivo de UGA y, (E) la política ambiental propuesta. La regionalización del territorio en las UGA permite construir una visión espacial común, facilitando el desarrollo de criterios para la definición de usos de suelo resolviendo o mitigando los conflictos ambientales en el proceso de la toma de decisiones (García et al., 2007).

El uso del suelo de cada UGA se definió a partir del análisis de aptitud, uso de suelo actual, la potencialidad del territorio y los conflictos detectados en las etapas anteriores del proyecto, se establecieron los siguientes usos:

Uso predominante: es la actividad actual establecida con un mayor grado de ocupación de la unidad territorial, cuyo desarrollo es congruente con las características y aptitud territorial.

Uso compatible: actividad actual que puede desarrollarse simultáneamente espacial y temporalmente con el uso predominante que no requiere de regulaciones estrictas especiales que evite un deterioro al ecosistema.

Uso incompatible: son aquellos usos que por las condiciones que guarda el terreno no deben permitirse, ya que generaría problemas de deterioro al ecosistema.

Es importante mencionar que la UGA se rige por las políticas establecidas en los términos de referencia de la SEMARNAT y en el Artículo 3 fracciones III, XXIV, XXVI y XXXIII de la LGEEPA. La política busca identificar las condiciones del área y caracterizar la aptitud que orienta el tipo de acciones a emprender para un mejor uso del territorio. Asimismo, la política busca establecer un consenso y superar la posibilidad del surgimiento del conflicto ambiental, así como encontrar las diversas posibilidades de compatibilidad entre los distintos usos. Las políticas determinan las actividades de gestión, para orientar las decisiones a tomarse en el uso y/o aprovechamiento de los recursos del territorio en vías de ordenarse. Lo anterior, permite considerar acciones necesarias para evitar el mayor deterioro, así como oportunidades y fortalezas de las actividades productivas-sectoriales o de protección-preservación en cada una de las UGA.

Según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) una UGA es la “unidad mínima territorial donde se aplican tanto lineamientos como estrategias ambientales -de política territorial- aunado con esquemas de manejo de recursos naturales, es decir criterios o lineamientos para el mantenimiento de los atributos ambientales y recursos naturales orientados a un desarrollo que transite hacia la sustentabilidad”. El Manual de Ordenamiento Ecológico propone un acercamiento especial orientado a privilegiar cierta homogeneidad (Gómez 2002), ya sea física o funcional para identificar las unidades de gestión ambiental (complejidad paisajística, consideraciones de áreas naturales a proteger o áreas vulnerables o con problemas urgentes que atender).

Los ocho polígonos que corresponden a la zona de interés propuesta para la creación del AMPH SITECOL pertenecen a las UGA: CO<sub>3</sub>8Pr (Cerro Bailadores poniente), CO<sub>3</sub>9Pr (Cerro Bailadores), CO<sub>4</sub>10Pr (Barranca Ahuatancillo y El Potrero 1), CO<sub>3</sub>11Pr (Barranca Ahuatancillo y El Potrero 2), CO<sub>2</sub>13R (Mesa La Capilla y La Mesita), CO<sub>4</sub>14Pr (Cumbre La Col), CO<sub>3</sub>15Pr (Llanura poniente de Montechelo) y CO<sub>3</sub>16Pr (La Mesa del Comal) que abarcan las cabeceras de cuenca y dos de los mayores núcleos de conservación (Fig. 108). A continuación, se describe cada UGA:

Cerro Bailadores Poniente (UGA: CO<sub>3</sub>8Pr). Superficie: 3,755.84 ha

Complejo paisajístico: Bailadores - Santa Cruz del Astillero.

Tiene como política ambiental la preservación.

Cubierta predominante es el Bosque templado semidenso.

Usos: predominante: conservación; compatible: área natural protegida; incompatible: agrícola, asentamiento humano, industria y pecuario.

Composición geológica y condición del suelo Basalto San Cristóbal, basalto mesa Santa Rosa, Cerro riolítico Bailadores.

Poblado o sitio importante: La Manga

*Lineamiento ecológico:* preservar permanentemente 2,591 ha (69% de superficie de la UGA) de hábitat natural. Recuperar 1,080 ha (29%) de hábitat inducido en 10 años. Restringir permanentemente el crecimiento de hábitat artificial a 80 ha que representa el 2% de superficie de la UGA para mantener el 98% de ecosistemas que formen parte del corredor biológico entre la ANP Área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago y el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera.

Cerro Bailadores (UGA: CO<sub>3</sub>9Pr). Superficie: 3,493.06 ha

Complejo paisajístico: Bailadores

Tiene como política ambiental la preservación.

Cubierta predominante es el pastizal inducido.

Uso: predominante: conservación; compatible: área natural protegida; incompatible: agrícola, asentamiento humano, pecuario e industria.

Composición geológica y condición del suelo: Basalto San Cristóbal. Basaltos Arroyo Mezcala. Cerros riolíticos Los Bailadores. Piroclastos San Lorenzo. Riolitas Cerro La Tortuga.  
Poblado o sitio importante: San Lorenzo

*Lineamiento ecológico:* preservar permanentemente 1,794 ha (51% de superficie de la UGA) de hábitat natural. Recuperar 1,490 ha (43%) de hábitat inducido en 10 años. Restringir permanentemente el crecimiento de hábitat artificial a 210 ha en la superficie apta para urbanizar que representa el 6% de superficie de la UGA para mantener la superficie restante de ecosistemas (94%) para que formen parte del corredor biológico entre la ANP Área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago y el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera.

Barranca Ahuatancillo y El Potrero 1 (UGA: CO<sub>4</sub>10Pr). Superficie: 725.56 ha

Complejo paisajístico: Mesas Marginales

Tiene como política ambiental la preservación.

Cubierta predominante es el Bosque tropical caducifolio.

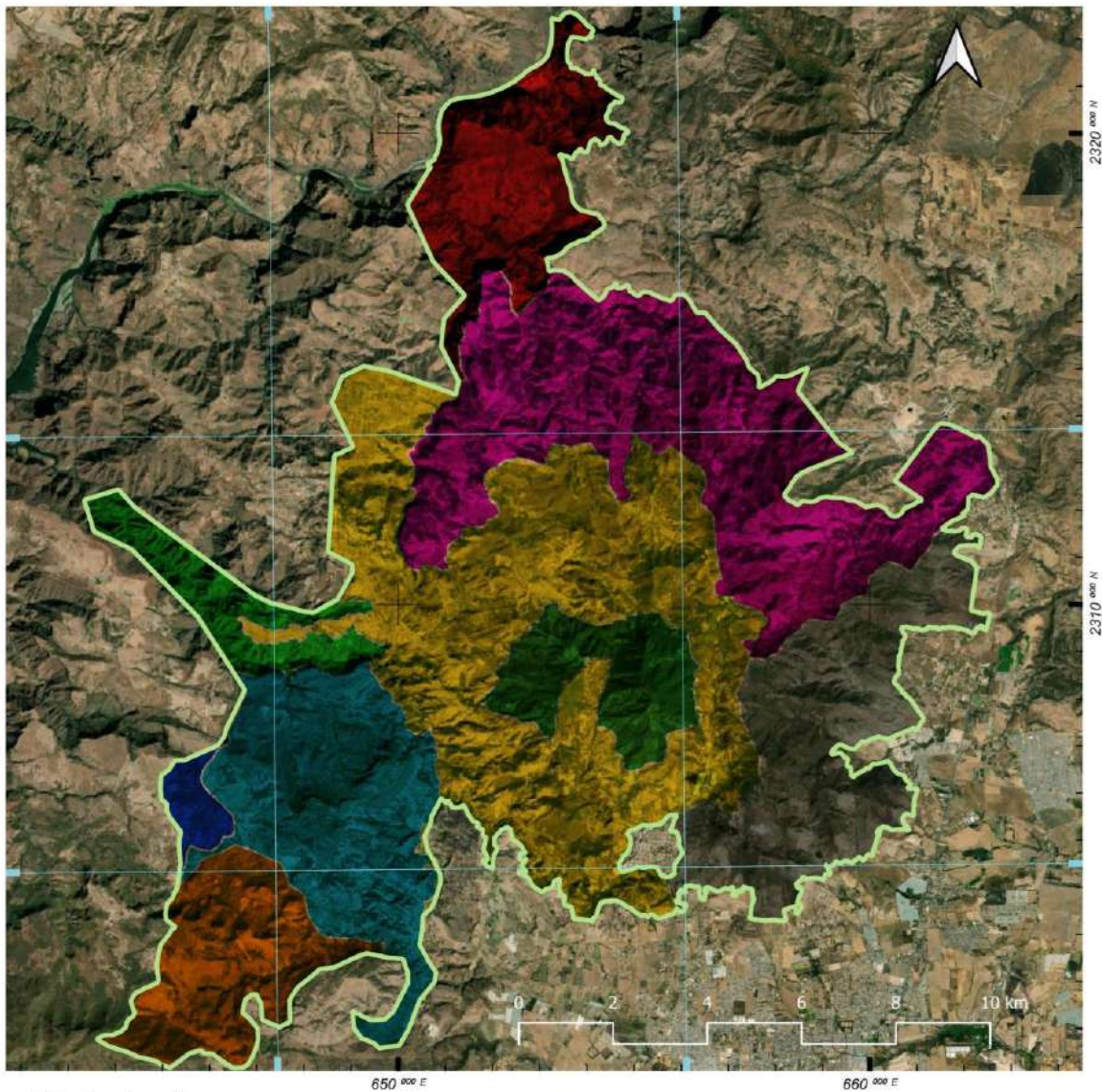
Usos: predominante: conservación; compatible: área natural protegida e incompatible: agrícola, asentamiento humano, industria y pecuario.

Composición geológica y condición del suelo: Basalto San Cristóbal. Piroclastos San Lorenzo. Riolitas Cerro La Tortuga. Riolitas Los Pueblitos

Poblado o sitio importante: Loma Blanca

*Lineamiento ecológico:* preservar permanentemente 637 ha (88% de superficie de la UGA) de hábitat natural. Recuperar 87 ha (12%) de hábitat inducido en 10 años. Restringir permanentemente el crecimiento de hábitat artificial a 2.5 ha que representa el 0.5% de superficie de la UGA para mantener el 99% de ecosistemas que formen parte del corredor biológico entre la ANP Área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago y el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera.





**Simbología**











- |   |                                      |   |                                |
|---|--------------------------------------|---|--------------------------------|
|  | AMPH SITECOL                         |  | La Mesa La Capilla y La Mesita |
|  | Cerro Bailadores                     |  | Cumbre La Col                  |
|  | Cerro Bailadores Poniente            |  | Llanura poniente de Montechelo |
|  | Barranca Ahuatancillo y El Potrero 1 |  | La Mesa del Comal              |
|  | Barranca Ahuatancillo y El Potrero 2 |  | Área silvestre ZPN-10          |

Figura 108 Delimitación de las Unidades de Gestión Ambiental en el AMPH SITECOL.

Barranca Ahuatancillo y El Potrero 2 (UGA: CO<sub>3</sub>11Pr). Superficie: 614.80 ha

Complejo paisajístico: Bailadores

Política ambiental: preservación

Cubierta predominante: Bosque tropical caducifolio

Usos: predominante: conservación; compatible: área natural protegida e incompatible: agrícola, asentamiento humano, industrial y pecuario.

Composición geológica y condición del suelo: Basalto San Cristóbal. Basaltos Arroyo Mezcala. Piroclastos San Lorenzo. Riolitas Cerro La Tortuga.

Poblado o sitio importante: Rancho San José de Rábago.

*Lineamiento ecológico:* preservar permanentemente 68 ha (11% de superficie de la UGA) de hábitat natural. Recuperar 520 ha (84.5%) de hábitat inducido. Restringir permanentemente el crecimiento de hábitat artificial a 27 a que representa el 5% de superficie de la UGA para mantener el 95% de ecosistemas que formen parte del corredor biológico entre la ANP Área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago y el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera.

Mesa La Capilla y La Mesita (Co<sub>2</sub>13 R). Superficie 5,427.19 ha

Complejo paisajístico: Sierra de Tesistán

Tiene como política ambiental la restauración.

Cubierta predominante: bosque templado semidenso.

Usos: predominante: área natural; uso compatible: área natural, asentamiento humano e incompatible: agrícola, industria y pecuario.

Composición geológica y de suelo: 75% de la unidad está compuesta por cerros riolíticos, seguida proporcionalmente por piroclastos, basaltos y riolitas y en una pequeña minoría por suelo aluvial.

Poblado o sitio importante: La Cofradía.

*Lineamiento ecológico:* conservar la vegetación natural y extender las actividades de los sectores Forestal y Servicios Ambientales Hidrológicos, promoviendo sistemas naturales en 2,788 ha (51% de la superficie de la UGA) (Índice de naturalidad 5) y sistemas seminaturales 2,274 ha (Índice 3). Remover actividades antrópicas extensivas de bajo impacto físico, infraestructura dispersa no conectada, restringir la expansión de la superficie agrícola que se encuentra en los sistemas seminaturales con una superficie de 365.54 ha para mantener el 93% de ecosistemas que formen parte del corredor biológico entre la ANP Área Municipal de Protección Hidrológica La Barranca del Río Santiago y el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera.

Cumbre La Col (CO<sub>4</sub>14Pr). Superficie: 905.82 ha.

Complejo paisajístico: Sierra de Tesistán

Política ambiental: preservación.

Cubierta predominante: Bosque templado semidenso

Usos: predominante: conservación; compatible: área natural protegida e incompatible agrícola, asentamiento humano, industrial y pecuario.

Composición geológica y condición del suelo: Basaltos Arroyo Mezcala. Riolitas Cerro La Tortuga. Riolitas Los Pueblitos.

Poblado o sitio importante: Copaixtla

*Lineamiento ecológico:* preservar permanentemente 824 ha (92% de superficie de la UGA) de hábitat natural. Restaurar 63 ha (7%) de hábitat inducido. Restringir permanentemente el crecimiento de hábitat artificial a 11 Ha que representa el 1% de superficie de la UGA para mantener el 99% de

ecosistemas que formen parte del corredor biológico entre la ANP Área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago y el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera.

Llanura poniente de Montechelo (CO<sub>3</sub>15Pr). Superficie: 4,988.86 ha

Complejo paisajístico: Serranía El Rincón y El Chicharrón.

Política ambiental: preservación.

Cubierta predominante: Bosque templado semidenso

Usos: predominante: conservación; compatible: área natural protegida e incompatible: agrícola, industrial y pecuario

No tiene ningún poblado importante.

*Lineamiento ecológico:* preservar permanentemente 3,320 ha (66.5% de superficie de la UGA) de hábitat natural. Restaurar 1,654 ha (33%) de hábitat inducido. Restringir permanentemente el crecimiento de hábitat artificial a 16 ha que representa el 0.5% de superficie de la UGA para mantener el 99.5% de ecosistemas que formen parte del corredor biológico entre las dos unidades de la ANP Área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago y el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera.

Composición geológica y condición del suelo: Basalto San Cristóbal. Riolita Cerro Chicharrón. Riolitas Cerro La Tortuga. Riolitas Espinazo del Diablo. Riolitas Los Pueblitos.

La Mesa del Comal (CO<sub>3</sub>16Pr). Superficie: 1,573.97 ha

Complejo paisajístico: Río Santiago

Política ambiental: preservación.

Cubierta predominante: Bosque tropical caducifolio

Usos: predominante: conservación; compatible: área natural protegida e incompatible agrícola, asentamiento humano, industrial y pecuario.

Poblado o sitio importante: La Mesa del Comal

*Lineamiento ecológico:* preservar permanentemente 1,075 ha (68% de superficie de la UGA) de hábitat natural. Restaurar 462 ha (30%) de hábitat inducido en 10 años. Restringir permanentemente el crecimiento de hábitat artificial a 30 Ha que representa el 2% de superficie de la UGA para mantener el 98% de ecosistemas que formen parte del corredor biológico entre las dos unidades de la ANP Área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago y el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera.

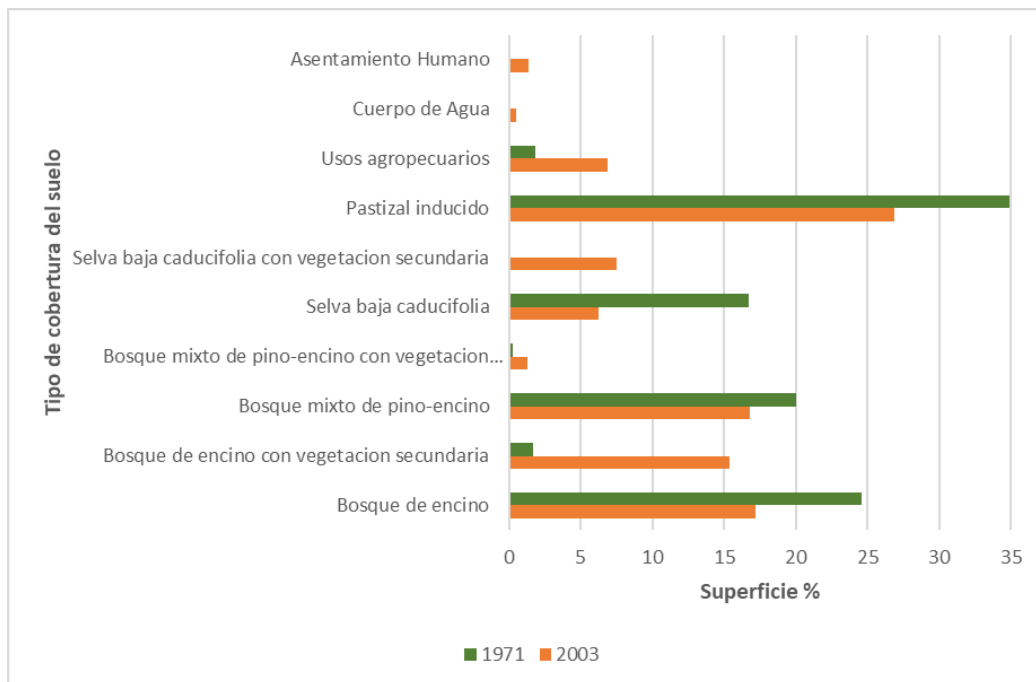
Composición geológica y condición del suelo: Basalto San Cristóbal. Riolitas Cerro La Tortuga. Riolitas Espinazo del Diablo. Riolitas Los Pueblitos.

## 7.5 Problemática ambiental y factores de riesgo

De acuerdo con lo analizado en la caracterización del AMPH SITECOL y mediante la consulta del diagnóstico del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Zapopan, Jalisco (POELZ 2020) se indican las siguientes problemáticas ambientales.

### Cambio de uso del suelo

Los tipos de cobertura predominante son los que marcan la calidad ambiental de las distintas zonas a partir del mayor valor que se atribuye a los espacios del territorio que cuentan con ecosistemas de hábitat natural y/o de hábitat acuático. Las transformaciones en el polígono del AMPH SITECOL por el “cambio de uso del suelo” de ecosistemas naturales (bosques, selvas, pastizales, etc.) a actividades agrícolas, ganaderos, mineras, entre otras, se han incrementado mayormente a partir del año 2000 y se explican por procesos combinados derivado de la transformación producida por la actividad humana y por distintos estilos de aprovechamiento de los recursos naturales y actividades productivas en el territorio (Fig. 109 y 110A).



**Figura 109** Comparativa en el porcentaje de superficie ocupada por tipo de cobertura del suelo entre los años 1971 a 2003 en el área de estudio.

Además de las actividades productivas, como la agricultura y la ganadería, que se han desarrollado por largos periodos de tiempo, han dejado grandes extensiones de terrenos degradados y erosionados tanto por la actividad misma como por el uso de las quemas agrícolas y prácticas de limpia de potreros. Otra actividad en expansión en el territorio del AMPH SITECOL y su área de influencia es el cultivo del agave el cual ha ocasionado la transformación de grandes extensiones, en particular que superficies con actividad agropecuaria o cuyo un uso definido que era compatible en su momento, sin embargo, actualmente el uso del suelo se destinado al cultivo de agave no coincide con las políticas del ordenamiento ecológico local del municipio de Zapopan para lo cual fue autorizado. En la actualidad la SEMADET lleva a cabo una revisión para que aquellos polígonos registrados en el programa Agave

Responsable Ambiental (ARA) que realmente cumplan con los lineamientos de ordenamiento ecológico a nivel estatal.

El programa Agave Responsable Ambiental (ARA) es una certificación impulsada por el Gobierno de Jalisco y el Consejo Regulador del Tequila (CRT) para mejorar la huella ambiental derivada del cultivo de agave. Fue lanzado en mayo de 2021 y garantiza que el tequila se elaboró con agaves sembrados en parcelas que no han provocado deforestación desde el año 2016. El objetivo del programa es que para el año 2027, el abastecimiento de *Agave tequilana* Weber variedad azul, destinado a la producción de tequila, no haya provocado deforestación (Gobierno de Jalisco 2023).

La dinámica de cambio en el uso del suelo, al paso del tiempo se ha incrementado y multiplicado por la competencia por los atributos y el aprovechamiento de áreas especiales de uso del territorio (Fig. 110A, B y 111). Por otra parte, han disminuido las áreas de cultivo en el valle de Tesistán de lo que en el pasado fueron grandes extensiones productivas para dar paso a la urbanización del perímetro del AMPH. Esta transformación trae consigo la disminución en la capacidad de los ecosistemas naturales para la provisión de los servicios ambientales, además de situaciones de conflicto socioambiental que se intensifican en zonas del territorio y su área de influencia como: Nextipac-Santa Lucía y Tesistán, Arroyos vertedero Picachos Hassars-Huaxtla y Montechelo (POELZ 2020).

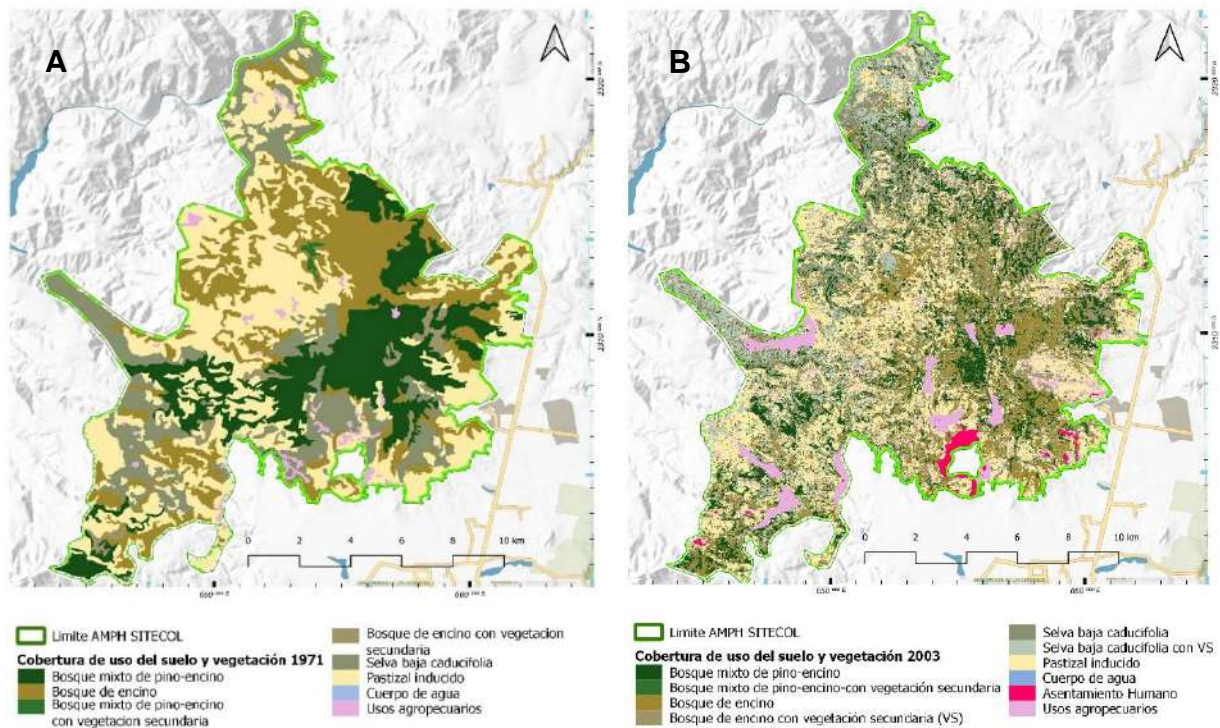
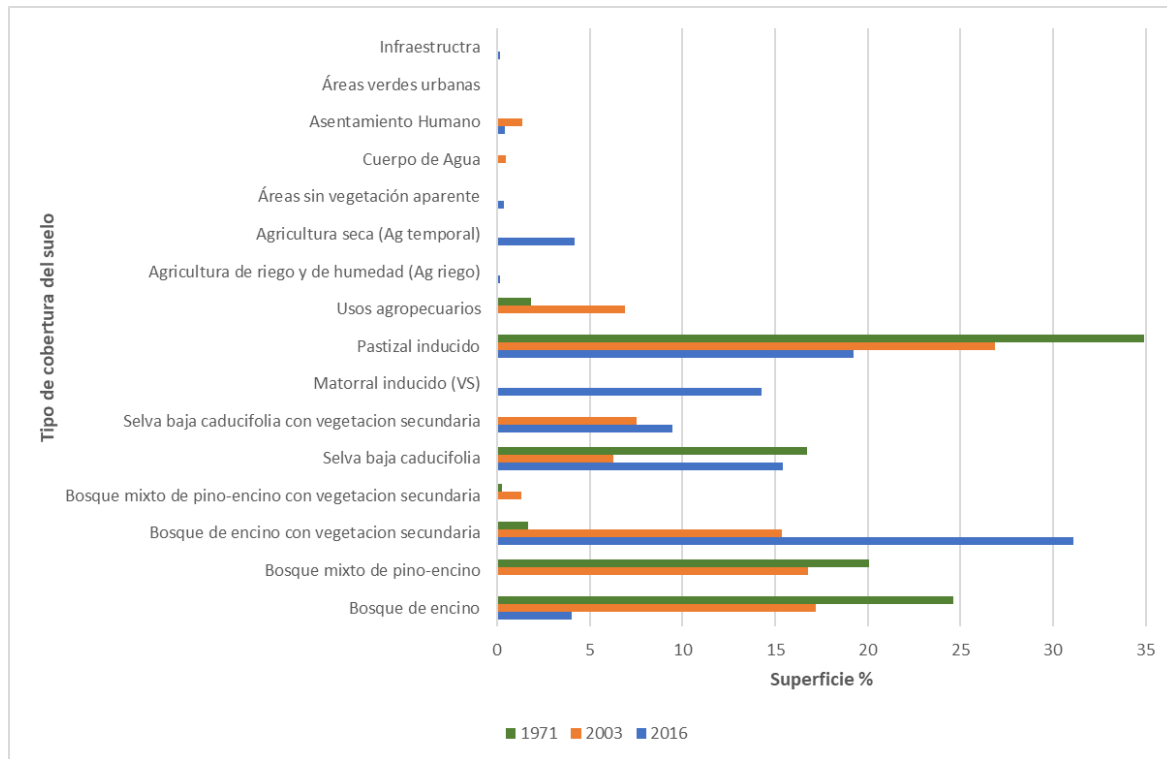


Figura 110 Coberturas de uso de suelo y vegetación en A) año 1971 y B) año 2003 en el polígono SITECOL. Fuente: elaboración propia.



**Figura 111** Comparativa del cambio en superficie por tipo de cobertura del suelo entre los años 1971, 2003 y 2016 dentro del polígono SITECOL. Fuente: elaboración propia.

Las presiones humanas generadas por el crecimiento de la zona periurbana del Valle de Tesistán representan una de las amenazas más serias para los ecosistemas del polígono AMPH SITECOL, debido a las transformaciones del paisaje entre lo rural/urbano/industrial (Hernández-Vázquez 2022). Dicho proceso de invasión del borde natural conlleva a la degradación paulatina de los valores ecosistémicos. El desarrollo de actividades recreativas en áreas accesibles ha provocado la distribución de residuos sólidos, lo que ha afectado el medio ambiente, especialmente en zonas cercanas a los accesos de caminos.

Los conflictos ambientales identificados en el AMPH SITECOL y su zona de influencia se relacionan con los procesos de urbanización que han provocado el problema de la incompatibilidad y conflicto de intereses sobre el territorio y también aquellos relacionados con el acceso al agua, los territorios de valor paisajístico, las tierras de calidad agrícola, el uso de acuíferos y pozos de agua (POELZ 2020).

### Incendios forestales

Los incendios forestales representan un gran problema en la pérdida de biodiversidad, en la emisión de gases efecto invernadero y en la modificación de los flujos hídricos. En México, los incendios son causados en su mayoría por la acción del hombre, por lo que factores como la accesibilidad, distancia a caminos y poblados, entre otros, influyen en su frecuencia y distribución (Pérez-Verdín et al., 2013).

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Comisión Nacional Forestal (2020), el deterioro de los ecosistemas forestales como consecuencia de las alteraciones en los regímenes de fuego con impactos negativos, desde una perspectiva social, económica y ecológica, se traducen en:

1. Pérdida de superficie arbolada, en bosques y selvas, a causa de incendios forestales severos.
2. Afectación al hábitat de las especies de flora y fauna debido a la degradación de bosques y selvas.
3. Alteración de los regímenes de fuego en los ecosistemas; esto incrementa la frecuencia y la severidad de los incendios forestales e incide en la pérdida de infraestructura, daños materiales y afectación a la salud de las personas.
4. Incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero y afectación a los reservorios de carbono, lo cual, a su vez, contribuye al cambio climático.
5. Erosión, compactación y pérdida de permeabilidad del suelo.

Es importante señalar que las responsabilidades y distribución de competencias según el Programa de Manejo de Fuego (PFM) a nivel nacional se muestra en la siguiente tabla 82.

**Tabla 82** Responsabilidades y Competencias de acuerdo con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Responsabilidad	Competencias
CONAFOR (Artículo 20)	Constituirse como un enlace con otras dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF), gobiernos de los estados, municipios y demarcaciones territoriales para la ejecución de sus respectivos PMF. Asimismo, apoyar a todos estos al combate de incendios forestales y promover la asistencia a las demás entidades de la APF, conforme a los términos y competencias que se acuerden en los convenios que se celebren.
Propietarios y poseedores de terrenos forestales (Artículo 120)	Todas las personas que sean propietarios o poseedores de terrenos forestales y preferentemente forestales deberán ejecutar trabajos de manejo de combustibles, prevención cultural y realizar el ataque inicial cuando se origina un incendio, atendiendo lo dispuesto en Programas de Manejo y las Normas Oficiales Mexicanas que apliquen.
Gobiernos municipales (Artículo 13)	Participar y coadyuvar en las acciones de manejo del fuego en coordinación con el Gobierno Federal y de las entidades federativas, participar en la atención, en general, de las emergencias y contingencias forestales, de acuerdo con los Programas de Protección Civil.
Entidades federativas (Artículo 11)	Regular el uso del fuego en las actividades relacionadas con el sector agropecuario o de otra índole, que pudiera afectar los ecosistemas forestales. Llevar a cabo acciones de prevención, capacitación y combate en congruencia con el Programa Nacional, así como elaborar, aplicar y coordinar el PMF de la entidad de acuerdo con los lineamientos y el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC).

A nivel nacional, hasta el 18 de mayo de 2023, Jalisco se ubica como el segundo estado afectado por los incendios forestales, sólo después del Estado de México. Sin embargo, era el primero en superficie quemada de acuerdo con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR 2023). Acorde con la plataforma Global Forest Watch de 2001 a 2021, Jalisco perdió 83,400 hectáreas de cobertura arbórea a causa de los incendios. El peor año fue el 2019, cuando el fuego acabó con 19,300 hectáreas de bosques. De enero al 23 de mayo de 2023, la plataforma también ha notificado 19,482 alertas de incendios en el estado (Arellano 2023).

Los incendios que afectan la cobertura vegetal son más frecuentes en temporada seca del año con mayor incidencia durante los meses de marzo a junio, las áreas con mayor incidencia están relacionadas con los límites de la frontera agrícola y la presencia de visitantes con fines de esparcimiento, ya que el municipio de Zapopan cuenta con vegetación natural con diferentes grados de conservación.

El tema de los incendios constituye una prioridad dentro de las actividades y los recursos de la autoridad municipal. Debido a que las causas de este tipo de eventos son principalmente atribuidas a negligencias, descuidos o premeditación humana, más que a fenómenos naturales. Zapopan es uno de los municipios del estado de Jalisco que presenta mayor incidencia de incendios forestales, p.ej. solo entre 2017 y 2018 se registraron 366 incendios; sin embargo, un 95% de estos fueron inducidos de acuerdo con el Programa municipal para la acción ante el cambio climático del Municipio de Zapopan 2021 -2030 (PMACC 2022).

El Gobierno de Zapopan a través del programa anual de control de incendios en zonas boscosas operado por la Coordinación Municipal de Protección Civil y Bomberos de Zapopan, reconoce que, durante el periodo de estiaje del año 2023, la superficie afectada en el municipio por los incendios fue de 19,400.619 hectáreas, de esta superficie el 37.5% ocurrió en zonas forestales, un 37.5% en zonas de pastizales y el restante 25% en zonas agrícolas. En la figura 112 se observa la afectación del incendio ocurrido en la zona de la Mesa de Tesistán.



**Figura 112** Afectación por incendio ocurrido en la Mesa de Tesistán. Al fondo el Cerro La Col. Fecha: 15/05/2023. Fotografía: J.M.Hernández

### Fragmentación del paisaje

La fragmentación del paisaje y el cambio de uso del suelo son dos de los principales factores que originan la pérdida del hábitat, y representan importantes amenazas a la diversidad al causar la extinción local y regional de especies (Ramírez-Bautista et al., 2021). La interrupción de corredores biológicos y deterioro de áreas naturales es una de las consecuencias más evidentes en la transformación de la mayoría de los paisajes regionales. En la figura 113 se muestra el grado de impacto humano en el capital natural del AMPH SITECOL y su entorno regional. Los factores evaluados que



amenazan a la biodiversidad consideran: la degradación de la vegetación natural y los cambios de uso del suelo, la infraestructura de caminos y carreteras y la fragmentación de la vegetación natural (CONABIO 2023).

La conectividad del hábitat es vital para el mantenimiento de poblaciones saludables de vida silvestre. Con la fragmentación del paisaje se restan opciones de hábitat que afectan negativamente a la vida silvestre tanto a individuos como a poblaciones porque incluso una población relativamente grande puede carecer de la capacidad de responder a los cambios si está aislada (Beumer y Martens 2013). Esto es particularmente el caso de los cambios ambientales a gran escala que se desean evitar en diferentes zonas del AMPH SITECOL, dado que sus elementos del paisaje como cañadas, mesetas y arroyos de temporal y permanentes, ofrecen condiciones propicias para la movilidad y dispersión de las especies entre espacios silvestres. Con la pérdida de diversidad se puede comprometer aún más la salud de los ecosistemas y los servicios que brindan (Sandifer et al., 2015).

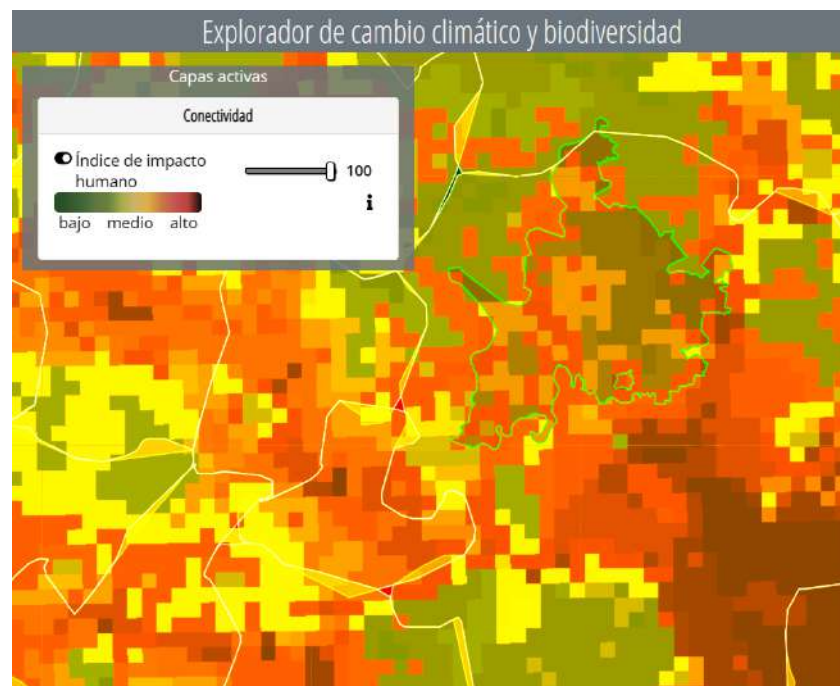


Figura 113 Grado de impacto humano en el capital natural y a la biodiversidad en el AMPH SITECOL (línea verde) y su entorno regional. Fuente: CONABIO, 2023.

### Contaminación de agua

El escenario tendencial es que la demanda de agua actualmente es crítica por su cada vez más escasa disponibilidad en cantidad y calidad, condición que empeora por la mala gestión del agua por parte de las autoridades, SIAPA, Ayuntamiento y diferentes sectores de usuarios. Este escenario trae por consecuencias la contaminación del agua subterránea y manantiales, el agua se contamina con lixiviados, se secan e interrumpen las corrientes superficiales, se desecan cuerpos de agua, se construyen pozos clandestinos. La condición de escasez de agua en cantidad y calidad es urgente debido a la presencia de contaminación en niveles altos de las aguas superficiales del Río Blanco y del Arroyo Milpilllas trayendo afectaciones al ciclo hidrológico (POELZ 2020). Actualmente estas condiciones de contaminación han afectado a la mayoría de los arroyos y barrancas que son tratados como vertederos de aguas negras y residuos sólidos tanto de usos domésticos como industriales.

En particular debido al proceso de urbanización en torno a la carretera Tesistán-San Cristóbal de la Barranca (Colotlán), en las diferentes subcuencas como son Agua Zarca, La Soledad y Milpillas se ha diversificado el tipo de coberturas presentes en cada una de sus superficies. Esta diversificación ha generado la disminución de las superficies con vegetación natural, donde el suelo ha sido removido y se aprecian desarrollos urbanos en las localidades de Montechelo, Milpillas, el fraccionamiento Ecológico Milpillas, Lomas del Calvario, Milpillas Mesa de San Juan y San Lorenzo, además de la presencia del relleno sanitario tecnificado Hasars. La presencia de asentamientos humanos en las localidades de Montechelo y Hacienda Copala, donde se han desarrollado los fraccionamientos Balcones de la Barranca, Valle de los Molinos y Bosques de Albaterra, todos estos en torno a la carretera a Colotlán y en la parte media de la subcuenca, han generado cambios en el régimen de coberturas y la capacidad de infiltración a los flujos de agua subterránea.

La contaminación por fuentes difusas de origen o fuentes indistintas requiere medidas de prevención: regulación de usos de suelo y/o imposición de mejores prácticas agrícolas y ambientales.

### Sobreexplotación de acuíferos

La zona en estudio descarga parcialmente hacia el Valle de Tesistán, en donde existe una gran cantidad de pozos concesionados al SIAPA, dentro de lo que se ha denominado el acuífero de Atemajac, a los cuales se les debe de asegurar su recarga que es a través del agua pluvial, que escurre del domo de La Col. Además, deben de ser protegidos evitando la impermeabilización que se da al expandir la zona urbana.

El polígono AMPH SITECOL y su área de influencia es una región vulnerable ante los efectos del cambio climático, en particular por la modificación de los patrones de precipitaciones y por la presión de las actividades humanas en la disminución y degradación de sus coberturas forestales. Este escenario repercute en la disminución del potencial de los acuíferos y afecta asimismo a otros sectores productivos, altamente dependientes del agua, como la agricultura de riego, el industrial y el de vivienda, los cuales también se verán presionados a disminuir las superficies a cultivar, urbanizar y adaptar o a reducir la oferta de nuevos asentamientos e instalaciones por construir, excepto que logren ahorros, mayor volumen de aguas saneadas y reúso de aguas o implementación de sistemas de riego controlados para la producción agrícola o de mayor ahorro en los tipos de fraccionamiento y viviendas que proponen (POELZ 2020).

El agua subterránea necesita ser monitoreada a lo largo del tiempo en términos de cantidad y calidad, para aprender sobre el comportamiento y estado de los acuíferos, e identificar posibles cambios negativos como extracción excesiva, recarga reducida (incluidos los efectos del cambio climático) y contaminación. Para el agua subterránea la recarga generalmente se estima en lugar de medirse directamente. Acuíferos altamente vulnerables que proporcionan servicios a las personas y el medio ambiente deben ser monitoreados con mayor frecuencia. La buena gestión del acuífero requiere atención al uso de la tierra, reposición, protección e implementación de medidas que apuntan a preservar los servicios y funciones del sistema de aguas subterráneas.

### Peligros naturales

Con base en el sistema de Indicadores Municipales de Peligro, Exposición y Vulnerabilidad (CENAPRED 2012) se identificaron los peligros geológicos e hidrometeorológico que inciden en el AMPH SITECOL, los peligros que se analizaron son de tipo geológicos e hidrometeorológicos y solo aquellos que son más probables en la zona como son: sismos y susceptibilidad de inestabilidad de laderas, vulcanismo, fallas y fracturas, inundaciones y tormentas severas.

Partiendo de la definición de amenaza como; “Amenaza o peligro (A), definida como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado”. Esta serie de eventos pueden ser divididos en forma general como naturales y

antropogénicos. En los fenómenos naturales incluyen a dos grandes divisiones; Geológicos como son: vulcanismo, sismos, movimientos de masas, concentración natural de gases o minerales, en agua o aire, (metano, radioactividad, arsénico, boro, etc.) e Hidrometeorológicos como ciclones, huracanes tornados, temperaturas extremas, granizadas, sequías, precipitaciones extraordinarias, tormentas eléctricas, etc. Recientemente la ONU incluyó riesgos geofísicos.

Las amenazas antropogénicas son aquellos eventos potencialmente desastrosos producido por actividades u obras desarrolladas por el hombre y se dan por fenómenos Socio - organizativos, Sanitario-ecológicos, Físicoquímicos.

De los anteriores eventos solo se tratarán los primeros es decir los geológicos. Los peligros existentes en condiciones naturales, por la ubicación geológica y geográfica en el área de estudio son:

**Sismos.** Existe una red sismológica nacional y otra para la Ciudad de México, pero no para el Área Metropolitana de Guadalajara. La mayor parte de sismos se dan en la costa del Pacífico, por la presencia de una zona de subducción, de acuerdo con los registros emitidos por el Servicio Sismológico Nacional. Si consideramos la sismicidad general durante el año pasado, la densidad de sismos es alta, pero la mayoría son de baja magnitud.

Cerca del AMPH SITECOL, específicamente en Río Grande de Santiago, se ha dado uno de los sismos de mayor magnitud dentro del continente, de acuerdo con las referencias de los sismos históricos de magnitud mayor a 6 grados registrados en el año 1876 al norte de Guadalajara (Suter 2019); justo en el área de influencia de esta zona de estudio.

Estructuras geológicas (fallas y fracturas) que pueden generar en forma combinada susceptibilidad de inestabilidad de laderas. El Cerro La Col se formó por la presencia de estructuras geológicas que permitieron el ascenso del magma, además está en el límite de la Sierra Madre Occidental y la Faja Volcánica Mexicana, siendo el Río Grande de Santiago el límite de estas dos provincias y la zona de estudio está prácticamente en su división.

**Vulcanismo.** No hay evidencias de la proximidad de nuevos eventos de vulcanismo, porque aun cuando esta región se encuentra dentro de la Faja Volcánica Mexicana, no se ha presentado ningún fenómeno típico, como puede ser: sismicidad puntual, deformación del terreno, emanación de gases (estudios de geoquímica en agua o fumarolas), pérdida del punto de Curie (estudios de geofísica) o presencia o incremento de actividad fumarólica. El edificio volcánico activo más cercano es el Volcán de Colima, ubicado a 140 km al sur del AMPH SITECOL, y que por ahora no presenta una actividad intensa y los únicos productos que podrían afectar al área serían las emanaciones de cenizas. El Volcán Ceboruco se encuentra al noroeste, aproximadamente a 114 km del área de estudio, seguramente de tener una nueva fase explosiva, solo llegarían las cenizas, si el viento fuera favorable en esta dirección.

**Susceptibilidad de laderas.** El deslizamiento de una ladera se puede presentar por varios factores que en forma conjunta o por separado ocurran, estos son:

*Fallas geológicas* en favor de la pendiente, no reflejadas en la cartografía existente.

*Morfología* del terreno con fuertes pendientes que provocan el colapso de las laderas. Dadas las características de la orientación de las montañas en el área se puede presentar algunos pocos deslizamientos en las laderas sur y oriental.

*Unidades litológicas*, como lo son las arcillas, que absorben gran cantidad de agua, pero no la ceden, generando un aumento en su volumen y peso provocando un deslizamiento si los estratos están inclinados en favor de la pendiente. No presentes.

*Sismicidad puntual.* Que combinado con los anteriores factores sirva de catalizador. No hay evidencia de ello.

*Actividades antrópicas*, como la construcción de vías de comunicación terrestre que realicen modificaciones en la morfología, como puede ser el corte de laderas para mejorar la pendiente de la

capa de rodamiento dejando taludes altos y con fuertes pendientes. O bien la construcción de edificaciones en la parte alta. En este punto es necesario mencionar que los incendios que se han originado en la zona aumentan la erosión potencial y pueden provocar avalanchas de lodo hacia las partes bajas.

*Agrietamientos.* Estos se pueden dar por la desecación de material arcilloso, fallas activas o el deslizamiento de laderas. Las cuales quedan descartadas, excepto la erosión potencial después de incendios en la zona.

#### Peligros hidrometeorológicos

*Inundación.* No hay depresiones importantes dentro del área en estudio, que puedan ser consideradas como factibles de sufrir inundaciones.

*Tormenta eléctrica.* Históricamente se han registrado precipitaciones extraordinarias y tormentas eléctricas en la zona.

En la figura 114 se muestran algunos de los peligros potenciales en el AMPH SITECOL y su área de influencia de tipo geológico e hidrometeorológico como son deslizamientos, desprendimiento de rocas, grietas, hundimientos, inundación y rellenos.

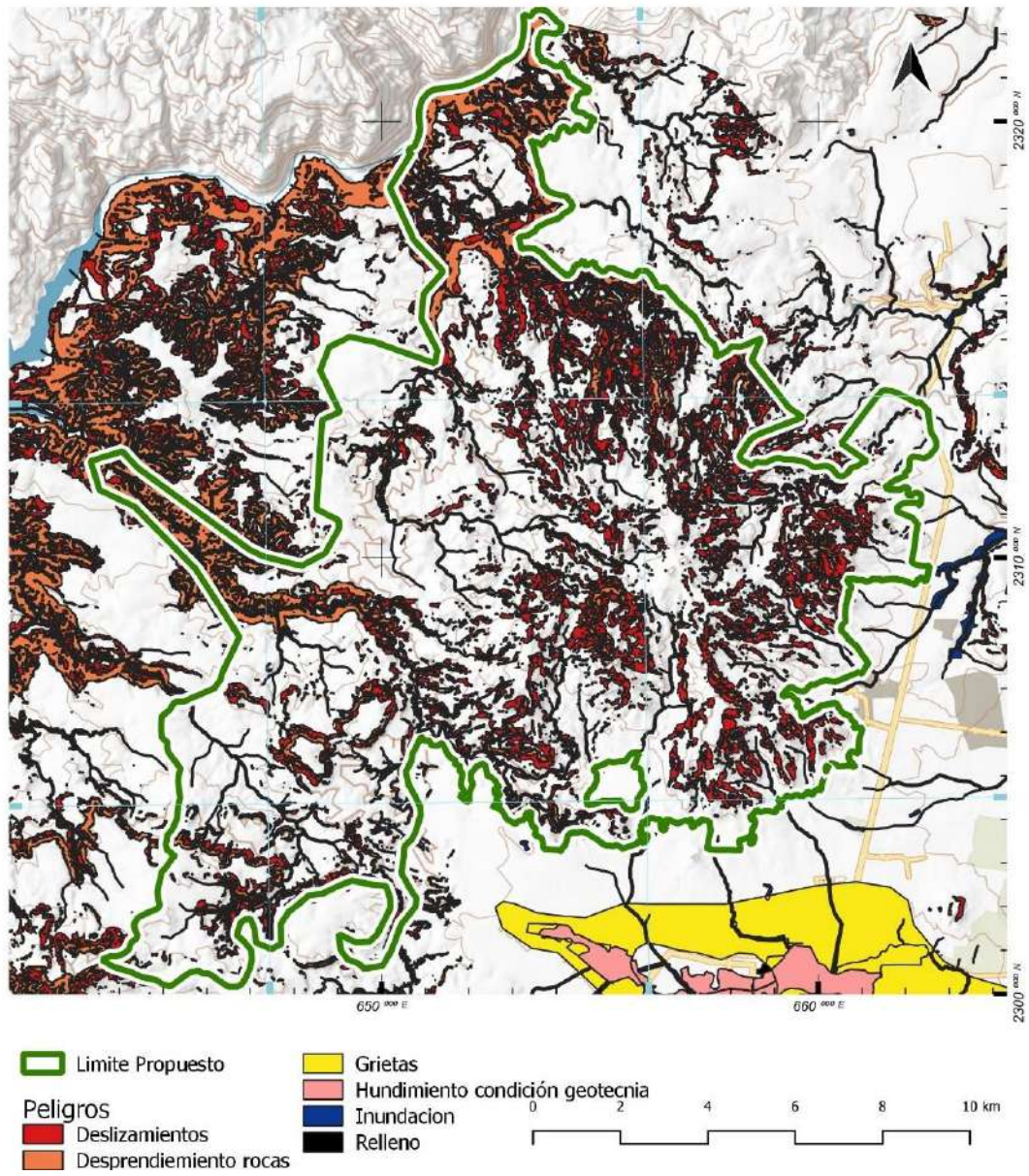


Figura 114 Peligros geológicos e hidrometeorológico en la SITECOL y área de influencia. Fuente: POELZ (2020).

## 8. Caracterización del medio social y construido

### Introducción

#### *Aspectos demográficos Zapopan*

El municipio de Zapopan se localiza en la región Centro del estado de Jalisco. Sus municipios colindantes son Guadalajara, Ixtlahuacán Del Río, Amatitán, Tala, San Cristóbal de la Barranca, El Arenal, Tequila, Tlajomulco de Zúñiga y San Pedro Tlaquepaque. Tiene una extensión territorial de 1,017.24 kilómetros cuadrados (Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco [IIEG], 2022).

Es el municipio con mayor población en el estado de Jalisco, su población total es de 1'476,491 habitantes, con 755,899 de población femenina y 720,592 de población masculina, de acuerdo con el más reciente Censo de Población y Vivienda del INEGI (2020) con un aumento de 18.7% en los últimos 10 años (INEGI, 2020). La relación hombres-mujeres es de 95 (total de hombres por cada 100 mujeres).

El Plan Nacional de Desarrollo 2019 - 2024 decreta en el apartado de Política Social, dentro de sus objetivos que el Gobierno de México tenga el compromiso de impulsar el desarrollo sostenible, "... se le define como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (DOF 2019, p. Desarrollo sostenible).

La preocupación evidente de la crisis ecológica por la que estamos pasando actualmente como resultado de las actividades humanas, nos obliga a buscar y utilizar medidas para mitigar los efectos del cambio climático. Poner en marcha las políticas ambientales para la conservación del medio, es un trabajo que como sociedad debemos de realizar, aceptar nuestro compromiso para resguardar el patrimonio natural. Dentro de estas políticas se encuentran las áreas naturales protegidas, tales demuestran ser instrumentos efectivos para salvaguardar la diversidad biológica y los servicios ambientales, ya que ordenan el uso del suelo, promueven métodos de producción sustentables para el bienestar de las poblaciones locales (Oliveros-Espinosa, 2021).

#### *Objetivo*

Promover desde una perspectiva social la importancia de conservar la conectividad de la biodiversidad y equilibrio de las actividades antropogénicas con el medio natural, sin afectar los servicios ambientales que se brindan, mediante la caracterización socioambiental, cultural y ecoturismo, con la finalidad de crear una integridad ecológica funcional.

El polígono de estudio SITECOL se ubica en la región noroeste del municipio de Zapopan. En la zona norte limita con la barranca del Río Grande Santiago, en la parte sur colinda con infraestructura del poblado de San Francisco Tesistán, Nextipac, Santa Lucía y Copalita. Dentro de la zona de estudio se ubican localidades que pertenecen a los ejidos de: Copalita, La Cofradía, Milpillas, Nextipac, Santa Lucía y Tesistán.

#### *Área de influencia*

Para la declaratoria de la Sierra de Tesistán-Cerro La Col (SITECOL), se define como "área de influencia", de acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas, en su artículo 3ro, fracción XIV, a las "... superficies aledañas a la poligonal de un área natural protegida que mantienen una estrecha interacción social, económica y ecológica con ésta."

Haciendo la delimitación del área de influencia en la parte sur de la SITECOL, se toma como límite las 10 microcuencas mencionadas en el capítulo 7. 2. 2 Delimitación de microcuencas de este Estudio Técnico Justificativo.

Dentro del área de influencia de la SITECOL se encuentran situados distintas instancias que son reconocidas a nivel municipal y que tiene un impacto importante, como lo es el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara.

Santa Lucía por su corta distancia y conexión con Tesistán se suma a la población total de habitantes de este ejido, por tal motivo sus datos se agregan a la información demográfica de Tesistán en el Censo de Población y Vivienda de INEGI 2020. De mayor a menor número de habitantes continúa Nextipac con 4,052; Copalita 2,034 habitantes, Milpilllas 91 habitantes y en último lugar La Cofradía por su poca área de superficie tiene tan sólo 5 habitantes (Tabla 83) (INEGI 2020).

**Tabla 83** Población total de los ejidos dentro del polígono.

Ejidos	Ubicación geográfica	Población total	Población Femenina	Población Masculina
Copalita	Longitud 103°26'54.480 W, Latitud 20°49'43.697 N, Altitud 1,620 metros sobre el nivel del mar	2,034	1,002	1,032
La Cofradía	Longitud 103°31'50.822 W, Latitud 20°53'19.943 N, Altitud 1,560 metros sobre el nivel del mar	5	*	*
Milpilllas	Longitud 103°26'02.290 W, Latitud 20°55'50.343 N, Altitud 1,473 metros sobre el nivel del mar	91	40	51
Nextipac	Longitud 103°31'33.000" W Latitud 20°46'02.000" N, Altitud 1,652 metros sobre el nivel del mar	4,052	2,021	2,031
Tesistán	Longitud 103°29'10.000" W Latitud 20°47'54.000" N, Altitud 1600 metros sobre el nivel del mar	91,631	46,423	45,208

Notas: \* Datos reservados por confidencialidad. INEGI Censo de Población y Vivienda 2020.

## 8.1 Factor social y económico

En la zona periurbana del Valle de Tesistán se mantiene una dinámica de uso de suelo mixto entre lo rural/urbano/industrial, la propiedad del suelo y los procesos de cambio, además de la producción agrícola. Hernández-Vázquez (2022) en su revisión demográfica añade que *... "son muchos los factores que intervienen para que los agricultores produzcan o dejen de producir sus tierras, incluso enfrentan la presión de venderlas. En Tesistán la agricultura fue la actividad principal, sin embargo, desde 1990 se observa la influencia urbana de la expansión de la ciudad"*.

En su análisis Hernández-Vázquez (2022) concluye que...

*“las transformaciones del paisaje rural/urbano en Tesistán se deben al declive de la vida rural como consecuencia a diversos factores, como las políticas neoliberales, caracterizadas por la vulnerabilidad agroalimentaria, la falta de incentivos a los agricultores, y la industrialización del campo. La presión urbana en la zona periurbana influye en las actividades de los agricultores: ejidales y privados, privilegiando la especulación de la tierra sobre la agricultura local. El panorama agrícola se complica frente a la presión urbana de la ciudad. La agricultura ya no es una actividad primaria y de subsistencia para la mayoría de los campesinos del poblado de Tesistán, los habitantes se emplean en la industria, en los servicios que cada vez más se multiplican en el pueblo y en el Área Metropolitana de Guadalajara”.*

El comercio es una actividad económica que durante los últimos años ha aumentado en las localidades del Área Metropolitana de Guadalajara. La mayor parte del uso de suelo en el municipio de Zapopan tiene uso agrícola, le sigue en orden de importancia el pecuario y forestal (ENOE, 2022).

Tesistán se considera como subcentro urbano ya que es donde la población de los alrededores cubre sus necesidades de abasto, siendo el poblado con mayor número de habitantes donde se predomina el comercio, no obstante, el cultivo y cosecha de productos agrícolas, principalmente maíz y en algunas localidades nopal, son actividades que siguen como principal sustento en su economía. Es el mismo caso del resto de los ejidos (INEGI 2022). En la Tabla 84 se muestra la situación de ocupación y de población económicamente activa.

**Tabla 84** Población económicamente activa, ocupada, desocupada por rango de edad.

Ejidos	Población de 12 años y más económicamente activa	Población de 12 años y más no económicamente activa	Población de 12 años y más ocupada	Población de 12 años y más desocupada
Copalita	106	100	106	0
La Cofradía	*	*	*	*
Milpillas	3	1	3	0
Nextipac	2,025	1118	2,006	19
Tesistán	46,174	23,933	45,519	655

Notas: \* Datos reservados por confidencialidad. INEGI Censo de Población y Vivienda 2020.

## Educación

El Artículo 3o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, declara que, *Toda persona tiene derecho a la educación. El Estado -Federación, Estados, Ciudad de México y Municipios- impartirá y garantizará la educación inicial, preescolar, primaria, secundaria, media superior y superior. La educación inicial, preescolar, primaria y secundaria conforman la educación básica; ésta y la media superior serán obligatorias, la educación superior lo será en términos de la fracción X del presente artículo. La educación inicial es un derecho de la niñez y será responsabilidad del Estado concientizar sobre su importancia.*

San Francisco de Tesistán cuenta con instalaciones de educación inicial, básica, preescolar, primaria y secundaria. Actualmente se ha tenido que fomentar la cultura de la educación en los poblados que se encuentran en las orillas de los municipios, donde en su mayoría los habitantes desde edades muy tempranas dejaban la escuela para poder empezar a trabajar en el campo. En los últimos



años el Gobierno de Zapopan ha tenido como objetivo el destinar para remodelar y sumar nuevas instalaciones para las futuras generaciones. Ismael Jáuregui Castañeda, director de Obras Públicas e Infraestructura de Zapopan, explicó que “serán cerca de 400 alumnos los beneficiados con dichas remodelaciones”. Así mismo, adelantó que durante este año se busca añadir 30 planteles al programa de Escuela con Estrella (Gobierno de Zapopan, 2023).

Mencionado lo anterior, se tomaron cartas en el asunto mediante los resultados del Censo de población y vivienda 2020, donde se observa que la población de 15 años y más analfabeta y sin escolaridad aún es pertinente (Tabla 85).

**Tabla 85** Población de 15 años y más analfabeta

Ejidos	Población de 15 años y más analfabeta	Población femenina de 15 años y más analfabeta	Población masculina de 15 años y más analfabeta
Copalita	90	45	45
La Cofradía	*	*	*
Milpillas	5	2	3
Nextipac	146	76	70
Tesistán	2118	1106	1012

Notas: \* Datos reservados por confidencialidad. INEGI Censo de Población y Vivienda 2020

### Diagnóstico social

Para el diagnóstico social se realizaron actividades de educación e interpretación ambiental con estudiantes de la escuela primaria, así como con madres de familia. mediante talleres con actividades lúdicas impartidas por estudiantes universitarios (Fig. 115) donde se desarrollaron como prueba piloto una serie de entrevistas a estudiantes de sexto grado de la primaria urbana 1251 “José Angel Conchello Dávila” ubicada en la zona de estudio.

Posteriormente se realizaron entrevistas a 50 estudiantes de sexto año de primaria, de edades de 10 a 13 años de ambos sexos. Un concentrado de las percepciones socioambientales expresadas en forma de opinión en las entrevistas se presenta a continuación (Tabla 86).



Figura 115 Actividades de interpretación y educación ambiental en la zona de estudio.

Tabla 86 Opiniones emitidas por parte de estudiantes de la Escuela Primaria Urbana 1251 “José Ángel Conchello Dávila” (2023).

Preguntas	Respuestas más populares
¿Para ti qué es el agua?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Líquido para tomar que nos deshidratamos</li> <li>- Líquido para regar árboles</li> <li>- El agua es vida</li> <li>- Importante para cosechar</li> <li>- Importante para nosotros y los animales</li> </ul>
¿Sabes de dónde viene el agua que utilizas en tu casa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- De un pozo de agua de la tierra</li> <li>- Del río</li> <li>- Del tinaco</li> <li>- De una pipa</li> <li>- Plantas de tratamiento</li> <li>- Océano</li> <li>- No sé de dónde viene</li> </ul>
¿Conoces algún río u arroyo cerca de tu casa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 39 estudiantes respondieron: sí</li> <li>- 11 respondieron: no</li> </ul>
¿Cómo se llama?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las mesitas</li> <li>- Río de la primavera</li> <li>- La presa</li> <li>- El arroyo</li> </ul>
¿Visitas este río?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sí</li> <li>- Algunas veces</li> <li>- No</li> </ul>
¿Qué te gusta más del río?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Que me puedo bañar</li> <li>- Los animales</li> <li>- El agua</li> <li>- Su tranquilidad</li> <li>- Los peces</li> <li>- El paisaje</li> <li>- Las piedras</li> </ul>
Preguntas	- Respuestas más populares

¿Cómo te la pasas cuando vas al río? (expresa qué sentimiento tienes hacia el río).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Feliz</li> <li>- Tranquila</li> <li>- Alegre</li> <li>- Me recuerda a mi papá</li> <li>- Divertida</li> <li>- Libre y segura</li> <li>- Triste cuando está sucio</li> </ul>
¿Qué es lo que más te gusta de la naturaleza (en general)?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantas, árboles, flores</li> <li>- Vista/Paisaje</li> <li>- Animales</li> </ul>
¿Qué actividades realizas para estar en contacto con la naturaleza?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tener plantas en casa, cuidarlas, regarlas</li> <li>- Visitar el río</li> <li>- Salir al bosque a caminar</li> <li>- Plantar maíz y frijol con mis abuelos</li> </ul>
¿Conoces algún cerro cerca de tu casa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 37 respondieron sí</li> <li>- 10 respondieron no</li> </ul>
¿Cómo se llama?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las mesitas</li> <li>- Cerro de por mi casa</li> <li>- Cerro del Col</li> <li>- No sé</li> </ul>
¿Qué animales has visto en el cerro?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coyotes,</li> <li>- Pájaros</li> <li>- Ardillas</li> <li>- Víboras,</li> <li>- Vacas</li> <li>- Zorros</li> <li>- Correcaminos</li> <li>- Alacranes</li> <li>- Arañas</li> </ul>
¿Conoces el nombre de alguna planta u árbol que hayas visto en el cerro?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Girasoles</li> <li>- Nopales</li> <li>- Huizache</li> <li>- Guaje</li> <li>- Corona de cristo</li> <li>- Mango</li> <li>- Aguacate</li> <li>- Pirul</li> <li>- Fresno</li> </ul>
¿Qué te gusta ver cuándo vas al cerro?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantas, árboles, flores</li> <li>- El río</li> <li>- El cerro, paisaje</li> <li>- Los animales</li> </ul>
¿Qué no te gusta cuando vas al cerro?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El calor y el sol fuerte</li> <li>- Los animales que pican</li> <li>- Espinas tierra</li> <li>- Basura, contaminación</li> <li>- Basura del río</li> </ul>

Para el diagnóstico de la población se realizaron visitas de campo a los ejidos y poblados que pertenecen al área de estudio SITECOL y al área de Influencia. Se realizaron entrevistas a habitantes de estas localidades con una guía de entrevista cualitativa semi estructurada. La mayoría de las personas

entrevistadas manifestaron que se dedican a la ganadería y agricultura, lo describen como una tradición familiar que va de generación en generación, el dejar las tierras como herencia genera un vínculo familia-naturaleza, donde se otorga la responsabilidad de ser el sustento familiar.

Se comentó que, en algunos casos por cuestiones familiares, de salud, económicas han tenido que acceder a vender las tierras para cubrir necesidades inoportunas, orillándolos a tomar esta decisión, siendo algo triste puesto que el tener y conservar tierras familiares se establece como respeto a los abuelos y bisabuelos. Residentes describen que la Sierra de Tesistán es *un lugar tranquilo*, enriquecido de recursos que favorecen a sus necesidades.

Dentro de las problemáticas de los habitantes, principalmente de los que tienen ganado son las jaurías de perros, una de las personas entrevistadas mencionó *“la gente viene y tira sus perros aquí, se juntan en manada y se meten a los ranchos a cazar ganado, el año pasado se comieron dos becerros de mi ganado”*. La forma que ellos utilizan para mitigar esta problemática es sacrificar los perros porque *“perro que prueba carne, no tiene remedio”*.

La presencia de residuos sólidos urbanos es uno de los problemas que se genera a nivel mundial, las localidades de la Sierra de Tesistán no son la excepción. Nos encontramos con barrancos y caminos que se utilizan como tiraderos, basura en grandes cantidades, residuos, muebles del hogar, entre otros desechos son traídos en esta zona, desarrollando como consecuencia la contaminación del ambiente, documentado por González Pérez & López Lara (2018).

#### Uso público

Los lugares de uso público se han establecido de acuerdo con la frecuencia de visitantes. La zona forestal del AMPH SITECOL además de brindar servicios ambientales a las poblaciones cercanas, también ofrece paisajes con valles donde se llevan a cabo diferentes actividades recreativas que permiten distraerse de la rutina urbana. Poder explorar la naturaleza, crear una conexión que durante los últimos años las nuevas generaciones han perdido. La composición del ambiente en esta área en particular brinda un paisaje donde los visitantes organizan días de campo, en un ambiente familiar. Para las personas que prefieren practicar el senderismo, su desplazamiento es dirigido a la Sierra, se tienen creadas brechas que comunican las localidades.

Uno de los más reconocidos es el río de Las Mesitas es un espacio de encuentro de la comunidad local principalmente en temporada de lluvias, donde se tiene alta frecuencia de visitantes que provienen del Área Metropolitana de Guadalajara. Se encuentra ubicado a siete kilómetros del poblado de Tesistán sobre la calle Las Mesitas, en dirección Norte. Se trata de un área de 150 metros lineales a lo largo del río, donde la gente busca y selecciona el lugar perfecto para instalar sillas, mesas, y comida, en una forma semi-organizada. Cuenta con fácil acceso donde los grupos de visitantes han logrado crear un “estacionamiento” libre donde pueden llegar a estar hasta 20 vehículos. Sábados y domingos son los días donde se observa mayor afluencia de visitantes, a partir de las 11 horas y hasta las 17 hrs que es cuando comienza a disminuir la luz del sol. Este río es de temporal por lo que el cauce se presenta durante los meses de julio, agosto y septiembre, que son los indicados para esta actividad turística (Figura 116). En día de campo en esta época se pueden reunir grupos que en conjunto se instalan a lo largo del río. Esta actividad conlleva la necesidad de instalar el Programa de Manejo para evitar el deterioro por la proliferación de basura, heces fecales, y otro tipo de problemas que requieren regulación como es todo tipo de contaminación ambiental, sonora, y visual. En la imagen de la Figura 111 se observa un total de 35 personas, y aunque parece que tiene alta densidad la capacidad de carga es aceptable.



Figura 116 Uso recreativo alrededor del recurso agua.

El artículo calidad de vida y sustentabilidad: Una nueva ciudadanía, interpreta el concepto de calidad de vida y su dependencia del desarrollo sustentable (Martínez, 2015. Abril)

*se debe alcanzar condiciones que permitan mantener una buena calidad de vida e integrar a todas las personas que llegan a vivir en la ciudad. La creación de espacios de mayor calidad y sustentabilidad postula la necesidad de proyectar la cantidad de suelos necesarios según la mejor aptitud y las tendencias de población actual, considerando algunos aspectos técnicos específicos. Esto significa reservar espacios suficientes para vialidades, equipamiento, viviendas y espacios/ servicios públicos.*

La urbanización en este sector del territorio tiene un impacto directo con el medio natural, desafortunadamente la falta de cultura ambiental ha orillado a la sociedad a satisfacer sus necesidades a costa de la sobreexplotación y mal manejo de los recursos naturales (Fig. 117).



Figura 117 Usos recreativos y problemática presente en algunas zonas. Fuente: elaboración propia.

## 8.2 Tipo de uso del suelo y usos del agua

Durante el siglo XX la población humana ha tenido un crecimiento que conlleva a la expansión en el desarrollo humano. Desde sus inicios de asentamiento, las poblaciones han obtenido bienes mediante los ecosistemas terrestres. El documento del Informe de la Situación del Medio Ambiente en México (2015) señala que, el país debido a sus diferentes fenómenos sociales y económicos ha sufrido un proceso de degradación y pérdida de sus ecosistemas terrestres. Dentro del territorio una porción importante ha tenido transformaciones en campos agrícolas, pastizales inducidos y zonas urbanas. Los ecosistemas que aún persisten muestran, en mayor o menor medida, signos de alteración. El uso de suelo son intervenciones que se desarrollan en una porción del territorio mediante el aprovechamiento de los recursos naturales, estos cambios de uso de suelo no deben de generar alteración en el equilibrio de los ecosistemas.

En el municipio de Zapopan la construcción inmobiliaria ha tenido un aumento en los últimos años, teniendo consecuencias para el cambio de uso de suelo. De acuerdo con (González Pérez & López Lara 2018) señala que:

*el proceso antrópico de expansión habitacional en las franjas limítrofes al sistema urbano ha dado origen a procesos entrópicos (desordenados), por medio del ejercicio de urbanización difusa que ha facilitado la incorporación de fuerzas externas con potencial modificador de las*

*condiciones in situ del agua, suelo, fauna, flora y subsistemas atmosféricos (componentes entrópicos), los cuales están cambiando su composición y características originarias, de manera incluso irreversible (p. 101).*

En la Tabla 87 se muestra la cobertura del uso de suelo del año 2016 en el municipio de Zapopan. El tipo de hábitat se clasifica en: artificial, inducido, natural y acuático. La superficie con mayor número de hectáreas pertenece al uso de suelo de pastizal inducido con un total de 16,463.04 hectáreas.

**Tabla 87** Clasificación por tipo de hábitat de la cobertura de uso de suelo del año 2016 en el municipio de Zapopan de acuerdo con el POELZ.

COBERTURA DE USO DE SUELO 2016	SUPERFICIE (ha)	TIPO DE HÁBITAT
Agricultura de riego y de humedad	1,134.74	Artificial
Agricultura seca	8,906.27	Artificial
Áreas sin vegetación aparente	2,702.07	Inducido
Áreas verdes urbanas	1,753.47	Artificial
Bosque espinoso	6,378.16	Natural
Bosque templado denso	4,107.61	Natural
Bosque templado semidenso	18,665.95	Natural
Bosque tropical caducifolio	11,813.37	Natural
Bosque tropical subcaducifolio	1,260.06	Natural
Campos de golf	138.30	Artificial
Cuerpos de agua	323.47	Acuático
Infraestructura	2,698.57	Artificial
Matorral inducido	11,684.17	Inducido
Pastizal inducido	16,463.04	Inducido
Urbanización densa	10,030.81	Artificial
Urbanización semidensa	3,657.94	Artificial
Vegetación subacuática	6.33	Natural
<b>Total</b>	<b>101,724.34</b>	

Fuente: Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Zapopan (2020).

De acuerdo con el Registro Público de Derechos de Agua (REPDa 2013) de la Comisión Nacional del Agua, el municipio de Zapopan tiene registrados 142 aprovechamientos de aguas superficiales los cuales se clasifican de la siguiente manera (CEA 2015) (Tabla 88):

**Tabla 88** Aprovechamiento de Agua Superficial en el Municipio de Zapopan

Uso	Cantidad	Volumen (Mm <sup>3</sup> )	Volumen (%)
Agrícola	82	4.6758784	1.30
Agrícola/Pecuario	1	0.0024	0.01
Doméstica	6	0.0728285	0.02
Hidroeléctrica	1	346.896	96.23
Industrial	1	0.126144	0.03
Usos Múltiples	4	0.0847015	0.02
Pecuario	8	0.026849	0.01
Publico Urbano	36	7.37702851	2.05
Servicios	6	1.187974	0.33
<b>Total</b>	<b>145</b>	<b>360.4714039</b>	<b>100.0</b>

Fuente: CEA, Comisión Estatal del Agua (2015)

En la figura 118 se puede observar que dentro del polígono propuesto para el AMPH SITECOL los propietarios cuentan con el uso por derecho de agua de 12 pozos de acuerdo con el Registro Público de Derechos del Agua, además de otros 19 sitios con aprovechamiento de afluentes.



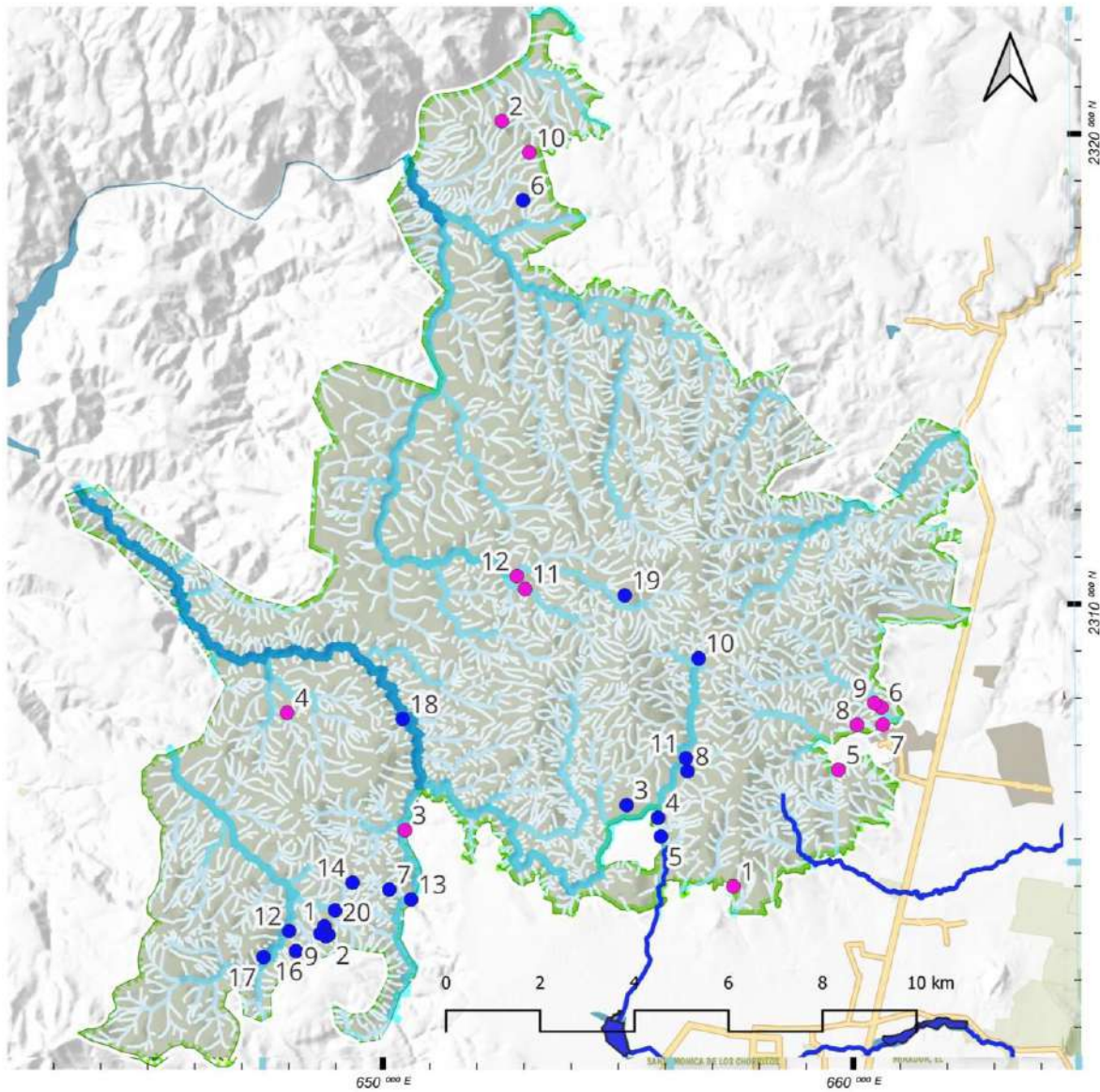


Figura 118 Distribución de los pozos con derechos de agua y aprovechamiento de afluentes al interior del polígono de SITECOL. Fuente: elaboración propia.

### 8.3 Impacto que tienen los cuerpos de agua en el desarrollo de las actividades productivas primarias, secundarias y terciarias de la región

La actividad económica del sector primario en Zapopan es de gran importancia, incluye agricultura de temporal con el aprovechamiento de la humedad residual o de secano también conocido como el “sistema zapopano”; además existe agricultura de riego vinculado a las actividades pecuarias para lo cual la demanda de agua es alta y ejerce presión por el recurso.

El sector secundario presenta desarrollos inmobiliarios lo cual genera empleo en la construcción y alta presión por el cambio de uso de suelo. El sector industrial se presenta en la forma de minería con la explotación de bancos de material para la extracción de cantera y otros tipos de materia prima, como es el caso de la industria ladrillera. El sector turístico, comercial y el gobierno también es parte de la economía en el sector terciario (POELZ 2020) (Fig. 119).



Figura 119 Actividades productivas del sector primario, secundario y terciario. Fuente: elaboración propia.

#### 8.4 Utilidad pública del recurso agua

Para identificar la infraestructura básica y de servicios de carácter hidráulico, propia de las localidades y ejidos que, se analizaron las viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda, así como aquellas que disponen de drenaje, esto conforme a la información disponible en el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020). Un gran número de localidades de los ejidos tiene carencias respecto al uso público del agua (Tabla 89).

**Tabla 89** Viviendas particulares habitadas que disponen de servicio público de agua

Ejidos	Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua	Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	Viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje	Viviendas particulares habitadas que disponen de cisterna o aljibe	Viviendas particulares que disponen de drenaje y sanitario con admisión de agua
Copalita	363	411	517	514	517
La Cofradía	*	*	*	*	
Milpillas	0	23	18	9	18
Nextipac	212	691	881	872	878
Tesistán	22463	6173	23808	23738	23801

Notas: \* Datos reservados por confidencialidad. INEGI Censo de Población y Vivienda 2020.

#### 8.5 Factores de riesgo y tendencias en los usos del agua

El volumen de agua subterránea que se extrae de pozos profundos de la zona geohidrológica de Tesistán se ha incrementado debido a las demandas por el crecimiento urbano y poblacional en las últimas décadas (POETZ, 2006). Su extracción excesiva ha provocado la aparición y reactivación de grietas en la zona de Nextipac.

En Tesistán, los problemas ambientales van desde la sobreexplotación de los acuíferos debido a la expansión de la vivienda y la industria, hasta la contaminación generalizada de los cauces y canales utilizados para regar los cultivos que aún persisten (González-Pérez y López-Lara 2018).

La afectación al Valle de Tesistán y sus alrededores, proyecta un panorama tendencial de crecimiento urbano que indica que para el año 2045, serán urbanizadas cerca de 38 mil hectáreas de acuerdo con una modelación realizada por el Instituto Metropolitano de Planeación (IMEPLAN 2015). Con ello los esquemas actuales en la administración del territorio deben ordenar las nuevas acciones urbanísticas en este perímetro urbano para enfocar diversas acciones que permitan, acorde con las políticas de crecimiento establecidas en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Zapopan (Lara 2016) a fin de garantizar la calidad de vida de la población con un futuro que desde ahora atienda las mejores soluciones para la provisión y seguridad hídrica en el territorio.

El cambio climático ha traído consigo efectos en los territorios, entre estos particularmente el fenómeno natural de la sequía y la escasez de los recursos hídricos. Las sequías son causadas principalmente por la escasez de precipitaciones pluviales, particularmente Jalisco es afectado por la insuficiencia de recursos hídricos necesarios para abastecer la demanda existente.

En el caso del municipio de Zapopan, el 98.5% de la superficie dedicada a las actividades agrícolas presentó alguna categoría de sequía en el año 2020 (ver tabla 90, IIEG 2022).

**Tabla 90 Superficie con alguna categoría de sequía en el municipio de Zapopan**

Categoría de sequía	Superficie Agrícola (%)	Superficie Municipal (%)	Comentarios
Sin sequía	0.7	1.2	
Anormalmente seco	0.8	0.8	Anormalmente seco es una condición de sequedad, no es una categoría de sequía. Se muestran 2 cantidades en porcentajes: la agrícola es el porcentaje de la superficie afectada de las áreas agrícolas conforme a la delimitación de frontera agrícola; y el porcentaje municipal se refiere a toda la superficie del municipio sin importar la cobertura de uso de suelo y vegetación sin incluir los cuerpos de agua.
Sequía moderada	6.1	14.8	
Sequía severa	20.1	26.7	
Sequía extrema	55.4	49.2	
Sequía excepcional	16.9	7.0	

Fuente: IIEG 2022, con base en imágenes Landsat, 2020.

## 8.6 Régimen de tenencia de la tierra en la delimitación del polígono propuesto

Al interior del polígono propuesto para el AMPH SITECOL se identifican dos tipos de tenencia de la tierra, la de tipo social que corresponde a seis ejidos cubre el 62% conforme a la información del Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares (PROCEDE) (ver Tabla 91 y Figura 120), y el restante 38% corresponde a la propiedad privada.

**Tabla 91 Superficie por ejidos dentro del polígono propuesto para el AMPH SITECOL.**

Ejido	Superficie total del Ejido (hectáreas)	Superficie en AMPH (hectáreas)	Porcentaje de superficie dentro de AMPH (%)
Santa Lucía	4997.7420	3361.4827	67
Tesistán	3658.8399	1804.7924	49
Nextipac	1985.5061	16.2254	1
Copalita	509.2405	223.2632	44
La Cofradía	456.4033	456.4034	100
Milpillas	233.2110	28.5069	12

Fuente: Archivo municipal, con base en información PROCEDE.

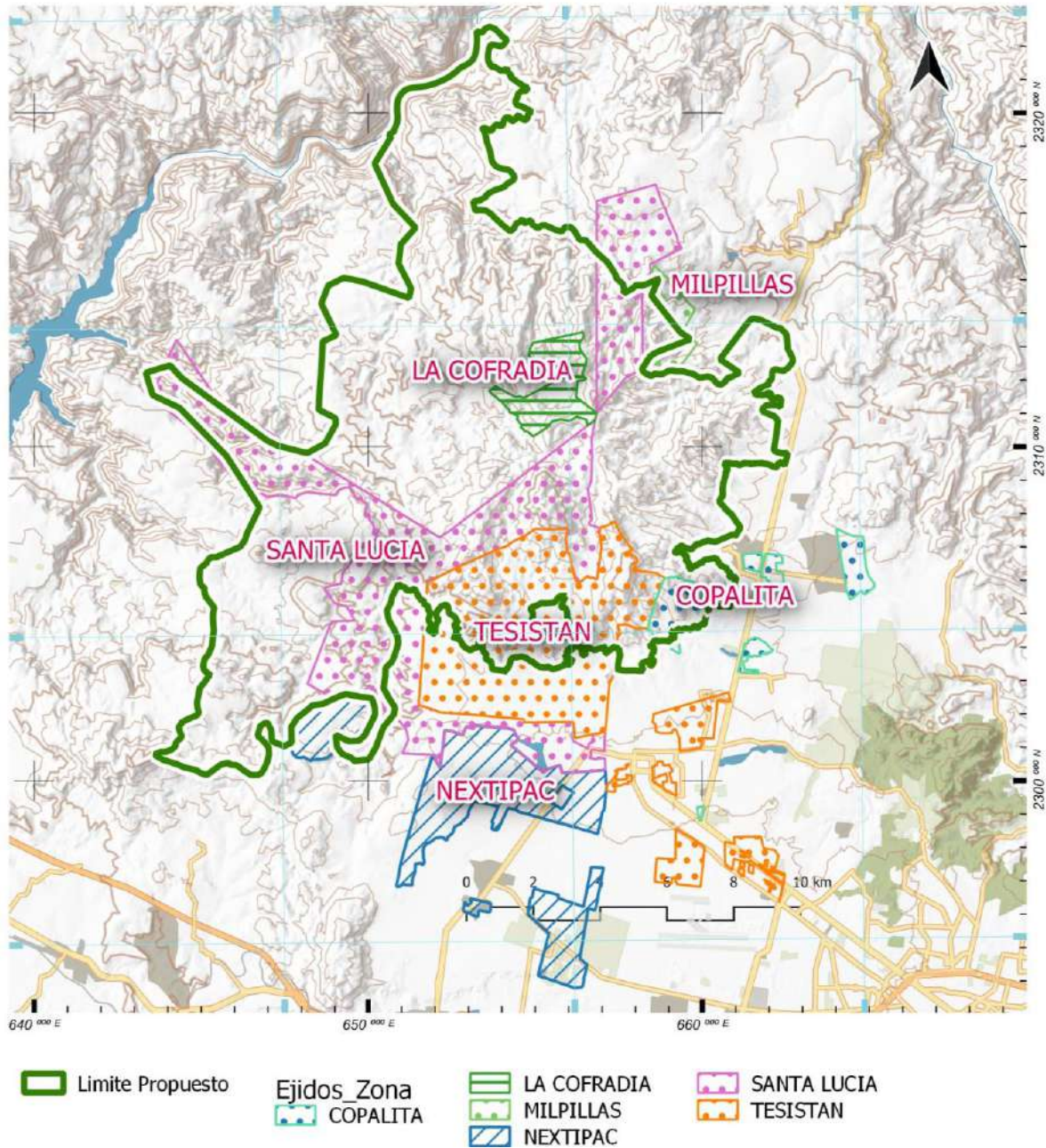


Figura 120 Tenencia de la tierra en propiedad de los ejidos en el AMPH SITECOL.



## 8.8 Ubicación de los cuerpos de agua de temporal y permanentes

El municipio de Zapopan de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2014) se encuentra en la Región Hidrológica Administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico; Región Hidrológica 12 Lerma – Santiago Zona Hidrológica Río Santiago en las Cuencas Hidrológicas de Río Santiago 1, Río Santiago 2 y Presa Santa Rosa; y Región hidrológica 14 Río Ameca en la Cuenca Hidrológica Salado (CEA 2015).

El polígono del AMPH “Sierra de Tesistán – Cerro La Col” se asienta sobre dos acuíferos, de acuerdo con la delimitación elaborada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y disponible para su consulta en el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA): Acuífero 1401 Atemajac y 1436 Arenal. Alrededor del 15% de la superficie del Área Municipal de Protección Hidrológica se localiza dentro del acuífero Atemajac. El resto se encuentra en el acuífero Arenal.

En el acuífero Atemajac entre los ríos importantes se encuentran: al norte la Soledad, al noreste el Agua Zarca, al noroeste del poblado de Nextipac con dirección oeste-este pasando por Tesistán, se conforma el río Blanco que descarga al río Santiago en el sitio denominado como cascada Cola de Caballo. Estos tres aún conservan su cauce a cielo abierto y conducen flujo base son: La Soledad con mezcla de aguas negras y manantiales con gasto aproximado de 50 litros por segundo (lps). El arroyo Agua Zarca con flujo base aproximado de 15 lps, y el Río Blanco con mezcla de aguas negras y aportaciones de manantiales con gasto aproximado de 120 lps (CONAGUA 2020).

En el acuífero Arenal entre los cauces importantes se encuentran: al norte El Cimarrón, al noroeste la Cueva de Copaixtla, al noreste arroyo Milpilllas, arroyo Mezcala al norte de la localidad El Salitre; al suroeste los arroyos Pajaritos – San Lorenzo, La Virgen, San Antonio; al poniente Arroyo Grande, Arroyo Agua Escondida, Arroyo Hondo; al norte los arroyos La Higuera y Los Tubos.

Para una descripción detallada de las características hidrológicas de las microcuencas en el AMPH SITECOL consultar la sección 7.2 de este documento.

## 9. INSTRUMENTOS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO Y PLANEACIÓN URBANA APLICABLES PARA EL CASO DEL MUNICIPIO DE ZAPOPAN Y LA RESERVA NATURAL DE LA SIERRA DE TESISTÁN-CERRO LA COL

### 9.1 Fundamento jurídico

Como se identifica y fundamenta de manera sucinta más adelante, en los poderes públicos el pueblo deposita la función de garantía de tutela del territorio a través de incontables instrumentos democráticos y normativos que establecen las respectivas atribuciones de los diversos ámbitos y escalas de gobierno en materia de ordenamiento y gestión ecológica y territorial. Dichas normas regulan la actuación pública y social en términos orgánicos, instrumentales y funcionales, y habilitan las “reglas de juego democrático” respecto de las decisiones de índole o con repercusión territorial. En este tenor, resulta esencial que dicha garantía de tutela territorial se sustente en fundamentaciones legales precisas y marcos de planeación consistentes con estas. A continuación, se detallan las principales bases jurídicas y competenciales en los que se fundamenta el Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col, así como los diversos instrumentos y criterios de pertinencia para su integración.

### 9.2 Nivel Internacional

En la escala global, la firma de Convenciones y Tratados Internacionales, muy específicamente en materia ambiental, ha contado en la comunidad internacional con un notable desarrollo sobre todo en décadas recientes, ligado a la calidad de vida y de los ecosistemas de soporte de esta. La agenda internacional impulsa y retoma las necesidades nacionales en el contexto global, y las instrumenta de diversos modos, a la vez que habilita condiciones e instituciones de la cooperación internacional, y los asuntos ambientales no son la excepción. Al contrario, han sido y serán un ámbito normativo precoz y muy variado, y de caracterización muy compleja. Entre estos, y de manera destacada, a finales del año 2015 el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos suscribió el acuerdo global de agenda para el desarrollo, y con ello dicha agenda ha permeado la planeación del desarrollo.

#### 9.2.1 La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

El Plan de acción mundial en favor de las personas, el planeta y la prosperidad busca fortalecer la paz universal y la erradicación de la pobreza en todas sus formas y dimensiones, incluida la pobreza extrema, hacer realidad los derechos humanos de todas las personas y alcanzar la igualdad de géneros y el empoderamiento de todas las mujeres y niñas, para avanzar así hacia el desarrollo sostenible. Se compone de 17 objetivos y 169 metas de carácter universal que abarcan las tres dimensiones del desarrollo sostenible: social, económica y ambiental.

Estos compromisos actualmente guían el ciclo de vida de las políticas públicas para la satisfacción de dichos objetivos, y las de carácter federal, jalisciense, y municipal se han alineado con dicha Agenda 2030, en especial el Objetivo 11 (ODS11) que consiste en “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”. A pesar de que todos ellos se encuentran interrelacionados, se destacan adicionalmente los siguientes, ello a pesar de que, naturalmente, la transversalidad de la gestión ambiental-territorial, y sus implicaciones en todo sentido y ámbito, provocan que cualquier intento de sistematización resulte reduccionista:

- ODS1: Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo. - ODS 2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible. - ODS 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades. - ODS4: Objetivo 4. Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos. - ODS 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el



saneamiento para todos. - ODS 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. - ODS8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos. - ODS 9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación. - ODS 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. - ODS 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. - ODS 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad. - ODS 16: Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas (información, participación y justicia ambiental, aunado a eficacia, responsabilidad y transparencia institucional).- ODS 17 sobre "alianzas para los objetivos" y "Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la asociación mundial para el desarrollo sostenible".

### 9.3 Nivel Nacional

#### 9.3.1 El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024

Su principio rector denominado *“Al margen de la ley, nada; por encima de la ley, nadie”* que ante el sistemático quebrantamiento de las leyes, tanto en su espíritu como en su letra, hemos de desempeñar el poder con estricto acatamiento al orden legal, la separación de poderes, el respeto al pacto federal, en observancia de los derechos sociales, colectivos y sociales, empezando por los derechos humanos, y el fin de la represión política; nada por la fuerza; todo, por la razón; solución de los conflictos mediante el diálogo; fin de los privilegios ante la ley y cese de los fueros. Dentro de su apartado II. Política social se encuentra el Desarrollo Sostenible en donde especifica que el gobierno de México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado como un factor indispensable del bienestar.

#### 9.3.2 Ley de Planeación

El artículo 3º determina que la planeación nacional del desarrollo consiste en la ordenación racional y sistemática de acciones que, con base en el ejercicio de las atribuciones del Ejecutivo Federal en materia de regulación y promoción de la actividad económica, social, política, cultural, de protección al ambiente y aprovechamiento racional de los recursos naturales, tiene como propósito la transformación de la realidad del país de conformidad con las normas, principios y objetivos que la Constitución Federal y las leyes establecen; por lo cual, las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal deberán planear y conducir sus actividades sujetándose a los objetivos y prioridades de la planeación nacional del desarrollo, a fin de cumplir con la obligación del Estado de garantizar que éste sea integral y sustentable.

#### 9.3.3 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM)

En la constitución se encuentran las bases para establecer un sistema de concurrencia entre los tres órdenes de gobierno, que sustenta la participación coordinada de las autoridades y ciudadanos del ámbito federal, estatal y municipal de acuerdo con sus respectivas responsabilidades y competencias y que se consideran fundamentales para soportar un ordenamiento integrador como el que se propone.

La (CPEUM) establece al final del párrafo tercero del artículo 1º, cuatro obligaciones específicas –de particulares y autoridades– (de prevenir, de investigar, de sancionar y de reparar) que respecto de la obligación de prevenir esta abarca todas aquellas medidas de carácter jurídico, político, administrativo

y cultural que permitan generar condiciones de previsibilidad tanto a nivel estructural (permitiendo la creación de contextos de prevención), como particular (desincentivando la consumación de amenazas concretas) que promuevan la salvaguarda de los derechos humanos. Y que la interpretación del “promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos, ha de darse conforme a los principios de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad...” (SCJN, 2014). El artículo 2º señala que los pueblos tienen autonomía para: decidir sus formas internas de convivencia y organización social, económica, política y cultural (fracc. I); conservar y mejorar el hábitat y preservar la integridad de sus tierras en los términos establecidos en la Constitución (fracc. V); y acceder al uso y disfrute preferente de los recursos naturales de los lugares que habitan y ocupan las comunidades salvo aquellos que correspondan a las áreas estratégicas (fracc. VI).

En su artículo 4º párrafo quinto, se establece que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. Asimismo, el artículo 25 determina que el Estado debe garantizar que el desarrollo nacional sea integral y sustentable, y el artículo 26 establece la competencia del Estado para organizar un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la Nación.

El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley. Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines.” (Reforma y adición DOF 9 febrero 2012).

Es fundamental considerar que el reconocimiento constitucional del derecho al ambiente, y al agua y su saneamiento como derechos humanos y garantías, junto a otros vinculados con la gestión territorial que tiene por objeto preservar bienes de carácter común y colectivo, se fundamenta además en el valor de la solidaridad y los derechos reconocidos en el Estado social. Ello supone que tanto los particulares como las autoridades han de asumir su protección, bajo una responsabilidad diferenciada y un deber de colaboración conjunta y corresponsable. En aplicación de uno de los principios esenciales de la sostenibilidad, el principio de prevención, dado que a través de esta se promueve una mejor calidad de la vida, y se evita la generación de conflictos potenciales de manera anticipada. Por ello el Derecho y la gestión pública han de ir de la mano con el fortalecimiento de las instituciones, organizaciones y capacidades locales para atender exitosamente las problemáticas, coyunturas y potencialidades del territorio. Por su parte, el artículo 25, párrafo I señala que “Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución.” Y su párrafo VI que “Bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.” En los artículos 26, 27 y 115 quedan comprendidos los aspectos esenciales que recaen sobre la planeación ambiental y del suelo.

#### 9.3.4 En el artículo 26 (CPEUM)

En el artículo 26 se establecen las bases de la planeación democrática, teniendo como productos el Plan Nacional de Desarrollo y los Programas Sectoriales y Especiales; en el artículo 27 “La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponden originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitirle dominio de ellas a los

particulares, constituyendo la propiedad privada.” “La Nación tendrá en todo tiempo, la facultad de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para... preservar y restaurar el equilibrio ecológico...”. En congruencia con lo establecido en el artículo 27, la propiedad es un medio patrimonial para cumplir una función social y no un derecho absoluto e individualista que pueda evitar toda limitación o modalidad. De ahí se desprenden otras funciones muy importantes para los ordenamientos ecológicos territoriales y urbanos como las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones para usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas o de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población lo que da pauta a la posibilidad de restaurar el equilibrio ecológico.

Dentro de esas funciones se incluye dictar criterios para los distintos usos del suelo, fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural y urbano con el fin de evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad privada pueda provocar en perjuicio de la sociedad. Como desarrollo de las bases constitucionales ambientales indicadas, y otras de relevancia, la legislación federal ha establecido diversos instrumentos de planeación y regulación ambiental que resultan también vinculantes para los estados y municipios. La Planeación ambiental es un instrumento de la política ambiental (art. 17 LGEEPA), el cual indica que “En la planeación nacional del desarrollo se deberá incorporar la política ambiental y el ordenamiento ecológico que se establezcan de conformidad con esta Ley y las demás disposiciones en la materia. En la planeación y realización de las acciones a cargo de las dependencias y entidades de la administración pública federal, conforme a sus respectivas esferas de competencia, así como en el ejercicio de las atribuciones que las leyes confieran al Gobierno Federal para regular, promover, restringir, prohibir, orientar y en general inducir las acciones de los particulares en los campos económico y social, se observarán los lineamientos de política ambiental que establezcan el Plan Nacional de Desarrollo y los programas correspondientes.”

### 9.3.5 La Ley de Planeación

En esta hace explícito el contenido de los artículos 25 y 26 constitucionales. Atribuye a la planeación estatal un carácter permanente y democrático que abre espacios de participación ciudadana y establece como obligatoria la consulta a los diversos grupos sociales en el contexto del documento rector del Plan Nacional de Desarrollo. Sin lugar a duda la sustentabilidad del desarrollo del art. 25 constitucional ha tenido recientemente una importante modificación con la aprobación de la reforma el artículo 3º de la Ley de Planeación al aprobarse también la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTyDU) (DOF 28 de noviembre de 2016). Se trata de la incorporación de “así como de ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y desarrollo urbano” del ordenamiento territorial a la definición legal de “planeación nacional de desarrollo” de su artículo 3º, que ahora la entiende como: ...la ordenación racional y sistemática de acciones que, en base al ejercicio de las atribuciones del Ejecutivo Federal en materia de regulación y promoción de la actividad económico, social, política, cultural, de protección al ambiente y aprovechamiento racional de los recursos naturales así como de ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y desarrollo urbano, tiene como propósito la transformación de la realidad del país, de conformidad con las normas, principios y objetivos que la propia Constitución y la ley establecen.

### 9.3.6 Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

La reforma de febrero del 2018, integra los principios incluidos como considerandos de las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, social y ambiental. Del mismo modo, las leyes y normas ambientales establecen los instrumentos de planeación vinculantes que establecen el régimen del suelo y de los recursos naturales (agua, bosques, vida silvestre, etc.) y que determinan la compatibilidad de usos de acuerdo con su vocación natural y reconocimiento legal. Y también establecen los instrumentos de política ambiental que orientan e inducen el desarrollo hacia la sustentabilidad, tanto desde la función de protección y tutela encomendada a las diversas administraciones públicas según sus competencias, como desde la función de inspección y vigilancia. La materia jurídica del ordenamiento territorial de los asentamientos humanos aborda el régimen jurídico y el efecto de su adecuada planeación, regulación y control.

### 9.3.7 Regulación Ambiental de los Asentamientos Humanos

Resulta también obligado fundamentar en la *“Regulación Ambiental de los Asentamientos Humanos”* (título III, capítulo segundo de la LGEEPA) y los criterios que establece para a la preservación y el aprovechamiento sustentable del suelo y sus recursos:

- El uso del suelo debe ser compatible con su vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas;
- El uso de los suelos debe hacerse de manera que éstos mantengan su integridad física y su capacidad productiva;
- Los usos productivos del suelo deben evitar prácticas que favorezcan la erosión, degradación o modificación de las características topográficas, con efectos ecológicos adversos;
- En las acciones de preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, deberán considerarse las medidas necesarias para prevenir o reducir su erosión, deterioro de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo y la pérdida duradera de la vegetación natural;
- En las zonas afectadas por fenómenos de degradación o desertificación, deberán llevarse a cabo las acciones de regeneración, recuperación y rehabilitación necesarias, a fin de restaurarlas, y
- La realización de las obras públicas o privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.

### 9.3.8 La Ley General de Asentamientos Humanos Ordenamiento Territorial Y Desarrollo Urbano (LGAHOTYDU)

Se marca la diferenciación conceptual que permite entender el ordenamiento territorial y urbano con perspectiva de sustentabilidad económica y ecológica más allá de los centros de población, y de carácter regional, con el concepto jurídico que acuña de Desarrollo Regional, como el proceso de Crecimiento económico en dos o más Centros de Población determinados, garantizando el mejoramiento de la calidad de vida de la población, la preservación del ambiente, así como la conservación y reproducción de los recursos naturales (artículo 3º, fr. XV) Nótese además la diferencia respecto del concepto en la LGAH que abrogó. Ordenamiento territorial de los asentamientos humanos: el proceso de distribución equilibrada y sustentable de la población y de las actividades económicas en el territorio nacional (artículo 2º fr. XIV LGAH 1993).

### 9.3.9 Ley General de Vida Silvestre

La Conservación jurídicamente se relaciona con el art. 3º fr. IX de la Ley General de Vida Silvestre. Esta se entiende como la protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, los hábitats, las especies y las poblaciones de la vida silvestre, dentro o fuera de sus entornos naturales, de manera que se salvaguarden las condiciones naturales para su permanencia a largo plazo. Y que le ha interesado más el salvaguardar y mantener las condiciones naturales, y conservar las especies, que las actividades de mejora ambiental y control del deterioro ambiental, propias de la “protección”. Concepto jurídico de “protección” (Art. 3º, fr. XXVII de la LGEEPA: El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro. Resulta a su vez destacable que la LGAH de 1993 contemplaba el ordenamiento territorial como el de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano de los centros de población. En la legislación mexicana la expresión “ordenamiento territorial” puede asociarse a dos concepciones de la planeación: la que tiene por objeto regular las transformaciones que ocurren sobre el territorio mismo, y que están contenidas en la legislación ambiental y la urbanística, por un lado, y la que tiene Artículo 2º fr.VIII LGAH de 1993. Desarrollo urbano: el proceso de planeación y regulación de la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población. artículo 2º fr.III LGAH de 1993. Centros de población: las áreas constituidas por las zonas urbanizadas, las que se reserven a su expansión y las que se consideren no urbanizables por causas de preservación ecológica, prevención de riesgos y mantenimiento de actividades productivas dentro de los límites de dichos centros; así como las que por resolución de la autoridad competente se provean para la fundación de los mismos que tiene por objeto incidir sobre los procesos de desarrollo económico y social (definidos en su mayor amplitud) que tienen lugar en el territorio (UAM 2015a).

Los principios rectores del Ordenamiento Territorial son: sustentabilidad, concurrencia, subsidiariedad, inclusión, equidad social y territorial, diversidad, prospectiva, flexibilidad, asociatividad, desarrollo económico y buen gobierno. Y los objetivos específicos del Ordenamiento Territorial son los siguientes:

- Unificar y dar congruencia a la actuación de los diversos sectores de la administración pública que inciden sobre el territorio estatal. - Incidir en la actuación e inversiones de los sectores privado y social en áreas estratégicamente definidas. - Reducir los costos de las inversiones públicas, aprovechar y crear sinergias con los sectores privado y social, aumentar y potenciar los efectos positivos de las acciones de gobierno. - Contar con un único instrumento de planeación territorial. - Reducir los tiempos de reacción en la Administración Pública para generar un crecimiento ordenado capaz de atender imprevistos (UAM 2015b) Por su parte, el concepto vigente de desarrollo urbano (art 3º fr. XIII LGAHOTyDU) es el proceso de planeación y regulación de la Fundación, Conservación, Mejoramiento y Crecimiento de los Centros de Población; y –paradójicamente- de desarrollo urbano sustentable, como la política pública de planeación de los asentamiento humanos, basada en indicadores de sustentabilidad para el ecosistema urbano, a partir del ordenamiento ecológico territorial; con énfasis en la fisonomía cultural de la población y el potencial social de cada región, desarrollando programas de convención ambiental urbana, crecimiento ordenado y fundación de centros de población o asentamientos humanos, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los habitantes (definición por demás compleja, reiterativa e inclusive confusa, entre los que se destacan las dificultades para comprender al menos a qué se refiere con que es una política pública y no una propensión, qué se entiende por fisonomía cultural, por potencial social, y por convención ambiental urbana.

Asimismo, en su artículo 3, la LGAHOTyDU propone principios generales orientadores que considera al ordenamiento territorial como una “política pública que tiene como objeto la ocupación y utilización racional del territorio como base espacial de las estrategias de desarrollo socioeconómico y la preservación ambiental”. VIII. Conservación: acción tendente a preservar las zonas con valores históricos y culturales, así como proteger y mantener el equilibrio ecológico en las zonas de servicios ambientales (concepto diverso y más abarcativo que el de “conservación” en la LGEEPA, lo que implica un reto adicional de vinculación y congruencia a través de los instrumentos y la gestión territorial, pretendidamente integrables) De lo anterior se colige que la diferenciación conceptual marcada por la ley general vigente permite: - Entender el ordenamiento territorial más allá de los asuntos netamente

urbanos, y como una política pública, no solamente un “proceso de distribución” - Abarcar inclusive las unidades espaciales básicas del ordenamiento territorial, que agrupan a áreas no urbanizadas, centros urbanos y asentamientos rurales vinculados funcionalmente, es decir, los denominados Sistemas Urbano Rurales (artículo 2° fr. XXXV) - Que se extrae del concepto jurídico de “centros de población” las áreas que se consideren no urbanizables por diversas causas, y se conceptúa meramente como las áreas constituidas por las zonas urbanizadas y las que se reserven para su expansión (artículo 2° fr. VI).

Entender el ordenamiento territorial y urbano con perspectiva de sustentabilidad económica y ecológica más allá de los centros de población, y de carácter regional, con el concepto jurídico que acuña de Desarrollo Regional, como el proceso de Crecimiento económico en dos o más Centros de Población determinados, garantizando el mejoramiento de la calidad de vida de la población, la preservación del ambiente, así como la conservación y reproducción de los recursos naturales (artículo 3°, fr. XV). Destaca también que el concepto de AH no se modificó con la abrogación de la LGAH de 1993 (artículo 2° fr. II) y la entrada en vigor de la LGAHOTyDU de 2016 (artículo 3° fr. IV). Continúa el concepto legal vigente siguiente. Asentamiento humano: el establecimiento de un conglomerado demográfico, con el conjunto de sus sistemas de convivencia, en un área físicamente localizada, considerando dentro de la misma los elementos naturales y las obras materiales que lo integran; hago notar aquí que el “conglomerado demográfico” es prácticamente la única distinción con el concepto inclusivo o amplio de “ambiente” del artículo 3° fr. I de la LGEEPA: El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

#### 9.3.10 La Ley de Aguas Nacionales

Es otro instrumento muy importante para considerar como sustento para el Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col. En primer término, está el apartado de la participación coordinada del municipio con la federación en la planeación y gestión de recursos hídricos (art. 5 y 45); la participación del municipio en asuntos de utilidad pública e interés público relacionados con la gestión de los recursos hídricos (art. 7 y 7 Bis); los criterios para la planificación integrada de recursos hídricos y para la participación concertada en la gestión de recursos hídricos (art. 14 Bis y 15); los lineamientos para las zonas reglamentadas, de veda o de reserva (art. 38, 39 y 41); los derechos de los concesionarios (art. 28 y 29); las atribuciones del municipio en cuanto al uso público urbano de aguas nacionales (art. 44 y 45); las restricciones y sanciones de la utilización de la ribera o Zona Federal de corrientes de agua (art. 3 inciso XLVII, art. 86 Bis 2, art. 113, art. 119 inciso IV, art. 120 inciso III); el proceso de participación y gestión para el control de avenidas y protección contra inundaciones (art. 83 y 84).

#### 9.3.11 Ley General de Cambio Climático

Plantea temas prioritarios para la planeación en los artículos 9 y 28 inciso VII; Coordinación entre la federación, las entidades y los municipios para crear políticas en materia de cambio climático (art. 9, 10, 27 incisos I, II, IV, V y VI y art. 30 incisos I y II) En la Ley de Desarrollo Rural Sustentable se ofrecen elementos claves para la Coordinación entre la federación, las entidades para crear acciones en beneficio del medio rural (art. 5, art. 8, art. 154 inciso V y art. 175).

#### 9.3.12 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Se considera el apartado de protección y restricciones de las zonas de valor forestal (art. 3 incisos I, II, IV, XI y XXII, art. 4, art. 15 incisos V, VI, IX, XII, XIII, XV, XIX, art. 24 incisos IV, IX y XIII, art. 33, art. 45, art. 49, art. 50, art. 58 incisos I y III, art. 77, art. 92, art. 117 y art. 118). Otro ordenamiento importante para considerar es la Ley General de Protección Civil, en materia de planeación y previsión de las Áreas de riesgo en

sus artículos 4 inciso V, art. 7 incisos II, VII y VIII, art. 10, art. 83, art. 84, art. 86, art. 87, art. 89 y art. 90. Y entre otras que pudieran destacarse.

### 9.3.13 La Ley General de Vida Silvestre, la Ley Forestal, la Ley de Obras Públicas y Servicios, la Ley General de Salud y la Ley de Vivienda y Políticas

se deben contemplar para cuestiones ambientales y territoriales especializadas. En la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en su apartado de Obligaciones de los municipios en el manejo integral de residuos sólidos urbanos (art. 10) y el de los Planes de manejo de residuos sólidos (art. 27, art. 31, art. 34, art. 67, art. 97 y art. 100). Otros lineamientos necesarios por considerar se encuentran en la Ley de caminos, puentes y autotransporte federal apartado de restricciones en los derechos de vía art.2 inciso III, art.3, art. 8, art. 28 y art. 29; y el apartado de áreas de salvaguarda en terrenos adyacentes a vías generales de comunicación en su art. 26.

## 9.4 Ordenamientos y Regulaciones de Nivel estatal

### 9.4.1 Código Urbano para el Estado de Jalisco (CUEJ)

Contiene elementos importantes a ser considerados en el AMPH-SITECOL. Parte de una orientación general que considera que la planeación del desarrollo urbano debe verse bajo la óptica de indicadores de sustentabilidad para el ecosistema urbano y plantea hacer convergencia con lo planteado en el ordenamiento ecológico territorial de Zapopan.

Los artículos 77 y 78 del CUEJ definen directrices que orientan el desarrollo de los centros de población como una responsabilidad compartida entre el gobierno del estado y los ayuntamientos. El sistema estatal de planeación para el desarrollo urbano se integra por un conjunto de programas y planes articulados entre sí. Artículo 77 establece que: El ordenamiento del territorio, la planeación urbana y la definición de las directrices que orientarán el desarrollo de los centros de población es responsabilidad compartida entre el Gobierno del Estado y los Ayuntamientos. Respetando las competencias constitucionales de cada nivel de gobierno será indispensable la coordinación institucional para articular un sistema de planeación urbana estatal. En su artículo 78 que (...) se entenderá por planeación urbana, el conjunto de herramientas de que dispone la autoridad para prever, racionalizar y coordinar el desarrollo sustentable de los centros de población, propiciando mediante el ordenamiento territorial y la programación de acciones estratégicas, un sistema urbano equilibrado, eficiente, competitivo y orientado a mejorar la calidad de vida de sus habitantes. En el CUEJ, en sus artículos 3, 9, 9 Ter, 77, 78, 78 B, 81, 108, 109, 110, 111, 112, 113, se establece:

- El Sistema Estatal de Planeación para el Desarrollo Urbano, que clasifica a los instrumentos de política territorial en el Estado de Jalisco. En este caso el programa de ordenamiento ecológico regional y el plan regional de integración urbana, son instrumentos de aplicación y de consulta obligada en el proceso de formulación y aplicación de los planes y programas de desarrollo urbano.
- Describe el alcance y el proceso participativo a seguir para formular un Plan Regional de Integración Urbana.
- La Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, en conjunto de la Secretaría de Infraestructura y Obra Pública, son las autoridades administrativas del Gobierno de Jalisco que elaboran el plan regional de integración urbana.
- Es necesario conformar un consejo regional como órgano de representación social para la elaboración del Plan Regional de Integración Urbana.
- Define los alcances del proceso en cuanto a la consulta pública, conformación de los órganos de participación ciudadana, así como los medios de publicación y divulgación de los documentos.

### 9.4.2 Plan Estatal de Desarrollo Urbano (2016-2033)

El manejo y conservación de ecosistemas es un aspecto prioritario para la provisión de servicios ambientales, la conservación de la biodiversidad y en general para el desarrollo social y económico del estado. Jalisco está situado en la transición de regiones del hemisferio sur (como las del trópico y subtropical) con las templadas y frías del hemisferio norte, el inicio de la Sierra Madre del Sur y el cruce del eje Neovolcánico transversal. Se tienen registradas 22 Áreas Naturales Protegidas (ANP), con una superficie territorial de 737,258 ha y 87.9 km de litoral. Es misión del Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas fortalecer su conservación y manejo sustentable, así como gestionar áreas voluntarias de conservación y corredores bioculturales regionales. Este plan señala las en el tema del medio ambiente y acción climática como objetivo incrementar la sostenibilidad del medio ambiente y reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático. Como estrategias: 1) Detener y revertir la degradación del medio ambiente; 2 Efectuar una ordenación y manejo sostenible de los bosques y 3) Frenar la pérdida



de diversidad biológica. Además, respecto a reservas hidrológicas y agua, garantizar el suministro sostenible y la calidad del agua para la población y actividades productivas. Estrategias: Ordenar el uso y aprovechamiento del agua en cuencas y acuíferos; 2) Proteger y recuperar los bosques, humedales y ríos. La superficie estatal bajo esquemas de Área Natural Protegida de carácter Estatal es de 94 mil 358.58 ha (SEMADET 2021).

#### 9.4.3 Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Jalisco

Asimismo, el artículo 73 fracción XXIX-G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, dispone de facultad del Congreso de la Unión para expedir leyes que establezcan las bases de concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico.

El 28 de julio de 2001, fue publicado en el periódico oficial “El Estado de Jalisco” el Acuerdo mediante el cual se aprueba el Ordenamiento Ecológico territorial del Estado de Jalisco, en el cual se determinan los criterios de protección, conservación y restauración de los recursos naturales de la Entidad, de prevención y disminución de la contaminación ambiental, y constituye las bases para el aprovechamiento y uso sustentable de los recursos naturales en el Estado de Jalisco. Actualizado el 27 de julio de 2006.

Los instrumentos de la política ambiental son las principales herramientas técnico-administrativas de la Gestión Pública en materia ambiental, que nos acercarán al Desarrollo Sustentable. El cumplir sus objetivos, significa la seguridad de mantener en equilibrio el potencial productivo de nuestros componentes ambientales, su permanencia en los ecosistemas y por consecuencia elevar la calidad ambiental de nuestra población.

En el sector de Área Natural los criterios establecidos son: 1) Promover y apoyar la elaboración y operación del programa de manejo para el logro de los objetivos de conservación del patrimonio natural; 3) Promover e impulsar la preservación y aprovechamiento de la biodiversidad; 5) Promover e impulsar el reconocimiento y preservación de paisajes representativos; 6) Promover la participación de las comunidades locales en la planificación, protección y conservación de los recursos; 7) Las aguas superficiales utilizadas en la actividad antropogénica deberán de mantener saneadas a fin de sostener los niveles de calidad de los hábitats silvestres 9) Implementar los proyectos de aprovechamiento, restauración y manejo de áreas naturales protegidas cumpliendo con la mitigación considerada en los estudios de impacto ambiental; 12) establecer áreas de amortiguamiento, en al área Áreas Naturales Protegidas que regulen las presiones de conservación, y establecer ahí turismo de descanso; 13) Construir caminos municipales, estatales o federales fuera de las zonas núcleo de las áreas naturales protegidas.

#### 9.4.4 Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano del Área Metropolitana de Guadalajara (POTmet)

Documento elaborado en 2016 por el Instituto Metropolitano de Planeación (IMEPLAN), inscribiéndose como un documento base para “dar soporte y peso legal a las decisiones de planeación del territorio” ante la falta de instrumentos de planeación urbana que abarquen en su totalidad el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), la cual está integrada por los municipios de: Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Ixtlahuacán de los Membrillos, Juanacatlán, Zapotlanejo.

El componente estratégico 7.2. Sustentabilidad Ambiental, se integra por tres apartados: 7.2.1 Gestión Ambiental Metropolitana; 7.2.2 Consolidación de un Sistema Verde Periurbano; y 7.2.3 Bosques Urbanos.

Además, señala que, el proceso de urbanización ha generado, simultáneamente, un aumento en la demanda de servicios de los ecosistemas y una disminución en la capacidad de estos para satisfacerla, al ser impactados por cambios de uso de suelo, actividades productivas y otras acciones humanas. Para atender las cuestiones ambientales a escala metropolitana y llevar a cabo una gestión integral para el desarrollo sostenible, se identifican estrategias en torno a cumplir con los siguientes objetivos específicos.

- Establecer un marco único con acciones orientadas a establecer y manejar de forma prioritaria las áreas de conservación ecológica o productiva en torno a los asentamientos humanos y evitar el crecimiento urbano hacia éstas.
- Desarrollar una estrategia articulada para la consolidación de un sistema verde metropolitano, que teniendo en perspectiva todos los ordenamientos ecológicos y urbanos que rigen el territorio actualmente, se genere un mapa único normativo para la integración del desarrollo de las unidades de paisaje con valor ambiental a conservar.
- Promover la gestión ambiental metropolitana desde una perspectiva de ciudad completa que permita tratar con sus impactos conjuntos, así como potenciar los servicios de sus ecosistemas.

#### 9.4.4.1 Consolidación de un sistema verde periurbano

En la estructura del Sistema Verde se identifican polígonos de alto valor ambiental o agrícola (a partir de otros instrumentos de planeación) a los que se les asigna una política ambiental general, así como una vocación de uso. Las políticas son las siguientes: Áreas Naturales Protegidas; Áreas de protección; Áreas de conservación y Áreas de transición. Dicho sistema cabe integrarlo dentro del sistema de área naturales protegidas del municipio de Zapopan.

#### 9.4.5 Planes Parciales de Desarrollo Urbano

Estos comprenden los Planes de Desarrollo Urbano de Centro de Población; y los Planes Parciales de Desarrollo Urbano (ver aspectos específicos del ámbito estrictamente urbano para mayor detalle). Otras disposiciones del CUEJ que son de orden público e interés social, establecen normas y lineamientos para el desarrollo urbano y el asentamiento humano en los artículos 1, 2, 3, 4 incisos I y X), art. 94 y art. 95; otro apartado importante es el de las atribuciones del municipio en temas de planeación territorial, a través de los Programas de Desarrollo Urbano (art. 10, 11, 94, 95, 96, 97, 98, 99; el de Zonas de riesgo art. 87 y 88; y el de las Sanciones (art.106 y 107). Dentro del municipio de Zapopan son relevantes el plan parcial #9, y el # 10.

#### 9.4.6 Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

De la política ambiental

Artículo 9º. Para la formulación y conducción de la política ambiental, y demás instrumentos previstos en esta ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, se observarán los siguientes criterios:

I. Los ecosistemas son patrimonio común de la sociedad y de su equilibrio dependen la vida y las posibilidades productivas del país y, en especial, del estado de Jalisco;

II. Los ecosistemas y sus elementos deben ser aprovechados en forma sustentable de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con la evolución de los procesos productivos;

III. Las autoridades estatales, municipales, y las federales en funciones en el estado, deben de asumir la responsabilidad de la protección ambiental del territorio de la entidad, bajo un estricto concepto federalista, juntamente con la sociedad;

IV. La responsabilidad respecto al equilibrio ecológico, comprende tanto las condiciones presentes como las que determinarán la calidad de la vida de las futuras generaciones;

V. La prevención de las causas que los generan, es el medio más eficaz para evitar los desequilibrios ecológicos;

VI. El aprovechamiento de los recursos naturales debe realizarse en forma sustentable;

VII. La coordinación entre los distintos niveles de gobierno y la concertación con la sociedad, son indispensables para la eficacia de las acciones ambientales;

VIII. El sujeto principal de la concertación ambiental lo son no únicamente los individuos, sino también los grupos y organizaciones sociales y privadas. El propósito de la concertación de acciones ambientales es orientar positivamente la interrelación (sic) entre la sociedad para proteger el medio ambiente;

IX. En el ejercicio de las atribuciones que las leyes confieran al gobierno del estado y los gobiernos municipales, para regular, promover, restringir, prohibir, orientar y, en general, inducir las acciones de los particulares en los campos económico y social, se considerarán prioritariamente los criterios de fragilidad, vulnerabilidad, preservación, protección y fortalecimiento del equilibrio ecológico;

X. Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente sano, así como él deber de protegerlo y conservarlo. Las autoridades, en los términos de esta y otras leyes, tomarán las medidas para preservar ese derecho;

XIII. Es de interés público y social que las actividades que se llevan a cabo dentro del territorio del estado no afecten el equilibrio ecológico internacional o nacional;

XIV. El gobierno del estado promoverá, ante la federación y los gobiernos de las entidades federativas vecinas a Jalisco, la preservación y restauración del equilibrio de los ecosistemas regionales;

XV. Quien haga uso de los recursos naturales o realice obras o actividades que directa o indirectamente afecten al ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los costos ambientales que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja al ambiente y aproveche de manera sustentable los recursos naturales;

#### 9.4.7 Ley de Agua para el Estado de Jalisco y sus Municipios

Establece en sus apartados referente al agua y cuencas.

VII. La proposición de políticas públicas, estrategias, programas, proyectos y acciones para la conservación de las cuencas hidrológicas, los acuíferos, los bosques y el fomento a la reforestación de las cuencas a fin de restablecer el equilibrio ecológico de las mismas;

Artículo 15. Los principios que orientarán la programación hídrica del Estado son:

III. El agua es recurso vital, limitado, vulnerable y finito cuya preservación y sostenibilidad es tarea fundamental del estado y la sociedad.

IV. La gestión del agua se hará en forma integrada a partir de la cuenca o subcuencas hidrológicas, como unidades idóneas de gestión hídrica, tomando en consideración el ordenamiento del territorio del estado y de sus municipios, así como la participación de la población.

#### 9.4.8 Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Jalisco

En su Artículo 1. Señala que es de orden e interés público y de observancia general en todo el Estado de Jalisco, y tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del Estado y sus recursos.

El Artículo 2. Menciona como objetivos de esta Ley los siguientes: I. Normar la política forestal en el Estado, en coordinación con la Federación y los Municipios; II. Impulsar el desarrollo del sector forestal del Estado, mediante el manejo adecuado de los recursos forestales, incluyendo las cuencas y ecosistemas hidrológico-forestales, sin perjuicio de lo establecido en la normatividad aplicable; IV. Establecer las bases para generar un aprovechamiento responsable de los recursos forestales procurando la conservación de la biodiversidad y del equilibrio ecológico. Artículo 3. Se declaran de utilidad pública: I. La conservación, protección y restauración de los ecosistemas forestales y sus elementos, así como de las cuencas hidrológico-forestales; Artículo 3. Se declaran de utilidad pública: I. La conservación, protección y restauración de los ecosistemas forestales y sus elementos, así como de las cuencas hidrológico-forestales; II. La ejecución de obras destinadas a la generación de bienes y servicios ambientales; III. La protección y conservación de los suelos con el propósito de evitar su erosión; IV. La protección y conservación de los ecosistemas que permitan mantener los procesos ecológicos esenciales y la diversidad forestal; y V. La protección y conservación de las zonas donde se encuentren recursos forestales en peligro de extinción.

Artículo 3. Se declaran de utilidad pública: I. La conservación, protección y restauración de los ecosistemas forestales y sus elementos, así como de las cuencas hidrológico-forestales; II. La ejecución de obras destinadas a la generación de bienes y servicios ambientales; III. La protección y conservación de los suelos con el propósito de evitar su erosión; IV. La protección y conservación de los ecosistemas que permitan mantener los procesos ecológicos esenciales y la diversidad forestal; y V. La protección y conservación de las zonas donde se encuentren recursos forestales en peligro de extinción. Artículo 8. Son obligaciones del Estado las siguientes: IX Realizar y supervisar las labores de conservación, protección y restauración de los terrenos forestales.

Artículo 10. Son obligaciones de los municipios: IV Desarrollar y apoyar viveros y programas de producción de plantas. Artículo 18. Los criterios de carácter ambiental y silvícola del Programa Estatal Forestal son: III Proteger, restaurar, conservar y aprovechar los recursos forestales sustentablemente para evitar su degradación.

Capítulo Único. Artículo 49. La prevención, control y combate de los incendios forestales será prioritaria para la conservación de las zonas forestales, así como el desarrollo sustentable del sector. Artículo 50. Para prevenir, combatir y controlar los incendios forestales, además de las que establezcan otras disposiciones legales, la Secretaría en coordinación con la Federación y los Municipios y contando con la participación de la sociedad civil, deberá: IV Reglamentar de acuerdo con los dispositivos contenidos en esta Ley, el uso adecuado del fuego. Vigente 24 de julio de 2004.

#### 9.4.9 Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Jalisco 2014-2018

Es el instrumento programático rector y orientador de la Política Estatal en materia de cambio climático con alcances, proyecciones y previsiones en el mediano y largo plazo, que se elabora en los primeros dos años de cada periodo constitucional, y tiene como objetivos generales enfrentar los efectos adversos al cambio climático que en la actualidad están ocurriendo y prepararse para los impactos futuros. Así como, identificar los estudios necesarios para definir metas de mitigación y las necesidades del Estado para construir y fomentar capacidades de adaptación y mitigación, transitar hacia una economía sustentable, competitiva, y de bajas emisiones de gases de efecto invernadero, es un instrumento de salvaguarda de la salud y seguridad de la población, el territorio, las actividades productivas y los ecosistemas (Art. 55, LACCEJ).

Por su parte, el artículo 115 Constitucional establece las condiciones de la autonomía municipal y confirma las facultades de los ayuntamientos para la elaboración, aprobación y administración de los planes de desarrollo urbano y ecológico municipal. De conformidad con este articulado surge la

#### 9.4.10 Constitución Política del Estado de Jalisco

Cuyo contenido más relevante es el apartado de la Coordinación de la Federación con los municipios en temas de asentamientos humanos, y de preservación y equilibrio ecológico (art. 50 incisos XXI y art. 80).

Los instrumentos de ordenamiento ecológico del territorio y de planificación urbana, hacen una referencia obligatoria a la “Regulación Ambiental de los Asentamientos Humanos” (RAAH, artículo 23 de la LGEEPA) y una selección de los criterios que establece para la planeación del desarrollo urbano y la vivienda. I.- Los planes o programas de desarrollo urbano deberán tomar en cuenta los lineamientos y estrategias contenidas en los programas de ordenamiento ecológico del territorio; III.- En la determinación de las áreas para el crecimiento de los centros de población, se fomentará la mezcla de los usos habitacionales con los productivos que no representen riesgos o daños a la salud de la población y se evitará que se afecten áreas con alto valor ambiental; V.- Se establecerán y manejarán en forma prioritaria las áreas de conservación ecológica en torno a los asentamientos humanos; VI.- Las autoridades de la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, en la esfera de su competencia, promoverán la utilización de instrumentos económicos, fiscales y financieros de política urbana y ambiental, para inducir conductas compatibles con la protección y restauración del medio ambiente y con un desarrollo urbano sustentable; VII.-; IX. La política ecológica debe buscar la corrección de aquellos desequilibrios que deterioren la calidad de vida de la población y, a la vez, prever las tendencias de crecimiento del asentamiento humano, para mantener una relación suficiente entre la base de recursos y la población, y cuidar de los factores ecológicos y ambientales que son parte integrante de la calidad de la vida.

#### 9.5 En el ámbito jalisciense, la RAAH en la LEEPA

se norma del siguiente modo:

Artículo 22. La regulación ambiental de los asentamientos humanos consistirá en el conjunto de normas, disposiciones y medidas de desarrollo urbano y vivienda que promueva el gobierno del estado y las que dicten los gobiernos municipales, para mantener, mejorar y restaurar el equilibrio de los asentamientos con los elementos naturales, y asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de la población. La regulación ambiental de los asentamientos humanos deberá de estar acorde con la política ambiental, para lo cual, se instrumentará a través de los ordenamientos ecológicos locales, disposiciones de desarrollo urbano y los planes parciales de desarrollo de los municipios, así como los demás instrumentos que procedan.

Artículo 23. Para la regulación ambiental de los asentamientos humanos, las dependencias y entidades de la administración pública, deberán, además de observar las disposiciones en materia de desarrollo urbano, los siguientes criterios generales (...). La relevancia que tienen dichos criterios se ha visto fortalecida normativamente al tratar de integrar el ordenamiento del territorio en sentido urbano y ecológico, pues al respecto, la

##### 9.5.1 Programa de Acción para el Cambio Climático del Municipio de Zapopan

Este programa establece las condiciones de coordinación, objetivos y metas puntuales para reducir emisiones de gases de efecto invernadero, se incluye en el apartado 11.3. Manejo sustentable de recursos naturales y conservación de la biodiversidad, dentro de la acción denominada “Desarrollo e implementación de programas para el manejo de las áreas naturales protegidas”. El manejo efectivo de estas zonas de conservación puede contribuir reduciendo las emisiones actuales y futuras mediante los sumideros de carbono actuales.

#### Objetivo específico

- Promover la reducción y captación de emisiones de gases de efecto invernadero y el enriquecimiento de los almacenes de carbono.

### 9.5.2 Otras regulaciones a Nivel Municipal

#### 9.5.2.1 Programa Municipal de Desarrollo y Gobernanza (2021-2024)

Este programa precisa las políticas de desarrollo, donde para cada una de ellas se definen objetivos estratégicos, estrategias específicas, acciones estratégicas, programas, metas e indicadores para hacer que el desarrollo del Municipio de Zapopan sea próspero, equitativo, incluyente e íntegro.

##### *Política de Desarrollo 8*

Política de Desarrollo urbano sustentable con visión metropolitana

##### *Objetivo estratégico*

Generar el desarrollo territorial y urbano, ordenado y sustentable con una visión metropolitana, así como con igualdad de oportunidades.

##### *Estrategia Específica*

- Fortalecer las acciones socioculturales, económicas y normativas, para cuidar el medio ambiente, así como el crecimiento de un entorno urbano sustentable y equitativo.

##### *Acciones estratégicas*

-- Dar cumplimiento a las acciones climáticas establecidas en el Plan Municipal para la Acción ante el cambio climático 2030.

--- Incrementar las Áreas Naturales Protegidas dentro del municipio (ha) para proveer de servicios ambientales a los habitantes de Zapopan.

#### 9.5.2.2 El Reglamento de Protección al Medio Ambiente y Equilibrio Ecológico para el Municipio de Zapopan, Jalisco

Dicho ordenamiento establece en su artículo 11 que los programas de ordenamiento ecológico tendrán por objeto cumplimentar la política ambiental con el propósito de proteger, preservar, restaurar y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales, considerando la regulación de la actividad productiva y de los asentamientos humanos. Mientras que el artículo 12 señala que el ordenamiento ecológico será considerado en todas aquellas obras públicas o civiles que impliquen aprovechamiento de recursos naturales.

En el artículo 5° del Reglamento del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Zapopan se establece que, en la zona urbana o centro de población del Municipio, el POETZ tendrá la aplicación para efectos de orientar el proceso de revisión y actualización de los Planes Parciales de Desarrollo Urbano, sin embargo, éstos serán los instrumentos normativos aplicables. Fuera del centro de población o zona urbana el POETZ será el instrumento normativo aplicable para cualquier tipo de promoción privada o institucional, que pretenda obtener de la autoridad municipal una autorización, permiso o licencia relativa a la utilización del suelo.

Se deberán considerar los lineamientos y estrategias contenidas en estos programas. Tomando en cuenta lo anterior, el POELZ plantea atender las sugerencias centrales de asegurar la protección de las áreas naturales ya decretadas dentro de la delimitación del municipio, incrementar las superficies de conservación, preservar zonas de mayor fragilidad ambiental, proponer zonas de producción

agropecuaria que detengan la creciente pérdida de las mejores tierras de vocación agrícola y proveer elementos que refuercen la designación de polígonos de contención urbana. El POELZ es de observancia obligatoria fuera de los centros de población del Municipio de Zapopan, Jalisco, y de carácter propositivo respecto a las zonas que se encuentran localizadas dentro de los centros de población.

#### 9.5.2.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Zapopan, Jalisco

Es competencia del Gobierno Municipal en conformidad con los artículos 20 BIS 4, 20 BIS 5 y 23 fracción I de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Establecen en su Artículo 20 BIS 4.- Los programas de ordenamiento ecológico local serán expedidos por las autoridades municipales, y en su caso por las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, de conformidad con las leyes locales en materia ambiental, y tendrán por objeto: I.- Determinar las distintas áreas ecológicas que se localicen en la zona o región de que se trate, describiendo sus atributos físicos, bióticos y socioeconómicos, así como el diagnóstico de sus condiciones ambientales, y de las tecnologías utilizadas por los habitantes del área de que se trate. Artículo 23.- Para contribuir al logro de los objetivos de la política ambiental, la planeación del desarrollo urbano y la vivienda, además de cumplir con lo dispuesto en el artículo 27 constitucional en materia de asentamientos humanos, considerará los siguientes criterios: I.- Los planes o programas de desarrollo urbano deberán tomar en cuenta los lineamientos y estrategias contenidas en los programas de ordenamiento ecológico del territorio.

De acuerdo con lo que señalan estos artículos, el alcance del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Zapopan (POELZ) es regular, fuera del centro de población de Zapopan, los usos del suelo con el propósito de proteger, preservar, restaurar y aprovechar de manera sustentable los recursos de 7 áreas naturales del municipio en la realización de actividades productivas por medio de estrategias, lineamientos y criterios de regulación ecológica. Tendrán por objeto: I.- Determinar las distintas áreas ecológicas que se localicen en la zona o región de que se trate, describiendo sus atributos físicos, bióticos y socioeconómicos, así como el diagnóstico de sus condiciones ambientales, y de las tecnologías utilizadas por los habitantes del área de que se trate. emitirá las recomendaciones que estime pertinentes.

Es importante señalar que por sus características morfológicas y geográficas al interior del polígono AMPH SITECOL se consideran los “núcleos de conservación” identificados en el POELZ como superficies de interés para la protección y conservación, que los conecta como corredor natural a fin de formar el “Corredor Biológico Metropolitano” (POELZ 2020, p.353). Además, de acuerdo con las formaciones paisajísticas que se derivan de las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del POELZ coinciden con las políticas ambientales para la zona como de conservación, preservación y restauración, conformadas por ocho polígonos correspondientes a las UGA: CO<sub>3</sub>8Pr (Cerro Bailadores poniente), CO<sub>3</sub>9Pr (Cerro Bailadores), CO<sub>4</sub>10Pr (Barranca Ahuatancillo y El Potrero 1), CO<sub>3</sub>11Pr (Barranca Ahuatancillo y El Potrero 2), CO<sub>2</sub>13R (Mesa La Capilla y La Mesita), CO<sub>4</sub>14Pr (Cumbre La Col), CO<sub>3</sub>15Pr (Llanura poniente de Montechelo) y CO<sub>3</sub>16Pr (La Mesa del Comal) que abarcan las cabeceras de cuenca y dos de los mayores núcleos de conservación. Además, se incluye la zona ZPN-10-A “Copala” del Plan Parcial de Desarrollo Urbano y es considerada como área de conservación ecológica.

## 10 . PROSPECCIÓN

### Prospección ante el cambio climático

Una de las consecuencias del cambio climático es el calentamiento global, este se entiende como el aumento de la temperatura media de la atmósfera de la Tierra derivadas de la actividad humana y que está provocando variaciones en el clima modificando los procesos meteorológicos de temperatura, humedad, precipitaciones y radiación solar que pueden hacer cambiar el clima, por medio del efecto de tipo invernadero.

De acuerdo con los últimos informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), un calentamiento global de más de 1.5°C causaría perturbaciones climáticas extremas, tales como: tormentas mayores y más intensas, lluvia seguida de sequías más prolongadas e intensas (un desafío para los cultivos), que además podrían ser más frecuentes y tener repercusiones irreversibles en el medio ambiente. Esto implica cambios en los ámbitos en los que pueden vivir los animales y las plantas que no pueden adaptarse tan rápidamente.

En los últimos 50 años, las temperaturas promedio en México han aumentado aproximadamente 0.85°C por arriba de la normal climatológica, lo que corresponde con el incremento global reportado por el IPCC (2015). De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) las temperaturas mínimas y máximas presentan una tendencia hacia un incremento y las proyecciones esperadas entre 2015 y 2039 en el promedio de la temperatura anual en el país prevén un aumento de 1.5°C y 2°C en el norte del territorio (INECC 2019).

En lo referente a la precipitación su distribución espacio-temporal ha cambiado de manera diferencial en el territorio nacional, aunque la cantidad se ha mantenido. Esto tiene impactos sobre los sistemas ecológicos y productivos, que son altamente sensibles a variaciones de temperatura y precipitación, pudiendo resultar en pérdidas económicas que podrían incrementarse a futuro bajo escenarios de cambio climático. Entre el 2015 y 2039 podría disminuir la precipitación anual entre un 10 y 20% aumentando las sequías intensas y prolongadas principalmente en el norte del país (INECC 2019).

### Prospección de vulnerabilidad, posibles riesgos y peligros

La vulnerabilidad se define como la incapacidad del sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos (INECC 2018) y que esto, en el contexto de un clima cambiante, deriva en fenómenos climáticos extremos, comúnmente identificados como riesgos y peligros para los sistemas humanos (e.g. deslizamientos, inundaciones, incendios, sequías, etc.). Con base a lo anterior se definen los siguientes conceptos:

*Vulnerabilidad.* Nivel en el que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación (LGCC 2018).

*Riesgo.* Probabilidad de que se produzca un daño en las personas, en uno o varios ecosistemas, originado por un fenómeno natural o antropogénico (DOF 2018).

*Peligro.* Se define con relación a la ocurrencia de eventos climáticos, tales como cambios en la temperatura y precipitación, los fenómenos relacionados (e.g., ciclones tropicales o sequías) así como las afectaciones sociales y económicas derivadas de las mismas (e.g., disminución de rendimientos agrícolas o incremento en incidencia de enfermedades (INECC 2020).



**Pobreza.** Se define cuando una persona tiene al menos una carencia social (en los seis indicadores de rezago educativo, acceso a servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación) y su ingreso es insuficiente para adquirir los bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades alimentarias y no alimentarias (CONEVAL 2019).

#### Vulnerabilidad al cambio climático: Municipio de Zapopan

En el análisis de la vulnerabilidad desarrollado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC 2021) se desarrolló a escala estatal la vulnerabilidad, riesgos y peligros como primer paso en el proceso de adaptación al cambio climático; mediante esta visión estatal se permite identificar cuáles son las principales amenazas climáticas en el territorio, los problemas relacionados con éstas y sobre todo abordar las causas subyacentes que pueden incrementar los impactos en la sociedad. Los fenómenos extremos asociados al clima como olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones tropicales, entre otros, revelan la vulnerabilidad en los ecosistemas y sistemas humanos.

A continuación, se muestra en la Tabla 92 la vulnerabilidad al cambio climático del Municipio de Zapopan:

**Tabla 92** Índices de vulnerabilidad al cambio climático del Municipio de Zapopan. Los valores numéricos conforme se acercan a 1.0 es mejor la condición.

Condición	Valor
Condición de aridez en zonas ganaderas actual	0.1593
Índice de estacionalidad de la precipitación actual	0.9261
Exposición Actual	0.5427
Resistencia de la vegetación	0.7937
Acceso al agua y forrajes	0.3210
Infraestructura para el manejo de pastoreo y ganado	0.3258
Condiciones de producción	0.1897
Componente de sensibilidad	0.6646
Instrumentos para la gestión de riesgos	0.75
Protección y restauración de ecosistemas para prevenir estrés hídrico	0.1987
Organización y fomento a la productividad ganadera	0.8180
Componente de capacidad adaptativa	0.5889
Vulnerabilidad Actual	0.4128
Rango Vulnerabilidad	0.1870

Fuente: INECC 2021

## 11 . PROPUESTA DE PROGRAMA DE MANEJO Y CONSERVACIÓN

### Introducción

Este Programa de Manejo del “Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col” (AMPH-SITECOL) es el “Instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del área natural protegida (ANP)...” como se define en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas, artículo 3, fracción XI. (RLGEEPAMANP. 2014, Artículo 3.XI). El objetivo es lograr la conservación de los ecosistemas y biodiversidad de la Sierra de Tesistán y Cerro La Col, así como asegurar que siga el ANP cumpliendo su función social.

Se enfoca este PM, como se señala en el Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2020-2024 de la CONANP, en la dimensión humana de las ANP y congruente con el paradigma de la sustentabilidad. Se establece este PM con la visión de “... mantener el patrimonio natural sustento de la cultura mexicana y atender las necesidades e injusticias del presente sin arriesgar los derechos y el desarrollo de las generaciones futuras” (p. 3). Así mismo acorde con el Artículo 1ro de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM 2024) que indica en su “... Artículo 1o. En los Estados Unidos Mexicanos todas las personas gozarán de los derechos humanos ... ” “Todas las autoridades, en el ámbito de sus competencias, tienen la obligación de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos de conformidad con los principios de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad. ...” (p. 1).

Se busca “... que la preservación, la restauración y el aprovechamiento justo y responsable del patrimonio natural del país sea el medio a través del cual construyamos el desarrollo local y regional con justicia social y con bienestar para las poblaciones asociadas a las ANP” (CONANP-PNANP, 2020, p. 3). Las instituciones de gobierno y las civiles, en conjunto, se proponen articular el desarrollo incluyente, la sostenibilidad y el bienestar que respaldan este Programa en conjunto con los tres niveles de gobierno que son el municipal, el estatal y el federal desde la Dirección de Medio Ambiente del H. Ayuntamiento de Zapopan en acompañamiento con la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) del Gobierno del Estado de Jalisco.

Este Programa de Manejo a través de sus subprogramas de 1. Protección, 2. Manejo, 3. Restauración, 4. Conocimiento, 5. Cultura y 6. Gestión, contribuye al incremento de la superficie protegida con 19,017.638 hectáreas, y a cumplir los cinco *Objetivos prioritarios* del PNANP, sus Estrategias *prioritarias* y *Acciones puntuales*, donde lo que se enfatiza es en (1) Fortalecer el manejo efectivo de las ANP y en el incremento de la superficie de conservación para mantener la representatividad de la biodiversidad, la conectividad y funcionalidad de los ecosistemas y la provisión de sus servicios ambientales para el mejoramiento de la calidad de vida de las actuales y futuras generaciones; (2) Impulsar la participación comunitaria en la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en las ANP para mejorar sus medios de vida y reducir su vulnerabilidad; (3) Promover la restauración de ecosistemas, así como acciones de protección y monitoreo para la conservación y recuperación de especies prioritarias y sus hábitats en las ANP y zonas de influencia; (4) Fortalecer las capacidades institucionales para el logro de los objetivos sustantivos de la CONANP, optimizando la coordinación y articulación intra e interinstitucional con otras dependencias y actores involucrados con las Áreas Naturales Protegidas y fomentando y fortaleciendo la participación y cooperación internacional; y el

objetivo de (5) Vinculación de los Objetivos prioritarios del Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas con el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Este “PROGRAMA DE MANEJO” con sus Subprogramas y componentes está escrito de acuerdo con los lineamientos de la CONANP descritos en el documento “TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA ELABORACIÓN DE PROGRAMAS DE MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS COMPETENCIA DE LA FEDERACIÓN” publicado en el sitio Web de la CONANP:

<https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/programas-de-manejo?state=published>  
consultado el 20 de julio de 2023.

La temporalidad de las acciones propuestas a Corto, Mediano y Largo plazo se fundamenta en apego a lo que dicta la LGEEPA, en su artículo 66. donde señala en su fracción II: “II.- Las acciones a realizar a corto, mediano y largo plazo, estableciendo su vinculación con el Plan Nacional de Desarrollo, así como con los programas sectoriales correspondientes. Dichas acciones comprenderán, entre otras las siguientes: de investigación y educación ambientales, de protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la flora y la fauna, para el desarrollo de actividades recreativas, turísticas, obras de infraestructura y demás actividades productivas, de financiamiento para la administración del área, de prevención y control de contingencias, de vigilancia y las demás que por las características propias del área natural protegida se requiera. (LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 TEXTO VIGENTE Última reforma publicada DOF 08-05-2023)

Los subprogramas se derivan del diagnóstico socioeconómico, de la biodiversidad y de los ecosistemas registrados en el polígono del AMPH Sierra de Tesistán-La Col, además del análisis de la problemática que prevalece en el área. Cada subprograma se organiza en diferentes componentes y para cada uno se incluyen los objetivos, metas, actividades y acciones específicas enmarcados en lapsos de tiempo.

Los contenidos se integran en seis subprogramas de conservación:

- Subprograma de Protección
- Subprograma de Manejo
- Subprograma de Restauración
- Subprograma de Conocimiento
- Subprograma de Cultura
- Subprograma de Gestión

Los alcances de los subprogramas del presente programa de manejo se han planteado con base en los periodos en que las acciones deberán desarrollarse durante los siguientes plazos: el corto plazo (C) se refiere a un periodo entre uno o dos años, el mediano plazo (M) comprende de tres a cuatro años, y el largo plazo (L) se refiere a un periodo mayor a cinco años y la categoría permanente (P) que se asigna a las acciones o actividades que se deberán operar por plazos indefinidos. En este sentido, los tiempos planteados deberán ajustarse, modificarse o replantearse de acuerdo con las evaluaciones periódicas que se hagan a los subprogramas.

## 11.1 Subprograma de Protección

El subprograma de protección contiene actividades y acciones enfocadas a conservar y mantener los recursos naturales como la flora, la fauna, el suelo, el agua, el aire, entre otros, en el AMPH Sierra de Tesistán-Cerro La Col. Las acciones de protección están orientadas a asegurar los procesos naturales y la dinámica ecológica de sus ecosistemas y evitar su deterioro. Los componentes que integran este subprograma son: preservación de áreas frágiles y sensibles, protección contra especies exóticas, incluyendo las invasoras y control de especies y poblaciones que se tornen perjudiciales, prevención y control de incendios y contingencias ambientales, inspección y vigilancia, y mitigación y adaptación al cambio climático.

### Objetivo general

Favorecer la protección y conservación de la diversidad biológica del Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col para preservar el sistema hidrológico (arroyos, ríos, cuerpos de agua, norias, manantiales y áreas boscosas), a través del establecimiento y promoción de un conjunto de políticas y medidas de protección y prevención para controlar el deterioro de los ecosistemas.

### Estrategias

- Evitar la deforestación y degradación de los bosques mediante esquemas de prevención, control y seguimiento que protejan los recursos forestales.
- Prevenir, controlar, combatir y detectar de manera oportuna los incendios forestales, en coordinación con la CONAFOR y con Protección Civil.
- Implementación de acciones que contribuyan a mantener, conservar y mejorar la calidad del suelo.
- Protección y conservación de fauna y flora silvestre mediante programas de atención, vigilancia y educación ambiental.
- Protección a los recursos hidrológicos mediante acciones que promuevan su adecuada gestión.
- Promover la protección de los ecosistemas a través de atención a la problemática de especies exóticas invasoras.
- Trabajar junto con los propietarios y usuarios en la mitigación y adaptación del cambio climático.

### Componente de inspección y vigilancia

Este componente incluye acciones de inspección y vigilancia en coordinación con las autoridades competentes y con la participación de comités de vigilancia participativa con la finalidad de dar cumplimiento de la normatividad ambiental y las medidas de regulación para prevenir, proteger, controlar y evitar el deterioro del ambiente. Son diversos los factores de deterioro y degradación en el área como: cambios en el uso de suelo de forestal a agrícola y ganadero, tala clandestina, plagas e incendios forestales provocados, contaminación del agua y suelo, erosión, alteración y modificación de cauces de agua, cacería de especies silvestres, presión en los límites por urbanización y de asentamientos humanos, introducción de especies exóticas, entre otros.

### Objetivo general

Promover la protección y conservación de los recursos naturales del AMPH Sierra de Tesistán-Cerro La Col, mediante la coordinación de las instancias de gobierno encargadas de la protección del medio ambiente y la participación directa de propietarios y sociedad civil en acciones de prevención, vigilancia y monitoreo para mejorar el ambiente y controlar el deterioro de los ecosistemas.

#### Estrategias

- Fortalecer la coordinación interinstitucional para la protección de los recursos naturales del AMPH SITECOL.
- Promover la participación de dueños, poseedores, usuarios y la sociedad civil organizada en las acciones de vigilancia y monitoreo para fomentar la conservación de los ecosistemas y sus recursos naturales.
- Impulsar la protección de los recursos naturales mediante el establecimiento de mecanismos de vigilancia que eviten el deterioro y degradación de los ecosistemas y su biodiversidad.
- Realizar acciones de inspección y vigilancia para garantizar la conservación de los recursos naturales.

#### Objetivos específicos

- Prevenir y atender ilícitos a través de actividades de inspección y vigilancia al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente en la protección y conservación de los recursos naturales del AMPH SITECOL.
- Diseñar y operar en coordinación con la PROFEPA, PROEPA, Dirección de Inspección y reglamentos del Ayuntamiento de Zapopan un Programa de Vigilancia Ambiental Participativa en el que se involucre a los propietarios y/o poseedores de los predios ubicados en el ANP.
- Promover la participación de ejidatarios, pequeños propietarios y poseedores, así como voluntarios para el fortalecimiento de las actividades de inspección y vigilancia en la protección de los recursos naturales del ANP.

#### Metas y resultados esperados

- Contar con un programa de inspección y vigilancia que apoye en la prevención y la denuncia de delitos ambientales en coordinación con las autoridades competentes.
- Contar con comités de vigilancia participativa.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Conformar comités de vigilancia participativa</i>	
Impulsar la formación de comités de vigilancia participativa en coordinación con la PROFEPA, PROEPA, Dirección de Inspección y Reglamentos, Dirección de Participación Ciudadana del Ayuntamiento de Zapopan	C
Capacitar y dar seguimiento a los comités de vigilancia participativa en temas de normatividad ambiental, en coordinación con la PROFEPA, PROEPA, Dirección de Inspección y Reglamentos, Dirección de Participación Ciudadana del Ayuntamiento de Zapopan	C
<i>Implementar un programa de inspección y vigilancia</i>	
Participar en la coordinación de reuniones para elaborar el programa de inspección y vigilancia participativa bajo la Dirección Ejecutiva del ANP y en coordinación con las autoridades competentes	C
Coadyuvar en operativos de inspección y vigilancia dentro del Área Natural Protegida y en coordinación con las instancias correspondientes	M
Definir recorridos de vigilancia, en coordinación con las autoridades competentes, incluyendo a la PROFEPA, en sitios estratégicos con mayor problemática ambiental	P
Integrar y remitir a la PROFEPA las denuncias de posibles ilícitos, de conformidad con la normativa y a sus competencias	P
<i>Promover la participación y concientización de la población</i>	
Promover la participación de la población en temas relacionados con el cuidado de los ecosistemas y la biodiversidad	M
Sensibilizar a la población de las comunidades vecinas y a los turistas acerca de la importancia de la prevención, atención y la denuncia utilizando las diferentes vías para generar reportes de problemáticas ambientales	M

### Componente de prevención, control y combate de incendios y/o contingencias ambientales

Los incendios forestales tienen impactos complejos sobre los procesos ecológicos de los ecosistemas. La mayoría de los incendios registrados en la SITECOL y su zona de influencia son resultado de quemadas agropecuarias mal ejecutadas en la parte baja de la Sierra y actividades de cambio de uso de suelo de forestal a agrícola. En los espacios afectados predominan pastizales, encinares y el bosque tropical caducifolio, donde una práctica común en la región son las quemadas para limpiar los terrenos dedicados a la agricultura y la estimulación del rebrote de pastos para el ganado, y en consecuencia se ha provocado pérdida y degradación en la vegetación natural y suelos.

Es importante dirigir acciones para disminuir la incidencia de incendios forestales en la SITECOL y su zona de influencia, y con ello reducir las contingencias ambientales, mediante la participación y coordinación de los tres órdenes de gobierno junto con ejidos, propietarios, poseedores, usuarios, y sociedad civil.

### Objetivos específicos

- Establecer las condiciones operativas y de coordinación en un programa integrado de manejo del fuego, mediante acciones de prevención de incendios forestales que permitan la conservación y restauración de los ecosistemas.
- Prevenir y disminuir los impactos causados por incendios forestales, a través de la mitigación de riesgos coadyuvando su atención y prevención con las autoridades competentes.

### Metas y resultados esperados

- Contar con un programa integrado de manejo del fuego para la prevención y control de incendios forestales en coordinación con las autoridades competentes y demás actores.
- Implementar una estrategia de difusión del programa integrado de manejo del fuego, así como capacitar, en coordinación con la CONAFOR y SEMADET a los ejidos y propietarios del SITECOL y las comunidades de su zona de influencia.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Elaborar y ejecutar el programa integrado de manejo del fuego de SITECOL</i>	
Formular un programa de manejo integrado del fuego en coordinación con las autoridades competentes, ejidos, propietarios y poseedores, así como organizaciones de la sociedad civil	C
Identificar las zonas de atención prioritarias del ANP y su área de influencia para la intervención en la prevención y atención de incendios	C
Coadyuvar con las instancias como la Coordinación Municipal de Protección Civil y Bomberos de Zapopan y SEMADET para la implementación del programa de prevención y atención de incendios forestales	C
Intensificar en la temporada de estiaje acciones de vigilancia y monitoreo de los sistemas de alerta temprana de incendios de la CONABIO	P
<i>Implementar la estrategia de difusión</i>	
Promover y difundir en coordinación con el Ayuntamiento, SEMADET, ejidos, propietarios del área de protección y pobladores de la zona de influencia conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007 referente al uso del fuego en terrenos agrícolas y pecuarios, calendarios y avisos.	P
Concientizar a los agricultores, ejidos, propietarios y vecinos en avisar y coordinarse con las instancias del Ayuntamiento referentes a normativas en el uso de fuego	P
Socializar con la población y comunidades de la zona de influencia sobre el programa integrado del manejo del fuego	C

## Componente de preservación e integridad de áreas frágiles y sensibles

Las áreas frágiles y sensibles para la protección y conservación de los hábitats del AMPH SITECOL son aquellas áreas de cabecera de cuenca donde predominan la cobertura de bosques de pino, encino, vegetación riparia, que cubren las zonas de las montañas donde se infiltra el agua que alimenta los flujos subterráneos. Así también la vegetación riparia que bordean los manantiales, los arroyos permanentes, ríos y cuerpos de agua superficiales.

En el AMPH SITECOL existen áreas consideradas como frágiles y sensibles como la superficie de bosque tropical caducifolio que ocurre en las laderas bajas de los cerros y cañadas, además de otras comunidades vegetales que ocupan una superficie reducida en el área en cañadas con más humedad y que albergan alta diversidad de especies, algunas en riesgo de extinción.

### Objetivos específicos

- Asegurar la protección y conservación de las cabeceras de cuenca y del sistema hidrológico.
- Realizar acciones que favorezcan al cuidado de los cauces de los ríos y arroyos, evitando acciones antrópicas que modifiquen o alteren sus componentes.
- Implementar medidas que contribuyan a la protección y conservación de los ecosistemas frágiles y sensibles.

### Metas y resultados esperados

- Monitoreo de las condiciones naturales e hidrológicas de las áreas frágiles y sensibles para evitar la degradación de los ecosistemas presentes en estas áreas.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Implementar programas de monitoreo de las áreas frágiles y sensibles</i>	
Elaborar un programa de monitoreo de la calidad de agua de las áreas frágiles y sensibles	C
Elaborar e implementar un programa de conservación de suelo en zonas identificadas con erosión alta en las áreas frágiles y sensibles	C
Generar e implementar programas específicos de conservación y restauración ecológica con base en el diagnóstico de situación de áreas frágiles y sensibles	L
Implementar un sistema de monitoreo de las áreas restauradas y de regeneración natural	P
Elaborar e implementar un programa continuo para el monitoreo de la flora y fauna con énfasis en aquellas especies con alguna categoría de riesgo o endémicas	M
Generar proyectos de investigación para determinar los posibles corredores biológicos	L
Realizar convenios con instituciones de educación que puedan desarrollar actividades de investigación y seguimiento en beneficio de las áreas frágiles y sensibles	P
<i>Promover programas de participación social para la conservación</i>	
Promover la participación local de las comunidades para crear conciencia sobre la importancia de conservar y restaurar las áreas frágiles y sensibles	C
Regular los impactos producidos por las actividades humanas que puedan afectar y degradar las áreas frágiles y sensibles	C



Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
Generar el programa de educación ambiental	M
En el marco de la educación ambiental, implementar talleres para el uso de la plataforma Naturalista-CONABIO en escuelas primarias y secundarias de la zona de influencia de la SITECOL	C

### Componente de protección contra especies exóticas invasoras y control de especies y poblaciones que se tornen perjudiciales

A nivel mundial se ha reconocido el impacto nocivo que las especies exóticas tienen sobre la biodiversidad. En México se considera la tercera causa de pérdida de su biodiversidad nativa (CONABIO 2023), es por ello por lo que se elaboró la Estrategia Nacional sobre especies invasoras (CONABIO 2010). De acuerdo con el diagnóstico biológico del AMPH Sierra de Tesistán-Cerro La Col, se tiene registro de la presencia de 18 especies exóticas de flora (Anexo I) y 11 de fauna (Anexo II). En el caso de las plantas exóticas, por lo menos 5 de ellas han sido evaluadas por su invasividad y se listan como especies exóticas invasoras reconocidas por SEMARNAT (2016). Algunas especies, aun siendo nativas, pueden ser perjudiciales para los ecosistemas naturales, tal es el caso de varias plantas hemiparásitas conocidas como muérdagos y sería recomendable registrar y analizar su presencia en el área.

#### Objetivos específicos

- Detectar, reducir y prevenir, la presencia de especies exóticas invasoras y otras especies perjudiciales para la biodiversidad nativa y los ecosistemas naturales del área.
- Informar y divulgar a la población residente del AMPH, la de comunidades vecinas y a los visitantes sobre el impacto y las consecuencias que tiene la introducción de especies exóticas invasoras sobre la biodiversidad y los ecosistemas naturales de la zona.

#### Metas y resultados esperados

- Disponer de un inventario completo de las especies exóticas invasoras y otras especies sobreabundantes tanto de flora como de fauna presentes en AMPH SITECOL.
- Contar con el programa de control, educación y reducción para el manejo de las especies exóticas invasoras.
- Concientizar a la población y comunidades vecinas mediante mecanismo de participación ciudadana en las acciones de prevención, control y erradicación de las especies invasoras
- Erradicar la introducción de especies exóticas invasoras.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Implementar un programa de detección y monitoreo de especies exóticas invasoras y otras que se tornen perjudiciales</i>	
Elaborar un diagnóstico completo de las especies de flora y fauna exóticas invasoras	C

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Implementar un programa de detección y monitoreo de especies exóticas invasoras y otras que se tornen perjudiciales</i>	
Realizar un diagnóstico sanitario para evaluar la presencia de plagas y enfermedades en el área	C
Proponer e implementar medidas correctivas con base en el diagnóstico con el fin de controlar especies perjudiciales	M
Elaborar un programa de monitoreo para el control o erradicación de especies exóticas invasoras	M
<i>Promover programas de participación social para la detección y control de especies exóticas</i>	
Fomentar la colaboración entre diferentes instancias normativas o de educación superior para impulsar actividades relacionadas con el control, erradicación y educación para el manejo de las especies exóticas invasoras y otras especies perjudiciales (plagas y enfermedades)	M
Informar a la población residente del área, a las comunidades vecinas y a los visitantes sobre el impacto que genera la introducción de especies exóticas e invasoras mediante programas de educación ambiental	C
Promover en las comunidades locales el potencial ornamental de especies nativas de plantas como alternativa para disminuir el uso de especies exóticas invasoras	M

### Componente de mitigación y adaptación al cambio climático

Los escenarios de cambio climático pronostican una disminución en la precipitación del 50% y un incremento de 2°C de la temperatura para el año 2039. Esta situación traerá como consecuencia afectaciones a los sistemas productivos, cambios en el rendimiento de los cultivos en respuesta a las variaciones de la temperatura y alteración de los ciclos de lluvias, con acentuadas etapas de sequía (PNUD 2019).

Las áreas naturales protegidas (ANP) son espacios clave que ofrecen una respuesta natural al cambio climático porque la conservación de sus ecosistemas contribuye a la captura y almacenamiento de carbono (mitigación), el mantenimiento y la prestación de servicios ecosistémicos, así como la protección de las poblaciones y los ecosistemas (adaptación).

Las ANP constituyen una solución de Adaptación basada en Ecosistemas, en los que propone el uso y manejo de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, como parte de una estrategia más amplia de adaptación, para ayudar a las personas a enfrentar los efectos adversos del cambio climático; son un medio que integra el manejo sustentable, la conservación y restauración de los ecosistemas para mantener la provisión de servicios ecosistémicos que permitan reducir los impactos del cambio climático.

El AMPH SITECOL tiene el potencial para contribuir en acciones para la mitigación y adaptación del cambio climático mediante la conservación de cobertura forestal, reforestación, conservación de suelos y mantenimiento de reservorios de carbono. La expansión y el manejo efectivo de estas zonas de conservación pueden contribuir reduciendo las emisiones actuales y futuras mediante los sumideros de carbono actuales.

### Objetivo específico

Promover acciones de adaptación y mitigación ante el cambio climático que contribuyan a la conservación y restauración de los ecosistemas forestales, a fin de que se garantice la permanencia de elementos de protección a personas, poblados y sistemas productivos.

### Metas y resultados esperados

- Contar con un programa de acción al cambio climático del Área Natural Protegida en el mediano plazo.
- Fomentar la conservación de la superficie forestal del Área Natural Protegida para favorecer la regulación climática regional.
- Impulsar a corto plazo un esquema de pago por servicios ambientales.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Elaborar y ejecutar el programa de adaptación al cambio climático</i>	
Fomentar acuerdos con comunidades locales, representantes del sector público, privado, academia y organizaciones de la sociedad civil para llevar a cabo un diagnóstico de la situación actual, así como de las proyecciones futuras cambio climático del ANP,	C
Identificar sitios potenciales de conservación en entornos sensibles al cambio climático para proteger refugios y corredores biológicos.	C
<i>Implementar una estrategia de difusión sobre la mitigación y adaptación al cambio climático en el ANP</i>	
Promover la participación de comunidades locales, representantes del sector público, privado, academia y organizaciones de la sociedad civil para orientar esfuerzos y trabajo conjunto en la reducción de los impactos negativos del cambio climático mediante la conservación y restauración de los ecosistemas forestales.	P
Promover la adopción de esquemas productivos a través de buenas prácticas bajas emisiones de bióxido de carbono	C
Promover la restauración y conservación de los ecosistemas forestales que potencien la captura de carbono	C
<i>Promover un esquema de pago por servicios ambientales</i>	
Gestionar con las instancias académicas y de investigación estudios sobre el potencial de captura de carbono en los ecosistemas del ANP.	M
Promover el pago por servicios ambientales en tema de captura de carbono, para la compensación a ejidos, comunidades y propietarios	M

### 11.2 Subprograma de Manejo

La conservación y el manejo de los recursos naturales son fundamentales para asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y los servicios ecosistémicos que aporta la Sierra de Tesistán-Cerro La Col. Una importante política de conservación y manejo de recursos naturales se basa en algunas

actividades productivas alternativas sustentables que se puedan desarrollar en las comunidades tanto dentro como en la zona de influencia del Área Natural Protegida, conforme con los principios ecológicos y prácticas culturales y acorde a sus condiciones ambientales, de manera que se reduzca la presión sobre sus recursos.

Las actividades ganaderas y agrícolas, así como el aprovechamiento de los recursos naturales, requieren de un manejo sustentable. Además, es preciso que los ejidatarios, propietarios y usuarios tengan certidumbre acerca de las alternativas económicas a través de capacitación, lineamientos y reglamentos para reducir el impacto que pueden generar, aunado a una gestión continúa dirigida hacia mejores prácticas para el uso sustentable de los ecosistemas.

Por lo anterior, a través de este subprograma es necesario contar con un esquema que permita lograr el manejo y uso sustentable de los recursos naturales del AMPH SITECOL, así como promover que estas prácticas sean congruentes con los objetivos de conservación a través de actividades alternativas, que aseguren el uso racional de los recursos naturales.

#### Objetivo general

Establecer políticas, estrategias y programas, con el fin de determinar actividades y acciones orientadas al cumplimiento de los objetivos de conservación, protección, restauración, capacitación, educación y recreación del AMPH SITECOL, a través de proyectos alternativos y la promoción de actividades de desarrollo sustentable.

#### Estrategias

- Promover y fortalecer las actividades alternativas y tradicionales con los propietarios, poseedores y usuarios del Área Natural Protegida.
- Impulsar sistemas agroecológicos para la mejora de la salud del ecosistema agrícola incluidos su biodiversidad, ciclos y actividad biológica del suelo, en consideración, según corresponda, de los conocimientos, innovaciones y prácticas tradicionales de comunidades en pleno respeto a sus derechos colectivos.
- Establecer convenios de colaboración para el fortalecimiento del manejo del Área Natural Protegida en beneficio de la conservación y mantenimiento de los servicios ambientales.
- Fortalecer los procesos de producción y aprovechamiento tradicional y alternativo de los recursos naturales con base en los criterios de sustentabilidad.
- Generar prácticas sustentables en el aprovechamiento de los recursos naturales en coordinación con ejidos, propietarios, poseedores, usuarios y autoridades competentes, de acuerdo con la normatividad vigente.
- Promover esquemas y/o mecanismos de compensación de servicios ambientales dentro del AMPH SITECOL y su zona de influencia.

#### Componente de desarrollo y fortalecimiento comunitario

Con este componente se tiene la finalidad de fortalecer el manejo efectivo del AMPH-SITECOL para el mejoramiento de la calidad de vida de las actuales y futuras generaciones impulsando la participación comunitaria en la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en el ANP para mejorar sus medios de vida y reducir su vulnerabilidad. Contiene actividades y acciones enfocadas a promover el desarrollo sustentable a partir de actividades productivas sustentables en el ANP y su zona de influencia. Las acciones están orientadas para asegurar la participación ciudadana en todos sus sectores e instancias en forma organizada con propósito de conservación.

### Objetivo general

Impulsar la participación comunitaria en la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en el ANP para mejorar sus medios de vida y reducir su vulnerabilidad, a través de proyectos alternativos y la promoción de actividades de desarrollo sustentable donde también se incluye el cambio de uso del suelo.

### Estrategias

- Impulsar la participación comunitaria en la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en las ANP para mejorar sus medios de vida y reducir su vulnerabilidad.
- Evaluar y fortalecer el manejo efectivo del ANP.
- Fomentar y fortalecer mecanismos de participación social y gobernanza en el ANP.
- Fomentar proyectos y emprendimientos productivos sustentables que fortalezcan a las comunidades locales y disminuyan su vulnerabilidad en el ANP y su zona de influencia.
- Impulsar acciones de restauración con fines productivos en el ANP y su zona de influencia.

### Objetivo específico

Promover la participación de la población en actividades de fortalecimiento del tejido social alrededor de proyectos de desarrollo social para la conservación de los recursos naturales en SITECOL que incluya un desarrollo integral.

### Metas y resultados esperados

Operar un programa de coordinación para el desarrollo económico y social.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Operar un programa de desarrollo del tejido social para el desarrollo económico sustentable y fortalecer capacidades de organización.</i>	
Promover el diseño de mecanismos que permitan regular de manera eficiente y coordinada el turismo sustentable y otras actividades productivas dentro del ANP.	C
Promover y fortalecer la conformación y funcionamiento de Consejos Asesores y sub-consejos para impulsar temas específicos en el ANP mediante comisiones especiales y	C
Desarrollar una estrategia para la consolidación de iniciativas productivas, incluyendo las enfocadas en el turismo sustentable.	C
Promover y aplicar mecanismos de valor agregado en cadenas de valor para iniciativas productivas, en coordinación con otros actores y sectores.	M
Diseñar e implementar mecanismos para el fortalecimiento de capacidades de proyectos productivos en el ANP.	C
<i>Operar un programa para la toma de decisiones de toda el ANP referente a los asentamientos humanos</i>	
Establecer un mecanismo de coordinación interna en el ANP para la regulación de asentamientos humanos.	C

## Componente de actividades productivas tradicionales y alternativas

Entre las propuestas de proyectos alternativos de desarrollo comunitario que se podrían desarrollar con mayor éxito destacan: la elaboración de conservas de frutas y tallos de plantas nativas (ahuilote, ciruelas, guayabas, arrayanes, nopales, cocuixtles, etc.); la producción de miel y de otros derivados apícolas, así como el establecimiento de jardines para los polinizadores; el cultivo y la producción de hortalizas frescas (nopales y otras); la producción de compostas y otros abonos orgánicos; la manufactura de diferentes tipos de quesos y otros productos lácteos debidamente pasteurizados; el establecimiento de viveros *in situ* para la reproducción de especies nativas, empleadas con fines de restauración o bien, para su venta a las instancias municipales que las requieran en la reforestación urbana; la elaboración de artesanías con subproductos del bosque (semillas, frutos, hojas, maderas, insectos) y la confección de bordados y tejidos con hilos y otros insumos; entre otro sinfín de acciones, de tal forma que se puedan recuperar, promover y fortalecer las actividades productivas tradicionales y alternativas que afecten al mínimo el medio ambiente, así como impulsar fuentes de ingreso económico, para beneficio directo de los productores de las comunidades locales y de los de la zona de influencia.

### Estrategia

Promover la participación de la población en actividades de desarrollo y emprendimiento alrededor de proyectos de conservación y de producción sustentable de los recursos naturales en la SITECOL.

### Objetivo general

Mantener un programa de desarrollo económico sustentable que contribuya a la visión de “ni destruir, ni no tocar” de tal manera que residentes y propietarios puedan en forma organizada aprovechar los beneficios del ANP para un desarrollo de actividades de una manera que se conserve el patrimonio natural con participación plena de comunidades y pueblos con propuestas productivas alternativas y tradicionales para lo cual es importante contar con capacitación para la comunidad y asesoría técnica permanente.

### Objetivos específicos

Favorecer el desarrollo de las actividades productivas tradicionales y alternativas que sean compatibles con criterios de sustentabilidad.

Diversificar las oportunidades productivas mediante actividades sustentables para el desarrollo de la economía local.

### Metas y resultados esperados

- Contar con un diagnóstico de las actividades alternativas y tradicionales que se realizan en el Área Natural Protegida y su zona de influencia.
- Incrementar el número de iniciativas productivas sustentables, así como por localidad, que se orienten hacia el aprovechamiento de los recursos naturales en el ANP y su zona de influencia, que incremente la superficie del ANP que se conserva mediante el uso y aprovechamiento sustentable.
- Generar un programa de capacitación y recuperación de saberes tradicionales para organizaciones y productores de la región.
- Fortalecer los procesos de producción y comercialización de los productos tradicionales y alternativos.

- Generar un distintivo regional de productos y/o servicios que realizan o incluyen prácticas sostenibles.

Actividades* (en letras cursivas) y acciones	Plazo
<i>Elaborar un diagnóstico de actividades productivas realizadas actualmente en el AMPH</i>	
Identificar las actividades productivas tradicionales y alternativas en el Área Natural Protegida	C
Elaborar un padrón de productores que incluya las actividades que realizan en el Área Natural Protegida	C
<i>Impulsar una estrategia para el uso y aprovechamiento sustentable de los recursos dentro del ANP.</i>	
Promover y fomentar la conservación, el uso sustentable de los ecosistemas y sus recursos naturales por medio de iniciativas económicas sostenibles y amigables con la biodiversidad, y de actividades productivas que implementen buenas prácticas en el ANP.	C
Promover el desarrollo del turismo de naturaleza responsable con criterios de sustentabilidad, competitividad y equidad en el ANP.	C
Promover la reconversión de sistemas productivos convencionales a sistemas agroecológicos, silvopastoriles diversificados, manejo holístico de agostadero, de turismo sustentable, que favorezcan la conservación del patrimonio biocultural.	C
Establecer mecanismo sustentable de regulación de la venta de la tierra y uso del suelo que vaya acorde con el paisaje deseado en forma concertada por comunidades internas.	C
Promover proyectos para restauración productiva.	C
Promover cursos de capacitación en aplicación de nuevas tecnologías y estudios técnicos para fomentar el aprovechamiento sustentable.	C
<i>Generar un distintivo regional de productos y/o servicios que realizan o incluyen prácticas sostenibles</i>	
Promover la generación de productos con valor agregado, reconocidos mediante el distintivo regional	C
Programa de recuperación de recursos naturales y paisajes	M
Promover servicios de turismo rural ligado a áreas naturales y espacios agrícolas y del patrimonio histórico y natural	M

### Componente manejo y uso sustentable de agroecosistemas y ganadería

La agricultura y la ganadería se han realizado tradicionalmente en el AMPH SITECOL, si bien han representado opciones económicas para los propietarios, ejidatarios y/o poseedores, también han ocasionado impactos negativos sobre los ecosistemas, por lo que estas actividades deben ser orientadas a esquemas de sustentabilidad, sin ocasionar mayor deterioro a los ecosistemas para que sigan siendo una fuente de beneficios económicos.

Este componente propone actividades de manejo sustentable para lograr la disminución de las prácticas productivas extensivas sobre las áreas boscosas y el uso de agroquímicos, que eviten la erosión y la degradación de los suelos, la pérdida y fragmentación de los hábitats a causa del cambio de uso del suelo.

Los productores ganaderos, a través de intercambios de experiencias y prácticas de campo, pueden adquirir conocimientos en sistemas silvopastoriles, capacidades necesarias para disminuir la vulnerabilidad de los productores ante los impactos del cambio climático, donde las enfermedades y

muerte en el hato ganadero cada vez son más frecuentes, debido al incremento de la temperatura, prolongación de la época de estiaje y disminución de lluvia anual acumulada (PNUD 2019).

#### Objetivo específico

Impulsar mejores prácticas agrícolas y ganaderas en el AMPH Sierra de Tesistán-Cerro La Col y su zona de influencia mediante la implementación de técnicas sustentables.

#### Metas y resultados esperados

- Implementar un proyecto modelo agroecológico y silvopastoril con productores agropecuarios dentro del Área Natural Protegida y su zona de influencia.
- Promover las acciones de buenas prácticas en la agricultura y ganadería, que sean compatibles con los objetivos del Área Natural Protegida.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Implementar sistemas y modelos agroecológicos</i>	
Establecer una parcela demostrativa agrosilvopastoril como una práctica sostenible	M
Difundir el Programa Campo Limpio en coordinación con las autoridades del sector agropecuario	P
Promover el intercambio de experiencias de sistemas agrosilvopastoriles con productores de la región y del estado de Jalisco.	M
<i>Promover las acciones de buenas prácticas en la agricultura y ganadería</i>	
Socializar el manual de buenas prácticas para las actividades agropecuarias	C
Implementar prácticas con un manejo de ganadería más apegado a la conservación	C
Fomentar buenas prácticas para el mejoramiento agrícola	C
Iniciar cursos dirigidos a los ganaderos sobre el manejo holístico de los recursos naturales.	C
Capacitar sobre el coeficiente de agostadero para conocer la carga animal aceptable en esos terrenos.	C
Implementar cursos sobre manejo de pastizales y establecimiento de praderas.	C

#### Componente manejo y uso sustentable de ecosistemas terrestres, recursos forestales y vida silvestre

Entre las actividades de aprovechamiento de recursos forestales a nivel local que se realizan en la Sierra de Tesistán-Cerro La Col, están principalmente las de uso utilitario como: postes, morillos, horcones, leña, tierra de monte, entre otros. Por lo general esta demanda de recursos es para satisfacer las necesidades de consumo doméstico por parte de los poseedores de los predios y pobladores de la zona de influencia del AMPH SITECOL. Por lo tanto, es importante identificar el conocimiento tradicional y aprovechamiento con fines de autoconsumo de especies vegetales silvestres para usos medicinales, ornamentales, artesanales, entre otros usos de los recursos forestales en los ecosistemas del ANP.

En colindancia con la AMPH SITECOL dentro de la localidad de Las Mesitas se encuentran las instalaciones de la Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) "Steve Erwin", la cual cuenta con certificación por parte de la SEMARNAT desde el 20 de mayo de 2020. Entre los objetivos principales de esta UMA son la educación ambiental, rescate, recuperación y reintroducción de especies, principalmente de reptiles y anfibios (herpetofauna) que pertenecen a la Sierra de Tesistán y sus barrancas. Entre las acciones desarrolladas por el personal de esta UMA están las charlas de concienciación ambiental para los pobladores y propietarios de la Sierra, así como a las escuelas



que se encuentran en la zona o cerca de Tesistán para que aprendan sobre la importancia de la conservación de este importante grupo biológico. Al igual se transmite información sobre la biología y ecología de la herpetofauna con el propósito de que ayude a desmentir mitos y creencias sobre estos animales para que se les deje de afectar; también se realiza servicio social y ambiental para acudir a llamados de personas de la zona que dan aviso para reubicar animales en el interior de casas y propiedades que están dañados o golpeados, estos organismos son revisados por veterinarios o estudiantes de la misma carrera quienes ayudan voluntariamente a revisar que el animal no tenga un daño mortal y posteriormente se rehabilitan para hacer su liberación al medio silvestre.

#### Objetivos específicos

Realizar un inventario de la riqueza florística y de fauna que tienen un manejo y uso sustentable en los ecosistemas en el área.

Restaurar y conservar la sanidad forestal (fortaleza) de todos los tipos de vegetación en el área.

Promover la participación de propietarios y pobladores con actividades de mejores prácticas de manejo y protección de los recursos forestales y la vida silvestre del ANP.

#### Metas y resultados esperados

- Contar con un diagnóstico sobre el manejo y uso de los ecosistemas y recursos forestales en el AMPH SITECOL.
- Implementar un programa de difusión y extensión de mejores prácticas de manejo para la conservación de ecosistemas forestales y la vida silvestre del ANP.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Elaborar un diagnóstico sobre el manejo y uso de ecosistemas, recursos forestales y de vida silvestre</i>	
Identificar las actividades de manejo y autoconsumo de especies vegetales y animales silvestres para usos medicinales, ornamentales	C
Identificar sitios prioritarios de reforestación con especies nativas y forrajeras que permitan por un lado recuperar la conectividad entre fragmentos de selva; y por otro, apoyar a los productores con alimentos de mejor calidad para su ganado.	M
Implementar un programa de control del muérdago y otras plantas parásitas en coordinación con las autoridades correspondientes	C
<i>Difusión y extensión de mejores prácticas de manejo para la conservación de ecosistemas forestales</i>	
Difundir información al sector agrícola sobre el riesgo del cultivo de agave en este tipo de terrenos.	C
Implementar prácticas de conservación de suelo y agua que eviten la erosión y pérdida del suelo	C
Establecer viveros <i>in situ</i> para la reproducción de especies nativas de la región	C
Mantener libres de plantas acuáticas nocivas a todos los cuerpos de agua	M
Implementar un programa de reemplazo de especies forestales exóticas por otras de origen nativo	M
Llevar a cabo pláticas informativas a las comunidades sobre la diversidad florística y faunística de la región y la importancia de su conservación.	C
Promover un programa de control de animales domésticos ferales (perros y gatos)	C

#### Componente mantenimiento de servicios ecosistémicos

Los servicios que proveen los ecosistemas son de vital importancia para la humanidad y para otras especies. Si bien existen varias formas de caracterizar esos servicios, una de las más utilizadas es la que

contempla cuatro categorías: servicios de regulación, de provisión o aprovisionamiento, de soporte y culturales (MEA 2005). Esos servicios se manifiestan como disponibilidad de agua, materias primas, regulación climática, control de la erosión, control de plagas, mantenimiento de la fertilidad del suelo, captura de bióxido de carbono, hábitat de especies de fauna y servicios recreativos, entre otros. La Sierra de Tesistán - La Col es importante proveedora de los servicios mencionados entre los que destacan los hidrológicos. Sin embargo, sin los servicios de soporte (formación de los suelos, ciclo del agua, fotosíntesis, interacciones entre especies) no es posible disponer de todos los demás servicios. Los procesos de deforestación y degradación han debilitado la capacidad de los ecosistemas para brindar los servicios ambientales hidrológicos necesarios para sostener los medios de vida de las comunidades.

#### Objetivos específicos

Conservar y manejar la biodiversidad con un enfoque de ecosistemas ya que de ahí se derivan los servicios ambientales que benefician a los pobladores locales y del área de influencia de la Sierra de Tesistán-La Col.

Promover la valoración y la conservación de los recursos naturales por los servicios ambientales que prestan, mediante la gestión de programas de apoyo como el pago por servicios ambientales u otras modalidades de apoyo.

#### Metas y resultados esperados

- Contar en el corto plazo con un diagnóstico a nivel de microcuencas sobre el estado de la vegetación, uso del suelo, recursos hídricos y su problemática.
- Disponer en el mediano plazo de un programa de monitoreo del cambio de uso del suelo en áreas de alto valor biológico o de importancia hidrológica.
- Contar con un diagnóstico y cuantificación de los servicios ecosistémicos de la SITECOL para identificar su potencial en la gestión de apoyos económicos.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Elaborar un diagnóstico del estado de las microcuencas</i>	
Identificar los ecosistemas ligados a las microcuencas que se encuentran bajo mayor presión por cambio de uso del suelo	C
Identificar y proteger las zonas de recarga de los acuíferos mediante acciones de conservación de suelo y reforestación	C
Promover el uso sustentable de los servicios de los ecosistemas con énfasis en los recursos hidrológicos: manantiales, escurrimientos y arroyos	P
<i>Desarrollar e implementar un programa de monitoreo de cambio de uso del suelo en áreas de alto valor biológico e hidrológico</i>	
Desarrollar una línea base, a partir del diagnóstico, para el monitoreo de microcuencas y manantiales	C-M
Definir sitios prioritarios para el monitoreo con base en la problemática identificada	C-M
Regular o en algunos casos prohibir el cambio de uso de suelo en sitios donde se impacten negativamente los ecosistemas y los servicios que proporcionan	M
Promover obras de conservación y recuperación de suelos para favorecer el restablecimiento de los ecosistemas y sus funciones	P
<i>Elaborar un diagnóstico integral de los servicios ecosistémicos de la SITECOL</i>	
Identificar y cuantificar los servicios ecosistémicos que tienen potencial para abanderar la gestión de apoyos económicos	C

### 11.3 Subprograma de Restauración

Este subprograma tiene la finalidad de promover la protección y recuperación de los ecosistemas presentes en el AMPH Sierra de Tesistán-Cerro La Col y su zona de influencia que han sido degradados, dañados o destruidos por las actividades antropogénicas o por fenómenos naturales a través de la participación compartida e involucramiento de los tres niveles de gobierno, federal, estatal, municipal, así como el sector académico, privado (comercio e industria, y sector empresarial) y las comunidades para lograr su restauración.

#### Objetivo general

Recuperar y restablecer las condiciones ecológicas de los sitios que han sido degradados, dañados o destruidos en el AMPH SITECOL y su zona de influencia.

#### Estrategia

- Contar con un programa de restauración de espacios y territorios con las medidas de corrección para enfrentar procesos de deterioro y control de las situaciones de conflicto en torno a los incendios, recursos, servicios y derechos ambientales del territorio.

### Componente de conectividad y ecología del paisaje

La Sierra de Tesistán es un área natural que tiene una importante función de conectividad ecológica en la dispersión y movilidad de vida silvestre, además cumple un importante eslabón como corredor biológico entre dos áreas naturales protegidas: la Barranca del Río Santiago y el Bosque La Primavera. La conectividad del paisaje permite el intercambio y conexiones de flujos ecológicos y entre hábitats. La presencia de corredores biológicos permite el movimiento, dispersión, intercambio de especies silvestres. Es necesaria la conectividad de la SITECOL como corredor natural a fin de que forme parte del “Corredor Biológico Metropolitano”.

#### Objetivo específico

Mantener la conectividad en los bosques del AMPH SITECOL a corto, mediano y largo plazo para coadyuvar en el flujo e intercambio de especies entre hábitats dentro del paisaje fragmentado.

#### Metas y resultados esperados

- Mantener la conectividad de los bosques en el AMPH SITECOL.
- Evitar la fragmentación de los bosques por cambio de uso de suelo.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Elaborar y ejecutar un programa de conectividad de paisajes fragmentados SITECOL</i>	
Identificar los corredores biológicos en el AMPH SITECOL para su conservación	C
Intensificar acciones de vigilancia y monitoreo en coordinación con las instancias normativas para evitar la fragmentación de ecosistemas por actividades clandestinas	P
<i>Implementar la estrategia de difusión</i>	
Promover y difundir en coordinación con el Ayuntamiento, SEMADET, ejidos, propietarios del área de protección y pobladores de la zona de influencia acerca de la importancia de los corredores biológicos y su conservación.	P
Establecer señalética en aquellos sitios que son paso de fauna silvestre con la finalidad de no obstruir su paso y movilidad.	C

Mantener la conectividad de la SITECOL como corredor natural a fin de que forme parte del “Corredor Biológico Metropolitano”.	C
---	---

### Componente de recuperación de especies

La biodiversidad, cuando se analiza al nivel de especie, permite apreciar que cada una de ellas posee características únicas. Algunas requerirán de un manejo especial para poder conservarlas ya sea porque enfrentan un alto riesgo de extinción y aparecen en la normatividad ambiental con alguna categoría de riesgo o porque son especies de alto valor biológico, con preferencia por un hábitat específico y distribución geográfica reducida. Aunque la biodiversidad en su conjunto debe conservarse, a las especies con las características mencionadas se les otorga mayor prioridad. En la SITECOL se encuentran 2 especies de plantas Amenazadas (A) y 5 en Protección especial (Pr) según la NOM-059-SEMARNAT-2010. Además de 34 especies de fauna, entre ellas 1 especie en Peligro de extinción (P), 13 Amenazadas (A) y 20 en Protección especial (Pr).

#### Objetivo específico

Conservar los hábitats que albergan a las especies de flora y fauna endémicas y en alguna categoría de riesgo listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

#### Metas y resultados esperados

- Disponer de un diagnóstico sobre la distribución y el estado de las poblaciones de las especies en alguna categoría de riesgo y las endémicas, procurando para ello la colaboración con instituciones universitarias y centros de investigación.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Promover la conservación y recuperación de las especies endémicas y en riesgo</i>	
Elaborar un diagnóstico de la distribución y estado de las poblaciones de las especies endémicas dando prioridad a las que enfrentan mayor riesgo de extinción	C-M
Implementar medidas para la protección de especies en riesgo, endémicas y sus hábitats, haciendo énfasis en las especies prioritarias	C
Implementar el marco normativo respecto a la recolecta de material biológico, en particular de las especies endémicas y en riesgo	C
<i>Fomentar la participación de los pobladores en la conservación de las especies endémicas y en riesgo</i>	
Difundir mediante jornadas informativas y actividades de educación ambiental la importancia de las especies endémicas y en riesgo	C-M
Crear conciencia sobre la importancia de la denuncia ambiental cuando se identifican casos de saqueo de especies, en especial de las que se encuentran en riesgo o son endémicas	P

### Componente de conservación de agua y suelo

La Sierra de Tesistán-Cerro La Col es una importante zona que provee servicios ecosistémicos entre los que se encuentran la recarga de acuíferos del que se beneficia directamente la población de Tesistán y parcialmente hacia el Valle de Tesistán para su actividad agrícola. Dentro del polígono del AMPH SITECOL se interceptan 12 microcuencas que alimentan a las corrientes de arroyos y cuerpos de agua que se encuentran incluidas, total o parcialmente, dentro del polígono y su zona de influencia.

Para la conservación de suelo y agua se requiere realizar un conjunto de acciones, medidas y estrategias, destinadas a evitar o mitigar la degradación de los recursos suelo y agua, así como a su mejoramiento y recuperación, de manera que rindan el mayor beneficio colectivo mediante el flujo sostenido de sus funciones en el AMPH SITECOL y su zona de influencia.

#### Objetivo específico

Establecer acciones, medidas y estrategias, destinadas a mantener los recursos de suelo y agua, así como la evitar o mitigar la degradación de estos.

#### Metas y resultados esperados

- Contar a largo plazo con un programa de protección de manantiales, arroyos y ríos.
- Realizar un diagnóstico sobre el grado de afectación de los suelos del área natural protegida propensos a restauración.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Instaurar una red de monitoreo de la cantidad y calidad del agua superficial y subterránea</i>	
Solicitar listado oficial de pozos concesionados al SIAPA y su historial de calidad del agua a la CONAGUA o la CEA	C
Generar y/o actualizar información del agua subterránea: uso de acuíferos, abatimiento, caudales, otros usos; y del agua superficial: de corrientes superficiales, caudales, temporalidad, usos	C
Planificar la instalación de obras de conservación de suelo y presas filtrantes para contrarrestar los efectos de la erosión.	C
Generar una propuesta para proteger y mantener el cauce de las aguas superficiales con la finalidad de que no se vean afectados por caminos y carreteras.	C
Atender acuíferos altamente vulnerables que proporcionan servicios a las personas y el medio ambiente deben ser monitoreados con mayor frecuencia	C
Generar una propuesta con CEMEX en su banco de material para que modele un vaso de contención de agua para convertirlo en un cuerpo de agua somero para la flora y fauna silvestre.	C
Mantener alrededor de los manantiales, arroyos y ríos un margen de protección de la vegetación y fauna.	C-M
<i>Implementar un programa de gestión integral de aguas residuales urbanas e industriales</i>	
Realizar decisiones estratégicas a través de la coordinación interinstitucional a nivel de subcuenca para guiar las acciones locales respecto a la conservación y manejo del agua.	C
Diseñar e implementar un programa de gestión integral de aguas residuales urbanas e industriales	M
Dirigir las descargas de agua de uso industrial y aguas residuales que se viertan directamente a la planta de tratamiento de aguas residuales.	P
Difundir campañas de cultura ambiental sobre la valoración y cuidado del suelo y el agua.	C

#### Componente de reforestación y restauración de ecosistemas

La Sierra de Tesistán-Cerro La Col es una importante zona de servicios ecosistémicos, por lo que la recuperación de coberturas forestales es fundamental para dar continuidad a sus múltiples beneficios, entre estos la recarga de acuíferos y la conservación de suelos. La reforestación y restauración de sus ecosistemas se realizará con especies nativas de la región que sean compatibles con el funcionamiento y estructura de los ecosistemas originales. En algunos casos se requerirá sitios de exclusión. Asimismo,

se contará con viveros comunitarios cercanos y accesibles que contribuyan con la producción de plantas. La adecuada planeación de un programa de reforestación y restauración posibilita identificar aquellos sitios prioritarios a restaurar para la recuperación de aquellos predios degradados y perturbados.

#### Objetivo específico

Asistir en la recuperación de los ecosistemas que han sido alterados, a través de programas de reforestación e inducción a la regeneración natural, en coordinación con las instancias competentes.

#### Metas y resultados esperados

- Diseñar, planificar e implementar sistemas de monitoreo para intervenciones de reforestación y restauración de bosques y paisajes.
- Establecer un programa de reforestación con especies nativas en superficies afectadas por fenómenos naturales y actividades antropogénicas.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Disminuir las áreas degradadas a través de un programa de reforestación y restauración</i>	
Efectuar un diagnóstico de las zonas degradadas en coordinación con las dependencias involucradas y la concertación con universidades, institutos de investigación y la comunidad.	C
Realizar reforestaciones con especies nativas en áreas degradadas en coordinación los tres niveles de gobierno y concertación con la comunidad del área natural protegida.	P
Dar mantenimiento a las reforestaciones previas y actuales con la coordinación de las instituciones de los tres niveles de gobierno y la comunidad.	P
Implementar un sistema de monitoreo de las áreas restauradas, reforestadas y de regeneración natural a través de un SIG en coordinación con los tres niveles de gobierno.	C
Proponer mecanismos de coordinación interinstitucional para el desarrollo, mantenimiento y evaluación de acciones de restauración ecológica.	P

#### 11.4 Subprograma de Conocimiento

En este subprograma se plantea el generar e integrar el conocimiento biológico y ecológico, económico y social. Por lo que, es necesario establecer y fomentar vínculos de colaboración con investigadores, académicos de instituciones públicas y privadas, asimismo con Organizaciones de la Sociedad Civil para el desarrollo de información de carácter científico. Para que se pueda conservar la biodiversidad es importante tener el conocimiento sobre la biología y ecología de las especies, es decir las interacciones bióticas y abióticas que las especies presentan en los ecosistemas. Así también, se debe contar con una planeación del uso y manejo de la biodiversidad en el corto, mediano y largo plazo. Para contar con dicho conocimiento y planeación es de vital importancia fomentar la continuidad de la investigación básica y aplicada en el Área Natural Protegida propuesta y su zona de influencia.

Con el propósito de desarrollar de líneas de investigación sobre los recursos naturales y sus procesos evolutivos y ecológicos, así como los aspectos sociales y económicos, las investigaciones estarán orientadas a apoyar la toma de decisiones sobre las acciones a realizar para su conservación y

aprovechamiento sustentable. Esto es indispensable para generar conocimiento básico y aplicado que permita orientar las acciones de manejo para la conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad.

#### *Objetivos generales*

Generar información técnica-científica aplicable en acciones de conservación, protección y manejo de los ecosistemas en la Sierra de Tesistán-Cerro La Col, a través de acciones de monitoreo biológico, en sinergia con instituciones académicas e involucrando a pobladores del Área Natural Protegida.

Generar, rescatar y divulgar conocimientos, prácticas y tecnologías, tradicionales o nuevas que permitan la preservación, la toma de decisiones y el uso sustentable de la biodiversidad de la Sierra de Tesistán-Cerro La Col.

#### *Estrategias*

- Identificar áreas de investigación básica y aplicada para el manejo del Área Natural Protegida.
- Propiciar, organizar y generar la participación de instituciones académicas públicas y privadas para efectuar investigación en el Área Natural Protegida.
- Definir las líneas prioritarias de investigación básica y desarrollo tecnológico.
- Contar con un sistema de información y monitoreo para evaluar las condiciones ecológicas y socioculturales.

### Componente fomento a la investigación y generación de conocimiento

La información sobre el Área de Natural Sierra de Tesistán-Cerro La Col es escasa. Recientemente se han realizado algunos estudios por ejemplo sobre anfibios y reptiles y de mamíferos medianos y grandes. Sin embargo, existen zonas relativamente inexploradas, con altas posibilidades de encontrar nuevos registros de especies o recursos. Por ello, se requiere generar información básica y aplicada, que aporte conocimientos, información y elementos necesarios para apoyar la toma de decisiones sobre los recursos naturales del Área Natural Protegida.

#### Objetivo específico

Promover estudios de investigación básica o aplicada para contar con información técnica y científica necesaria sobre los recursos naturales presentes en el Área Natural Protegida, con la finalidad de apoyar a la toma de decisiones para su conservación, protección y aprovechamiento sustentable.

#### *Metas y resultados esperados*

- Contar con una estrategia para identificar ejes prioritarios para el desarrollo de la investigación que responda a las necesidades de información para el manejo y conservación del área.
- Impulsar convenios de colaboración con instituciones de educación e investigación para establecer y desarrollar líneas de investigación.
- Difundir el conocimiento científico generado del Área Natural Protegida.

Actividades* y acciones	Plazo
<i>Establecer líneas de investigación prioritarias</i>	
Definir líneas de investigación básica y aplicada para la conservación y manejo del Área Natural Protegida	C
Promover el desarrollo de proyectos de investigación científica y tecnológica enfocada al manejo integral del Área Natural Protegida	P
<i>Promover la colaboración con instituciones académicas y de investigación</i>	
Propiciar convenios de colaboración con instituciones académicas y de investigación para realizar estudios e investigaciones sobre los recursos naturales	P
Generar una base de datos de instituciones e investigadores y estudiantes participantes en trabajos e investigaciones realizados en el Área Natural Protegida, así como de los productos realizados	P
<i>Difundir los resultados de investigación</i>	
Promover la realización de foros, talleres, publicaciones, entrevistas y otros medios de difusión para informar sobre los resultados de estudios e investigaciones del Área Natural Protegida	P

### Componente inventarios, líneas base y monitoreo del ambiente y socioeconómico

Lograr la sostenibilidad de un Área Natural Protegida significa contar con información completa y actualizada sobre los procesos naturales y antrópicos que prevalecen; tanto en lo referente al inventario de flora y fauna, la investigación socioeconómica y el monitoreo ambiental. En la generación de conocimiento de estos temas se requiere de la participación de instituciones de educación e investigación locales, nacionales y extranjeras. Los resultados que se obtengan pueden influir en los temas de manejo del área, de modo que se traduzcan en mecanismos de retroalimentación para los diferentes componentes de conservación y manejo.

Asimismo, el monitoreo de los distintos grupos biológicos (plantas, hongos, aves, mamíferos, anfibios, reptiles, etc.) en las Áreas Naturales Protegidas permite 1) saber qué especies están presentes (inventarios) y en qué hábitats particulares; 2) detectar a través de un registro sistemático, los cambios que ocurren en una población o hábitat, su distribución local, así como en sus abundancias; 3) identificar factores negativos sean naturales o de origen antropogénico que impactan a las especies; 4) diagnosticar el estado actual y predecir escenarios futuros, además de determinar la causa y el alcance de la afectación.

Aunado a esto contar con protocolos específicos para especies o grupos taxonómicos específicos ayuda a realizar un muestreo de campo adecuado y obtener información confiable sobre su ecología como por ejemplo abundancias. En este contexto dado que existen un gran número de especies de distintos grupos biológicos en la Sierra de Tesistán resulta importante involucrar a los diferentes especialistas para la generación del conocimiento biológico y ecológico.

#### Objetivos específicos

Desarrollar estudios ambientales y sociales para el conocimiento de los ecosistemas y el manejo de los recursos naturales.

Establecer un programa de monitoreo que permita conocer sobre la biología y ecología de las especies presentes en el Área Natural Protegida dando prioridad a las especies clave, indicadoras, endémicas o con alguna categoría de protección en la NOM-059 vigente, así como aquellas de importancia para el ecoturismo.



Integrar bases de datos electrónicas con la información de los listados taxonómicos de los distintos grupos biológicos del Área Natural Protegida que permita constituirse como una herramienta para la toma de decisiones en materia de conservación y manejo.

#### Metas y resultados esperados

- Contar con un diagnóstico socioambiental del Área Natural Protegida.
- Generar un programa de monitoreo de las especies prioritarias.
- Diseñar y generar bases de datos que permitan sistematizar y concentrar la información relevante para los listados taxonómicos de los distintos grupos biológicos.
- Contar con un programa de monitoreo con protocolos específicos para el estudio de distintos grupos biológicos.

Actividades* y acciones	Plazo
<i>Generar un diagnóstico socioambiental del Área Natural Protegida</i>	
Generar una base de datos de las dinámicas socioambientales en el Área Natural Protegida	M
Generar los listados de los diferentes grupos taxonómicos y bases de datos con información actualizada por especie, así como de endemismo, categoría de riesgo.	C
<i>Impulsar estudios enfocados en conocer la biodiversidad y su estado de conservación</i>	
Colaborar con instituciones académicas, centros de investigación y organizaciones civiles interesadas en desarrollar estudios de investigación en ecosistemas, comunidades y poblaciones.	C
<i>Implementar programas de monitoreo ambiental y social</i>	
Impulsar y elaborar un programa de monitoreo ambiental dando prioridad a ecosistemas, especies con alguna categoría de riesgo, o actividades socioambientales.	C
Promover el desarrollo de convenios de colaboración con propietarios y poseedores, instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil para implementar el programa de monitoreo	C

#### 11.5 Subprograma de Cultura

Se deberán desarrollar programas y acciones diversificadas de sensibilización, cultura y educación ambiental para lograr la participación de la sociedad en las tareas de conservación y manejo. Este subprograma contribuye a promover el conocimiento de la importancia de las funciones del ANP para asegurar el derecho humano a un ambiente sano, y al agua, tanto en la región como a nivel global, especialmente por tratarse de un área de protección hidrológica. Es necesario establecer y fortalecer los vínculos entre las instituciones y las comunidades para reforzar el compromiso a nivel personal para mantener las funciones del sistema hidrológico de la Sierra de Tesistán-Cerro La Col. El agua es el elemento central en la problemática ambiental que se enfrenta con el cambio climático. Esta ANP representa una oportunidad para la acción comunitaria tanto de locales como de visitantes.

#### Objetivo general

Promover el conocimiento de la importancia del AMPH-SITECOL para lograr la participación ciudadana en el proyecto de conservación para beneficio de las presentes y futuras generaciones.

### Estrategias

- Implementar una estrategia de fortalecimiento de capacidades de grupos organizados para la promoción de la cultura y educación ambiental para la sustentabilidad del AMPH-SITECOL
- Promover la generación y difusión de conocimiento para la conservación y el manejo efectivo del ANP.

### Componente de participación

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Fomentar y fortalecer mecanismos de participación social y gobernanza en el ANP</i>	
Fortalecer y agilizar el acceso a la información para el manejo y la gobernanza del ANP.	P
Fortalecer las capacidades de las comunidades para incrementar su participación en la gestión territorial ambiental y para que difundan entre sus miembros la importancia del ANP.	C
Fomentar el trabajo de voluntarios para apoyar el manejo del ANP.	C
Promover el diálogo de saberes que contribuya a un mejor manejo del ANP desde las comunidades.	C

### Componente de comunicación, difusión e interpretación ambiental

Este componente se orienta a coordinar acciones para involucrar a un amplio número de comunidades, para informar sobre los valores del ANP, divulgar conocimientos científicos y de gestión que se presenten en forma que logre involucrar a las comunidades y con esto lograr despertar el interés en conservar los valores del ANP para que siga cumpliendo con sus funciones ambientales para el aprovechamiento sustentable y reducir la vulnerabilidad de la sociedad especialmente en cuanto el tema del agua frente al cambio climático.

#### Objetivo específico

Promover el conocimiento de los valores del ANP para incorporar grupos organizados en las labores de conservación, y recreación, a través de una participación informada con una visión de proteger los derechos humanos a un ambiente sano, al agua y la biodiversidad, de presentes y futuras generaciones.

#### Metas y resultados esperados

Contar con un plan de comunicación, difusión e interpretación ambiental, donde participen los grupos organizados registrados tales como los ejidos, grupos civiles, escuelas, y universidades, entre otros; así como que también participen grupos emergentes semiestructurados.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Identificación de grupos de interés, organizados</i>	
Identificar grupos organizados ya existentes dentro del área protegida, dentro de los ejidos, y comunidades.	C
Identificar grupos de interés ya existentes dentro del área protegida, en la zona de influencia y externos.	P

<i>Implementar la estrategia de comunicación, difusión e interpretación ambiental</i>	
Contar con un programa de actividades de comunicación para la promoción de los valores del AMPH-SITECOL	P
Contar con un programa de actividades para incluir a los grupos de interés en actividades de restauración y protección de los valores naturales de la ANP.	C
Contar con un programa permanente de involucramiento de las escuelas de educación básica de la zona protegida y de influencia para el conocimiento y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de la SITECOL.	P
Contar con una imagen emblemática y de relaciones públicas del ANP.	C
Aplicar esquemas de educación ambiental y foros de intercambio de conocimientos para la conservación de la biodiversidad terrestre.	C
Comunicar y divulgar el conocimiento generado sobre el ANP y su manejo, con énfasis en las comunidades que viven en su interior y en su zona de influencia, así como entre los usuarios del ANP.	C
Promover la cultura para la valoración de los recursos naturales de la SITECOL: agua, suelo, atmósfera flora y fauna	P
Diseñar una estrategia de formación de intérpretes ambientales orientado al geoturismo	M
Elaborar un programa de prevención y combate de incendios para las comunidades residentes, visitantes y aledañas.	C
Generar un sistema de comunicación del monitoreo para áreas reforestadas, restauradas y de regeneración natural.	C

## 11.6 Subprograma de Gestión

Mediante este subprograma, a través de actividades y acciones se busca elaborar y seguir un plan, determinar políticas, establecer normas e implementarlas. En el contexto de este subprograma se incluye la administración y operación de los recursos humanos, técnicos, financieros, así como el manejo y cuidado de la infraestructura, cooperación y designaciones internacionales. Estos componentes aseguran que se contemplen las actividades que sean relevantes para una adecuada organización de los aspectos administrativos, operativos y de gestión del AMPH SITECOL y servirá para plantear iniciativas y establecer pautas para la procuración de recursos necesarios. Todas las acciones y políticas que no atañen de manera directa a los ecosistemas y su biodiversidad o a las comunidades asentadas dentro o en la vecindad del AMPH SITECOL se consideran elementos de gestión.

La coordinación inter e intrainstitucional con otras dependencias debe ser una prioridad, en especial con dependencias del mismo municipio y con otras dependencias federales como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), así como las gerencias regionales de la CNA y de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Asimismo, mantener y fortalecer esta coordinación con oficinas regionales y centrales de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Otro tanto debe considerarse con instituciones pares que forman parte del gobierno del Estado como la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) y la Secretaría de Desarrollo Rural (SEDER).

Un aspecto importante para alcanzar los objetivos contenidos en el Subprograma de gestión de la AMPH SITECOL es contar con una administración eficaz, que promueva y facilite la ejecución de las acciones previstas en el programa de manejo y en los programas operativos anuales, así mismo que prevean, promuevan y faciliten los mecanismos financieros necesarios que le permitan a los responsables de las distintas áreas contar con los recursos económicos suficientes para administrar el área y establecer la participación social de ciudadanos interesados y los propietarios de terrenos en el área de la AMPH SITECOL. Para lograr lo anterior, es necesario diseñar y planear una administración en donde se contemplen los mecanismos de concertación, financiamiento, capacitación del personal, elaboración de manuales, reglamentos administrativos internos, adquisición y mantenimiento de infraestructura, para hacer eficientes las actividades y acciones contempladas en el Programa de Manejo.

#### Objetivos generales

- Fortalecer el sistema administrativo y de gestión del AMPH SITECOL, con la participación de la sociedad civil, usuarios, el gobierno municipal y estatal, organismos públicos y privados.
- Implementar y facilitar acciones congruentes y coherentes afines a las disposiciones de la conservación de los recursos existentes en el ANP.
- Establecer las formas en que se organizará la administración del AMPH SITECOL por parte de la autoridad competente, así como los mecanismos de participación de los tres órdenes de gobierno, de los individuos y comunidades aledañas a la misma, así como de todas aquellas personas, instituciones, grupos y organizaciones sociales interesadas en su conservación y uso sustentable.
- Lograr una gestión administrativa eficiente en los aspectos operativos, económicos y financieros que se planteen en programas operativos anuales, para el cumplimiento de los objetivos del ANP. Se trata de agrupar las acciones encaminadas a realizar y mantener una comunicación con las autoridades de todos los niveles, propietarios y habitantes del área de influencia, centros de estudio e investigación y asociaciones civiles, regulando el cumplimiento de los aspectos legales, velando porque exista una reglamentación que sea previsoras y que facilite la toma de decisiones a todos los niveles.

#### Componente de administración y operación

Para lograr una adecuada operación del AMPH SITECOL y su área de influencia se dependerá en buena parte de una buena organización interna de la administración, que se deberá traducir en eficiencia para implementar las estrategias y acciones que conlleven a cumplir los objetivos contenidos para el ANP. Contar con una administración eficiente en todos los aspectos es uno de los requisitos para el buen éxito del ANP.

#### Objetivos específicos

Consolidar una administración eficiente del área mediante el establecimiento de procedimientos transparentes en el manejo de la organización, planeación, y administración de recursos humanos, materiales, económicos y financieros.

Crear las condiciones permanentes de infraestructura, personal y organización en el AMPH SITECOL, mediante la recaudación de fondos locales y estatales, para alcanzar las metas de conservación y el manejo sustentable de los recursos naturales en el área.

Promover y apoyar la participación organizada de la sociedad en general, así como la población local y las instituciones interesadas en la elaboración e instrumentación de las prácticas de conservación y manejo en el área.

Establecer espacios y mecanismos formales de participación social, institucional y científica en la toma de decisiones dentro del programa de manejo del área.

#### Metas y resultados esperados

- Contar con el programa operativo anual.
- Establecer los mecanismos de control que permitan optimizar el factor humano y los recursos materiales y financieros en la administración del ANP.
- Coordinar y concertar apoyos con las instancias federales, estatales, municipales y con los pobladores de la región.

#### Actividades y acciones relacionadas

1. Fortalecimiento de la oficina administrativa para la Dirección Ejecutiva del AMPH SITECOL. Esto con el fin de que exista un órgano regulador fuerte, así como una autoridad que se encargue de supervisar y dirigir la realización de las actividades y programas planteados en el ANP, que aplique las sanciones correspondientes, autorice o deniegue permisos sobre actividades restringidas y se encargue de la administración del sitio, etc.
2. Conformación de un Comité Técnico – Ciudadano del ANP. Esto con la finalidad de que exista un órgano encargado de observar y encontrar oportunidades, deficiencias y necesidades previstas desde el diagnóstico y los ESTUDIOS TÉCNICOS JUSTIFICATIVOS PARA LA DECLARATORIA DEL AMPH SITECOL, así como sus programas y actividades aquí propuestos, por lo que deberán observar de cerca y ser partícipes de las mismas.
3. Establecimiento de convenios y acuerdos de coordinación con instituciones educativas e instancias gubernamentales. Con el objetivo de contar con apoyo en la realización de diversas actividades de investigación, educación ambiental, así como la aplicación de diversos programas en el Área Natural Protegida y sus zonas adyacentes, también como apoyo en temas económicos.
4. Elaboración de un reglamento interno de operación. Donde se señalen las facultades y responsabilidades del personal operativo, de la Dirección Ejecutiva y la Dirección de Medio Ambiente del municipio de Zapopan, con respecto al AMPH SITECOL.
5. Elaboración de manuales de organización y procedimientos. Con el objetivo de tener una guía que asista al personal directivo y técnico para ejercer una administración eficiente del ANP.
6. Selección y contratación o asignación de personal. Se debe tener personal capacitado en diversas áreas, algunas de estas son la vigilancia, administración, intendencia (para las diversas áreas de uso común como son sanitarios y zonas de recreación), manejo fitosanitario, jardineros, manejo de fauna, entre otros.
7. Establecimiento de mecanismos de financiamiento y generación de recursos económicos propios. Estos provendrán de la regulación de actividades del ANP, con la finalidad de tener una fuente fija de ingresos para el mantenimiento del AMPH SITECOL, también se elaborará un tabulador de cobros por las actividades restringidas, tales como campamentos, actividades de educación ambiental y ecoturísticas, colocación de mobiliario como toldos, sillas, mesas, etc., filmación y fotografía profesional y con fines comerciales, actividades deportivas en grupos de más de 100 personas, venta de productos, eventos privados con más de 300 personas, etc., de acuerdo con la zonificación.

8. Establecimiento de mecanismos alternativos de financiamiento. Algunos ejemplos de estos son la gestión de recursos públicos o privados, patrocinios, realización de colectas o eventos de procuración de fondos, entre otros.

En la siguiente Tabla se enfatiza una síntesis de actividades y acciones más importantes del componente administración y operación las actividades a desarrollar que son de carácter obligatorio:

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Implementar el sistema administrativo y de gestión del AMPH SITECOL</i>	
Establecer la Dirección Ejecutiva del AMPH para su coordinación con las distintas direcciones del Municipio de Zapopan; así como instancias federales y estatales para la gestión y aplicación de programas y proyectos en favor de la conservación y protección de los recursos naturales existentes en el ANP	C
La Dirección Ejecutiva del AMPH y el Comité Técnico – Ciudadano deberán formular para su publicación un reglamento general del ANP	C
Establecer la estructura para la Administración y Operación presupuestal del AMPH SITECOL en coordinación con la Dirección de Medio Ambiente de Zapopan (DMA)	P
Programar y presupuestar los recursos financieros para cubrir necesidades de operatividad del ANP e incluir el presupuesto en el Programa Operativo Anual (POA) bajo la responsabilidad de DMA y la Dirección AMPH	Anual
<i>Establecer los lineamientos para el desarrollo y revisión de los POA</i>	
Diseñar el Programa Operativo Anual POA para la operación AMPH en coordinación con DMA y la Dirección AMPH	Anual
Llevar un registro de actividades y necesidades operativas del AMPH SITECOL en coordinación con DMA y la Dirección AMPH	Anual
<i>Celebrar convenios y distribuir apoyos</i>	
Establecer convenios con dependencias de Zapopan y con funcionarios de los tres niveles de gobierno y pobladores de la región en coordinación con DMA y la Dirección AMPH	P

### Componente de infraestructura, señalización y obra pública

Para facilitar la adecuada operación del Área Natural Protegida y su zona de influencia, así como el desarrollo de las actividades contempladas en los diferentes componentes del Programa de Manejo, es necesario que se cuente con la infraestructura necesaria que permita el cumplimiento a los objetivos de la misma, así como la señalización para informar a los usuarios sobre las facilidades y restricciones de uso en las Subzonas. La administración por lo tanto deberá de identificar las necesidades de infraestructura y señalización necesarias para el desarrollo de actividades relacionadas con los diferentes componentes que comprende el programa de manejo y sus posibles fuentes de financiamiento y relaciones de personal clave para el desarrollo de acciones.

#### Objetivos particulares

Contar con infraestructura suficiente y la adecuada señalización que permita una óptima operatividad del personal asignado para la prestación de servicios y apoyo a dichas actividades, así como la oportuna acción en caso de contingencias ambientales.

#### Metas y resultados esperados

- Calendarizar, a través del POA, el financiamiento que permita contar con la infraestructura y equipamiento necesario para realizar las actividades operativas de la Administración del ANP.
- Establecer una adecuada señalización en las diferentes zonas del ANP.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Implementar un programa de infraestructura, señalización y obra pública</i>	
Proponer la construcción de casetas o puntos de vigilancia en coordinación con los pobladores del ANP, la DMA y la Dirección AMPH	Revisión anual
Establecer señalización o amojonamiento de puntos clave del polígono AMPH SITECOL bajo la coordinación de la DMA y la Dirección de Obras Públicas (DOP)	Ocasional
Identificar sitios adecuados para senderos o puntos de vigilancia en coordinación con la DMA y la Dirección AMPH	Revisión anual
Elaborar un programa prioritario de rehabilitación de caminos en coordinación con la DMA y la Dirección AMPH	Revisión anual
Elaborar un programa prioritario de rehabilitación de caminos a cargo de la DMA y la DOP	Ocasional/ anual
<i>Establecer el desarrollo y mantenimiento de señalización del área</i>	
Elaborar colocar y mantener señalización básica en coordinación con el DMA y la Dirección AMPH	P/anual

#### Componente de regulación y de usos de los espacios dentro del AMPH SITECOL

Las actividades estarán reguladas y controladas por la legislación referida a Áreas Naturales Protegidas; así como Leyes y Reglamentos en la Materia Ambiental. Dentro de la normatividad que regirá el ANP se tienen contempladas disposiciones de las actividades a realizar, así como de la prohibición de otras que no son compatibles en las diferentes subzonas.

#### Objetivos particulares

Regular las actividades actuales que se desarrollan dentro del ANP, así como las que potencialmente puedan desarrollarse.

Planear, regular y organizar las actividades de uso y aprovechamiento de los recursos naturales en el área, con enfoque a las Subzonas consideradas en el polígono del área.

#### Metas y resultados esperados

- Vigilar que las actividades que se desarrollan dentro del ANP cuenten con los permisos, autorizaciones y concesiones correspondientes.
- Dar seguimiento al cumplimiento total a las acciones que se apliquen a los infractores.

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
<i>Realizar la revisión de convenios para regulación de usos dentro del AMPH SITECOL</i>	
Informar y orientar a los usuarios del área sobre los tipos de usos para actividades dentro del AMPH en coordinación con DMA y la Dirección AMPH	P
Elaborar inventario con actividades y usos dentro de cada zona del AMPH en coordinación con DMA y la Dirección AMPH	Ocasional/ revisión

Actividades* (en cursivas) y acciones	Plazo
	anual
Mantener coordinación estrecha con dependencias involucradas, propietarios y ejidatarios dentro del AMPH y su área de influencia en coordinación con DMA y la Dirección AMPH	P
Llevar un registro de actividades y visitantes de AMPH SITECOL en coordinación con DMA y la Dirección AMPH	P



## 12. ZONIFICACIÓN

Tomando como base lo establecido en la fracción XXXIX del Artículo 3° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la zonificación “es el instrumento técnico de planeación que puede ser utilizado en el establecimiento de las áreas naturales protegidas, que permite ordenar su territorio en función del grado de conservación y representatividad de sus ecosistemas, la vocación natural del terreno, de su uso actual y potencial, de conformidad con los objetivos dispuestos en la misma declaratoria”. Asimismo, existirá una subzonificación, la cual consiste en el instrumento técnico y dinámico de planeación, que se establecerá en el programa de manejo respectivo, y que es utilizado en el manejo de las áreas naturales protegidas, con el fin de ordenar detalladamente las zonas núcleo y de amortiguamiento, previamente establecidas mediante la declaratoria correspondiente.

### 12.1 Criterios considerados para definir la subzonificación

La definición de las subzonas en el Área de Protección Hidrológica Municipal Sierra de Tesistán - La Col, se sustenta en el marco normativo de la LGEEPA, en particular lo señalado en los artículos 47 Bis y 47 Bis 1, los cuales asignan una subzonificación determinada de acuerdo con la categoría de manejo. En tal virtud, con sustento en lo señalado en el artículo 47 Bis 1 de la LGEEPA, que establece que en caso de que las declaratorias sólo prevean un polígono general, como es el caso, éste podrá subdividirse por una o más subzonas previstas para las zonas de amortiguamiento, cuya principal función es la de orientar a que las actividades de aprovechamiento, que ahí se lleven a cabo, se conduzcan hacia el desarrollo sustentable, creando al mismo tiempo las condiciones necesarias para lograr la conservación de los ecosistemas a largo plazo, atendiendo a la categoría de manejo que corresponda, en el caso del Área Natural Protegida que nos ocupa. Asimismo, se consideró lo previsto en el Estudio Técnico Justificativo para la declaratoria de esta Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col con una superficie aproximada de 19,035.493 ha. que se localiza en el municipio de Zapopan, Jalisco.

Otros aspectos utilizados en la delimitación de las subzonas en al APHM SITECOL son los siguientes:

- Tipos de vegetación y cobertura forestal en buen estado de conservación.
- Ubicación de ejidos y comunidades, así como las actividades productivas que realizan.
- Pendientes del terreno igual o mayor a fuertemente inclinado.
- Formación de cuencas hidrológicas tomando como centro el cerro La Col como “cabecera de cuenca”.
- Ubicación de la red hidrológica, en particular los arroyos de 3er orden.
- Presencia de especies en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010.
- Unidades de Gestión Ambiental definidas en el ordenamiento ecológico local de Zapopan (POELZ 2020).

## 12.2 Metodología para la subzonificación

Una vez que se analizaron los resultados del apartado de diagnóstico del AMPH SITECOL y se definieron los criterios antes mencionados para delimitar las diferentes subzonas, se procedió a realizar diversos análisis mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Cabe mencionar que el SIG fue desarrollado como parte del POELZ (2020) para todo el municipio a partir del cual se extrajo la información para el polígono de la SITECOL.

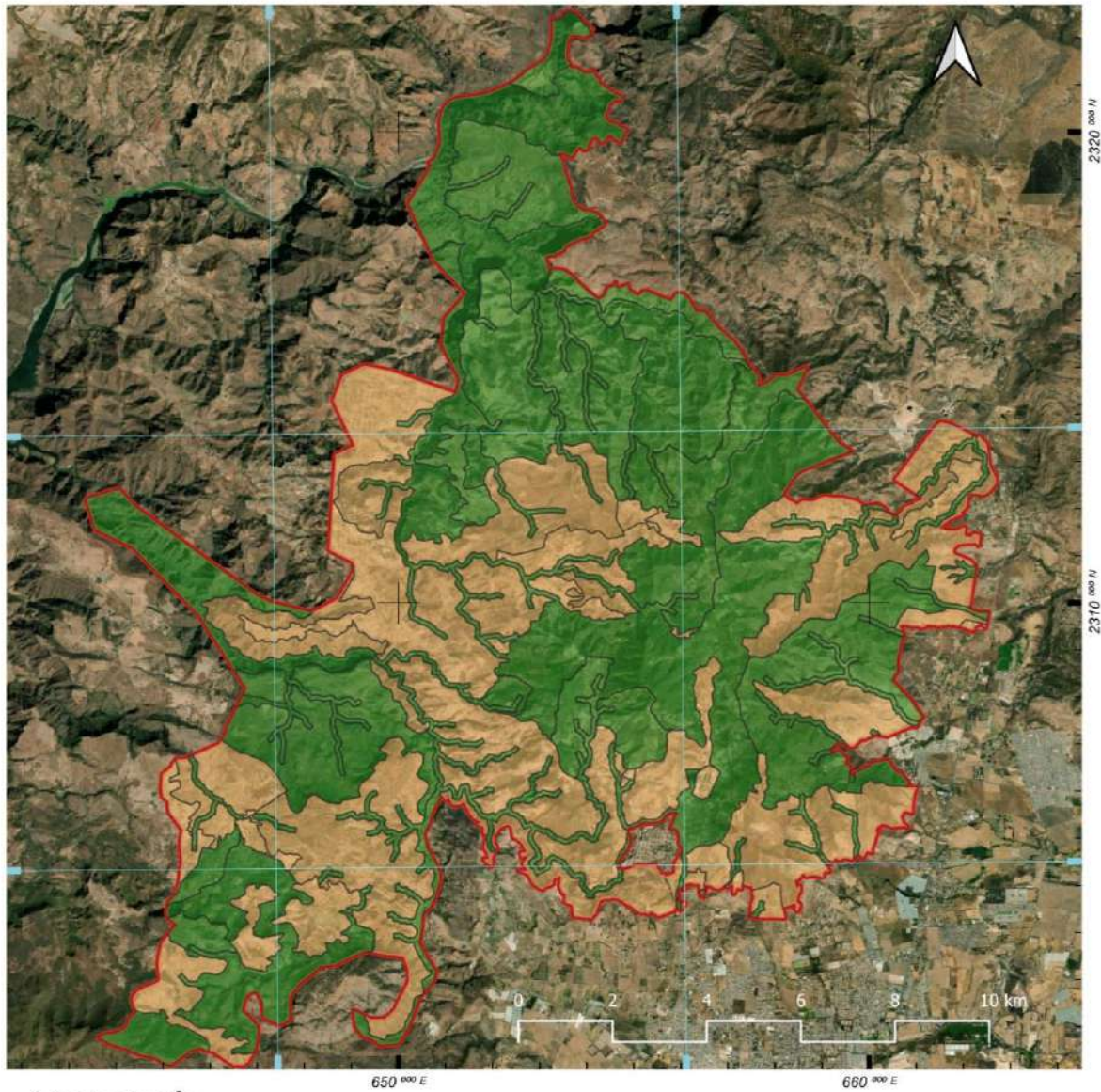
Para el análisis con SIG se emplearon mapas a escala 1:50,000 de diversas variables geográficas como cobertura de la vegetación, uso del suelo, altitud con curvas de nivel, geoformas, red hidrológica, geología, tipos de suelo y tenencia de la tierra.

Después de la sobreposición de las diferentes capas de información y de su análisis espacial, se elaboró un mapa preliminar de la subzonificación el cual fue ajustado a partir de la realización de un taller con la participación de los investigadores que realizaron trabajo de campo para desarrollar el apartado de diagnóstico del ETJ. También participaron en el taller algunas personas oriundas del área y conocedoras de ésta.

Una vez realizada la delimitación de las zonas núcleo (59.12%) y de amortiguamiento (40.88%) (Fig. 122), se obtuvieron las estadísticas para el polígono del AMPH SITECOL incluyendo la delimitación de las subzonas (Tabla 93 y Fig. 123). La subzona de mayor representación es la de protección, presente en el 33.61%, seguida del uso restringido en un 25.51% y restauración en un 19.20%, el resto de las subzonas se muestra en la Tabla 93. Las características propias del territorio consideradas para la delimitación de la subzonificación se muestran en la tabla 94.

**Tabla 93** Superficie ocupada por las zonas y subzonas en el AMPH Sierra de Tesistán-Cerro La Col.


ZONA	SUBZONA	SUPERFICIE	
		Hectáreas	%
NÚCLEO	Protección	6404.12	33.64
	Uso restringido	4855.93	25.51
AMORTIGUAMIENTO	Aprovechamiento especial	221.25	1.16
	Aprovechamiento sustentable de los ecosistemas	1260.44	6.62
	Aprovechamiento sustentable de los RN	1031.10	5.42
	Asentamientos humanos	95.06	0.50
	Preservación	1512.40	7.95
	Restauración	3655.21	19.20
TOTAL		19035.50	100



### Simbología

 AMPH SITECOL

### Zonificación

 NUCLEO

 AMORTIGUAMIENTO

Figura 122 Zonificación para el Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán – Cerro La Col.  
Fuente: elaboración propia.

**Tabla 94** Zonificación y subzonificación con base en las características del APHM SITECOL.

ZONA	SUBZONA	Características del territorio considerados para su delimitación
<p><b>NÚCLEO</b> Preservar los ecosistemas y su funcionalidad a mediano y largo plazo</p>	<p><b>Protección</b> Requieren de un cuidado especial para asegurar su conservación a largo plazo.</p>	<p>En esta subzona se incluyen las superficies dentro del polígono, que presentan muy poca alteración, así como ecosistemas o elementos naturales relevantes o frágiles, que requieren de un cuidado especial para asegurar su conservación a largo plazo. Se trata de áreas con bosque templado de encino-pino en buen estado de conservación, bosque tropical caducifolio y de galería con superficie reducida en el área, presencia de especies de flora y fauna en riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010) y endémicas. Son superficies que proporcionan servicios ambientales como captura y almacenamiento de carbono, son partes altas de las microcuencas para la captación y recarga de acuíferos y mitigación ante fenómenos hidrometeorológicos, entre otros. No existen asentamientos humanos y las actividades productivas son incipientes. El emblemático Cerro La Col es uno de los sitios incluidos en esta subzona.</p>
	<p><b>Uso restringido</b> Mantener las condiciones actuales de los ecosistemas, e incluso mejorarlas en los sitios que así se requieran.</p>	<p>Las superficies contiguas a las subzonas de protección se incluyen aquí. Se busca mantener las condiciones en buen estado de los ecosistemas e incluso mejorarlas en los sitios que lo requieran. Son áreas de alto valor biológico por albergar especies de flora y fauna en riesgo y endémicas, contribuyen a la generación de servicios ecosistémicos pues incluyen porciones de las cabeceras de microcuencas.</p>
<p><b>AMORTIGUAMIENTO</b> Orientar a que las actividades de aprovechamiento, que ahí se lleven a cabo, se conduzcan hacia el desarrollo sustentable.</p>	<p><b>Preservación</b> Ecosistemas relevantes o frágiles, o fenómenos naturales relevantes, en las que el desarrollo de actividades requiere de un manejo específico.</p>	<p>Se incluyen las superficies con ecosistemas en buen estado de bosque de encino-pino, bosque de encino y bosque tropical caducifolio. Así mismo, arroyos que fungen como corredores riparios de vital importancia como refugio y para el desplazamiento de especies en riesgo y endémicas. También se representan en esta subzona áreas de transición ecológica entre bosques templados y bosques tropicales caducifolios cuyas condiciones contribuyen a la riqueza de especies.</p>
	<p><b>Restauración</b> Superficies en las que los recursos naturales han resultado severamente alterados o modificados.</p>	<p>Se incluyen las superficies del APHM SITECOL donde los recursos naturales han sido alterados o modificados por incendios y otras actividades humanas y donde se llevarán a cabo programas de restauración.</p>
	<p><b>Aprovechamiento sustentable de los RN</b> Los recursos naturales pueden ser aprovechados, es necesario que todas las actividades productivas se efectúen bajo esquemas de aprovechamiento sustentable.</p>	<p>En esta subzona se incluyen las superficies que presentan aprovechamiento y manejo de recursos naturales renovables en beneficio de los pobladores. También las áreas en las que no hay un aprovechamiento actual pero que se proyecta realizarlo, tal es el caso de algunas lotificaciones que se espera sean de baja densidad.</p>

ZONA	SUBZONA	Características del territorio considerados para su delimitación
<b>AMORTIGUAMIENTO</b> Orientar a que las actividades de aprovechamiento, que ahí se lleven a cabo, se conduzcan hacia el desarrollo sustentable.	Aprovechamiento sustentable de los ecosistemas Superficies con usos agrícolas, pesqueros y pecuarios actuales.	Se incorporan en esta subzona las superficies en las que actualmente existen usos agrícolas y pecuarios.
	Asentamientos humanos Donde se ha llevado a cabo una modificación sustancial o desaparición de los ecosistemas originales	En esta subzona se incluyen las superficies donde los ecosistemas originales han sido modificados o transformados en gran medida para el desarrollo de asentamientos humanos previos a las iniciativas para la declaratoria del AMPH.
	Aprovechamiento especial Extensión reducida, con presencia de recursos naturales que son esenciales para el desarrollo social.	Se presentan en esta subzona las superficies con proyectos de aprovechamiento de material geológico (roca basáltica), infraestructura de generación de energía (granja solar) e instalaciones de distribución de gas LP autorizados por las autoridades correspondientes.

En tal virtud, por las características anteriormente descritas, las razones mencionadas en los párrafos que anteceden, de conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como a los ordenamientos jurídicos y reglamentarios que resulten aplicables.

### 12.3 Subzonas y políticas de manejo

Las subzonas establecidas para el Área Municipal de Protección Hidrológica son las siguientes:

- I. Subzona de Protección. Ocupa una superficie de 6404.122 ha y está conformada por treinta y nueve polígonos.
- II. Subzona de Uso Restringido. Comprende una superficie de 4855.925 ha y se integra por diecisiete polígonos.
- III. Subzona de Preservación. Abarca una superficie de 1512.401ha e incluye seis polígonos.
- IV. Subzona de Restauración. Incluye una superficie de 3655.206 ha y se conforma por veintitrés polígonos.
- V. Subzona de Aprovechamiento de los Recursos Naturales. Comprende una superficie de 1031.098 ha conformada por un polígono.
- VI. Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas. Integra una superficie de 1260.436 ha y se compone por nueve polígonos.
- VII. Subzona de Asentamientos Humanos. Ocupa una superficie de 95.056 ha y se integra por tres polígonos.
- VIII. Subzona de Aprovechamiento Especial. Incluye 221.252 ha y está formada por cuatro polígonos.

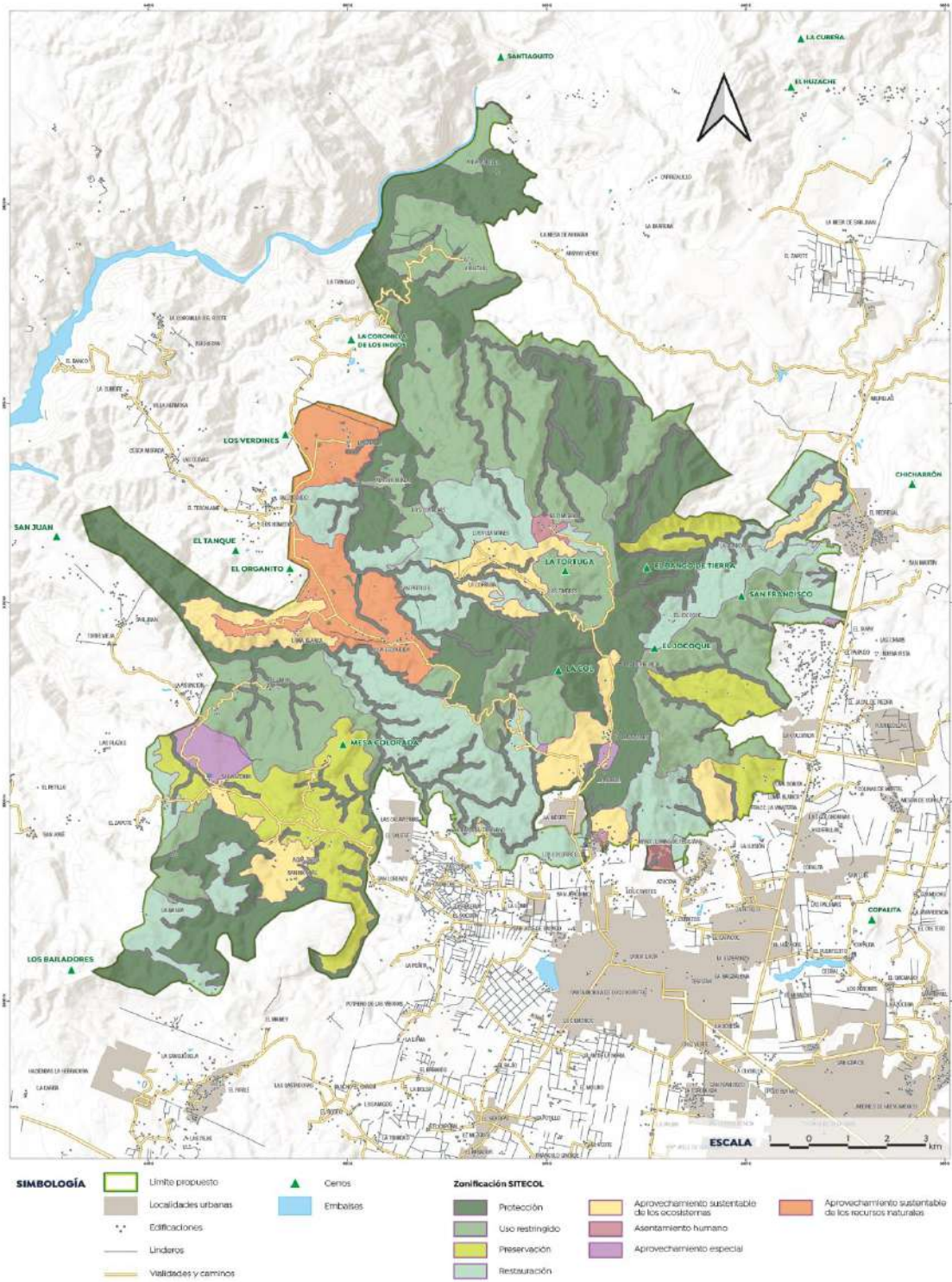


Figura 123 Subzonificación en el Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col.

### Subzona de Protección

En esta subzona incluyen el mayor número de polígonos debido a que los arroyos se consideran polígonos pequeños que son fundamentales para estabilidad y la dinámica de los ecosistemas y mitigación ante fenómenos hidrometeorológicos, entre otros. También se integran superficies con bosques que presentan muy poca alteración, así como ecosistemas o elementos naturales relevantes o frágiles que requieren de un cuidado especial para asegurar su conservación a largo plazo. Se trata de áreas con bosque templado de encino-pino en buen estado de conservación, bosque tropical caducifolio y de galería con superficie reducida en el área, los cuales albergan especies de flora y fauna en riesgo y endémicas. Son superficies que proporcionan servicios ambientales como captura y almacenamiento de carbono. El emblemático Cerro La Col es uno de los sitios incluidos en esta subzona, además de los siguientes puntos de referencia: al norte Ahuatancillo y Arroyo Hondo – La Capilla, al noreste El Cimarrón y Cuenca Alta Milpillas, al este Cerro El Banco de Tierra, al centro Cerro La Col, al sureste la Mesa de Tesistán y al surponiente el Arroyo La Virgen, entre otros.

SUBZONA DE PROTECCIÓN	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigación científica y monitoreo ambiental</li> <li>2. Acciones y procedimientos cuyo propósito es la protección, la conservación y la restauración de la biodiversidad y los servicios ambientales hidrológicos que provee esta subzona</li> <li>3. Cuando sea plenamente justificado, realizar manejo y control de vida silvestre y de poblaciones de especies exóticas o de especies nativas que se tornen perjudiciales (muérdago, entre otras)</li> <li>4. Colecta de material biológico con fines de investigación científica</li> <li>5. Actividades de fotografía, filmaciones o captura de sonidos con fines científicos, culturales o educativos</li> <li>6. Mantenimiento de caminos y brechas existentes, siempre y cuando no se amplíen los mismos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agricultura intensiva</li> <li>2. Ganadería, incluyendo actividades silvopastoriles</li> <li>3. Exploración y explotación minera</li> <li>4. Apertura y explotación de bancos de material</li> <li>5. Interrumpir, desviar, rellenar o desecar flujos hidráulicos, cuerpos de agua y manantiales</li> <li>6. Arrojar, verter o descargar al suelo, subsuelo o a cuerpos de agua, cualquier tipo de desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos u otros tipos de contaminantes tales como insecticidas, fungicidas y pesticidas</li> <li>7. Capturar, remover, extraer, retener o apropiarse de ejemplares de vida silvestre o sus productos y subproductos, excepto si es con fines de investigación científica y monitoreo del ambiente</li> <li>8. Dañar, molestar, alimentar o hacer ruidos intensos (altavoces, radios) que pueden impactar sitios de reproducción o modificar el comportamiento natural de los individuos silvestres, excepto si se trata de actividades de investigación científica</li> </ol>

SUBZONA DE PROTECCIÓN	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Introducir plantas o propágulos de éstas (semillas, tejidos), así como ejemplares de animales domésticos o especies exóticas e invasoras</li> <li>10. Realizar aprovechamiento forestal, salvo si se trata de madera muerta para uso doméstico</li> <li>11. Tránsito de vehículos motorizados fuera de caminos principales autorizados</li> <li>12. Actividades de motocross</li> <li>13. Apertura de nuevas vías de comunicación como brechas y caminos, con excepción de los que sean necesarios para la operación, investigación y vigilancia de dicha área, debidamente justificados y autorizados</li> <li>14. Hacer fogatas y otros usos del fuego sin autorización</li> <li>15. Construcción de infraestructura para el turismo de alta densidad que modifique los ecosistemas y que incumpla con la normatividad ambiental correspondiente.</li> </ol>

#### Subzona de Uso Restringido

Las superficies contiguas a las subzonas de protección se incluyen aquí. Se busca mantener las condiciones en buen estado de los ecosistemas e incluso mejorarlas en los sitios que lo requieran. Son áreas de alto valor biológico por albergar especies de flora y fauna en riesgo y endémicas, contribuyen a la generación de servicios ecosistémicos pues incluyen porciones de las cabeceras de microcuencas y fungen como áreas de recarga hidrológica. Algunos puntos de referencia son: Cerro El Jocoque – San Francisco, Cerro La Tortuga y Jocoque-Milpillas-Montichelo, ubicados en la porción noreste del área de protección de AMPH SITECOL.



SUBZONA DE USO RESTRINGIDO	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acciones y procedimientos cuyo propósito es la protección, la conservación y la restauración de la biodiversidad y los servicios ambientales hidrológicos que proporciona esta subzona</li> <li>2. Investigación científica y monitoreo ambiental</li> <li>3. Colecta de material biológico con fines de investigación científica</li> <li>4. Educación ambiental siempre y cuando no implique modificación de las condiciones originales del ambiente</li> <li>5. Manejo de vida silvestre y control de poblaciones de especies exóticas o de especies nativas que se tornen perjudiciales (muérdago, entre otras)</li> <li>6. Turismo de naturaleza de bajo impacto ambiental que no modifiquen los ecosistemas, como: caminatas para la observación del paisaje, de flora, fauna y estructuras geológicas; senderismo (utilizando caminos y veredas en rutas establecidas)</li> <li>7. Actividades de fotografía, filmaciones o captura de sonidos con fines científicos, culturales o educativos</li> <li>8. Construcción de instalaciones de apoyo exclusivamente para la investigación científica y monitoreo ambiental y utilizando materiales tradicionales de construcción propios de la región</li> <li>9. Mantenimiento de caminos y brechas existentes, siempre y cuando no se amplíen los mismos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ganadería, incluyendo actividades silvopastoriles</li> <li>2. Agricultura intensiva</li> <li>3. Exploración y explotación minera</li> <li>4. Apertura y explotación de bancos de material</li> <li>5. Realizar aprovechamiento forestal, salvo si se trata de madera muerta para uso doméstico</li> <li>6. Arrojar, verter o descargar al suelo, subsuelo o a cuerpos de agua, cualquier tipo de desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos u otros tipos de contaminantes tales como insecticidas, fungicidas y pesticidas</li> <li>7. Interrumpir, desviar, rellenar o desecar flujos hidráulicos, cuerpos de agua y manantiales</li> <li>8. Capturar, remover, extraer, retener o apropiarse de ejemplares de vida silvestre o sus productos y subproductos, excepto si es con fines de investigación científica y monitoreo del ambiente</li> <li>9. Dañar, molestar, alimentar o hacer ruidos intensos (altavoces, radios) que pueden impactar sitios de reproducción o modificar el comportamiento natural de los individuos silvestres, excepto si se trata de actividades de investigación científica</li> <li>10. Introducir plantas o propágulos de éstas (semillas, tejidos), así como ejemplares de animales domésticos o especies exóticas e invasoras</li> <li>11. Tránsito de vehículos motorizados fuera de caminos principales autorizados</li> <li>12. Actividades de motocross</li> <li>13. Apertura de nuevas vías de comunicación como brechas y caminos, con excepción de los que sean necesarios para la operación, investigación y vigilancia de dicha área, debidamente justificados y autorizados</li> </ol>

SUBZONA DE USO RESTRINGIDO	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
	14. Hacer fogatas y otros usos del fuego sin autorización 15. Construcción de infraestructura

#### Subzona de Preservación

Se incluyen las superficies con ecosistemas en buen estado de conservación compuestos por bosque de encino-pino, bosque de encino y bosque tropical caducifolio. Así mismo, arroyos que fungen como corredores biológicos de vital importancia para la conectividad de los ecosistemas, y como refugio para el desplazamiento de especies en riesgo y endémicas. También se representan en esta subzona áreas de transición ecológica entre bosques templados y bosques tropicales caducifolios cuyas condiciones contribuyen a la riqueza de especies. Algunos puntos de referencia son San Antonio- Cerro Mesa Colorada - Agua Zarca - Pajaritos y Rancho Las Plazas, ambas áreas al surponiente del AMPH SITECOL.

SUBZONA DE PRESERVACIÓN	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
1. Acciones y procedimientos cuyo propósito es la protección, la conservación y la restauración de la biodiversidad y los servicios ambientales hidrológicos que aporta esta subzona 2. Actividades productivas de bajo impacto ambiental 3. Investigación científica y monitoreo ambiental 4. Colecta de material biológico con fines de investigación científica 5. Educación ambiental siempre y cuando no implique modificación de las condiciones originales del ambiente	1. Ganadería intensiva 2. Agricultura intensiva o monocultivos 3. Realizar aprovechamiento forestal, salvo si se trata de madera muerta para uso doméstico 4. Exploración y explotación minera 5. Apertura y explotación de bancos de material 6. Arrojar, verter o descargar al suelo, subsuelo o a cuerpos de agua, cualquier tipo de desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos u otros tipos de contaminantes tales como insecticidas, fungicidas y pesticidas

SUBZONA DE PRESERVACIÓN	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
<p>6. Actividades de fotografía, filmaciones o captura de sonidos con fines científicos, culturales o educativos</p> <p>7. Manejo de vida silvestre y control de poblaciones de especies exóticas o de especies nativas que se tornen perjudiciales (muérdago, entre otras)</p> <p>8. Construcción de instalaciones de apoyo exclusivamente para la investigación científica y monitoreo ambiental y utilizando materiales tradicionales de construcción propios de la región</p> <p>9. Obras de conservación de suelos que no modifiquen el paisaje original</p> <p>10. Mantenimiento de caminos y brechas existentes, siempre y cuando no se amplíen los mismos y no se pavimenten</p>	<p>7. Capturar, remover, extraer, retener o apropiarse de ejemplares de vida silvestre o sus productos y subproductos, excepto si es con fines de investigación científica y monitoreo del ambiente</p> <p>8. Dañar, molestar, alimentar o hacer ruidos intensos (altavoces, radios) que pueden impactar sitios de reproducción o modificar el comportamiento natural de los individuos silvestres, excepto si se trata de actividades de investigación científica</p> <p>9. Introducir plantas o propágulos de éstas (semillas, tejidos), así como ejemplares de animales domésticos o especies exóticas e invasoras</p> <p>10. Tránsito de vehículos motorizados fuera de caminos principales autorizados</p> <p>11. Actividades de motocross</p> <p>12. Apertura de nuevas vías de comunicación como brechas y caminos, con excepción de los que sean necesarios para la operación, investigación y vigilancia de dicha área, debidamente justificados y autorizados</p> <p>13. Hacer fogatas y otros usos del fuego sin autorización</p> <p>14. Construcción de infraestructura</p>

### Subzona de Restauración

Se incluyen las superficies del AMPH SITECOL donde los recursos naturales han sido severamente alterados o modificados y que presentan procesos acelerados de deterioro ambiental por incendios, contaminación, erosión y deforestación en los que es necesario llevar a cabo programas de restauración. Algunos puntos de referencia son: al noroeste Las Canoas – Arroyo Milpillas, al noreste Las Canoas– El Jocoque, en el centro La Mesa, al poniente Rancho Las Plazas y al surponiente La Manga – Cerro Bailadores Poniente.

SUBZONA DE RESTAURACIÓN	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ganadería sustentable o silvopastoril</li> <li>2. Prácticas agroecológicas compatibles con la conservación del suelo</li> <li>3. Obras de prevención y recuperación de suelos, tratando de no modificar el paisaje original</li> <li>4. Rehabilitación de los ecosistemas y procurar inducir la regeneración natural</li> <li>5. Educación ambiental</li> <li>6. Fotografía con fines de investigación y culturales</li> <li>7. Aprovechamiento forestal no maderable (sin tala)</li> <li>8. Actividades de investigación científica y monitoreo ambiental</li> <li>9. Colecta de material biológico con fines de investigación científica</li> <li>10. Control y de erradicación de especies exóticas, ferales e invasoras</li> <li>11. Mantenimiento de caminos y brechas ya existentes necesarios para realizar las actividades de restauración</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ganadería intensiva</li> <li>2. Agricultura intensiva</li> <li>3. Aprovechamiento forestal maderable (con tala)</li> <li>4. Cambiar el uso de suelo forestal para actividades agrícolas, ganaderas y de acuacultura</li> <li>5. Actividades que dañen, alteren o modifiquen la estructura o composición del suelo</li> <li>6. Apertura de nuevas vías de comunicación como brechas y caminos, con excepción de los que sean necesarios para la operación, investigación y vigilancia de dicha área, debidamente justificados y autorizados</li> <li>7. Apertura y explotación de bancos de material</li> <li>8. Construcción o edificación de infraestructura</li> <li>9. Realizar exploración y explotación minera</li> <li>10. Afectar o modificar los flujos hidráulicos mediante su interrupción, relleno, desecado o desvío</li> <li>11. Capturar, remover, extraer o retener ejemplares de vida silvestre o sus subproductos, excepto para fines de investigación científica y monitoreo</li> <li>12. Molestar, dañar, alimentar o hacer ruidos intensos (altavoces, radios) que pueden modificar el comportamiento natural de los individuos silvestres, excepto si se trata de actividades de investigación científica</li> </ol>

SUBZONA DE RESTAURACIÓN	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
	13. Arrojar, verter o descargar cualquier tipo de desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos o cualquier otro tipo de contaminante, tales como insecticidas, fungicidas y pesticidas, entre otros, al suelo, subsuelo y cualquier tipo de cauce como arroyos, manantiales, represas o a cuerpos de agua 14. Construir sitios para el depósito de residuos sólidos urbanos y de manejo especial

#### Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas

Se incorporan en esta subzona las superficies en las que actualmente existen usos agrícolas y pecuarios, así como proyectos de desarrollo campestre o de actividad ecoturística en los que aún existen remanentes de vegetación natural que ameritan conservarse por los servicios ecosistémicos que proveen. Puntos de referencia de algunos de los polígonos ubicados AMPH SITECOL: al noreste Llanura poniente de Monticello, al sureste Ejido Copalita, al noroeste Los Timbres- La Cofradía – Los Volantines y al suroeste Agua Zarca – San Nicolás, entre otros.

SUBZONA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS ECOSISTEMAS	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
1. Actividades agrícolas de baja intensidad, incluyendo la agroforestería, 2. Aprovechamiento forestal no maderable (sin tala) 3. Aprovechamiento forestal de maderas muertas, poda de árboles y de arbustos, usos medicinales, ornamentales y artesanales para fines de consumo doméstico o autoconsumo 4. Ganadería de bajo impacto bajo un esquema silvopastoril	1. Ampliar la frontera agropecuaria 2. Ganadería de alto impacto 3. Afectar o modificar los flujos hidráulicos mediante su interrupción, rellenado, desecado o desvío 4. Arrojar, verter o descargar al suelo, subsuelo o a cuerpos de agua, cualquier tipo de desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos u otros tipos de contaminantes tales como insecticidas, fungicidas y pesticidas

SUBZONA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS ECOSISTEMAS	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>5. Construcción y mantenimiento de infraestructura de apoyo a las actividades productivas primarias</li> <li>6. Mantenimiento de caminos y brechas existentes, siempre y cuando no se amplíen los mismos</li> <li>7. Colecta de material biológico con fines de investigación científica</li> <li>8. Educación ambiental</li> <li>9. Establecimiento de Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre siempre y cuando cumpla con las regulaciones y los permisos respectivos; además que sean con fines de restauración, protección, mantenimiento, recuperación, reproducción, repoblación, reintroducción e investigación</li> <li>10. Actividades que contribuyan a la rehabilitación de los ecosistemas degradados</li> <li>11. Filmaciones, fotografías, captura de imágenes y sonidos por cualquier medio</li> <li>12. Investigación científica y monitoreo ambiental</li> <li>13. Turismo de bajo impacto ambiental que incluya el uso de ecotecnias y mejores prácticas en apego a la sustentabilidad</li> <li>14. Instalación para vivienda o fines de alojamiento temporal o fines comerciales, de bajo impacto que se realiza utilizando ecotecnias, materiales propios de la región y colores miméticos con el medio donde se construye y no debe rebasar los ocho metros de altura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5. Molestar, dañar, alimentar o hacer ruidos intensos (altavoces, radios) que pueden modificar el comportamiento natural de los individuos silvestres, excepto si se trata de actividades de investigación científica</li> <li>6. Capturar, remover, extraer o retener ejemplares de vida silvestre o sus subproductos, excepto para fines de investigación científica y monitoreo</li> <li>7. Apertura de nuevas brechas o caminos</li> <li>8. Apertura y explotación de bancos de materiales</li> <li>9. Edificación o construcción de obras, salvo infraestructura de apoyo a las actividades productivas primarias</li> <li>10. Realizar explotación y exploración minera</li> <li>11. Construir sitios para el depósito de residuos sólidos urbanos y de manejo especial</li> </ul>

Subzona de Aprovechamiento de los Recursos Naturales.

Comprende una superficie cuyos puntos de referencia se reconocen como Agua Escondida – Loma Blanca – La Capilla. En esta subzona se incluyen las superficies que presentan aprovechamiento y manejo de recursos naturales renovables en beneficio de los pobladores. También las áreas en las que no hay un aprovechamiento actual pero que se proyecta realizarlo, tal es el caso de algunas lotificaciones que se espera sean de baja densidad.

SUBZONA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planeación y apertura de senderos interpretativos</li> <li>2. Aprovechamiento forestal con enfoque sustentable (sin tala)</li> <li>3. Colecta biológica con fines de investigación científica y monitoreo del ambiente</li> <li>4. Construcción y mantenimiento de infraestructura de apoyo a las actividades productivas primarias, de investigación científica, educación ambiental, protección y vigilancia</li> <li>5. Educación ambiental</li> <li>6. Establecimiento de Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre siempre y cuando cumpla con las regulaciones y los permisos pertinentes; además que sean con fines de restauración, protección, mantenimiento, recuperación, reproducción, repoblación, reintroducción e investigación</li> <li>7. Filmaciones, fotografías, captura de imágenes y sonidos por cualquier medio</li> <li>8. Investigación científica y monitoreo del ambiente</li> <li>9. Mantenimiento de infraestructura, caminos y brechas existentes, siempre y cuando no se amplíen los mismos y no se pavimenten</li> <li>10. Turismo de bajo impacto ambiental</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Molestar, dañar, alimentar o hacer ruidos intensos (altavoces, radios) que pueden modificar el comportamiento natural de los individuos silvestres, excepto si se trata de actividades de investigación científica</li> <li>2. Agricultura intensiva o monocultivos</li> <li>3. Ganadería intensiva</li> <li>4. Evitar nueva apertura de áreas agrícolas y ganaderas</li> <li>5. Apertura de nuevas brechas o caminos</li> <li>6. Apertura y explotación de bancos de materiales</li> <li>7. Arrojar, verter o descargar cualquier tipo de desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos o cualquier otro tipo de contaminante, tales como insecticidas, fungicidas y pesticidas, entre otros, al suelo, subsuelo y cualquier tipo de cauce como arroyos, manantiales, represas o a cuerpos de agua</li> <li>8. Capturar, remover, extraer o retener ejemplares de vida silvestre o sus subproductos, excepto para fines de investigación científica y monitoreo</li> <li>9. Edificación o construcción de obras, salvo infraestructura de apoyo a las actividades productivas primarias</li> <li>10. Realizar explotación y exploración minera</li> </ol>

SUBZONA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
	<ol style="list-style-type: none"> <li>11. Liberar o introducir ejemplares de especies exóticas, invasoras y animales domésticos</li> <li>12. Introducir germoplasma de especies exóticas de plantas ya sea ejemplares o semillas</li> <li>13. Afectar o modificar los flujos hidráulicos mediante su interrupción, rellenado, desecado o desvío</li> <li>14. Construir sitios para el depósito de residuos sólidos urbanos y de manejo especial</li> </ol>

#### Subzona de Aprovechamiento Especial

Si bien se trata de sitios con algún tipo de impacto, se deben establecer medidas para limitar los impactos y sin aumentar el deterioro de los ecosistemas circundantes, ni provocar desequilibrio ecológico grave y que deberán sujetarse a estrictas regulaciones de aprovechamiento de los recursos naturales. Del mismo modo, se considera necesario restringir cualquier actividad que conlleve a impactos irreversibles incluyendo la construcción de sitios para la disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial y actividades que pongan en peligro la estructura y dinámica natural de los ecosistemas, así como a las poblaciones de especies silvestres, para ello se determinan como actividades permitidas y no permitidas en esta Subzona de Aprovechamiento Especial, las siguientes:

SUBZONA DE APROVECHAMIENTO ESPECIAL	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mantenimiento de caminos existentes</li> <li>2. Mantenimiento de infraestructura</li> <li>3. Tránsito de vehículos autorizados sólo por los caminos establecidos</li> <li>4. Aprovechamiento de los recursos naturales renovables para la satisfacción de las necesidades económicas básicas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agricultura intensiva o monocultivos</li> <li>2. Modificar las condiciones actuales de los acuíferos, cuencas hidrológicas, cauces naturales de las corrientes, manantiales, riberas y vasos existentes</li> </ol>



SUBZONA DE APROVECHAMIENTO ESPECIAL	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
<p>de autoconsumo de los pobladores, conforme lo previsto en las disposiciones legales y reglamentarias aplicables</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>7. Investigación científica y monitoreo del ambiente, así mismo colecta de material biológico para tales fines.</li> <li>8. Educación ambiental</li> <li>9. Fotografía y filmaciones, captura de imágenes o sonidos, con fines científicos, culturales o educativos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Construir nuevas vías de comunicación, con excepción de los caminos, brechas o senderos que sean necesarios para la operación y vigilancia del área de aprovechamiento especial, debidamente justificados y autorizados</li> <li>4. Desechar, abandonar, arrojar, descargar, enterrar o verter residuos de cualquier tipo de material, incluyendo contenedores, recipientes, envases, bolsas, utensilios o cualquier otro elemento contaminante</li> <li>5. Construcción de infraestructura adicional sin contar con la debida autorización y manifestación de impacto ambiental</li> <li>6. Introducir o liberar al medio silvestre ejemplares de especies exóticas de flora y fauna</li> <li>7. Extraer ejemplares de flora y fauna silvestre nativa, excepto para colecta científica y monitoreo ambiental o en la realización de trabajos de sanidad forestal, así como en casos de contingencias ambientales</li> <li>8. Realizar actividades cinegéticas</li> <li>9. Realizar actividades industriales</li> <li>10. Realizar aprovechamientos mineros</li> <li>11. Tirar o abandonar desperdicios</li> <li>12. Hacer fogatas</li> <li>13. Actividades turístico-recreativas</li> <li>14. Construir sitios para la disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial</li> <li>15. Usar explosivos sin justificación ni la autorización correspondiente</li> </ol>

### Subzona de Asentamientos Humanos

Esta subzona se integra por los asentamientos humanos establecidos con anterioridad a la propuesta de protección. Tales como El Rancho Cimarrón ubicado al centro norte y los polígonos San Jerónimo y Cerro Cristo Rey en la porción sur y limítrofe del área de protección.

En estos tres territorios se han construido unidades habitacionales, infraestructura y caminos. Esto ha ocasionado la reducción en la cobertura vegetal y el aumento en los niveles de extracción del agua. Generando una presión antropogénica que, de continuar así, pone en riesgo el equilibrio ecológico del sitio.

SUBZONA DE USO PÚBLICO ASENTAMIENTOS HUMANOS	
Actividades permitidas	Actividades no permitidas
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elaboración y ejecución de planes comunitarios de desarrollo sustentable en colaboración con instancias gubernamentales y asociaciones civiles</li> <li>2. Establecimiento de programas de reutilización y reciclaje de desechos sólidos y aguas residuales</li> <li>3. Agricultura y ganadería de traspatio</li> <li>4. Agroforestería</li> <li>5. Mantenimiento de brechas y caminos existentes de acceso a los centros de población</li> <li>6. Establecimiento de normas y especificaciones para el mejoramiento de brechas u otras obras requeridas por las comunidades considerando la mitigación del impacto ambiental</li> <li>7. Campañas de educación ambiental sobre conservación y uso sustentable de la biodiversidad, así como de la importancia de regular o eliminar el uso de especies exóticas e invasoras</li> <li>8. Colecta de material biológico con fines de investigación científica y monitoreo ambiental</li> <li>9. Fotografía de naturaleza con fines científicos y culturales</li> <li>10. Turismo de naturaleza tales como observación de aves, senderismo</li> <li>11. Gestión ante las diferentes instancias de gobierno para el manejo de residuos sólidos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apertura de nuevas brechas y caminos sin la debida justificación y manifestación de impacto ambiental</li> <li>2. Abrir o explotar bancos de material y extraer materiales para construcción sin la debida manifestación de impacto ambiental</li> <li>3. Construir sitios para el depósito de residuos sólidos urbanos y de manejo especial</li> <li>4. Descargar o verter contaminantes, desechos o cualquier tipo de material nocivo en el suelo, subsuelo o arroyos, manantiales, depósito de agua</li> <li>5. Desechar, abandonar, arrojar, descargar, enterrar o verter residuos de cualquier tipo de material, incluyendo contenedores, recipientes, envases, bolsas, utensilios o cualquier otro elemento contaminante</li> <li>6. Introducir o liberar al medio silvestre ejemplares de especies exóticas de flora y fauna</li> <li>7. Extraer ejemplares de flora y fauna silvestre nativa, así como otros recursos genéticos sin autorización, excepto para colecta científica y cuando sea necesaria en la realización de trabajos de sanidad forestal o de contingencias ambientales</li> </ol>

### 13. REGLAS ADMINISTRATIVAS

#### Reglas administrativas del Área Natural Protegida de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col, Zapopan, Jalisco

Las disposiciones en el presente Programa de Manejo determinan las actividades, acciones y lineamientos necesarios para el manejo y la administración en esta Área Natural Protegida, así como las reglas administrativas a las que se sujetarán las obras y actividades que se desarrollen, las que tienen su fundamento jurídico en los instrumentos de niveles de gobierno en materia de ordenamiento y gestión ecológica y territorial las siguientes disposiciones:

##### Disposiciones generales

Artículo 1. El presente Reglamento es de orden público e interés social, de observancia general y obligatoria, y tiende por regular el uso del Área de Protección Hidrológica del Municipio de Zapopan, Jalisco, Área Natural Protegida Sierra de Tesistán - Cerro La Col para el correcto funcionamiento del mismo y su aplicabilidad es para visitantes en general.

Artículo 2. La aplicación de este reglamento compete al gobierno del municipio de Zapopan, Jalisco por conducto de las Direcciones competentes en términos del Reglamento de la Administración Pública Municipal de Zapopan, Jalisco.

Artículo 3. Para los efectos de este reglamento se entiende por:

Área: Área Natural Protegida de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col del Municipio de Zapopan, Jalisco.

Comité: El Comité Técnico del Área de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col del Municipio de Zapopan, Jalisco.

Usuario: Persona que visita el área y realiza alguna actividad de esparcimiento en el deporte, convivencia, recreación, educación, etc.

Reglamento: El presente Reglamento.

Personal: El personal que labora en la Dirección de Medio Ambiente cuyas funciones pueden ser administrativas, operativas y/o de vigilancia.

Artículo 4. Las actividades que se realicen dentro del área son responsabilidad y bajo el propio riesgo del visitante eximiendo a la Dirección de Medio Ambiente, autoridades federales, estatales y municipales de cualquier responsabilidad.

Artículo 5. Las personas que deseen ofrecer productos, servicios o actividades al público de manera gratuita o remunerativa en el interior del área deberán obtener la autorización de la Dirección de Medio Ambiente, en caso contrario se les retirará inmediatamente del Área.

Artículo 6. Las personas que ostenten un permiso para ofertar productos, servicios o actividades, son solidariamente responsables de que el público o clientes hagan uso de sus productos, servicios o actividades de manera responsable

por lo que dispondrán de personal a su cargo que supervise el cumplimiento del presente ordenamiento y regulaciones legales aplicables.

Artículo 7. Para visitas de escuelas, corporaciones o dependencias que tengan por objeto realizar algún tipo de actividad dentro del área, se hará previo permiso de la Dirección de Medio Ambiente y con la anuencia de propietarios y/o poseedores, lo anterior para efecto de proporcionarles vigilancia, acompañamiento, mantenimiento y aquellas necesidades que en virtud del número de personas se requieran.

Artículo 8. Las siguientes disposiciones serán de observancia general:

- I. Se prohíbe introducir y consumir bebidas alcohólicas;
- II. No se permitirá la entrada a personas en estado de ebriedad, así como las que hayan consumido sustancias psicotrópicas o enervantes;
- III. Se prohíbe la entrada a cualquier tipo de vendedores, salvo cuando se trate de productos alimenticios de primera necesidad o los que hayan sido previamente autorizados por la Dirección de Medio Ambiente;
- IV. Se prohíbe la entrada de mascotas que se encuentren sueltas; las que ingresen deberán obligatoriamente portarse por sus dueños amarradas o bajo cualquier tipo de objeto o mecanismo que no permita su libre tránsito, para seguridad de las personas que visitan el área; los dueños o paseadores son responsables de la recolección y disposición adecuada de las excretas que generen sus mascotas;
- V. Se prohíbe el uso de vehículos motorizados al interior del área, salvo que cuenten con la autorización de la Dirección de Medio Ambiente, debiendo circular a una velocidad máxima de 20 km/h con las luces intermitentes prendidas;
- VI. Es posible regular el servicio de empresas que ofertan el servicio de distribución de gas, este tipo de sistema deberá apearse a las normas de seguridad e inspección que la Dirección de Medio Ambiente le solicite;
- VII. Queda prohibido grabar, pintar o maltratar las instalaciones, señalamiento o los árboles del área;
- VIII. Queda prohibido la introducción, extracción o maltrato de flora y fauna dentro del área;
- IX. Se prohíbe colocar cualquier tipo de letrero o publicidad, ya sean particulares o comerciales en cualquier parte del área, salvo que sean debidamente autorizados por la Dirección de Medio Ambiente;
- X. Es obligatorio para los usuarios del área que utilicen los depósitos de basura que el área instala dentro de sus perímetros, la persona que se le sorprenda tirando basura se le sancionará de acuerdo a lo establecido en la sección de sanciones del presente ordenamiento;
- XI. Se prohíbe consumir en el interior del área bebidas embriagantes, drogas enervantes y sustancias prohibidas, la persona que se le sorprenda ejecutando estos actos se le sancionará de conformidad a lo previsto en el capítulo de sanciones.
- XII. Se prohíbe introducir armas de cualquier tipo;
- XIII. Se prohíbe expresarse con palabras altisonantes y realizar actos contrarios a la moral y buenas costumbres.

Artículo 9. El uso del fuego dentro del área será restringido pudiendo utilizarse únicamente en las zonas adaptadas para asadores, picnic o fogatas y bajo las condiciones y criterios que establezca la Dirección de Medio Ambiente.

Se permitirá de manera controlada como parte de las actividades que realiza la Dirección de Medio Ambiente y/o la Coordinación Municipal de Protección Civil y Bomberos de Zapopan para la prevención y control de incendios forestales de acuerdo a su programa operativo anual de manejo de fuego.

Artículo 10. Todos los usuarios deberán respetar las leyes, normas y reglamentos vigentes.

#### Del Comité

Artículo 11. El Comité es un órgano consultivo de la administración pública municipal, transparente, adaptativo y participativo, con carácter permanente, cuyo objetivo es orientar las políticas y acciones que deban realizarse para preservar los recursos naturales y el aprovechamiento racional y sostenido del Área, de manera coordinada con el sector público, privado y social.

Artículo 12. El Comité Técnico del Área Natural Protegida estará integrado cuando menos por:

- I. Un presidente, que será el presidente municipal, o quien éste designe;
- II. Un secretario técnico, que será el director de Medio Ambiente del Municipio;
- III. Un secretario ejecutivo, que será el director ejecutivo del Área Natural Protegida
- IV. Un representante de la Comisión Colegiada y Permanente de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible del Municipio de Zapopan, Jalisco;
- V. Un representante de la Coordinación Municipal de Protección Civil y Bomberos;
- VI. Un representante de la Coordinación General de Servicios Municipales;
- VII. Un representante de la Coordinación General de Construcción de Comunidad;
- VIII. Un representante de la Coordinación General de Desarrollo Económico y Combate a la Desigualdad;
- IX. Un representante de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA);
- X. Un representante de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET);
- XI. Un representante de los Ejidos;
- XII. Un representante de los pequeños propietarios;
- XIII. Un representante de colonos o vecinos de alguna colonia aledaña interesada en participar;
- XIV. Un representante científico por parte de Universidades o Sociedades científicas.

Artículo 13. Los cargos de los integrantes del Comité serán honoríficos y, por lo tanto, no son remunerados. Por cada miembro propietario del Comité, se podrá designar en cualquier momento a un suplente, quien tendrá las mismas facultades y obligaciones que el propietario.

Los miembros del Comité deberán comunicar al secretario técnico, su ausencia temporal o permanente, a fin de llamar al suplente para que ejerza las funciones de propietario en la próxima sesión.

Artículo 14. El Comité tendrá las siguientes atribuciones:

- I. Autorizar el Programa Operativo Anual, el cual será propuesto por la Dirección de Medio Ambiente;
- II. Proponer al Ayuntamiento el presupuesto para la operación del Área;
- III. Vigilar la correcta administración de la infraestructura del Área, así como de sus recursos humanos y económicos;
- IV. Propiciar el cuidado, conservación y protección del Área, así como su manejo sustentable;
- V. Promover, difundir, organizar y desarrollar aspectos de educación ambiental y cultural que propicien la conservación y manejo sustentable del Área;
- VI. Promover el Área como un atractivo turístico natural y proponer aquellas actividades que sean compatibles con la misma, el aprovechamiento de los recursos naturales, la belleza escénica y sus elementos históricos y culturales;
- VII. Propiciar la participación y equilibrio en el trabajo e integración de sus miembros;
- VIII. Promover y gestionar la obtención de recursos económicos suficientes para el manejo sustentable del Área, en coordinación con las dependencias de los tres órdenes de gobierno;
- IX. Proponer a la Dirección de Medio Ambiente del Municipio, las políticas públicas ambientales del Área, mismas que deberán ser acordes a lo estipulado por el Programa de Aprovechamiento;
- X. Informar a las autoridades de los tres niveles de gobierno y dar a conocer a la ciudadanía los acuerdos emitidos por el Comité para la protección, conservación y restauración del Área;
- XI. Promover, facilitar y coordinar las actividades de investigación que generen información sobre los aspectos bióticos, ecológicos, abióticos, sociales, culturales, políticos, económicos e históricos del Área; esto con la finalidad de contar con un sustento científico que permita tomar decisiones adecuadas acerca de la conservación y manejo de la misma; y
- XII. Proponer al Ayuntamiento las políticas de preservación y conservación que se requieran para contribuir al desarrollo del Área.

Artículo 15. Serán atribuciones del presidente del Comité:

- I. Integrar el Comité;
- II. Presidir las sesiones;
- III. Emitir su voto de calidad, en caso de empate;
- IV. Representar al Comité ante cualquier autoridad o persona física o jurídica, con el fin de fomentar, promover y difundir las actividades del Área; y
- V. Convocar a sesiones extraordinarias cuando sea necesario, para lo cual se podrá emitir la convocatoria correspondiente en cualquier momento.

Artículo 16. Son atribuciones del secretario técnico:

- I. Convocar a sesiones ordinarias del Comité y elaborar el orden del día correspondiente;

- II. Desahogar la sesión, tomar la votación y elaborar un acta circunstanciada de la misma, a la cual se deberán anexar la convocatoria, la lista de asistencia, el orden del día y los documentos de los asuntos tratados;
- III. Recabar las firmas de los integrantes del Comité, para la aprobación del acta de la sesión que corresponda;
- IV. Evaluar el cumplimiento de los acuerdos del Comité;
- V. Tener bajo su custodia y resguardo el archivo del Comité; y Dar seguimiento a las sesiones de las Comisiones, así como a las propuestas emitidas por éstas ante el Comité.

Artículo 17. Son atribuciones del secretario ejecutivo:

- I. Participar en las reuniones con propuestas de manejo y conservación que serán tomadas en consideración en las sesiones del Comité;
- II. Acudir a las sesiones del Comité, y opinar sobre los proyectos y propuestas que se realicen ante la autoridad;
- III. Las demás que establezca el presente Reglamento.

Artículo 18. Son atribuciones de los miembros del Comité:

- I. Participar en las reuniones de trabajo con propuestas que serán tomadas en consideración en las sesiones del Comité;
- II. Acudir a las sesiones del Comité, opinar y presentar los proyectos y propuestas a la autoridad, población y/o intereses que representen; y
- IV. Las demás que establezca el presente Reglamento.

Artículo 19. La sesión de instalación del Comité se realizará con los integrantes señalados en el artículo 12. El Comité sesionará de manera ordinaria cada tres meses y de manera extraordinaria cuando sea necesario, previa convocatoria, la cual podrá ser emitida en cualquier momento. El quórum para sesionar válidamente deberá ser de la mitad más uno de sus integrantes.

Artículo 20. La convocatoria a sesión ordinaria se realizará por escrito con 36 horas de días hábiles de anticipación, deberá ser firmada por el secretario técnico y contener el orden del día a tratar.

Artículo 21. Las sesiones se desarrollarán con el siguiente orden del día:

- I. Registro de asistencia.
- II. Declaración de quórum.
- III. Aprobación del orden del día.
- IV. Lectura y aprobación del acta anterior.
- V. Agenda de trabajo.

VI. Asuntos varios.

Todos los integrantes del Comité tendrán derecho a voz y voto, y los acuerdos se tomarán por mayoría simple de los asistentes, con voto de calidad del presidente en caso de empate.

#### SANCIONES

Artículo 22. A las personas que se sorprenda realizando actos de vandalismo serán remitidas directamente a las autoridades correspondientes. Las personas que se sorprendan realizando mal uso de las instalaciones serán remitidas a la autoridad competente, si resultare un delito el área fungirá como ofendido prosiguiendo la secuela legal que resulte subsecuente.

Artículo 23. Las personas que cometan e infrinjan las disposiciones contenidas en el artículo 8 serán acreedoras a las siguientes sanciones:

- I. Apercibimiento por parte de los vigilantes.
- II. Invitación a salir del área.
- III. En caso de resistencia, solicitud de intervención por parte de los elementos de seguridad pública, sea estatal, municipal o privada.
- IV. En caso de la comisión de ilícitos, se les remitirá sin demora a las autoridades correspondientes para que se aplique al respecto lo aplicable a las sanciones administrativas o penales correspondientes que en su caso procedan, reservándose el área el derecho de levantar la querrela o denuncia por los delitos que resulten, para efecto de garantizar la reparación del daño que resulte.

#### TRANSITORIOS

Primero. El presente Reglamento entrará en vigor al día siguiente de su publicación en la Gaceta Municipal del Ayuntamiento de Zapopan, Jalisco y/o el Periódico Oficial El Estado de Jalisco.

Segundo. Se deberá instalar el Comité dentro de los sesenta días hábiles contados a partir del día siguiente de la publicación del presente Reglamento en la Gaceta Municipal del Ayuntamiento de Zapopan, Jalisco y/o el Periódico Oficial El Estado de Jalisco.



## 14. MECANISMOS DE OPERACIÓN Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO

### Propuesta de operación del Área Natural Protegida

Se propone que la operación del ANP sea través de un esquema donde el Municipio funja como la Dirección Operativa del Área encargada de las actividades cotidianas, control y autorización de las actividades reguladas, lo anterior mediante una Unidad la cual sea parte de la Dirección de Medio Ambiente de Zapopan. A continuación, se emite una propuesta inicial para la operación del área.

*Descripción de la Dirección Operativa integrada por:*

- a) El Director de Medio Ambiente
- b) El Jefe de la Unidad de Recursos Naturales
- c) El Director Ejecutivo del AMPH
- d) Brigada y/o personal de mantenimiento y vigilancia.

*Atribuciones y responsabilidades de la Dirección:*

- I. Operación cotidiana del Área.
- II. Aprobar, revisar, proponer y actualizar el programa de manejo del área.
- III. Vigilancia en coordinación con la Comisaría General de Seguridad Pública y la Dirección de Medio Ambiente.
- IV. Mantenimiento general para lo cual podrán gestionar el apoyo de las dependencias municipales.
- V. Revisión y en su caso autorización de las peticiones para la realización de actividades restringidas, debiendo llevar bitácora de la autorización e informar al Comité de las solicitudes recibidas y sus resoluciones.
- VI. Realizar el cobro por los derechos de las autorizaciones para la realización de actividades restringidas.
- VII. Mantenimiento y aplicación del programa de manejo correspondiente.
- VIII. Proponer y realizar mejoras en la infraestructura de las cuales tendrá que brindar la información al Comité.
- IX. Proponer convenios u otros mecanismos legales de colaboración con organismo públicos y privados para la conservación del área.
- X. Proponer programa operativo anual el cual deberá presentarse al Comité en sesión ordinaria para su aprobación a más tardar antes del 5 de febrero del año en curso.

*Descripción del Comité Técnico y Ciudadano*

El Comité es un órgano consultivo de la administración pública municipal, transparente, adaptativo y participativo, con carácter permanente, cuyo objetivo es orientar las políticas y acciones que deban realizarse para preservar los recursos naturales y el aprovechamiento racional y sostenido del Área, de manera coordinada con el sector público, privado y social.

El Comité Técnico del Área Natural Protegida estará integrado cuando menos por:

- I. Un presidente, que será el Presidente Municipal, o quien éste designe;
- II. Un Secretario Técnico, que será el Director de Medio Ambiente del Municipio;
- III. Un representante de la Comisión Colegiada y Permanente de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible del Municipio de Zapopan, Jalisco;
- IV. Un representante de la Coordinación Municipal de Protección Civil y Bomberos;
- V. Un representante de la Coordinación General de Servicios Municipales;
- VI. Un representante de la Coordinación General de Construcción de Comunidad;
- VII. Un representante de la Coordinación General de Desarrollo Económico y Combate a la Desigualdad;
- VIII. Un representante de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA);
- IX. Un representante de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET);
- X. Un representante de los Ejidos;
- XI. Un representante de los pequeños propietarios;
- XII. Un representante de colonos o vecinos de alguna colonia aledaña interesada en participar;
- XIII. Un representante científico por parte de Universidades o sociedades científicas.

Los cargos de los integrantes del Comité serán honoríficos y, por lo tanto, no son remunerados. Por cada miembro propietario del Comité, se podrá designar en cualquier momento a un suplente, quien tendrá las mismas facultades y obligaciones que el propietario.

Los miembros del Comité deberán comunicar al Secretario Técnico, su ausencia temporal o permanente, a fin de llamar al suplente para que ejerza las funciones de propietario en la próxima sesión.

#### De las facultades del Comité

- I. Autorizar el Programa Operativo Anual, el cual será propuesto por la Dirección;
- II. Proponer al Ayuntamiento el presupuesto para la operación del Área;
- III. Vigilar la correcta administración de la infraestructura del Área, así como de sus recursos humanos y económicos;
- IV. Propiciar el cuidado, conservación y protección el Área, así como su manejo sustentable;
- V. Promover, difundir y organizar y desarrollar aspectos de educación ambiental y cultural que propicien la conservación y manejo sustentable del Área;
- VI. Promover el Área como un atractivo turístico natural y proponer aquellas actividades que sean compatibles con la misma, el aprovechamiento de los recursos naturales, la belleza escénica y sus elementos históricos y culturales;
- VII. Propiciar la participación y equilibrio en el trabajo e integración de sus miembros;
- VIII. Promover y gestionar la obtención de recursos económicos suficientes para el manejo sustentable del Área, en coordinación con las dependencias de los tres órdenes de gobierno;

- IX. Proponer a la Dirección de Medio Ambiente del Municipio, las políticas públicas ambientales del Área, mismas que deberán ser acordes a lo estipulado por el Programa de Aprovechamiento;
- X. Informar a las autoridades de los tres niveles de gobierno y dar a conocer a la ciudadanía los acuerdos emitidos por el Comité para la protección, conservación y restauración del Área;
- XI. Promover, facilitar y coordinar las actividades de investigación que generen información sobre los aspectos abióticos, bióticos, ecológicos, sociales, culturales, políticos, económicos e históricos del Área; esto con la finalidad de contar con un sustento científico que permita tomar decisiones adecuadas acerca de la conservación y manejo de la misma; y
- XII. Proponer al Ayuntamiento las políticas de preservación y conservación que se requieran para contribuir al desarrollo del Área.

### Mecanismo de financiamiento

La administración y operación del Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col requiere de la participación concurrente y vinculante de presupuesto que indica los costos mínimos para iniciar los programas propuestos por los subprogramas del plan del presente programa de manejo y conservación. Es necesario que las entidades públicas como son el gobierno municipal del Ayuntamiento de Zapopan, el gobierno estatal y las dependencias federales, así como la iniciativa privada y la sociedad organizada establezcan dentro de los mecanismos jurídicos correspondientes el compromiso, claridad y transparencia de su participación mediante la transferencia de recursos humanos (Dirección Ejecutiva y personal especializado), materiales y económicos para el organismo operador de esta ANP.

El esquema financiero se deberá ajustar durante la etapa de consulta pública por la Tesorería, Presidencia y la Comisión de Ecología y Medio Ambiente para poder ser presentado en la versión final del decreto.

Se proponen varias fuentes de financiamiento por explorar. Estas fuentes innovadoras de financiamiento requieren gestión y una etapa piloto. Entre las propuestas se incluyen:

- Previa campaña de comunicación para la socialización con el fin de lograr la aceptación por parte de los diferentes sectores de la sociedad y al mismo tiempo que el público en general logren entender la relación que existe entre la presencia de bosques y la disponibilidad del recurso agua en las viviendas y para sus actividades agropecuarias y productivas.
- La transparencia en el uso de recursos es una condición importante para lograr la credibilidad y mantener la confianza del público participante. Esto requiere la instalación de un Comité de Vigilancia para la transparencia de los recursos obtenidos.
  - Contribución puntual del público en el recibo de pago del SIAPA.
  - Contribución en el pago del predial del municipio de Zapopan. Este aspecto se deberá consultar con la Comisión Colegiada y Permanente del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Municipio de Zapopan.
- Porcentaje por metro cuadrado y por categoría de plusvalía.
- Registro por derecho del agua.
- Profunda
- Superficial.

- Incluir el AMPH SITECOL en los programas de apoyos gubernamentales y de asociaciones civiles que están obteniendo recursos públicos para objetivos similares a la conservación. Algunas de los organismos gubernamentales y asociaciones identificadas con agendas de trabajo en la zona de influencia del AMPH SITECOL, son: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Comisión Estatal del Agua (CEA) y Reforestamos México A.C.
- Unir los intereses de las Áreas Naturales Protegidas Municipales para conjuntar esfuerzos con el fin de consolidar su administración y fuentes de financiamiento permanente como son las ANP: AMPH Bosque El Nixticuil San Esteban - El Diente (BENSEDI), AEPH Bosque Pedagógico del Agua - Colomos III, Parque Ecológico Municipal Bosque El Centinela y Cañadas de San Isidro (BECCSI) y el AMPH SITECOL.

Con la visión compartida del Programa Nacional de Áreas Naturales de México (PNANP) 2020-2040 es compromiso de todos los ciudadanos de este país el apropiarse de los valores, derechos y responsabilidades que tenemos para el resguardo de la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos como un patrimonio y capital natural para las actuales y futuras generaciones de mexicanos (CONANP 2020):

PNANP 2020-2040, pág. 54:

*Patrimonio natural y biocultural significa responsabilidad compartida*

Mantener el patrimonio natural y biocultural del país es una responsabilidad de todos y todas. En esta tarea hay lugar para empresarios y campesinos, para usuarios y pescadores, para artistas y comerciantes, para trabajadores y profesionistas, para jóvenes y viejos, para mujeres y hombres, para indígenas y mestizos, para norteños y sureños. Seguiremos promoviendo la participación plena de las comunidades indígenas, campesinas y pesqueras, así como la participación de otras instituciones de gobierno y del pueblo de México en su conjunto, en las actividades orientadas a mantener la riqueza natural y los beneficios ambientales vitales que ésta brinda a la población del país.

*Participación plena de comunidades y pueblos*

La protección de la naturaleza mexicana es una responsabilidad compartida entre el gobierno, las comunidades y toda la sociedad, ya que es el patrimonio de las generaciones actuales y futuras. Por ello se promoverán nuevos modelos de conservación que se sumen al Sistema de ANP con el fin de que las comunidades rurales e indígenas y los propietarios de la tierra puedan participar en la conservación del patrimonio natural y cultural.

La CONANP promueve la inclusión y la buena gobernanza en las ANP mediante el involucramiento de las comunidades y de la sociedad en general en la toma de decisiones. De igual manera, la Comisión reconoce la diversidad de culturas que coexisten en las ANP, las cuales deben ser incluidas con todos los mecanismos que garanticen la participación de la sociedad. Una buena gobernanza en las áreas protegidas conlleva una genuina participación social con equidad e igualdad de oportunidades, así como con mecanismos de participación inclusivos, amplios y sólidos que desactiven las desigualdades, que garanticen su participación plena y que permitan escuchar permanentemente su voz (PNANP 2020-2040, pág. 55).

## Posibles Combinaciones de Financiamiento

Los terrenos del área propuesta AMPH SITECOL se pueden incorporar en los Componentes II y III de la convocatoria más reciente del Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal del Estado de Jalisco (FIPRODEFO), paraestatal sectorizada de la SEMADET, donde se invita a participar en el Programa para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Jalisco 2023, a las personas físicas y morales, dueñas o poseedoras de terrenos forestales según el Periódico Oficial del Estado de Jalisco del 28 de marzo del 2023. Otras fuentes potenciales de financiamiento se muestran en la tabla 95:

**Tabla 95** Fuentes potenciales de financiamiento de interés para el AMPH SITECOL

Monto en pesos	Fuente de Financiamiento	Contacto	Tipos de proyectos
\$500 por hectárea	Compensación por servicios ambientales. Componente II. Implementación de proyectos con la participación de ejidos con potencial.	FIPRODEFO	Cuencas hidrológicas prioritarias. Protección a servicios ambientales. Reforestación, conservación de suelos
\$15,000 por hectárea \$35 / árbol \$7,000 por hectárea	Bancos de proteínas Cercos vivos Árboles dispersos en los potreros	FIPRODEFO	Componente III. Arborización para sistemas silvopastoriles de 3 a 5 ha o hasta 500 árboles. Cercos vivos 1 árbol cada 2 metros.
\$350.00 por hectárea	Escenarios de carbono	Empresas: Carbon Plus IFUTUR	Certificados de carbono por restauración Degradación forestal evitadas. Certificados de carbono por detener la deforestación.
Atiende las reglas de operación de convocatoria anual	Pago por Servicios Ambientales	CONAFOR	Protección a servicios ambientales hidrológicos Conservación de suelos, reforestación.
	Compensación Ambiental por Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales	CONAFOR	Acciones de restauración, reforestación y mantenimiento de los ecosistemas forestales afectados.
Programa Municipal para la Acción ante el Cambio Climático del municipio de Zapopan	Programa de compensación ambiental en áreas naturales protegidas	Municipio de Zapopan	Oportunidades de mitigación para reducir emisiones de gases de efecto invernadero o captura de carbono en el municipio

### Requerimientos mínimos para la operación del AMPH SITECOL

La siguiente propuesta de financiamiento se basa de acuerdo con los rubros señalados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2019) (Tabla 96):

**Tabla 96 Administración para el manejo básico del AMPH SITECOL.**

Necesidades	Requerimientos	Montos económicos
Personal	Director de Medio Ambiente	--
	Jefe de Unidad de Recursos Naturales	--
	Director ejecutivo (propuesta)	\$30,000.00 al mes salario base / \$420,000.00 anual
	Brigada de Mantenimiento y Vigilancia	Personal adscrito a la Dirección de Medio Ambiente
Combustible	Gasolina	\$3,000.00 gasolina/semana \$12,500.00/150,000.00 anual
Mantenimiento	Mantenimiento por kilometraje	\$ 3,500.00
Vehículo	1 camioneta doble cabina 4X4	\$800,000.00
Muebles de oficina	1 escritorio, 2 sillas, 1 librero, 1 mesa de trabajo	\$25,000.00
Consumibles	Papelería en general	\$25,000.00
Equipo de cómputo	Computadora y Multifuncional	\$40,000.00 \$ 5,000.00
	<b>Gran Total Anual: \$1'468,500.00</b>	

Se considera que la oficina de la dirección ejecutiva del AMPH SITECOL estaría ubicada dentro de la Dirección de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Zapopan. En lo referente a infraestructura, en la etapa inicial de los primeros 3 años se considera no contar con caseta de vigilancia.

### Inversiones externas en el ANP

Instituciones de la Administración Pública Federal (APF) que considera programas y proyectos que contribuyen y hacen sinergia con las ANP para fortalecer su manejo efectivo (Tabla 97).

**Tabla 97** Programas y proyectos que posibilitan la gestión y vinculación con el AMPH SITECOL.

Fuente	Institución	Proyecto	Monto	Rubro al que se destina el recurso
APF	SAGARPA	Certificación de carne orgánica	\$150,000	Desarrollo sustentable y medios de vida
APF	SEDATU	Proyectos productivos	\$50,000	Desarrollo sustentable y medios de vida
APF	CONAFOR	Pago por servicios ambientales	\$1'500,000	Manejo y conservación
APF	CONAGUA	Obras de captación de agua	\$500,000	Manejo y conservación
APF	Municipio	Programa de prevención de incendios	\$500,000	Manejo y conservación
APF	Gobierno del Estado	Fortalecimiento de ANP	\$450,000	Administración y operación
Iniciativa privada	CEMEX	Obras de remediación Educación ambiental	\$500,000	Manejo y conservación
Fondo privado	Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza	Fortalecimiento de ANP	\$300,000	Administración y operación
Fondo privado	Empresas para la gestión de certificados de carbono	Fortalecimiento de ANP	\$895,000	Manejo y conservación
Academia Universidades	UDG	Monitoreo biológico	\$500,000	Manejo y conservación
OSC	Amigos de las ANP	Contratación de personal operativo	\$240,000	Administración y operación

La construcción de planes de financiamiento para una ANP es un proceso que no debe tener como único resultado el flujo de recursos financieros para las necesidades del área, sino que debe mejorar la construcción de alianzas con los diversos socios que están involucrados directa e indirectamente en su manejo. Esta vinculación con los diferentes sectores representa una oportunidad de acercamiento con socios distintos a aquéllos con quienes históricamente se ha colaborado, lo cual, a su vez, significa una oportunidad de posicionamiento de las áreas naturales protegidas como facilitadoras del desarrollo económico y social del país (Tabla 98).

**Tabla 98** Caracterización de alianzas potenciales para el manejo eficiente del AMPH SITECOL.

Socio / potencial socio	Productos y servicios (p/s) que utiliza/podría utilizar	Interés	Situación actual	Sabe que utiliza p/s del ANP / que proviene de alguna ANP
Ciudad Zapopan y Zona Metropolitana de Guadalajara (Fondos Ambientales)	Provisión de agua Mejora calidad del aire Biodiversidad Valor recreativo Valor deportivo Plantas medicinales Corredor biológico Plan de Acción Climática	Contar con recursos para su desarrollo	Mayor demanda de agua, disminución de espacios naturales y áreas verdes. Falta de refugios para la vida silvestre.	No/No
Organización de la Sociedad Civil, grupos organizados y semiorganizados	Enfoque en especies emblemáticas.	Conservación de especies: ocelote	Especies de interés para la conservación que se encuentran amenazadas	Sí/Sí
Propietarios y Ejidos, Organización de la Sociedad Civil	Valor de aprovechamiento sustentable Valor recreativo	Desarrollar proyectos productivos y la diversificación de las actividades sustentables, turismo sustentable	No tienen contacto con los actores locales	Sí/Sí
Prestador de Servicios Turísticos	Valor recreativo	Maximizar ganancias/sustentabilidad	Existe una gran afluencia de turistas	Sí/Sí
Municipio de Zapopan / Estado	Herramienta de planeación territorial  Ordenamiento Territorial  Caseta de registro y centro de atención a visitantes con cobro, venta de accesorios para la caminata o recuerdos del sitio	Desarrollo sustentable  Capacidad de gestión  Contar con recursos para su aplicación en el desarrollo del ANP	Distintos conflictos por el uso de territorio   La falta de personal e infraestructura en el ANP	No/No



## 15. LITERATURA CITADA

### Referencias sobre el texto: 2. Introducción

- CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad]. (2016). Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBioMex) y Plan de Acción 2016–2030. CONABIO. <https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/12890.pdf>
- Gobierno Municipal de Zapopan (2022). Medio Ambiente <https://www.zapopan.gob.mx/v3/gobierno/medio-ambiente>
- PNUD [Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo] (2019). Proyecto Resiliencia. Áreas Naturales Protegidas. Soluciones naturales a retos globales. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Ciudad de México, México. 157 p.
- POELZ. (2020). Programa de Ordenamiento Ecológico y Local de Zapopan. Gaceta Municipal Vol. XXVII, No. 40. Segunda Época 23 de julio de 2020, tomo I.
- Rockström, J., Gupta, J., Qin, D., Lade, S. J., Abrams, J. F., Andersen, L.S., Armstrong, D.I., Bai, X., Bala, G., Bunn, S.E., Ciobanu, D., DeClerck, F., Ebi, K., Gifford, L.,.....& Zhang, X. (2023). Safe and just Earth system boundaries. *Nature*, 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halffter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Ana, S., De la Maza, J., Pisanty, I., Haas, T., Ruiz González, S. y García Martínez, G. (2017). *Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- SEMADET [Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco]. (2023). Áreas naturales protegidas en Jalisco. <https://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/biodiversidad/areas-naturales-protegidas> (consultado febrero de 2023).
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Rev. Mex. Biodivers.*, 87, 1-902.

### Referencias sobre el texto: 7.1. Relevancia Abiótica (Medio Físico)

- Alatorre-Zamora, M. (1992). La Primavera Caldera (México): Structure inferred from gravity and hydrogeological considerations. *Geofísica Internacional*, Vol. 31, Núm. 4, pp. 371-382.
- Amezcu, T. N. (2000). *Estudio Paleobotánico de la localidad El Bajío en la Caldera de la Sierra La Primavera, Jalisco* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias].
- Ascaso Liria, A. y Casals Marcén, M. (1986). *Vocabulario de términos meteorológicos y ciencias afines*. Madrid.
- Austin, M. A. (1975), *Climatología*. Ediciones Omega. Cuarta edición.
- Bifani, P. (1997). *Medio Ambiente y Desarrollo*. Universidad de Guadalajara. México.
- Bolt, B.A., Horn, W.L., Macdonald, G.A., & Scott, R.F. (1977). *Geological hazards*, Springer-Verlag, Nueva York.
- Caballero, M. & Ortega, G. B. (1998). Lake levels since about 40,000 years ago at lake Chalco, near Mexico City. *Quaternary Research* 50, 69-79.
- Caballero, M., Lozano, S., Ortega, G. B., Urrutia, J. & Macias, J. L. (1999). Environmental Characteristics of lake Tecocomulco, northern basin of Mexico, for the last 50,000 years. *Journal of Paleolimnology* 22: 399-411.
- Caballero, M., Vázquez, G., Lozano-García, S., Rodríguez, A., Sosa Nájera, S., Ruiz Fernández, A.C., & Ortega, B. (2006). Present limnological condition and recent (ca. 340 yr) paleolimnology of a tropical lake in the Sierra de Los Tuxtlas, eastern Mexico. *Journal of Paleolimnology* 35, 83-97.

- Caballero, M., Ortega, B., Valadez, F., Metcalfe, S., Macías, J. L., & Sugiura, Y. (2002). Sta. Cruz Atizapán: a 22-ka lake level record and climatic implications for the late Holocene human occupation in the Upper Lerma Basin, Central Mexico. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 186(3-4), 217-235.
- Carranza, C. O. (1980). Correlación Bioestratigráfica de paleofaunas de vertebrados de la Faja Volcánica Mexicana Transmexicana, Inst. Geol. UNAM, México.
- Carta geológica de los Estados de Jalisco y Aguascalientes. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Cartas Geológicas estatales.
- Cendrero, A. (1996). Propuestas sobre criterios para la clasificación y catalogación del patrimonio geológico. *El patrimonio geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización. Serie Monografías del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, 29-38.
- CEA [Comisión Estatal del Agua]. (2015). Ficha Técnica Hidrológica del Municipio de Zapopan. Comisión Estatal del Agua del Estado de Jalisco.
- Costanza, R. (1992). *Ecological economics: the science and management of sustainability*. Columbia University Press.
- Consejo de Recursos Mineros (ahora Servicio Geológico Mexicano), 2000. Carta Geológica Minera de Guadalajara. Escala 1:250 000. Consejo de Recursos Minerales. México.
- Davydova B., V. (s.f). Informe final. Instituto de Astronomía y Meteorología, Departamento de Física, C.U.C.E.I. <http://sigajalisco.gob.mx/moet/SubsistemaNatural/Clima/Geomatica/climatmos.htm>
- De la Fuente, J., & Verma, S. P. (1993). Catálogo de aparatos volcánicos de la parte centro-occidental del Cinturón Volcánico Mexicano. *Geofísica Internacional*, 32(2), 351-386.
- Elizaga, E., & Palacio, J. (1996). Valoración de puntos y/o lugares de interés geológico. *El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, p. 61-79.
- Espíndola, J. M. (2000). *El tercer planeta. Edad, estructura y composición de la tierra, 50 obras de divulgación científica de interés general*. La ciencia para todos, Instituto Latinoamericano de la comunicación educativa, Fondo de Cultura Económica, Volumen 2. México.
- Fastovsky, D. (1997). La extinción de los dinosaurios. *Extinción masiva del límite Cretácico-Terciario, mitos y realidades: Unión Geofísica Mexicana, Monografía*, (4), 77-84. En: Carreño, A. L., y Montellano B. A., (editoras), Unión Geofísica Mexicana.
- Ferrari, P. L. (2000). Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica Transmexicana durante la última década. *Sociedad Geológica Mexicana, A. C. Tomo LIII, No. 1*. pp. 84-92.
- Ferrari, L., Rosas-Elguera, J., Delgado-Granados, H., Aguirre-Díaz, G., & Stock, J. M. (2000). Late Miocene to Quaternary extension at the northern boundary of the Jalisco block, western Mexico: The Tepic-Zacoalco rift revised. *Geological Society of America Special Paper*, 334, 42-64.
- Ferriz, H., & Mahood, G. A. (1986). Volcanismo riolítico en el eje neo volcánico mexicano. *Geofísica Internacional*, 25(1), 117-156.
- Gama-Castro, J. E., Palacios-Mayorga, S., & Alcalá Martínez, J. R. (1990). Estudio Edafológico en la Sierra de La Primavera, Estado de Jalisco-Edafogénesis y Riesgos Naturales Inducidos. *Univ. Nal. Autónoma de México, Inst. Geología, Contribuciones a la Edafología Mexicana* p, 1-24.
- García Acosta, V., & Suárez Reynoso, G. (1996). Los sismos en la historia de México. *Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social*. Fondo de Cultura Económica.
- Garnica Ibarra, L.G. (2017). *Análisis geológico-geofísico para delimitar zonas de recarga de acuíferos, Aplicación: Zona perimetral de Guadalajara*. [Tesis de Maestría, Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Tonalá].
- Glatzmaier, G. A., & Olson, P. (2005). Probing the geodynamo. *Scientific American*, 292(4), 50-57.
- Gobierno del Estado de Jalisco (2006). Proyecto de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco, México. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable.

- Gómez, M.F y Mota, P.F.J. (2001). *Vegetación y Cambios Climáticos*. Universidad de Almería, Servicio de Publicaciones. España. 476 p.
- González, H. G. y Beramendi, O. L. E. (2005). Laboratorio Universitario de radiocarbono, a un año de su creación. *Geofísica*, UNAM, serie Infraestructura Científica y Desarrollo Tecnológico.
- González-Partida, E., & Torres-Rodríguez, V. (1988). Evolución tectónica de la porción centro-occidental de México y su relación con los yacimientos minerales asociados. *Geofísica Internacional*, 27(4), 543-581.
- INECC [Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático]. (2021). México ante el cambio climático. <https://cambioclimatico.gob.mx/>
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. (1981). Guadalajara F13-12 Carta Hidrológica de Aguas superficiales. Escala 1:250,000.
- INEGI. (1999). Guadalajara F13 - 12, Carta geológica, escala 1:250,000.
- INEGI. (2000). Guadalajara F13 - 12 Carta Hidrológica de Aguas subterráneas. Escala 1:250,000.
- INEGI. (2002). Guadalajara oeste F-13- -65, Carta geológica, escala 1:50,000.
- Jáuregui, E. (1997). Climate variability and climate change in Mexico: A review. *Geofísica Internacional*, 36(3), 201-205.
- Kaminski, M. (s/f). Brisa urbana y simulación de movimiento del viento en cerca de los edificios.
- Kruger, P., Aragón, A., Maciel-Flores, R., Lucio, C. D., & Villa, M. S. (1988). Simulación de la declinación térmica antes de la producción con unidades de 5Mwe en el campo geotérmico de La Primavera, Jalisco. *Geotermia* 4(3), 195-210.
- Luhr, J. F., Allan, J. F., Carmichael, I. S., Nelson, S. A., & Hasenaka, T. (1989). Primitive calc-alkaline and alkaline rock types from the Western Mexican Volcanic Belt. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 94(B4), 4515-4530.
- Lugo H., J. (2000). La superficie de la Tierra. *Procesos catastróficos, mapas. El relieve mexicano, 50 obras de divulgación científica de interés general*. La ciencia para todos, Instituto Latinoamericano de la comunicación educativa, Fondo de Cultura Económica, Volumen 2.
- Maciel-Flores, R. (1986). Comentarios sobre la estimación del riesgo volcánico. *Geotermia* 2(2), 85-86.
- Maciel-Flores, R. y Rosas-Elguera, J.G. (1992), Modelo geológico y evaluación del campo geotérmico La Primavera Jal. México. *Geofísica Internacional* 31(4), 359-370.
- Maciel F., R. (1997). *Emanometría del gas radón y riesgos naturales en Guadalajara, Jal.* [Manuscrito inédito]. Universidad de Guadalajara.
- Maciel F., R. y Amezcua T., N. (1998). *Estudio paleontológico de la Sierra de La Primavera*. [Manuscrito inédito]. Fondo Mexicano para la Conservación de los Recursos Naturales.
- Maciel F., R. (1999). Geología del Río Santiago. [Manuscrito inédito]. Universidad de Guadalajara.
- Maciel F., R. (2000). *Estudio sísmológico para monitorear el área de Tlajomulco de Zúñiga por donde pasa el poliducto de PEMEX*. [Manuscrito inédito]. Universidad de Guadalajara.
- Maciel F., R. y Rosas Elguera, J. G. (2002). *Geología del Bajío, Zapopan Jal.* [Manuscrito inédito]. Universidad de Guadalajara.
- Maciel F., R. y Rosas-Elguera J. G. (2006a). An extension between the Sierra Madre Occidental volcanic arc and Trans-Mexican Volcanic Belt volcanic arc: a volcano sedimentary evidence. *Memory of International Conference on Volcanism 2006*. China. [www.iavcei2006.org](http://www.iavcei2006.org).
- Maciel F. R, Rosas. E. J. G. y Peña G. L. E. (2006b) Geología y amenazas de la Isla Isabel México. *Parque Nacional Isla Isabel*. Universidad de Guadalajara México. (en prensa).
- Maciel-Flores, R., Rosas-Elguera, J., Peña García, L.E., Robles Munguía, C., García García, E. X., Zamudio Ángeles, D., Palacio Prieto, J. L., Maciel Tejeda, C. A. (2021). Geositorios de interés como geopatrimonio en Jalisco, México. *Avances. Universidades, cultura y desarrollo sostenible*. Universidad Autónoma de Zacatecas. Instituto Regional del Patrimonio Mundial en Zacatecas.
- Maillol, J. M., Bandy, W. L. and Ortega-Ramírez, J. (1997). Paleomagnetism of PlioQuaternary basalts in the Jalisco block, western México. *Geofísica Internacional* 36(1), 21-35.
- Mahood, G.A. (1980). *The Geological and Chemical Evolution of Late Pleistocene Rhyolitic Center: The Sierra La Primavera, Jalisco, México*. [Tesis doctoral].

- Metcalfe, S. E., O'Hara, S. L., Caballero, M., & Davies, S. J. (2000). Records of Late Pleistocene–Holocene climatic change in Mexico—a review. *Quaternary Science Reviews*, 19(7), 699–721.
- Michaud, F., J. Bourgois & Parrot (1992) Tectonic Development of Jalisco Triple Junction (Western México). EOS. Transac., A. G. U., 73, 306 (Abstract).
- Michaud, F. O., Gasse, F., J. Bourgois, & Quintero, O. (1989). Tectonic Control on lake distribution in Jalisco block area (western Mexico) from Pliocene to present. In: *Cenozoic Tectonics and Volcanism of Mexico*, Geol. Soc. Am. Sp. Pap., (in press).
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (1992). *Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico*. Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones, España.
- Montellano, B. M. (1997). Nueva localidad de vertebrados del Hemphilliano Tardío en Teocaltiche, Jalisco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*.
- Morales R. J. (1996). El patrimonio paleontológico. Bases para su definición, estado actual y perspectivas futuras. *El patrimonio geológico, bases para su valoración, protección conservación y utilización*, Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, p. 39–51.
- Nieto, S. A. (2000). Avances en la Geología Mexicana en la última década. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, AC*, 53(1).
- Prol-Ledesma, R.M. (2000). El calor de la Tierra. *50 obras de divulgación científica de interés general*. La ciencia para todos, Instituto Latinoamericano de la comunicación educativa, Fondo de Cultura Económica, Volumen 2.
- REPDA [Registro Público de Derechos de Agua] (2013) de la CONAGUA, municipio de Zapopan.
- Rius de R. M., y Castro A. M. C. (2000). Calor y movimiento. *50 obras de divulgación científica de interés general*. La ciencia para todos, Instituto Latinoamericano de la comunicación educativa, Fondo de Cultura Económica, Volumen 2.
- Rubinovich R., y Lozano M. (1997) Catastrofismo, historia de una idea, Extinción masiva del límite Cretácico-Terciario; mitos y realidades, monografía N° 4, Carreño, A. L., y Montellano B. A., editoras., *Unión Geofísica Mexicana*, p. 1–8.
- Ruiz-Gutiérrez R., y Pérez-M C. (1997) La problemática de la extinción y el origen del evolucionismo, Extinción masiva del límite Cretácico-Terciario; mitos y realidades, monografía N° 4, Carreño, A. L., y Montellano B. A., editoras., *Unión Geofísica Mexicana*, p. 9–26.
- Rosas-Elguera, J., Urrutia Fucugauchi, J. & Maciel-Flores, R. (1989). Geología del Extremo Oriental del Graben de Chapala, Breve discusión sobre su edad. *Zonas Geotérmicas Ixtlán de los Hervores, Los Negritos, México. Geotermia* 5, 3–18.
- Rosas-Elguera, J., Nieto O. J., & Urrutia-Fucugauchi, J. (1993). Ambiente estructural en la frontera norte del bloque Jalisco, in Delgado- Argote, L., and Martín-Barajas, A., *Contribuciones a la tectónica del Occidente de México: Unión Geofísica Mexicana*. Monográfica.
- Rosas-Elguera, J; Ferrari, L. Garduño, V.H; & Urrutia-Fucugauchi, J. (1996). The Continental boundaries of Jalisco block and their influence on the Plio–Quaternary Kinematics of western Mexico: *Geology* 24, 921–924.
- Rossotti, A., Ferrari, L., López-Martínez, M. & Rosas-Elguera, J. 2002. Geology of the boundary between the Sierra Madre Occidental and the Trans-Mexican Volcanic Belt in the Guadalajara region, western Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 19(1), 1–15.
- Serpa, L., S., Ch. Skidmore, R. Sloan, & T. Pavlis (1991). A Geophysical Investigation of the Southern Jalisco Block in the State of Colima, Mexico, *Geofis. Internal.* 3(4), 475–493.
- Stevens, G. R. (1980). New Zealand adrift: the theory of continental drift in a New Zealand setting. A.H.&A.W. Reed LTD Auckland NZ. Pp. 330–332.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (1990). Desarrollo histórico del levantamiento cartográfico II, Instituto de Geografía. Atlas Nacional de México. Imagen de satélite de la región de Guadalajara y Lago de Chapala, Jalisco, Imagen Landsat-Eosat, escala 1:1,000 000.
- Universidad de Guadalajara. (2006). Estudio Técnico Justificativo para proponer como área natural protegida al Bosque de Nixticuil. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.
- Zenteno, D. J. M. (1986). Breve revisión sobre la evolución tectónica de México. *Geofísica Internacional*, 25(1), 9–38.

#### Referencias sobre el texto: 7.1.5 El clima en el Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col

- Base Aérea Militar No.5 (2023) información climatológica [Archivo de datos 1993-2021]. Zapopan, Jal.
- Comisión Nacional del Agua. (s.f.) Información Climatológica [Archivo de datos 1991-2020]. Guadalajara, Jal. México: Gerencia Regional Lerma Santiago Pacífico.
- Fernández, G. F. (1995/1996). Manual de Climatología Aplicada (1ª Reimpresión). Madrid: Síntesis.
- García, A. E. (1973). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (2ª ed.). México, D.F: UNAM.
- García, A. E. y Vidal, Z. R. (1992). Climatología. Enciclopedia Temática de Jalisco. (Tomo I, Capítulo 7). Guadalajara, Jal., México: Gobierno del estado de Jalisco.
- García, E. (2003). Distribución de la precipitación en la República Mexicana. Investigaciones Geográficas, (50), pp. 67-76. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/569/56905009.pdf>
- Griffiths, J. F. (1985). Climatología Aplicada. México: Publicaciones Cultural S.A. de C.V.
- INAMHI. “Instrumentos Meteorológicos”. (en línea) Ecuador 2007. [www.inamhi.gov.ec/educativa/instrumentos\\_met.pdf](http://www.inamhi.gov.ec/educativa/instrumentos_met.pdf)
- Martínez Álvarez Victoriano. “Capítulo 1 Introducción”. En Simulación y Comprobación Experimental de la Escorrentía Superficial en Pequeñas Cuencas no aforadas mediante modelos implementados sobre SIG. Madrid España 1999. 453p. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Departamento de Construcción y Vías Rurales. pp. 19-21
- METEOPRAT. Portal de Meteorología. “Aparatos de Medida de una Estación Meteorológica”. (en línea) Barcelona España, 2010 - [jorgemeteoprat.blogspot.com/.../aparatos-de-medida-de-una-estacion.html](http://jorgemeteoprat.blogspot.com/.../aparatos-de-medida-de-una-estacion.html)
- Moreno Viteri Ricardo José. “Sistema de Información para la Interpolación Espacial y Temporal de Datos sobre el Tiempo Atmosférico y el Clima del Ecuador”. Quito 2008. 134p. Tesis de Ingeniería Ambiental. Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Ingeniería.
- Mosiño, P. A., Benassini, O. (1974). Los climas de la República Mexicana. En De Cserna, Zoltan (Comp.) El Escenario Geográfico, Introducción Ecológica (pp.56-172). México, D.F., Secretaría de Educación Pública, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Organización Meteorológica Mundial. (1990). Guía de Prácticas de Climatología. Ginebra, Suiza: Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial.
- Sánchez, C. I., Díaz, P. G., Cavazos, P. M., Granados, R. G, y Gómez, R. E. (2011). Elementos para entender el cambio climático (1ª. Ed.). México, D.F.: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, Universidad Autónoma Metropolitana, Miguel Ángel Porrúa, librero-editor.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (1980/1981). Carta de climas Guadalajara, escala 1´000,000 (1ª. Imp.). México, D.F: Dirección General de Geografía del Territorio Nacional.
- Tamayo, Jorge, L. (2013). Geografía Moderna de México (13ª ed.). México, D.F., Editorial Trillas.
- Vidal, Z. R. (2005). Las Regiones Climáticas de México. México, D.F. Instituto de Geografía, UNAM.

#### Referencias sobre el texto: 7.2. Características hidrológicas

- Aparicio, F. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*, Editorial Limusa, México.
- Bendjoudi, H., et al. (2002). Le coefficient de compacité de Gravelius: analyse critique d'un indice de forme des bassins versants, *Hydrological Sciences Journal*, 47:6, 921-930, International Association of Hydrological Sciences, Wallingford, Oxfordshire, Inglaterra.
- Campos, D. (1998) *Procesos del Ciclo Hidrológico*, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.
- CONAGUA. (2020) Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Atemajac (1401), Estado de Jalisco, Ciudad de México.

- CONAGUA. (2020) Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Arenal (1436), Estado de Jalisco, Ciudad de México.
- Delgado, C. D., Bâ, K. M., Posadas, A. I., Esteller, M. V., & Sáenz, F. R. (1999). Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con la ayuda de SIG y MEDT: caso del curso alto del río Lerma, Estado de México. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 6(2).
- García, E. (2021). *Estudio de Aguas Subterráneas Primera Etapa: Caracterización de los Acuíferos del Área Metropolitana de Guadalajara*. [Tesis doctoral, Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Tonalá]. Tonalá, Jalisco, México.
- Schumm, Stanley. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey, *Bulletin of the Geological Society of America Vol. 67*, 697-646. Boulder, Colorado, Estados Unidos de América.

#### Referencias sobre el texto: 7.2.7 Evaluación de la calidad del agua superficial

- León-Vizcaíno, L. F. (2009). Índices de Calidad del Agua (ICA). Forma de estimarlos y aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Margalef, R. (1986b). Reset successions and suspected chaos in models of marine populations. *Int. Symp. Long term changes Mar. Fish Pop.*, Vigo:321-343
- Margalef, R. (1991). Individuation of structure in ecology. En G. Lanzavecchia and R. Valvassori (eds). *Selected Symposia and Monographs*
- NOM-230-SSA1-2002. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.
- NOM 014-SSA1-19- Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados
- NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.
- [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0)
- Wetzel, R. G. (1981). Land-water interfaces: metabolic and limnological regulator

#### Referencias sobre el texto: 7.3.1 Flora y Vegetación

- APG [The Angiosperm Phylogeny Group]. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Bot. J. Linn. Soc.* 181: 1-20.
- CITES. (2022). Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. <https://cites.org/esp/disc/species.php> (consultado mayo de 2023).
- Lot, A. & Chiang, F. (1986). *Manual de Herbario. Administración, Manejo de Colecciones, Técnicas de Recolección y Preparación de Ejemplares Botánicos*. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., México, D.F., México. 142 pp.
- Ortiz-Brunel, J. P., Carrillo-Reyes, P., Sánchez, D., Ruíz-Sánchez, E. & Rodríguez, A. (2023). A morphological analysis of the *Mammillaria fittkaui* species complex (Cactaceae) reveals a new species from Jalisco, México. *Botanical Sciences*, 101(2), 619-631.
- POELZ. (2020). Programa de Ordenamiento Ecológico y Local de Zapopan. Gaceta Municipal Vol. XXVII, No. 40. Segunda Época 23 de julio de 2020.
- Rzedowski, J. y McVaugh, R. (1966). La vegetación de Nueva Galicia. *Contributions from the University of Michigan Herbarium* 9:1-123.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (Ira. Ed. D). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México.

- SEMARNAT. (2016). ACUERDO por el que se determina la Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México.
- SEMARNAT. (2019). MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. Cd. Mx., México.
- Tropicos.org. (2023). Missouri Botanical Garden. <<http://www.tropicos.org>> (consultado el 12 de junio de 2023).
- UICN. (2023). Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 2020-2. Cambridge, UK. <https://www.iucnredlist.org/search?taxonomies=100002&searchType=species> (consultado mayo de 2023).
- Vázquez-García, A., Muñiz-Castro M.A., Martínez-González, R.E., Nieves-Hernández G., Pulido-Ávila, M.G., Hernández-Vera, G., Zuno-Delgadillo, O. (2019). *Populus primaveralepensis* sp. nov. (Salicaceae, Malpighiales), a new species of white poplar from the Bosque La Primavera Biosphere Reserve in western Mexico. *European Journal of Taxonomy* 498.
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Rev. Mex. Biodivers.*, 87, 1-902.

#### Referencias sobre el texto: 7.3.2 Fauna

- Álvarez-Álvarez, E. A. (2022). Gorriones domésticos (*Passer domesticus*) usurpan nidos de golondrinas risqueras (*Petrochelidon pyrrhonota*) en el estado de Guerrero, México. *Huitzil Revista Mexicana de Ornitología* 23(2): e641. DOI: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2022.23.2.676>
- Aronson, M.F.J., La Sorte, F.A., Nilon, C.H., Katti, M., Goddard, M.A., et al. (2014). A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281:20133330. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3330>
- Berlanga, H., H. Gómez de Silva, V. M. Vargas-Canales, V. Rodríguez-Contreras, L. A. Sánchez-González, R. Ortega-Álvarez y R. Calderón-Parra (2019). Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes. CONABIO, México D.F.
- Birds of the World (2022). Edited by S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, and T. S. Schulenberg. Cornell Laboratory of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://birdsoftheworld.org/bow/home>
- Blackburn, T. M., Bellard, C., Ricciardi, A., (2019). Alien versus native species as drivers of recent extinctions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(4): 203-207, <https://doi.org/10.1002/fee.2020>
- Capinha, C., Seebens, H., Cassey, P., García-Díaz, P. y Lenzner, B. (2017) Diversity, biogeography and the global flows of alien amphibians and reptiles. *Diversity and Distributions* 23(11): 1313-1322. <https://doi.org/10.1111/ddi.12617>
- Ceballos, G. (ed.). 2014. Mammals of Mexico. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Chesser, R. T., S. M. Billerman, K. J. Burns, C. Cicero, J. L. Dunn, B. E. Hernández-Baños, R. A. Jiménez, A. W. Kratter, N. A. Mason, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, Jr., D. F. Stotz, and K. Winker. (2022). Checklist of North American Birds (online). American Ornithological Society. <https://checklist.americanornithology.org/taxa/>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2023). Sistema de Información sobre especies invasoras <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras>. CONABIO, Cd. de México. México. Visitado en abril de 2023.
- CONABIO, IB-UNAM, CONANP-SEMARNAT, PNUD, & INECC. (s.f.). Explorador de cambio climático y biodiversidad, versión 1.0. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Consultado 22 de febrero de 2023 [http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/explorador\\_cambio\\_climatico.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/explorador_cambio_climatico.html)
- Cruz-Sáenz, D., Muñoz-Nolasco, F. J., Mata-Silva, V. y Johnson, J. D. (2017) The Herpetofauna of Jalisco, Mexico: Composition, distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology*, 4(1), 22-118.

- Evans, T., Jeschke, J. M., Liu, C., Redding, D. W., Şekercioğlu, Ç. H., Blackburn, T. M. (2021). What factors increase the vulnerability of native birds to the impacts of alien birds? *Ecography* 44:727–739.
- Frost, D.R. (2023). Amphibian species of the world: an online reference. Versión 6.1. Electronic Database. American Museum of Natural History. New York, USA. Disponible en: <<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>>. Consultado en abril de 2023.
- Giakoumi, S., Katsanevakis, S., Albano, P. G., Azzurro, E., Cardoso, A. C., Cebrian, E., Deidun, A., Edelist, D., Francour, P., Jiménez, C., Macic, V., Occhipinti-Ambrogi, A, Rilov, G. y Sghaier, Y. R. (2019). *Management priorities for marine invasive species. Science of The Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.06.282
- González-Pérez, A. I. (2023). Variación espacio-temporal en la diversidad ecológica de mamíferos medianos y grandes en la Sierra de Tesistán, Jalisco, México. Tesis profesional. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. (en preparación).
- Godínez, G. E., González-Ruiz, N. y Ramírez-Pulido, J. (2011). Actualización de la lista de los mamíferos de Jalisco, México: Implicaciones de los cambios taxonómicos. *Therya, Vol.2(1)*: 07-35.
- González-Sánchez, V. H., Johnson J. D., González-Solís, D., Fucsko, L. A., Wilson, L. D. (2021). A review of the introduced herpetofauna of Mexico and Central America, with comments on the effects of invasive species and biosecurity methodology. *ZooKeys* 1022: 79–154. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1022.51422>
- Hofman, C.A., Rick, T.C. (2018). Ancient Biological Invasions and Island Ecosystems: Tracking Translocations of Wild Plants and Animals. *Journal of Archaeological Research* 26(1): 65–115. <https://doi.org/10.1007/s10814-017-9105-3>.
- Howell, S. N. G. & S. Webb. (1995). A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. Nueva York, Estados Unidos.
- Navarro-Sigüenza, A.G., Rebón- Gallardo, M.F., Gordillo-Martínez, A., Townsend Peterson, A., Berlanga-García, H. y Sánchez-González, L.A. (2014). Biodiversidad de aves en México. *Rev. Mex. Biodiv.* [online]. vol. 85, suppl., pp. S476-S495. <https://doi.org/10.7550/rmb.41882>
- Palomera-García, C., Santana, E., Contreras-Martínez, S. y Amparán, R. (2007). JALISCO. En Ortiz-Pulido, R., Navarro-Sigüenza, A., Gómez de Silva, H., Rojas-Soto, O. y Peterson, T.A. (Eds.), *Avifaunas Estatales de México*. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México. Pp. 1- 48.
- [POELZ] Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Zapopan, Jalisco. (2020). Propuesta de Modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Zapopan. Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social. 373 p.
- [PNUD] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en México. (2019). Proyecto Resiliencia. Áreas Naturales Protegidas. Soluciones naturales a retos globales. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Ciudad de México, México. 142 p.
- Ralph, J. C., Geupel, G. P., Pyle, P., Martin, T. E., DeSante, D. F., & Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.
- Rogers, A.M. & Kark S. (2020). Competition and invasive species impact on native communities. Pp. 340–348. En C.T. Downs & L.A. Hart (eds.), *Invasive birds: global trends and impacts*. CAB International, Wallingford, UK.
- Salcido-Rodríguez, I., Hernández-Valadez, F. I., Castillo-Franco, A. E., Cruz-Sáenz, D., Hernández-Juárez, E. E., Lazcano, D., Fucsko, L.A. & Wilson, L. D. (2023). Notes on the Herpetofauna of Western Mexico 31: Herpetofauna from Sierra de Tesistán, Zapopan, Jalisco, Mexico. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society*, 58(10), 165-171.
- Sánchez-Cordero, V., Botello, F., Flores-Martínez, J. J., Gómez-Rodríguez, R. A, Guevara, L., Gutiérrez-Granados, G. y Rodríguez-Moreno, A. (2014). Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S496-S504* DOI: 10.7550/rmb.31688
- Santana C., E., Rodríguez-Parga, L. M, Contreras-Martínez, S., Verdugo-Munguía, H., Hernández-Vázquez, S., Reyna-Bustos, O., Vega Rivera, J.H., Renton, K., Schondube, J.E, Langle, A., Martínez-Martínez, E.E., García Ruvalcaba, S., Iñigo-Elías, E., Rodríguez-Durán, J.A. & Zermeno-Núñez, F.R. (2017). Aves. En *La biodiversidad en Jalisco. Estudio de Estado*. vol. II. CONABIO. México, pp. 309-325.



- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halffter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Ana, S., De la Maza, J., Pisanty, I., Haas, T., Ruiz González, S. y García Martínez, G. (2017). *Capital natural de México*. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Sol, D., González-Lagos, C., Moreira, D., Maspons, J., Lapiedra, O. (2014). Urbanization tolerance and the loss of avian diversity. *Ecology Letters* 17:942–950.
- Sibley, D. A. (2014). *The Sibley guide to birds*. Alfred A. Knopf, Inc, New York, U.S.A. Second edition.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar y J. Hošek. (eds.) 2022. The Reptile Database. Disponible en: <<http://www.reptile-database.org>>. Consultada el 19 de abril de 2023.
- Vitt, L. J., Caldwell, J. P. (2014). *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*, Academic Press, San Diego, California, 691 pp. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386919-7.00002-2>
- Wallach, V. (2020). First appearance of the Brahminy Blindsnake, *Virgotyphlops braminus* (Daudin 1803) (Squamata: Typhlopidae), in North America, with reference to the states of Mexico and the USA. *Reptiles and Amphibians* 27:326-330.
- World Conservation Union. (2010). IUCN Red list of threatened species. Summary Statistics for Globally Threatened Species.
- Xoca-Orozco, L. A., Cortez-Fonseca, K., Luna, López C., Hernández-Mendoza G., Flores-Sierra, J. J., Chacón-López, M. A., Aguilera-Aguirre, S. (2022). Inhibición in vitro de hongos fitopatógenos utilizando extractos de muérdago mexicano. (*Psittacanthus calyculatus*). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 9(3):e3431. DOI: 10.19136/era.a9n3.3431

#### Referencias sobre el texto: 7.4. Características paisajísticas

- Ayuntamiento de Zapopan & Universidad de Guadalajara. (1990). Atlas del Espacio Natural y Rural del Municipio de Zapopan.
- Ayuntamiento de Zapopan (2011). Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Zapopan.
- Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social de Occidente (2018). Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Zapopan, Jalisco. Gobierno de Zapopan.
- Congreso del Estado de Jalisco (3, junio 1989). Ley Estatal del equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. [13596]. Recuperado de [https://info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/leyes/ley\\_estatal\\_del\\_equilibrio\\_ecologico\\_y\\_la\\_proteccion\\_al\\_ambiente.pdf](https://info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/leyes/ley_estatal_del_equilibrio_ecologico_y_la_proteccion_al_ambiente.pdf)
- Congreso de la Unión. (08, mayo 2023). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente. Recuperado de Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente ([diputados.gob.mx](http://diputados.gob.mx))
- García de Fuentes, A., Munguía, G. A., Euán, A. J., y Liceoaga, M. A. (2007). Criterios para la delimitación de Unidades de Gestión Ambiental en el Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán, pp.447
- Gómez, O. D. (2002). *Ordenación Territorial*, Editorial agrícola española, Ediciones Mundi Prensa, Madrid España.
- Mateo, R. J. (2002). *Geografía de los Paisajes*. Universidad de La Habana, Cuba.
- Mazzoni, E. (2014). Unidades de paisaje como base para la organización y gestión territorial. *Revista de Geografía. Estudios Socioterritoriales*, 2(16), 51-81. <http://www.scielo.org.ar/pdf/esso/v16s1/v16s1a04.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (s/f). Programa de Ordenamiento Ecológico Local Ixtlahuacán del Río.

#### Referencias sobre el texto: 7.5. Problemática Ambiental y Riesgo

- Beumer, C., and P. Martens. (2013). IUCN and perspectives on biodiversity conservation in a changing world. *Biodiversity and Conservation* 22:3105–3120.

CONABIO, IB-UNAM, Conanp, PNUD, INECC. Explorador de cambio climático y biodiversidad, versión 1.0. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/cambio-climatico> (consultada el 15/09/2023).

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2019). La pobreza. Recuperado el 14 de junio de 2023, de: <https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Que-es-la-medicion-multidimensional-de-la-pobreza.aspx>

Ley General de Cambio Climático (2018). Diario oficial de la federación. Recuperado el 14 de junio de 2023, de: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC\\_130718.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_130718.pdf)

[INECC] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2020). Catálogo de términos utilizados en el tema de cambio climático. Recuperado el 14 de junio de 2023, de: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/glosario>

Pérez-Verdín, G., Márquez-Linares, M. A., Cortés-Ortiz, A., & Salmerón-Macías, M. (2013). Análisis espacio-temporal de la ocurrencia de incendios forestales en Durango, México. *Madera y bosques*, 19(2), 37-58.

[PMACC] Programa municipal para la acción ante el cambio climático del Municipio de Zapopan 2021-2030 (2022). Gaceta Municipal del H. Ayuntamiento de Zapopan. [https://servicios.zapopan.gob.mx:8000/wwwportal/publicfiles/2022-05/Gaceta%20Vol.%20XXIX%20No.%2075\\_opt.pdf](https://servicios.zapopan.gob.mx:8000/wwwportal/publicfiles/2022-05/Gaceta%20Vol.%20XXIX%20No.%2075_opt.pdf)

Sandifer, P. A., A. E. Sutton-Grier, and B. P. Ward. (2015). Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem Services* 12:1-15.

#### Referencias sobre el texto: 8. Medio Social y Construido

ENOE (2022). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Hernández Vázquez, S. (2022). *Configuraciones periurbanas del Área Metropolitana de Guadalajara. Transformaciones del paisaje rural/urbano en Tesistán*. [Tesis Doctoral, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS)]. Guadalajara, Jalisco. 274 p.

IIEG [Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco] (2022). Zapopan Diagnóstico Municipal. <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2022/10/Zapopan.pdf>

INEGI (2020). Censo de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2020). Panorama sociodemográfico de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

IMEPLAN [Instituto Metropolitano de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara]. (2019). Gestión del Agua. Sistema de Información y Gestión Metropolitana <https://sigmetro.imeplan.mx/mapa>

#### Referencias sobre el texto: 9. Instrumentos de Ordenamiento Ecológico del Territorio y Planeación Urbana

Ayuntamiento de Zapopan (2020). Programa de Ordenamiento Ecológico de Zapopan.

Ayuntamiento de Zapopan. (12 de mayo de 2022). Programa de Acción para el Cambio Climático del Municipio de Zapopan. Recuperado de [https://servicios.zapopan.gob.mx:8000/wwwportal/publicfiles/2022-05/Gaceta%20Vol.%20XXIX%20No.%2075\\_opt.pdf](https://servicios.zapopan.gob.mx:8000/wwwportal/publicfiles/2022-05/Gaceta%20Vol.%20XXIX%20No.%2075_opt.pdf)

Ayuntamiento de Zapopan. (13, junio de 2022). Programa Municipal de Desarrollo y Gobernanza (2021-2024). Gaceta municipal. Recuperado de [https://www.zapopan.gob.mx/wp-content/uploads/2022/06/Gaceta\\_Vol\\_XXIX\\_No\\_104\\_opt.pdf](https://www.zapopan.gob.mx/wp-content/uploads/2022/06/Gaceta_Vol_XXIX_No_104_opt.pdf)

- Cámara de Diputados LXV Legislatura. (8, mayo 2023). Ley de Planeación. Recuperado de Móvil - Ley de Planeación (diputados.gob.mx)
- Cámara de Diputados LXV Legislatura. (28, de noviembre, 2016). Ley de Asentamientos Humanos Ordenamiento Territorial Y Desarrollo Urbano. Recuperado de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/Igahotdu.htm>
- Cámara de Diputados (3, julio de 2000). Ley General de Vida Silvestre. Recuperado de [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146\\_200521.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_200521.pdf)
- Cámara de Diputados (1, diciembre de 1992). Ley de Aguas Nacionales. Recuperado de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAN.pdf>
- Cámara de Diputados. (6, junio de 2012). Ley General de Cambio Climático. Recuperado de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>
- Cámara de Diputados. (3, julio de 2000). Ley General de Vida Silvestre. Recuperado de [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146\\_200521.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_200521.pdf)
- Cámara de Diputados. (5, junio de 2018). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Recuperado de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf>
- Cámara de Diputados. (8, octubre de 2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/131748/23\\_LEY\\_GENERAL\\_PARA\\_LA\\_PREVENCI\\_N\\_Y\\_GESTI\\_N\\_INTEGRAL\\_DE\\_LOS\\_RESIDUOS.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/131748/23_LEY_GENERAL_PARA_LA_PREVENCI_N_Y_GESTI_N_INTEGRAL_DE_LOS_RESIDUOS.pdf)
- Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social de Occidente (2018). Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Zapopan, Jalisco. Gobierno de Zapopan.
- Congreso de la Unión (17, noviembre de 2022). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Recuperado de Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (diputados.gob.mx)
- Congreso del Estado de Jalisco (3, junio 1989). Ley Estatal del equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. [13596]. Recuperado de [https://info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/leyes/ley\\_estatal\\_del\\_equilibrio\\_ecologico\\_y\\_la\\_proteccion\\_al\\_ambiente.pdf](https://info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/leyes/ley_estatal_del_equilibrio_ecologico_y_la_proteccion_al_ambiente.pdf)
- Congreso del Estado. (24, febrero de 2007). Ley Agua para el Estado de Jalisco y sus Municipios. [21804/LVII/06]. Recuperado de [https://info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/leyes/ley\\_del\\_agua\\_para\\_el\\_estado\\_y\\_sus\\_municipios.pdf](https://info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/leyes/ley_del_agua_para_el_estado_y_sus_municipios.pdf)
- Congreso del Estado. (8, julio de 2004) . Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Jalisco. [20553]. Recuperado de [https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/ley\\_de\\_desarrollo\\_forestal\\_sustentable\\_para\\_el\\_estado\\_de\\_jalisco\\_1.pdf](https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/ley_de_desarrollo_forestal_sustentable_para_el_estado_de_jalisco_1.pdf)
- Congreso del Estado. (10, septiembre 2008). Código Urbano para el estado de Jalisco. [22273/LVIII/08]. Recuperado de [https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/C%C3%B3digo%20Urbano%20para%20el%20Estado%20de%20Jalisco\\_0.pdf](https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/C%C3%B3digo%20Urbano%20para%20el%20Estado%20de%20Jalisco_0.pdf)
- Gobierno del Estado. (20, octubre de 2016). Plan Estatal de Desarrollo Urbano (2016-2033). Recuperado de [file:///D:/Descargas/PED-Jalisco\\_2013-2033-ACT2016%20\(1\).pdf](file:///D:/Descargas/PED-Jalisco_2013-2033-ACT2016%20(1).pdf)
- Gobierno del Estado. (2, octubre, 2019). Constitución Política del Estado de Jalisco. Recuperado de <https://info.jalisco.gob.mx/gobierno/documentos/9240>
- Instituto Metropolitano de Planeación. (6, junio de 2016). Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano del Área Metropolitana de Guadalajara. Recuperado de [https://www.imeplan.mx/wp-content/uploads/2021/12/POTmet\\_IIIIFB-BajaRes-1.pdf](https://www.imeplan.mx/wp-content/uploads/2021/12/POTmet_IIIIFB-BajaRes-1.pdf)
- Instituto Metropolitano de Planeación. (6, junio de 2016). Plan de Ordenamiento Territorial Metropolitano del Área Metropolitana de Guadalajara. Recuperado de [https://www.imeplan.mx/wp-content/uploads/2021/12/POTmet\\_IIIIFB-BajaRes-1.pdf](https://www.imeplan.mx/wp-content/uploads/2021/12/POTmet_IIIIFB-BajaRes-1.pdf)
- Naciones Unidas (s/f). La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Recuperado de La Agenda para el Desarrollo Sostenible - Desarrollo Sostenible (un.org)

Presidencia de la República. (12, julio 2019). Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Recuperado de PND\_2019-2024.pdf ([www.gob.mx](http://www.gob.mx))

Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable. (27, julio de 2006). Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Jalisco. Recuperado por [http://siga.jalisco.gob.mx/moet/assets/pdf/acuerdo\\_moetj\\_27-07-2006.pdf](http://siga.jalisco.gob.mx/moet/assets/pdf/acuerdo_moetj_27-07-2006.pdf)

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. (27, febrero de 2018). Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Jalisco 2014-2018. Recuperado de <https://semadet.jalisco.gob.mx/gobernanza-ambiental/cambio-climatico/programa-estatal-de-accion-ante-el-cambio-climatico-peacc>

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. (14, junio de 2001). El Reglamento de Protección al Medio Ambiente y Equilibrio Ecológico para el Municipio de Zapopan, Jalisco. Recuperado de <https://www.zapopan.gob.mx/wp-content/uploads/2011/06/21-Reg-de-Protecci%C3%B3n-al-Medio-Ambiente-y-Equilibrio-Ecol%C3%B3gico.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco (SEMADET), Programa Estatal de Áreas Naturales Protegidas y Otros Instrumentos de Conservación 2020-2030. Jalisco, 2021.

#### Referencias sobre el texto: 11. Programa de Manejo y Conservación

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2023). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf> . México.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2014). Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas [RLGEEPA-ANP]. Artículo 3, fracción XI. México.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2020). Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2020-2024 (PNANP-2020-2024). [https://www.conanp.gob.mx/datos\\_abiertos/DES/PNANP2020-2024.pdf](https://www.conanp.gob.mx/datos_abiertos/DES/PNANP2020-2024.pdf)

DOF. (2020). PROGRAMA Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024. DOF: 07/07/2020 [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5596232&fecha=07/07/2020#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5596232&fecha=07/07/2020#gsc.tab=0) México.

## 16. ANEXOS

### ANEXO I

Cuadro de construcción

### ANEXO II

Listado florístico del Área Municipal de Protección Hidrológica Sierra de Tesistán-Cerro La Col, Zapopan, Jalisco.

### ANEXO III

A.III.1 Especies de aves registradas en Sierra de Tesistán-Cerro La Col por tipo de vegetación, su residencia, endemismo y categoría de protección.

A.III.2 Listado de reptiles de Sierra de Tesistán-Cerro La Col.

A.III.3 Listado de anfibios en la Sierra de Tesistán-Cerro La Col.

A.III.4 Listado de mamíferos en la Sierra de Tesistán-Cerro La Col.

### ANEXO IV

Catálogo fotográfico de la biodiversidad del AMPH Sierra de Tesistán-Cerro La Col.

Trabajo de campo de los estudios realizados en el AMPH SITECOL.

## 17. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a TARE Vivienda, S.A. de C.V. por su colaboración en la realización del Estudio Técnico Justificativo. A Ajolote Consultores Ambientales por brindarnos su apoyo administrativo durante el proceso.

A las autoridades del Ayuntamiento de Zapopan y otros importantes actores locales que fueron pieza clave para la realización de los trabajos de este estudio.