



Centro de Investigación y Asistencia
en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco



Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología
del Estado de Jalisco



Consejo Nacional de
Ciencia y Tecnología



Diagnóstico Integral del Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA) y su entorno 2012



Diagnóstico Integral del Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA) y su entorno 2012

Editado por:



Centro de Investigación y Asistencia
en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco

DIRECTORIO

Dr. José de Anda Sánchez
Director General CIATEJ A.C.

Lic. María Catalina Meza López
Directora Administrativa CIATEJ A.C.

Dr. Ricardo Cosío Ramírez
Director de Investigación CIATEJ A.C.

Dr. Alberto López López
Director de la Unidad de Tecnología Ambiental

M.C. Juan Gallardo Valdez
Responsable Técnico del Proyecto

LISTA DE AUTORES

CIATEJ

Dr. José de Anda Sánchez
Dr. Alberto López López
M.C. Juan Gallardo Valdez
Dra. Silvia Maribel Contreras Ramos
Dra. Elizabeth León Becerril
Biol. Edgardo Villegas García
Dr. Gustavo Dávila Vázquez

M.C. Leonel Hernández Mena
Dr. Mario Alfonso Murillo Tovar
M.C. José de Jesús Díaz Torres
Dr. Jorge del Real Olvera
Dr. Hugo Esquivel Solís
Dr. Alejandro Arturo Canales Aguirre

Otras instituciones

M.C. Aurora Rosas Ramírez (CUCBA-UdeG)
Dra. Josefina Casas Solís (CUCBA-UdeG)

Diseño de Portadas:
Silvia Maribel Contreras Ramos

Agradecimientos

Se agradece el apoyo al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Jalisco (COECYTJAL) por el financiamiento del proyecto “Diagnóstico Integral del Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA) de la Cuenca de El Ahogado y Generación de un Plan de Acción para su Restauración” a través del Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Jalisco; en particular al director el Dr. Francisco Medina Gómez.

Los autores agradecen la iniciativa y la confianza profesional para el desarrollo de este proyecto por parte de la Secretaría del Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES), en especial al Dr. Héctor Eduardo Gómez Hernández.

Además se agradecen las facilidades que se brindaron para acceder a la información en dependencias federales, Estatales; Ayuntamientos y a la Universidad de Guadalajara; y la participación de otros colaboradores.

Federales:

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Gerencia Lerma-Pacífico
Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
Delegación Federal en Jalisco
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Dirección Regional Occidente

Estatales:

Secretaría del Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES)
Comisión Estatal del Agua (CEA). Dirección de Cuencas y Sustentabilidad
Secretaría de Salud Jalisco (SSJ)
Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco (IITEJ)
Dirección Estatal de Protección Civil y Bomberos

Ayuntamientos:

Guadalajara	Tala
Ixtlahuacán del Río	Tonalá
Juanacatlán	Tlajomulco de Zúñiga
El Salto	Zapopan
San Pedro Tlaquepaque	Zapotlanejo

Universidad de Guadalajara:

Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades (CUCSH)
Departamento de Geografía y Ordenación Territorial
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA)
Instituto de Ciencias Ambientales y Comunidades Humanas

Graciela del Carmen Nava Guerrero (Estudiante del ITESO), Roberto Emmanuel Bolaños Rosales (Estudiante del Instituto Tecnológico de Tlajomulco), Geog. Jorge Alberto Macías Reyes, Ing. Ernesto Rodríguez González (Investigador de CIATEJ), Geog. Lucía Ortiz Olmedo, Ing. Arturo Llamas Núñez (SEMADES), Dr. Francisco Javier Parra Rodríguez (SEMADES), Dr. César Rodríguez Ortega (SEMARNAT, Director de Análisis e Indicadores Ambientales), M. en D.O. Roberto Acero Rueda (CIATEC), Dr. Harvey Shear (University of Toronto Mississauga), Ing. María Cristina Ireta Moreno (CIATEJ)

PRESENTACIÓN

La región geográfica decretada por el gobierno del Estado de Jalisco como el Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA) tiene una superficie total de 745.77 km², de los cuales 510 km² corresponden a la cuenca de El Ahogado, considerada una zona de gran dinamismo económico.

El POFA comprende a 10 municipios de la región central del estado (San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, El Salto, Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga, Juanacatlán, Zapotlanejo, Guadalajara, Ixtlahuacán del Río y Tala), donde existe una población total de 1,401,749 habitantes (INEGI, 2010).

Como consecuencia del crecimiento urbano acelerado, de las actividades económicas e industriales y del cambio de uso de suelo que ejercen presión sobre el POFA; este enclave manifiesta la degradación paulatina del hábitat, acumulada por más de 40 años.

Además, la contaminación y el deterioro de los elementos básicos del ecosistema, como son el aire, el suelo y los recursos hídricos han potencializando las condiciones de riesgo a la salud pública y pérdida de biodiversidad, particularmente en localidades como Juanacatlán y El Salto.

El cauce del Río Santiago cruza en dirección Sur-Norte del POFA, donde escurrimientos naturales y descargas de efluentes de todo tipo, principalmente de origen industrial, agropecuario y doméstico aportan materia orgánica y agentes químicos que deterioran la calidad del agua, limitando su uso y restringiendo su aprovechamiento.

Se considera que las zonas críticas del POFA son el área comprendida por la cuenca de El Ahogado, el Río Santiago y su entorno directo.

Ante esta problemática y reconociendo la necesidad de una gestión integral de los recursos naturales basada en estrategias de planeación, el gobierno del estado de Jalisco, a través de la Secretaría del Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES), tomó la iniciativa para impulsar proyectos y acciones encaminadas a resolver de forma definitiva esta problemática.

Por su parte, el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYTJAL) a través del Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Jalisco, apoyó un proyecto orientado a realizar un Diagnóstico Integral del Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA) de la cuenca de El Ahogado, el cual fue desarrollado por el

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ) a través de la Unidad de Tecnología Ambiental (UTA).

Este documento presenta una descripción de la condición ambiental actual de la región del POFA, integrando estudios e información generada desde 1980, por dependencias gubernamentales, instituciones educativas y centros de investigación, sobre el POFA y la Cuenca de El Ahogado.

Desde esta perspectiva el grupo de trabajo multidisciplinario participante en el proyecto presenta un análisis e interpretación basado en la información generada por diversas dependencias y mediante trabajo de campo utilizando indicadores ambientales que permiten describir la situación real y posibles soluciones de la problemática del POFA.

Juan Gallardo Valdez
Responsable Técnico del Proyecto

CONTENIDO

Introducción.....	3	4.6. Desigualdad social.....	69
2.- El Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA).....	15	4.6.1. Índice de desarrollo humano.....	69
2.1. Delimitación geográfica.....	15	4.6.2. Índice de pobreza.....	71
2.2. Problemática ambiental.....	17	4.6.3. Índice de marginación urbana.....	74
2.3. El origen de la problemática.....	17	4.7. Ordenamiento territorial.....	76
2.3.1. El crecimiento poblacional.....	18	4.8. Coberturas de servicios públicos.....	79
2.3.2. El fenómeno del crecimiento urbano.....	19	4.8.1. Agua potable y saneamiento.....	79
2.3.3. Los procesos territoriales de fusión y conurbación.....	19	4.8.2. Electricidad.....	81
2.3.4. La industrialización.....	21	4.8.3. Educación.....	82
3.- Condición natural del POFA.....	25	4.8.4. Salud.....	84
3.1. Marco Geológico.....	25	4.8.5. Manejo de Residuos Sólidos.....	86
3.1.1. Estratigrafía regional.....	25	4.9. Participación ciudadana y organizaciones de la	
3.1.2. Unidades litológicas.....	25	sociedad civil en los conflictos del POFA.....	89
3.1.3. Geomorfología.....	26	5.- Actividades productivas.....	93
3.2. Edafología.....	35	5.1. Dinámica económica.....	93
3.3. Clima.....	39	5.2. Sistemas de producción agropecuaria.....	93
3.3.1. Variables climáticas.....	39	5.2.1. Actividad Agrícola.....	93
3.3.2. Cuencas atmosféricas.....	41	5.2.2. Actividad Ganadera.....	96
3.4. Hidrología Superficial y subterránea.....	43	5.2.3. Actividad Piscícola.....	96
3.4.1. Hidrología superficial (Cuencas).....	43	5.3. Actividad industrial.....	97
3.4.2. Hidrología Subterránea (Acuíferos).....	45	5.4. Comercio y servicios.....	98
3.5. Biodiversidad.....	48	5.5. Recreación y turismo.....	100
3.5.1. Flora.....	48	6.- Marco institucional para la gestión del agua en el POFA.....	105
3.5.2. Fauna (vertebrados terrestres y acuáticos).....	51	6.1. Marco legal.....	105
4.- Situación social del POFA.....	57	6.2. Marco institucional.....	106
4.1. Demografía.....	57	6.3. Problemática y avances en materia de agua en el POFA.....	108
4.2. Dinámica de la Población.....	58	6.3.1. Antecedentes.....	108
4.2.1. Evolución de la población.....	59	6.3.2. Problemática.....	109
4.2.2. Distribución de la población en el POFA.....	60	6.3.3. Avances y beneficios.....	110
4.2.3. Crecimiento natural de la población.....	60	6.3.4. Cronología de la gestión del agua: CEA.....	111
4.3. Migración.....	61	6.4. Balance hídrico.....	112
4.4. Urbanización.....	65	6.4.1. Balance de agua subterránea.....	113
4.4.1. Urbanización en el POFA.....	67	6.4.2. Balance de agua superficial.....	115
4.4.2. Tasa de urbanización.....	67	6.5. Usos de agua superficial y subterránea.....	116
4.5. Densidad de población.....	68	6.5.1. Agua superficial.....	117
		6.5.2. Agua subterránea.....	117

6.6. La red de monitoreo de calidad de agua.....	120	9.- Análisis de factores ambientales.....	185
6.6.1. La red nacional de monitoreo de CONAGUA.....	120	9.1. Modelo Presión-Estado-Respuesta (PER).....	185
6.6.2. La red de monitoreo de la Comisión Estatal del Agua Jalisco.....	120	9.2. Indicadores PER para el POFA.....	186
6.7. Evaluación de la calidad de agua.....	121	9.3. Ejemplos de indicadores calculados para el POFA.....	187
6.7.1. Resultados del ICA para 2009-2012.....	122	9.3.1. Recursos hídricos.....	187
6.7.2. Calidad microbiológica del agua en el POFA.....	123	9.3.2. Suelo.....	188
7.- Marco institucional para la gestión de los recursos naturales en el POFA.....	127	9.3.3. Aire.....	190
7.1. Marco legal para la gestión de los recursos naturales en el POFA.....	127	9.3.4. Biodiversidad.....	190
7.2. Áreas naturales protegidas.....	128	9.3.5. Residuos Sólidos Urbanos (RSU).....	191
8.- Condición ambiental actual del POFA.....	135	9.3.6. Desigualdad social.....	192
8.1. Fuentes potenciales de contaminación de aguas superficiales y subterráneas.....	135	9.3.7. Salud Pública.....	193
8.1.1. Fuentes puntuales.....	136	9.4. Compendio de indicadores PER para el POFA.....	193
8.1.2. Fuentes difusas.....	136	10.- Conclusiones del diagnóstico integral del POFA.....	199
8.1.3. Inventario de descargas en el POFA.....	136	11.- Perspectivas.....	219
8.2. Suelo.....	138	Referencias.....	225
8.2.2. Cambios de uso de suelo y vegetación.....	141		
8.2.3. Degradación de suelos en el POFA.....	141		
8.2.4. Fuentes de contaminación de suelos.....	145		
8.3. Residuos sólidos Urbanos (RSU).....	152		
8.3.1. Composición.....	153		
8.3.2. Manejo integral de residuos sólidos urbanos; Generación, recolección, manejo y disposición final.....	154		
8.4. Residuos de manejo especial.....	155		
8.5. Generación de residuos peligrosos (RP).....	156		
8.6. Aire.....	158		
8.6.1. Evaluación de la calidad del aire.....	158		
8.6.2. Inventario de emisiones 2005 (IE 2005).....	162		
8.6.3. Inventario de emisiones 1995 (IE 1995).....	165		
8.6.4. Cifras recientes de las fuentes móviles, fijas y de área en municipios del POFA.....	166		
8.6.5. Calidad Bacteriológica del aire.....	172		
8.6.6. Mediciones de ácido Sulfihídrico.....	173		
8.7. Salud Pública.....	174		
8.7.1. Distribución de la población vulnerable.....	174		
8.7.2. Índices de morbilidad, de mortalidad y enfermedades especiales.....	175		
8.8. Cambios en la biodiversidad.....	179		

Introducción





Introducción

En el marco de la política social, una de las prioridades del gobierno del estado de Jalisco es intervenir oportunamente en la solución de problemas que aquejan a la población, sobre todo en los que afectan el ambiente y su calidad de vida.

Dichos problemas son derivados de diferentes factores económicos, sociales y ambientales ocurridos a través del tiempo, de tal manera que su solución no es sencilla ni rápida.

El caso más representativo de esta situación, es el área definida como el Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA), ubicada en la región centro del estado de Jalisco en cuyo enclave se ubica la Zona Metropolitana de Guadalajara y su área conurbada que incluye la Cuenca de El Ahogado, una sección del cauce del Río Santiago, que comprende desde la confluencia del Canal de El Ahogado con el Río Santiago hasta 500

metros después de la confluencia del Río Verde con el Santiago, cuya vertiente izquierda forma parte de los municipios de El Salto, Tonalá y Guadalajara, así como en la vertiente derecha Juanacatlan, Zapotlanejo e Ixtlahuacán del Río.

En el área hay una serie de condiciones particulares, como la fragmentación del hábitat, ocasionada por más de 40 años, por la distribución de la población, y la inserción de actividades económicas que generaron la pérdida y afectación de los recursos naturales.

Una de las principales consecuencias de estos procesos es la contaminación, entendida como la incorporación de un agente extraño a cualquier elemento natural (agua, suelo y atmósfera), afectándolo de tal manera que cambia su composición y características originales. Estos cambios por lo general son negativos y sus efectos se reflejan en el deterioro de dichos elementos afectando la calidad de los ecosistemas, el bienestar social de las comunidades urbanas, la salud y calidad de vida de la población.

Consciente de que la problemática en el POFA es compleja, el gobierno del estado a través de la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES), que es la dependencia responsable de normar y formular la política ambiental, estableciendo criterios y programas para el logro de un desarrollo sustentable en el Estado, ha iniciado las gestiones necesarias para afrontar de manera definitiva dicha problemática en busca de una solución viable y socialmente aceptable.

En una primera fase, las primeras acciones realizadas para hacer frente a dicha problemática fueron:

- La Secretaría General de Gobierno del Estado de Jalisco coordinó las actividades para definir el Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA), en las que participaron instituciones como la SEMADES, la Comisión Estatal del Agua (CEA), Instituto de Información Territorial (IITEJ), el Sistema Intermunicipal de Agua Potable (SIAPA), representantes de los 10 ayuntamientos involucrados (Guadalajara, Tonalá, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Tala, Ixtlahuacán del Río, Juanacatlán, El Salto y Zapotlanejo) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- Posteriormente, se promulgó un decreto a través del cual se establecieron los criterios ambientales que debieran observarse para la Protección Ambiental del Polígono con influencia en la Cuenca de El Ahogado, publicado en el Periódico Oficial del Estado de Jalisco, el 2 de septiembre de 2010.
- La instalación del Órgano Técnico Mixto (OTM), para el cumplimiento de los criterios ambientales del POFA; grupo integrado por representantes técnicos de las diferentes instituciones de gobierno, cuyo objetivo es implementar acciones coordinadas de protección, conservación, restauración y remediación para restablecer las condiciones ambientales y de salud en beneficio de las comunidades humanas asentadas en la zona y garantizar un desarrollo integral.
- En una segunda fase, la SEMADES generó una demanda específica y solicitó al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECyTJAL) emitir una convocatoria abierta para que universidades públicas

y privadas, centros de investigación, empresas, laboratorios, organizaciones no gubernamentales y demás personas físicas y morales inscritas en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECyT), presentaran propuestas para solucionar con un enfoque multidisciplinario la problemática del POFA.

El CIATEJ participó con una propuesta y fue designado para realizar el proyecto, de acuerdo a la demanda específica y los términos de referencia emitidos en la convocatoria del Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del estado de Jalisco 2011-04 Medio Ambiente, a través del cual se contempla generar:

- Un Diagnóstico Integral del Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA)
- Un Sistema de Información Geográfico-Ambiental del POFA, y
- Un Plan de Acción para su restauración.

Dicha demanda fue resultado de priorizar diferentes propuestas derivadas de una serie de reuniones con un grupo de 40 expertos de diversas instituciones, dependencias y organismos entre los cuales se mencionan: la Universidad de Guadalajara (UdeG), el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), el Instituto de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), representando al sector académico; la Unión Regional de Porcicultores de Jalisco (URPJ), la Asociación de Industriales de El Salto A. C. (AISAC) y la Cámara Nacional de Comercio de Guadalajara (CANACO), representando al sector empresarial; el sector gubernamental representado por

diversas instituciones de los tres niveles de gobierno: CONAGUA, SEMARNAT, SAGARPA, POFEPA, organismos descentralizados como la CFE, PEMEX y CONAFOR, todos ellos del ámbito federal. Por el sector estatal las dependencias de SEMADES, PROEPA, SEFIN, COEPO, SEPLAN, SECADMON, SEJ. A nivel municipal participaron los Ayuntamientos de San Pedro Tlaquepaque, Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá y organizaciones civiles como el Grupo Vida, el Instituto de Derecho Ambiental A.C. (IDEA), Asociación Intermunicipal para la Protección del Medio Ambiente y el Desarrollo Sustentable del Lago de Chapala (AIPROMADES), así como el sector de ciencia y tecnología a través de las instituciones: CONACYT, COECyTJAL y CIATEJ A.C., agrupados todos ellos en un denominado Grupo de Enfoque.

El Grupo de Enfoque se reunió para trabajar en la integración de una agenda para la restauración del POFA en torno a la Cuenca de El Ahogado y El Salto de Juanacatlán con el objetivo de identificar los problemas centrales y formular propuestas en busca de solucionar la problemática ambiental. En dicha reunión fueron propuestos 64 proyectos y 48 acciones, dando un total de 112.

Posteriormente en Casa Jalisco se volvió a reunir el Grupo de Enfoque, donde se trabajó en un taller para la determinación de la problemática actual partiendo de un diagnóstico que permitió definir 5 problemas centrales como son: la falta de voluntad por parte de la sociedad y gobierno para atender los problemas inherentes a la zona de influencia; la contaminación que se refleja en impactos negativos para la salud;

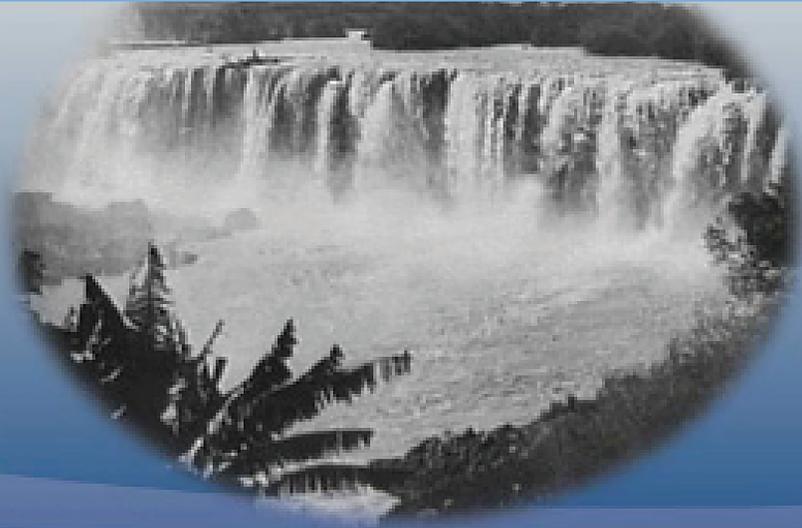
asentamientos irregulares; la corrupción institucional y la problemática económica ya presente en otras agendas.

En este sentido, este documento presenta los resultados derivados del análisis de expertos en diferentes áreas, considerando estudios realizados anteriormente, así como las acciones y programas realizados por autoridades de los tres niveles de gobierno, complementados con una serie de trabajos realizados para verificar la condición actual y generar los indicadores más representativos que permitan el seguimiento y evaluación de las acciones propuestas en búsqueda de revertir la situación actual del POFA.

El Diagnóstico Integral del Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA) y su entorno permite contar con una radiografía de la condición actual, para entender su problemática e identificar las causas estructurales de los problemas ambientales y poder así plantear soluciones adecuadas.

Además, el documento hace énfasis en los puntos críticos en los que deberá actuarse de manera prioritaria; asimismo, ayuda a definir las acciones que deberán implementarse para que de manera paulatina se direccionen los programas institucionales que las diferentes instancias de gobierno vienen implementando para revertir en el futuro cercano, a mediano y largo plazo las condiciones actuales del POFA, considerando que una problemática tan compleja no tiene soluciones rápidas.

1. Antecedentes



1889

1983



2012





1. Antecedentes

La problemática socio-ambiental que existe en el POFA se remonta a finales del siglo XIX y es en la década de 1970 cuando se empieza a manifestar de manera más evidente; actualmente, la situación se ha agravado, preocupando a la sociedad jalisciense.

El fenómeno social generado por dicha problemática ha sido abordado por diversas instituciones gubernamentales, universidades, el sector privado, organizaciones de la sociedad civil y centros de investigación, lo que ha puesto en evidencia un rezago en la aplicación del marco legal, atraso en la legislación, estructuras administrativas poco funcionales y desarticuladas, así como una falta de cultura ambiental generalizada por gran parte de la población.

La relación de estudios que hablan sobre los impactos de la contaminación en el aire, agua y suelo, así como los riesgos de salud en esta región geográfica son numerosos. Los más relevantes son los relacionados con tópicos como la calidad del agua, tanto para la Cuenca de El Ahogado como el Río Santiago y su entorno directo (Guzmán, 1997; Duran y Torres, 2006; Peniche, 2010, entre otros); sobre los impactos ambientales (Maciel, et. al. 2009); la contaminación del aire (Gallardo, 2005; McCulligh, 2006; SEMADES, 2012) y la salud (Greenpeace, 2012).

A continuación se mencionan algunos estudios realizados por diferentes actores sociales que han abordado la compleja problemática del POFA.

El Sector Privado

Según la percepción de la población, el sector industrial es el origen y el detonante de la problemática de contaminación y deterioro ambiental en el POFA. Es probable que durante la época de carencia de legislación y normatividad, algunas empresas actuaran con dolo o negligencia, sin embargo, actualmente los industriales a través de diversos organismos que los representan, se han sumado a los esfuerzos institucionales para contribuir en la solución de esta problemática.

A través de diversas organizaciones como el Consejo de Cámaras Industriales de Jalisco y la Asociación de Industriales de El Salto A.C. (AISAC), miembros del sector privado han advertido la necesidad de delimitar una zona de protección o zona de salvaguarda en la

zona industrial de El Salto, la segunda más importante del país después de la del Estado de México. Esto debido a los riesgos que implica la inserción de desarrollos habitacionales en el corredor industrial a falta de instrumentos de planeación como el Ordenamiento Territorial.

La AISAC representa al menos a 60 empresas asentadas en la zona del POFA, las cuales están comprometidas con el cuidado del ambiente, orientadas a ser una industria limpia, al realizar acciones que mejoren la calidad de vida de la población y del entorno. Tal es el caso de 40 de ellas que cuentan con planta de tratamiento de aguas residuales o el modelo de parques industriales en espacios diseñados para dichas actividades y con infraestructura para el tratamiento de sus efluentes.



Industria en el parque industrial El Salto

El Sector Académico

Cumpliendo con el compromiso social que las Universidades tienen con la sociedad y la comunidad local, instituciones como la Universidad de Guadalajara con sus Centros Universitarios (CUCBA, CUCS, CUSCH, CUAD, CUCEA y CUCEI), el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Guadalajara y el Instituto Tecnológico de Educación Superior de Occidente (ITESO), han realizando diversos estudios que abordan la problemática del POFA, en particular sobre la Cuenca de El Ahogado y el Río Santiago.

En el año 2003, se realizó el estudio denominado “Estudio para el Diagnóstico Urbano de la Cuenca de El Ahogado en la Zona Metropolitana de Guadalajara”, financiado por el gobierno del estado a través de la Secretaría de Desarrollo Urbano (SEDEUR), en el que participaron de forma conjunta la U de G, el Tecnológico de Monterrey y el ITESO.

En 2004, el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) realizó el “Estudio para la caracterización de los lodos de los ríos Verde y Santiago” en convenio con la Comisión Estatal del Agua (CEAS). En este estudio se hicieron análisis de los sedimentos del Río Santiago en catorce puntos, incluyendo la cascada del Salto de Juanacatlán. El estudio concluyó que en los sedimentos del Río Santiago existen cantidades significativas de metales pesados como plomo, cromo, cobalto, mercurio y arsénico.

En 2007, con la participación del Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR, se realizó el trabajo titulado: “Diagnóstico Ambiental de la Cuenca de El Ahogado y las zonas aledañas a La Primavera y Cajititlán”. En 2009 se publicó el documento “Estudios de la cuenca del río Santiago: Un enfoque multidisciplinario”, en el cual se compiló el trabajo de diversas investigaciones en torno a la cuenca del Río Santiago, el Lago de Chapala y algunos afluentes del Río Zula; sobre problemas de gestión del agua, contaminación y planteamientos para el saneamiento del río. Ese mismo año, Martínez González y Hernández, académicos del Centro Universitario de La Ciénega (CUCI), publicaron una investigación titulada “Impactos de la contaminación del Río Santiago en el bienestar de los habitantes de El Salto, Jalisco”.

Los Centros Universitarios han sido sede de diversos foros donde han participado especialistas con temas como la gobernanza del agua de manera recurrente. A partir del año 2009, en el Centro Universitario de Ciencias Económicas y Administrativas (CUCEA), se realiza el Seminario Internacional sobre la Cuenca del Río Santiago, que en 2012 tuvo su IV edición, en el que se han discutido temas de calidad del aire, aguas subterráneas, proyectos hidroeléctricos, evaluaciones de impacto ambiental, calidad del agua y desarrollo regional.

Por su parte, el ITESO ha trabajado a través del programa “Proyecto de Aplicación Profesional” (PAP), con proyectos relacionados con la región del POFA. Entre ellos se encuentran: “Conflictos Ambientales en la Región Chapala-Santiago-Guadalajara”, “Valoración

de Servicios Ambientales en el Bosque La Primavera”, “Procesos de Apropiación y Uso de los Espacios Públicos”, y otros programas como, “Clínica de Derecho Ambiental en el Despacho de la Procuraduría del Medio Ambiente”, y “Plan de Ordenación Territorial y Paisajística del Bosque de la Primavera”. Desde diversos departamentos de estudios en la institución se han promovido conferencias, seminarios y talleres para discutir las problemática socio-ambiental del Río Santiago.

En 2012 se publicó el libro “Gobernanza y Gestión del Agua en el Occidente de México: La Metrópoli de Guadalajara”, el cual aborda la geopolítica en la ZMG; los consejos de cuenca de México como espacios de gobernanza; el conflicto socio-ecológico en torno al Río Santiago y la contaminación; la experiencia de educación ambiental con niños en la colonia La Huizachera; el desarrollo urbano y planeación por cuencas en la ZMG; y la captación de agua pluvial en viviendas de interés social.

Los Centros de Investigación

Como las universidades, algunos centros de investigación como el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ) y el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) Unidad Occidente, han contribuido en la generación de información sobre la problemática a través de diversos estudios.

El CIATEJ en 2001, realizó el “Estudio de la contaminación del agua y de los sedimentos del Río Grande Santiago desde su nacimiento hasta la Presa Santa Rosa”, en el cual se señala que en el punto correspondiente a El Salto, el Índice de Calidad del Agua (ICA) fue 31.69, lo que representa una contaminación en exceso.

En 2009, concluyó el “Estudio preliminar de compuestos tóxicos en el aire ambiente en la Zona Metropolitana de Guadalajara”, en colaboración con la Dirección de Investigación en Monitoreo y Caracterización de Contaminantes Atmosféricos (DGCENICA) del INE y la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES), en el cual se analizó el comportamiento y la dispersión de contaminantes criterio, la composición química de las Partículas Menores a 2.5 Micrómetros (PM_{2.5}) y las concentraciones de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVS), en la ZMG.

El doctorado en ciencias sociales del CIESAS ha desarrollado investigaciones sobre la contaminación en el Río Santiago y lo que esto implica como problemática social, ambiental y en la gestión de los residuos sólidos. Estos y otros centros de investigación, han desarrollado investigaciones de vanguardia en busca de soluciones, socialmente aceptables y económicamente viables.

Las Organizaciones de la Sociedad Civil (ONGs)

La sociedad civil a través de distintas Organizaciones de la Sociedad Civil (ONGs), ha desempeñado un

papel importante en la denuncia de esta problemática y en dar seguimiento a las acciones y proyectos realizados por las instituciones gubernamentales.

Organizaciones como el Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario A.C. (IMDEC), el Instituto de Valores Integrales y Desarrollo Ambiental A.C. (VIDA), el Instituto de Derecho Ambiental A.C (IDEA), Un Salto de Vida A.C., Greenpeace y la Fundación Cuenca Lerma Lago Chapala-Santiago A.C., entre otras, se han encargado de hacer suyo el problema y en apoyar a las comunidades de El Salto y Juanacatlán principalmente.

Estas organizaciones han participado en diversos foros nacionales e internacionales en los que se ha abordado de manera recurrente la problemática de esta región del estado, contribuyendo a despertar la conciencia de otras comunidades que padecen una situación similar.

La ONG con más antecedentes por ser la más activa es el Instituto VIDA A.C, cuyos integrantes han presentado peticiones, denuncias y demandas ante los tres niveles de gobierno (municipal, estatal y federal) incluyendo a instituciones involucradas en la problemática. En noviembre de 2003, esta asociación interpuso una denuncia popular ante PROFEPA, vía su delegación en Jalisco, en donde solicitó “un plan conjunto y políticas públicas coordinadas por los tres sectores de gobierno a efecto de neutralizar la grave contaminación que sufren los habitantes de Juanacatlán y proteger el derecho a la salud y a un medio ambiente adecuado”.

En mayo de 2003, junto con el Instituto de Derecho Ambiental (IDEA), A.C. y otras organizaciones civiles presentaron por escrito una denuncia formal ante la Comisión para la Cooperación Ambiental del Tratado de Libre Comercio para América del Norte, por la falta de aplicación efectiva de diversa normatividad ecológica nacional, alusiva al manejo, gestión, protección, preservación, aprovechamiento y calidad del agua en el caso de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago-Pacífico.

En 2007, el IMDEC publicó el estudio: “Los Mártires del río Santiago”, en el que se denuncia la grave situación de salud y los riesgos asociados que afectan a las poblaciones de Juanacatlán y El Salto, a través de un informe sobre violaciones al derecho a la salud y la carencia de un ambiente sano en dichas localidades.



Organización de la Sociedad Civil que promueve la conservación de la Barranca de Huentitán

En 2012, el grupo Un Salto de Vida junto con Greenpeace y la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS), realizaron el “Estudio de la contaminación en la cuenca del Río Santiago y la salud pública en la región”, a través del cual denuncian la contaminación del Río Santiago en base al análisis de datos generados por diferentes fuentes (CEA, IMTA, SEDESOL, entre otros) y exponen la situación que prevalece en el área. En este mismo año, Greenpeace publicó en su sitio web el reporte de resultados de un estudio solicitado por la CEA y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) en el Río Santiago; el estudio reveló la presencia de contaminantes tóxicos en los sitios de muestreo.

La región que comprende el POFA ha atraído la atención de asociaciones internacionales. La Fundación española Nueva Cultura del Agua (FNCA) y la Asociación Agua, Ríos y Pueblos, han incorporado el tema de la contaminación en el Río Santiago a una exposición de fotografía documental que ha dado la vuelta al mundo. El título de la sección es “Jalisco, México. El envenenamiento del Río Santiago”; la obra muestra fotografías de habitantes de la zona que padecen los efectos de las condiciones ambientales.

El Sector Público

El sector público representado por las instituciones de los tres niveles de gobierno ha sido forzado a intervenir en respuesta a la presión de la sociedad civil y la población de los municipios más afectados. A nivel federal, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), dentro de sus atribuciones

y ámbito de competencia ha contribuido con estudios realizados por organismos descentralizados como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Instituto Nacional de Ecología (INE), en los que ha aportado datos sobre la calidad del agua en el Río Santiago y del aire en las localidades de Juanacatlán y El Salto.

La CONAGUA mantiene un programa de monitoreo de parámetros fisicoquímicos en 10 puntos a lo largo del Río Santiago. Los resultados de dichos monitoreos se actualizan y están a disposición de la sociedad en el portal web de dicha institución.

La PROFEPA promueve dos programas voluntarios a través de los cuales, las empresas se comprometen a mejorar su desempeño ambiental mediante la ejecución de acciones de prevención de la contaminación, como es el Programa Nacional de Auditoría Ambiental y el Programa de Liderazgo Ambiental para la Competitividad. A través de ellos, se obtienen beneficios ambientales como ahorro de agua, electricidad, disminución de emisiones de bioóxido de carbono (CO₂) y la no generación de residuos.

Por lo que compete a las instituciones del gobierno estatal, éstas no eluden su responsabilidad para atender las demandas de los jaliscienses, en particular aquellas de los habitantes de la Cuenca de El Ahogado y el área conurbada de la Zona Metropolitana de Guadalajara, que en conjunto forman el principal conglomerado urbano del estado.

De tal manera, el gobierno del estado en respuesta a la demanda social, a través de sus diversas instituciones ha intervenido de manera activa con el objetivo de revertir la crítica situación del POFA. Instituciones como la Comisión Estatal del Agua (CEA) y la Secretaría de Salud Jalisco (SSJ), entre otras han realizado algunos estudios mediante la contratación de empresas consultoras.

La empresa AYMA Ingeniería y Consultoría, realizó en 2003, el “Estudio de monitoreo y modelación de la calidad del agua de los ríos Santiago y Verde del estado de Jalisco. México” para la entonces Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS), en el cual se reportó una severa contaminación para el arroyo de El Ahogado y el Río Santiago en el punto El Salto-Juanacatlán.



Hidroeléctrica “La Intermedia” sobre el cauce del Río Santiago operada por CFE

En el 2006, la Comisión Estatal del Agua (CEA) realizó el Estudio Hidrológico conocido como “Trabajos de Hidrología en la Cuenca- El Ahogado”, en el que se describen sus características hidrológicas particulares, resaltando la excesiva presión a la que está expuesta, por lo que es importante monitorearla para entender su comportamiento hidrológico de manera que facilite la toma de decisiones para su manejo.

Durante el 2008, se conforman las juntas de coordinación sobre el manejo de la cuenca entre instituciones (Protección Civil, Comisión Estatal del Agua) y municipios (El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, San Pedro Tlaquepaque y Zapopan) para alcanzar las acciones de un adecuado manejo de “El Ahogado”.

En el primer semestre del 2010, la CEA identificó varios aspectos que deben estudiarse a mayor detalle y mostró la necesidad de contar con una plataforma que profundice en el análisis espacial de los fenómenos dentro de la Cuenca de El Ahogado, para lo cual contrató los servicios de expertos para el desarrollo del “Sistema de Información Geográfica El Ahogado”.

En este sistema se integran bases de datos de diferentes variables (población, bases cartográficas, orthofotos, etc.) y se realizan diferentes tipos de análisis a nivel de microcuenca. Dicho sistema fue concluido en julio de 2011.

Un estudio elaborado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) denominado “Actualización del estudio de calidad del agua del Río

Santiago (desde su nacimiento en el Lago de Chapala hasta la presa Santa Rosa)”, por encargo de la CEA, y concluido en marzo de 2011, determinó la presencia de sustancias, en su mayoría generadas por la industria y la existencia de diferentes grados de contaminación con riesgo de medio a alto.

La salud de la población de esta región geográfica es otra de las prioridades que el gobierno del estado ha decidido evaluar ante las denuncias de problemas de salud realizadas por la población asentada cerca de estos cuerpos de agua y exhibidas por organizaciones de la sociedad civil. La Secretaría de Salud Jalisco, a través de la Dirección General de Salud Pública, ha realizado diversos estudios entre los que se pueden citar:

- “Estudio epidemiológico de los municipios El Salto y Juanacatlán, Jalisco”. Diciembre 2004.
- “Monitoreo ambiental al parque Industrial El Salto”. Diciembre 2004, Septiembre – Octubre 2005.
- “Análisis comparativo de la Morbilidad y Mortalidad de El Salto y Juanacatlán con San Cristóbal de la Barranca”. Junio 2005.
- “Estudio de Tamizaje para la identificación de niveles de arsénico en la población del estado de Jalisco”. Mayo – Agosto 2008.
- “Percepción de la morbilidad y mortalidad entre los habitantes de El Salto y Juanacatlán comparativamente con la de Tonalá, Jalisco”. Diciembre 2009 – Enero 2010.

- “Análisis de los daños a la salud en los municipios de El Salto y Juanacatlán con relación al Estado y municipios de Jalisco”. 2011.

En 2009, la Comisión Estatal de Derechos Humanos de Jalisco (CEDHJ) emitió la recomendación 1/2009, “Violación de los derechos humanos a gozar de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, a la salud, al agua, a la alimentación, al patrimonio, a la legalidad, a la seguridad social, al desarrollo sustentable, a la democracia, al trabajo, a tener una vivienda en un entorno digno, los derechos de niñas y niños a un nivel de vida adecuado para su desarrollo físico, espiritual, moral y social”, dirigida al gobernador del Estado, al director de la Comisión Estatal del Agua, y otras autoridades de 14 municipios, instándolos a controlar definitivamente la contaminación.

La Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de Jalisco (SEMADES), desde el año 2000 ha realizado diversas acciones para hacer frente a esta compleja problemática, al igual que la Procuraduría Estatal de Protección al Ambiente (PROEPA), creada en 2006.

La PROEPA ha fortalecido el cumplimiento del marco normativo en materia ambiental, realizando acciones de seguimiento e inspección, sancionando a quienes transgreden la normatividad y la legislación en la materia. Algunas de las acciones realizadas por la SEMADES para hacer frente a la problemática ambiental del POFA son las siguientes:

- Se publica en el Periódico Oficial El Estado de Jalisco, el acuerdo mediante el cual se emiten los “Criterios Ambientales para la protección de la atmósfera en Miravalle, que por su Alta Fragilidad Ambiental son aplicables a la zona”. 23 de enero de 2007.

- Se conforma un grupo técnico de Inspección y Vigilancia integrado por diversas dependencias federales, entre ellas SEMARNAT, CONAGUA y PROFEPA, y por parte del Gobierno del Estado de Jalisco, la SEMADES, la PROEPA, el Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA) y la Comisión Estatal del Agua (CEA). 2007.

- Se forma un grupo intersecretarial para realizar acciones de solución inmediata en los diversos campos como son: salud, ambiental, aire-agua-residuos, integrándose mesas de trabajo y llevándose a cabo 8 reuniones de información, con participación de habitantes de El Salto y Juanacatlán, industriales y organizaciones de la sociedad civil de la zona afectada. 6 y 7 de marzo de 2008.

- Se inician las obras de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales El Ahogado, como parte del proyecto de Saneamiento Integral de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Noviembre de 2009.

- Se publica en el Periódico Oficial El Estado de Jalisco, el acuerdo mediante el cual se emiten los criterios ambientales que deberán observarse para la protección ambiental del Polígono con influencia en la zona de la Cuenca de El Ahogado. 2 de septiembre de 2010.

- 1era. Reunión del Órgano Técnico Mixto (OTM), constituido para dar cumplimiento a los criterios ambientales que deberán observarse para la protección ambiental del Polígono con influencia en la zona de la Cuenca de El Ahogado. 24 de marzo de 2011.

- Se realiza un Taller en Casa Jalisco con el objetivo de integrar una agenda interinstitucional para el Rescate, Saneamiento y Restauración del Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA) en torno a la Cuenca de El Ahogado y El Salto de Juanacatlán. 9 de mayo de 2011.

- Se desarrolla un Taller de Planeación para la integración de una agenda de trabajo. 20 de mayo de 2011.

- 2da. Reunión OTM. 8 de Julio de 2011.

- 3era. Reunión OTM. 5 de octubre de 2011.

- Informe Final. Monitoreo de calidad del aire: Fraccionamiento Hacienda Real, Tonalá. Emisión de ladrilleras. 01 de noviembre de 2011.

- 4ta. Reunión del OTM. Se incorpora al CIATEJ como miembro del mismo. 17 de febrero de 2012.

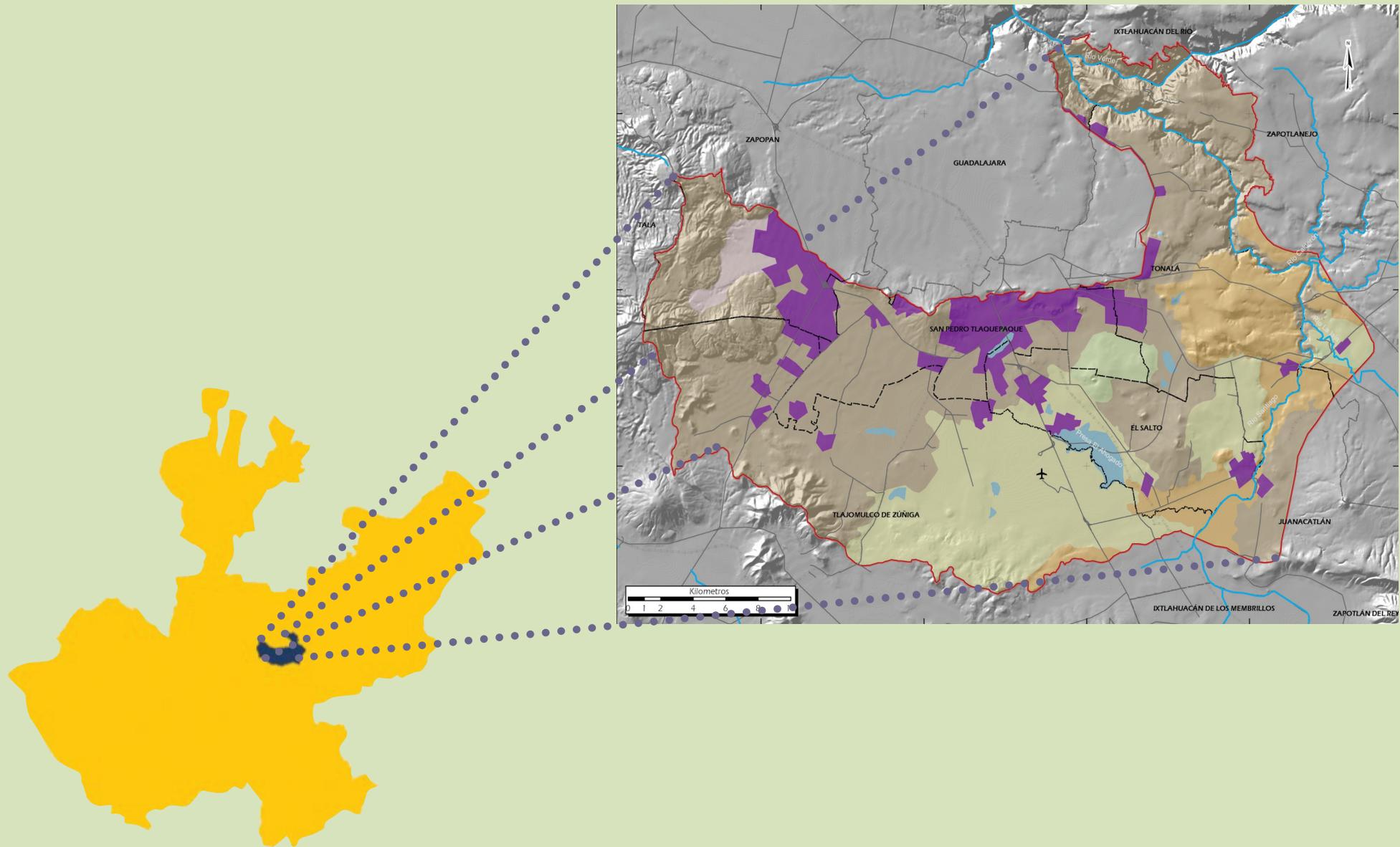
- Se inaugura y entra en operación de manera parcial la planta de tratamiento de aguas residuales de El Ahogado. 17 de marzo de 2012.

- Se difunde el “Reporte de calidad del aire y ácido sulfhídrico (H₂S) en el Polígono de Fragilidad Ambiental en torno a la Cuenca de El Ahogado y El Salto de Juanacatlán (POFA)”. 16 de diciembre de 2011- 24 de abril de 2012.

- Reporte de H₂S realizado en la primaria “Mártires del Río Blanco”, del Municipio de El Salto, Jalisco. 12 y 13 de junio de 2012.

Finalmente, los municipios, a través de sus ayuntamientos han realizado intentos para resarcir los daños ambientales, principalmente en Juanacatlán y El Salto. Sin embargo, difícilmente pueden intervenir de forma directa en asuntos que no se encuentran en su ámbito de competencia. Esta condición los limita a tomar un papel de observadores pese a que su población es la que padece las consecuencias de esta compleja problemática.

2. El Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA)





2. El Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA)

El Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA) constituye un área geográfica que involucra a 10 municipios del Estado de Jalisco, los cuales en su mayoría forman parte de la Zona Metropolitana de Guadalajara y su área conurbada. Comprende una superficie aproximada de 745.77 km². El 26% de su territorio (19,418.4732 ha), corresponde a áreas urbanas y el 74% (55,158.7691 ha) a áreas no urbanas (Gobierno de Jalisco, 2010).

El POFA incluye parcialmente a los municipios de Guadalajara, Juanacatlán, Ixtlahuacán del Río, Zapotlanejo y Tala, en mayor proporción a los de Zapopan, Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga y San Pedro Tlaquepaque y de forma íntegra al municipio de El Salto (Mapa 2.1).

En la definición del POFA contribuyeron especialistas de diversas instituciones gubernamentales, entre ellas el Instituto de Información Territorial del Estado

de Jalisco (IITEJ), la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES), la Comisión Estatal del Agua (CEA), y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), así como representantes de los 10 municipios involucrados.

El POFA se considera como la región más dinámica del estado por su crecimiento poblacional. En el 2010, la población dentro del área delimitada por el POFA era de aproximadamente 1'206,560 habitantes que equivale al 26.5% del total de los 10 municipios y al 16.4% con respecto a la población estatal.

2.1. Delimitación geográfica

Geográficamente el área del POFA se localiza entre las coordenadas UTM:

X=691705.87733, Y=2264679.179871;
X=654683.819247, Y=2269431.611452;
X=654371.949941, Y=2286282.46506; y
X=685582.482101, Y=2294077.809458,

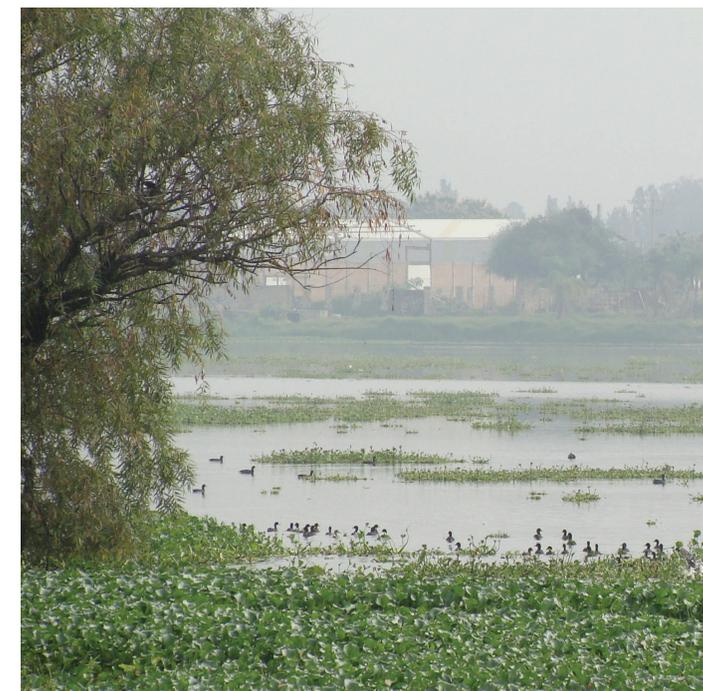
con una altitud media de 1,550 metros sobre el nivel del mar. Ubicada en la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico, dentro de la subprovincia de Chapala.

El POFA comprende de manera íntegra la Cuenca de El Ahogado, localizada al sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara, cubriendo la parte central del Valle de Toluquilla, cuyo rango de altitud varía entre los 1,500 y 1,600 m.s.n.m. Se encuentra rodeado de una serie de estructuras cerriles de origen volcánico como son los cerros: El Cuatro, La Cola, La Punta, Escondido y San Bartolo, con elevaciones por arriba de los 1,700 m.s.n.m.

Por el lado oeste de la Cuenca El Ahogado, se tiene la presencia de los cerros Pelón, La Cuchilla y Las Latillas, con elevaciones de hasta 1,900 m.s.n.m.

Por su ubicación en la zona centro del Estado de Jalisco, en el área del POFA predomina de forma general el clima de tipo cálido subhúmedo. La precipitación media anual varía entre los 800 y 1,000 mm; la temperatura media anual oscila entre los 18 y 22 °C; predominan los vientos con dirección del este, sobre todo en los meses de julio a octubre, y durante el resto del año predominan los vientos hacia el oeste.

El POFA tiene una red hidrográfica conformada por las corrientes intermitentes y perennes de la microcuenca de la presa de Las Pintas que se alimenta por el



Presa de "Las Pintas"

Mapa: 2.1

Polígono de Fragilidad Ambiental



Simbología

- Límite municipal
- Polígono de Fragilidad Ambiental
- Zona urbana
- Cuerpo de agua
- Río
- Carretera
- Vía férrea
- Aeropuerto



Proyección cartográfica:
 Universal Transversa de Mercator (Zona 13N)
 Datum:
 International Terrestrial Reference Frame 1992

Fuente: INEGI, Conjunto de Datos Vectoriales
 1:50 000
 Marco Geoestadístico 2010

Modelo Digital de Elevación (INEGI)





Cascada de "El Salto de Juanacatlán"

Arroyo del mismo nombre y sobre el cual se localizan los pequeños embalses El Cajón y Las Rusias en la parte alta y que desemboca en el vaso regulador Las Pintas.

La microcuenca Las Pintas es drenada por diversos arroyos sin nombre de carácter temporal, siendo sus corrientes principales: el Arroyo Garabatos, que después se convierte en Arroyo Seco y por sus afluentes Arroyo Grande, Teistínque, Puenteitos, Nueva España, San Sebastianito y El Tecolote entre otros. Este sistema hidrográfico descarga en el embalse de la presa de El Ahogado.

En este sistema también destaca el canal Las Pintas cuyas aguas sirven para riego y otros usos. Las descargas de la presa El Ahogado continúan por el arroyo del mismo nombre aproximadamente 8.7 km, hasta su confluencia en el margen izquierdo del Río

Santiago. El POFA comprende también un tramo del Río Santiago en ambas márgenes, que va desde este punto hasta el sitio denominado Arcediano, cuya longitud aproximada es de 45.0 km.

2.2. Problemática ambiental

Es indiscutible que la zona definida por el POFA presenta afectación y desequilibrio ambiental que se refleja en el deterioro de los recursos naturales tales como: agua, atmósfera y suelo. Esto como resultado del desarrollo de actividades productivas relacionadas con el ramo industrial y la prestación de servicios que está asociado al crecimiento urbano y poblacional de la región. Los efectos de esta problemática, se manifiestan en el deterioro y afectación de la salud y la calidad de vida de la población.

Con el paso del tiempo, esta problemática ha evolucionado de tal manera que es necesaria la intervención de las autoridades. Las constantes denuncias de la población, la presión ejercida por distintas organizaciones sociales y la intervención del sector académico al desarrollar diversos estudios de la problemática en la zona (principalmente en la Cuenca de El Ahogado), ha obligado a las instancias gubernamentales a encarar la situación y plantear acciones que enfocadas en conjunto lleguen a resolver dicha problemática.

Ante este escenario, la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES), exhortó al ejecutivo a emitir los criterios que deberán observarse para la protección ambiental del Polígono con

influencia en la Cuenca de El Ahogado (Gobierno de Jalisco, 2010).

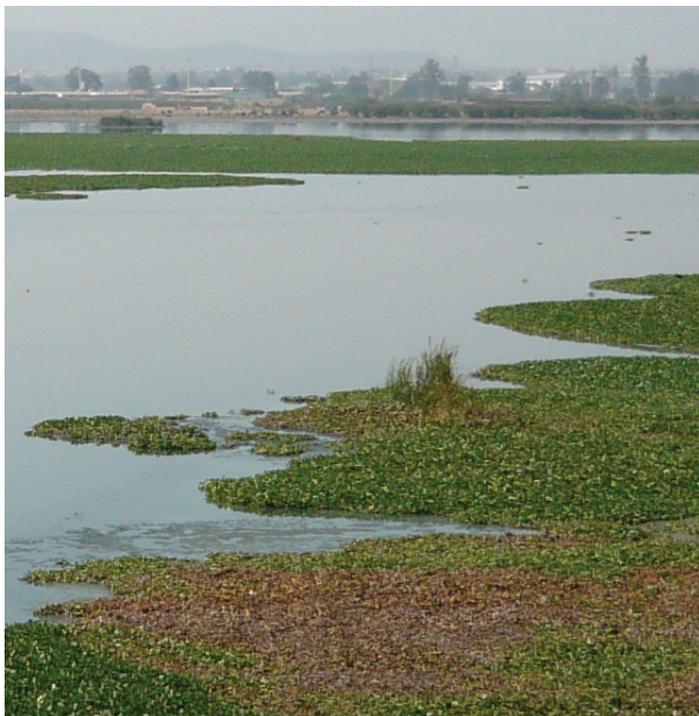
La conformación del Órgano Técnico Mixto (OTM) instaurado el 21 de febrero de 2011, es el que ha definido los criterios para dar seguimiento a la problemática del POFA, y está en la búsqueda de una solución definitiva, apoyado por el Gobierno del Estado de Jalisco, con respaldo del Gobierno Federal y de los Ayuntamientos involucrados.

2.3. El origen de la problemática

La problemática socio-ambiental en el POFA es resultado de la combinación de diversos factores (crecimiento de la población, demanda de vivienda, etc.), que asociados con las deficientes políticas de planeación emprendidas por algunos ayuntamientos, han generado un crecimiento urbano desordenado, y una distribución desequilibrada de la población, así como el desarrollo de actividades económicas.

El origen de la problemática del POFA se manifiesta principalmente a través de cuatro factores:

- La explotación de los recursos disponibles por la población en crecimiento.
- La contaminación ambiental.
- La destrucción y afectación de ecosistemas naturales.
- La pérdida de suelos agrícolas por la expansión del área urbana.



Presa de "El Ahogado"

2.3.1. El crecimiento poblacional

El crecimiento de la población es un fenómeno que se traduce en el incremento del número de habitantes en algunas localidades. En ocasiones ligado a la posibilidad de tener acceso a mejores servicios públicos, oportunidades de educación y trabajo, entre otras razones, lo que motiva a la población a desplazarse a los asentamientos más poblados trayendo en consecuencia el crecimiento desproporcionado de las ciudades.

El crecimiento desproporcionado de la ZMG ha generado un conglomerado urbano totalmente desarticulado, carente de sistemas eficientes de movilidad, con servicios públicos colapsados,

afectando la calidad de vida de la población. La falta de previsión para orientar el crecimiento de las zonas urbanas que se poblaron en forma anárquica, ha traído tensiones y marginación social en algunas zonas.

Hasta la década de 1970, el crecimiento poblacional se centraba en los municipios de Guadalajara, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan. En términos absolutos, durante el periodo 1970-2010, los municipios con mayor crecimiento poblacional fueron Guadalajara y Zapopan; pero en la década 2000-2010 la situación cambió, ya que en términos proporcionales los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, El Salto y Tonalá presentaron un incremento poblacional de entre el 237, 65 y 42%, respectivamente. Únicamente Zapopan tuvo un incremento absoluto equiparable al de Tlajomulco de Zúñiga.

Para el año de 2010, resulta importante observar la tendencia del municipio de Guadalajara, ya que su población manifestó una reducción en cuanto a su número de habitantes respecto al censo del año 2000. Este fenómeno es atribuido a que la población está cambiando de residencia hacia los municipios conurbados. Esto implica el desdoblamiento de la zona centro y los cambios de uso del suelo (de habitacional a comercial y de servicios) (COEPO, 2008).

Como resultado de esta dinámica, la concentración poblacional en los municipios que integran el POFA se ha incrementado gradualmente siendo más evidente en Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga.

La migración

La ciudad de Guadalajara como capital del estado, ha sido un polo de atracción para los flujos migratorios internos y de los estados colindantes, debido a las actividades económicas que se han desarrollado en su entorno, y que incluyen al POFA.

Considerando que los procesos económicos son los principales generadores de cambio urbano y el patrón migratorio de la región; entre las actividades con mayor incidencia se encuentran las industriales, las comerciales y las agropecuarias. En este sentido, la economía, los flujos migratorios, el crecimiento poblacional y urbano dependen unos de otros.

La migración contribuye significativamente en el desarrollo y surgimiento de los asentamientos regulares e irregulares en áreas urbanas y la creación de nuevos centros de población, muchos de los cuales con frecuencia se encuentran ubicados en áreas no aptas para el desarrollo habitacional.

La ZMG y su zona conurbada que actualmente está formalmente integrada por ocho municipios: El Salto, Ixtlahuacán de los Membrillos, Juanacatlán, Guadalajara, Tlajomulco de Zúñiga, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan, son receptoras de la población migrante del resto del estado, de otras entidades del país y del extranjero.



Viviendas en la colonia Santa Cecilia en el límite de la barranca de Oblatos.

2.3.2. El fenómeno del crecimiento urbano

La expansión y desarrollo de las áreas urbanas generan una serie de impactos de carácter económico, ambiental y social que derivan del cambio de uso del suelo, generando procesos de contaminación.

Las ciudades requieren agua, alimentos y energía para sostener sus procesos, y el consumo o transformación de bienes y servicios generan copiosas cantidades de residuos sólidos y líquidos, además de contaminantes de la atmósfera, que afectan ecosistemas locales y distales (SEMARNAT, 2010).

Desde esta perspectiva, el crecimiento poblacional, urbano y el deterioro ambiental guardan una estrecha relación. Cuando los dos primeros ocurren de una manera no planeada pueden elevar los niveles de vulnerabilidad y poner en riesgo a la población.

El incremento de población por el crecimiento natural o migración, demanda la apertura de nuevos espacios para habitar. La desequilibrada relación entre la oferta y la demanda no tarda en generar conflictos entre la vocación natural y los usos del suelo.

De esta manera, la degradación del espacio urbano como la expansión del mismo comienzan a impactar negativamente a los ecosistemas (SEGOB, 2009). En el caso de la ZMG, este proceso ha sido relevante para el POFA, siendo afectado por su dinámica poblacional y la expansión de las áreas urbanas.

A partir de la década de 1970, la presión sobre el uso de suelo periférico para la construcción de vivienda y el desarrollo de actividades económicas comenzó a manifestarse de una manera poco significativa en el sentido de superficie incorporada a la ZMG. Sin embargo, localidades lejanas del núcleo principal comenzaron a consolidarse, expandiéndose perimetralmente hasta principios de 1980, incorporando una superficie de 125 ha.

Para la década 1980-1990, se inició la urbanización de espacios intermedios entre el núcleo central y estas localidades, debido a la política de promoción de vivienda adoptada por el gobierno federal a través de instituciones como el INFONAVIT y el FOVISSTE, lo

que contribuyó al incremento de la superficie urbana, alcanzando las 7,342 ha.

La década de mayor crecimiento fue la de 2000-2010, cuando el área urbana incorporada cambió de 9,744 a 22,607 ha, lo que representó un incremento neto aproximado del 132% al área ya existente.

La expansión durante este período ocurrió en zonas ejidales próximas al Bosque La Primavera y a lo largo de la carretera a Colima dentro de los municipios de Tlajomulco de Zúñiga y Zapopan; otra zona de expansión fue el valle de Toluquilla, donde se construyeron mega desarrollos tales como Santa Fe y Chula Vista. En el municipio de Tonalá, se desarrolló el complejo denominado Paseos del Santiago (Urbivillas), en los límites con la barranca del Río Santiago, donde aún sigue creciendo el número de desarrollos habitacionales.

2.3.3. Los procesos territoriales de fusión y conurbación

El crecimiento y expansión de la ciudad de Guadalajara ha pasado por diversas etapas a través de su historia. Entre 1960 y 1970, la ciudad inició su expansión en toda su periferia, conectándose con localidades lejanas en aquel tiempo tales como: San Andrés, Huentitán el Alto y Huentitán el Bajo.

La cercanía con el municipio de Zapopan y San Pedro Tlaquepaque consolidó dicha expansión, y en la siguiente década se extendió hasta Tonalá.



Aspecto actual de la primera hidroeléctrica construida en Latinoamérica (margen izquierdo) del Río Santiago en el punto denominado El Salto de Juanacatlán

La expansión hacia el norte de la ciudad se vio frenada por la presencia de la barranca del Río Santiago, lo que condicionó el crecimiento del área urbana hacia los municipios de Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, El Salto y Tlajomulco de Zúñiga.

La expansión de la ciudad de Guadalajara provocó la adhesión de los territorios circundantes y la fusión de localidades periféricas, consolidando lo que se conoce actualmente como la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG).

La metropolización

El proceso de metropolización se define como la dinámica espacial generada por los cambios producidos por la asociación tendencial o inducida de redes de ciudades o aglomeraciones urbanas constituyendo un conglomerado urbano con características comunes: económicas, sociales, funcionales y productivas, que definen flujos de bienes, personas y recursos financieros (CESOP, 2006).

Este fenómeno ocurre cuando una ciudad, independientemente de su tamaño, rebasa su límite territorial político-administrativo para conformar un área urbana ubicada en dos o más municipios.

En otras palabras, la metropolización de una ciudad ocurre cuando la expansión de un área urbana se desarrolla sobre el territorio perteneciente a uno o más municipios aledaños al núcleo de población en crecimiento (Sobrino, 2003).

La metropolización de la Zona Metropolitana de Guadalajara ha pasado por tres fases, la primera de ellas se remonta a la década de 1970-1980, cuando el crecimiento natural de la población en la capital del estado alcanzó un millón de habitantes y el continuo urbano se desarrolló de tal forma, que el área urbana del primer municipio en incorporarse fue San Pedro Tlaquepaque, seguido de Zapopan y por último Tonalá, consolidando la primera fase de metropolización hasta principios de la década de 1980.

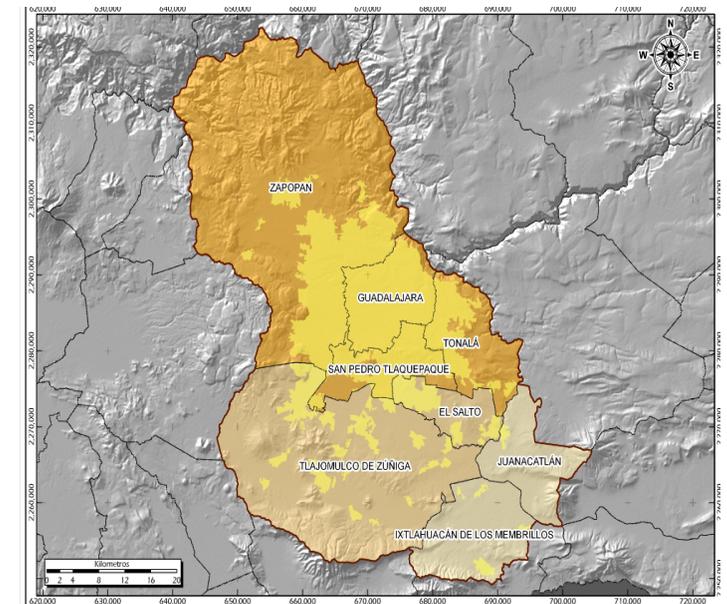


Figura 2.1. Fases de formación y consolidación de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Fuente: Conjunto de datos vectoriales de Uso del suelo y vegetación series I, II, III y IV. Escala 1:250 000. INEGI, 2012 Marco Geoestadístico Nacional, 2010.

La segunda fase comienza en la década de 1990, la apertura de vías de acceso a la ciudad y la ampliación del anillo periférico, condujo a la conexión con la cabecera y los poblados de los municipios de Tlajomulco de Zúñiga y El Salto. Por último, en la tercera fase que ocurre entre los años 2000 y 2010, se incorporan los territorios de los municipios de Ixtlahuacán de los Membrillos y Juanacatlán.

De esta forma la ZMG está formalmente integrada por el territorio de ocho municipios: El Salto, Guadalajara, Ixtlahuacán de los Membrillos, Juanacatlán, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, Zapopan, (Figura 2.1).

2.3.4. La industrialización

La actividad industrial ha sido considerada como generadora de contaminación e impactos ambientales. La industria se instaló en lugares donde había disponibilidad de mano de obra y proximidad de los mercados para los productos industriales, que se concentró en las ciudades (SEMARNAT, 2000).

Los efectos ambientales de la actividad industrial se hicieron evidentes con el incremento de residuos contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos, en el suelo, agua y atmósfera. En la actualidad, las grandes concentraciones de estos residuos representan riesgos potenciales a la salud de la población.

Durante cuatro décadas (1940-1980), la estrategia de desarrollo nacional se centró en el impulso de la industrialización a través de la sustitución de importaciones. El medio fundamental fue la intervención directa del estado en la economía, que incluía la protección de un mercado interno.

La industrialización subordinó el desarrollo de las demás actividades económicas, particularmente las del sector primario, generando un modelo de explotación intensiva y extensiva de los recursos naturales, y un desarrollo urbano industrial que no previó sus efectos ambientales.

Las políticas de industrialización no pronosticaron ni regularon adecuadamente sus resultados en términos de manejo de residuos, emisión de contaminantes a la atmósfera o descargas en los cuerpos de

agua, y tampoco previeron la presión que se estaba ejerciendo sobre los recursos naturales y energéticos (SEMARNAT, 2012).

El problema de la contaminación del Río Santiago se puede remontar a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, con el inicio de la construcción de la planta textil Río Grande en 1896, a la que se denominó “Compañía Industrial Manufacturera S.A.”.

Durante el periodo de 1930 a 1960, desde su origen en el extremo noroeste del Lago de Chapala y a lo largo del cauce del Río Santiago, se instalaron paulatinamente una serie de industrias, comenzando en 1932 con el emplazamiento de la empresa de origen suizo NESTLE, en la periferia de la entonces Villa de Ocotlán. En 1947 se instaló en el pueblo de Cuitzeo, municipio de Ponciltán la empresa CELANESE MEXICANA del ramo textil.

En la década de 1960 se formó el corredor Industrial de El Salto, a partir de entonces se instalaron empresas transnacionales en las márgenes del Río Santiago. Es importante destacar la presencia de empresas como CIBA GEIGY, ubicada sobre el margen izquierdo del Río Santiago y cerca de la localidad de Atotonilquillo en el municipio de Chapala; y la empresa Celulosa y Derivados S.A (CYDSA).

En la década de 1970, se consolidó el corredor Industrial Ocotlán-El Salto, instalándose empresas de diversas ramas industriales (electrónica, química, metal mecánica); la presencia de estas empresas ha tenido graves manifestaciones y cambios en las



Confluencia de Río Santiago con el Río Verde

condiciones de calidad del agua y el entorno inmediato del Río Santiago.

Estos proyectos fueron pioneros en su tiempo, derivados de una política de estado tendiente a desarrollar y fortalecer la actividad industrial, lejos de las áreas habitacionales y aceptados por los pobladores de las cabeceras municipales de El Salto y Juanacatlán, así como de localidades próximas como Atequiza y Atotonilquillo. Estos proyectos representaban una fuente de empleo permanente para la población económicamente activa y en consecuencia, el acceso a un mejor nivel de vida (Lara, 2008).

Desafortunadamente, en su momento no existía un marco jurídico sólido en materia ambiental, y la escasa regulación existente cedió ante la presión de crear fuentes de empleo y al impulso del sector industrial, promovido por el gobierno estatal dada su importante aportación al Producto Interno Bruto.

3. Condición natural del POFA





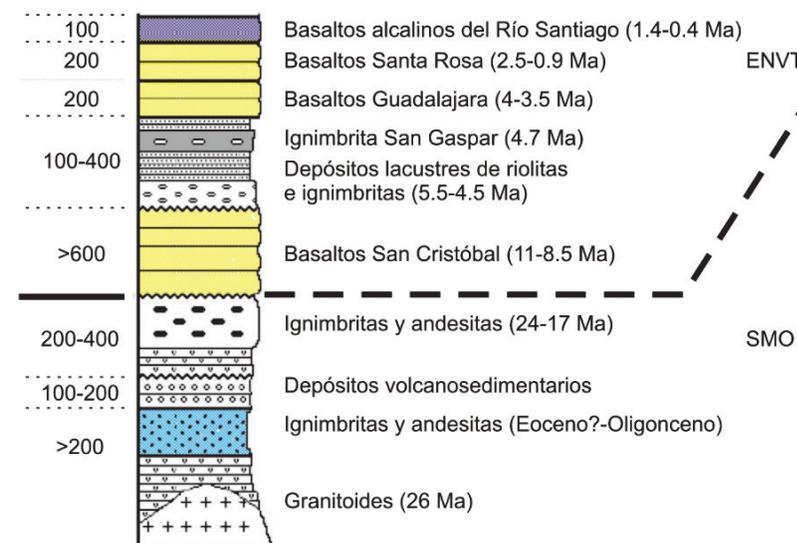
3. Condición natural del POFA

Este capítulo describe las características físicas de los elementos naturales del área de estudio. Entre estos elementos hay algunos que permanecen sin cambios naturales aparentes tales como las litología, suelo y morfología del terreno; y otros como el clima, recursos hídricos, cobertura vegetal y fauna que son susceptibles a cambios significativos ante mínimas variaciones en las condiciones ambientales de la región.

3.1. Marco Geológico

Existen gran variedad de estudios que exponen la secuencia temporal y la distribución espacial de los eventos geológicos en la región del POFA. A continuación se presentan los resultados que describen las características de las unidades litológicas del área de estudio.

San Cristóbal-Santa Rosa



Pozos de La Primavera

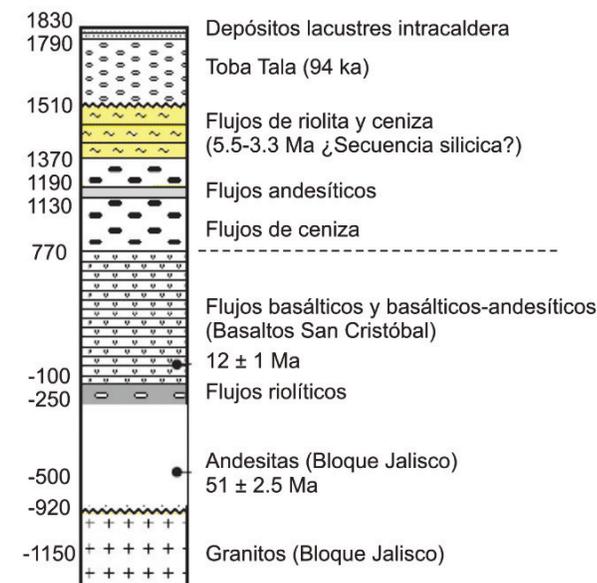


Figura 3.1. Perfiles estratigráficos del área del POFA. En ambas secuencias estratigráficas se observan rocas cristalinas sepultadas por material volcano sedimentario de la actividad de SMO, y por una secuencia de rocas basálticas y riolíticas provenientes de la actividad efusiva del ENVT. Modificado de Ferrari, et al., 1999.

3.1.1. Estratigrafía regional

El área del POFA se extiende hacia el sur y oriente de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). La estratigrafía de la región está constituida por rocas que pertenecen a tres grandes secuencias geológicas: El Basamento cordillerano del Bloque Jalisco (BJ); el vulcanismo de la Sierra Madre Occidental (SMO) y al vulcanismo del Eje Neovolcánico transmexicano (ENVT) (Ferrari et al., 1999). Un perfil estratigráfico cercano a la presa Santa Rosa exhibe el contacto entre la secuencia de rocas derivadas de SMO y el ENVT (Figura 3.1).

Los perfiles estratigráficos del campo geotérmico del área central de Sierra La Primavera registran

la presencia de rocas cristalinas pertenecientes al basamento del Bloque Jalisco. Por encima de esta unidad yacen rocas formadas durante la etapa de desarrollo del ENVT, representadas por derrames basálticos de la unidad San Cristóbal (Figura 3.1). En la Tabla 3.1 se describe la secuencia estratigráfica que se encuentran en el POFA.

3.1.2. Unidades litológicas en el POFA

La litología que aflora entorno al POFA corresponde al período del Mioceno tardío y el Pleistoceno. Las principales unidades están constituidas por basaltos y riolitas que afloran en los límites de la Cuenca de El Ahogado y la barranca del Río Santiago, estas

Tabla 3.1. Secuencia estratigráfica entorno al POFA.

Secuencia	Características
Bloque Jalisco	Formado por una secuencia de rocas volcánicas de lavas riolíticas y andesíticas, depósitos volcanoclásticos y rocas sedimentarias marinas, desarrollada entre el Cretácico tardío y el Paleoceno tardío (Gastil et al., 1978). La secuencia estuvo expuesta a metamorfismo de grado medio, plegamiento y callamiento, y fue intruida por rocas plutónicas de granito, granodiorita y tonalita que se emplazaron durante el Cretácico tardío y el Eoceno medio (Ferrari et al., 1999). Este bloque se encuentra a más de 100 m de profundidad, respecto al nivel medio del mar (Ferrari et al., 1999).
Sierra Madre Occidental	Sus afloramientos se observan al norte de La Primavera, en la barranca del Río Santiago, próximos a la Presa Santa Rosa, al sur y oriente del Lago de Chapala (Rossotti et al., 2002). La composición y edad de estos afloramientos son semejantes a las ignimbritas de la región norte de Jalisco y los estados de Zacatecas y Durango (Moore et al., 1994; Webber et al., 1994). La columna estratigráfica de la Sierra La Primavera demuestra que en la secuencia estratigráfica de la ZMG y sus alrededores, existe un vacío de ~10 Ma entre la última capa emitida por la actividad de la SMO y la primera que dio origen de la Provincia del Eje Neovolcánico (Rossotti et al., 2002).
Eje Neovolcánico Transmexicano	La región occidental de esta provincia tuvo su origen con el vulcanismo del Mioceno medio-tardío (Rossotti et al., 2002), y está relacionado directamente con la subducción de la Placa Rivera y la Dorsal del Pacífico Oriental (Demant, 1979). Esta provincia se caracteriza por el cambio y la alternancia en la composición dominante del magma producido por la actividad volcánica de esta región.

unidades pertenecen a la secuencia de rocas formadas dentro de la Provincia del Eje Neovolcánico. La parte central de la Cuenca está cubierta por depósitos sedimentarios provenientes de estas rocas Mapa 3.1.

En el sector norte del POFA y dentro de la Barranca del Río Santiago hay afloramientos del basalto Mirador Ixcatán que se depositaron durante el Plioceno. El límite de la Cuenca de El Ahogado que definen el sector norte, está constituido por derrames y conos cineríticos

de composición basáltica y andesítica conocidos como Cadena Volcánica del Sur de Guadalajara (Cerros: El Gachupín, Santa María, del Cuatro, Tapatío, La Cola, de la Reina, La Punta, San Bartolo, San Martín y El Papantón de Juanacatlán).

Estos derrames se produjeron durante el Plioceno-Pleistoceno, previo a la formación del Complejo Volcánico de La Primavera. El límite sur de la cuenca está sobre una secuencia de lavas andesíticas a

basálticas (Cerro Sacramento); inmediatamente y en dirección al noroeste yace un domo silíceo formado por los cerros: La Cruz, Patomo, Latillas y La Herradura, además de un cono cinerítico denominado Cerro Totoltepec, ambas unidades se desarrollaron durante el Pleistoceno (Rosas-Elguera et al., 1997).

El sector occidental del POFA está formado por un conjunto de domos riolíticos desarrollados durante el Pleistoceno tardío, pertenecientes a la Sierra La Primavera (El Colli, El Tajo, La Culebra, Las Planillas, El Tule, La Cuesta, Las Pilas, El Chapulín y Mesa El Najahuete).

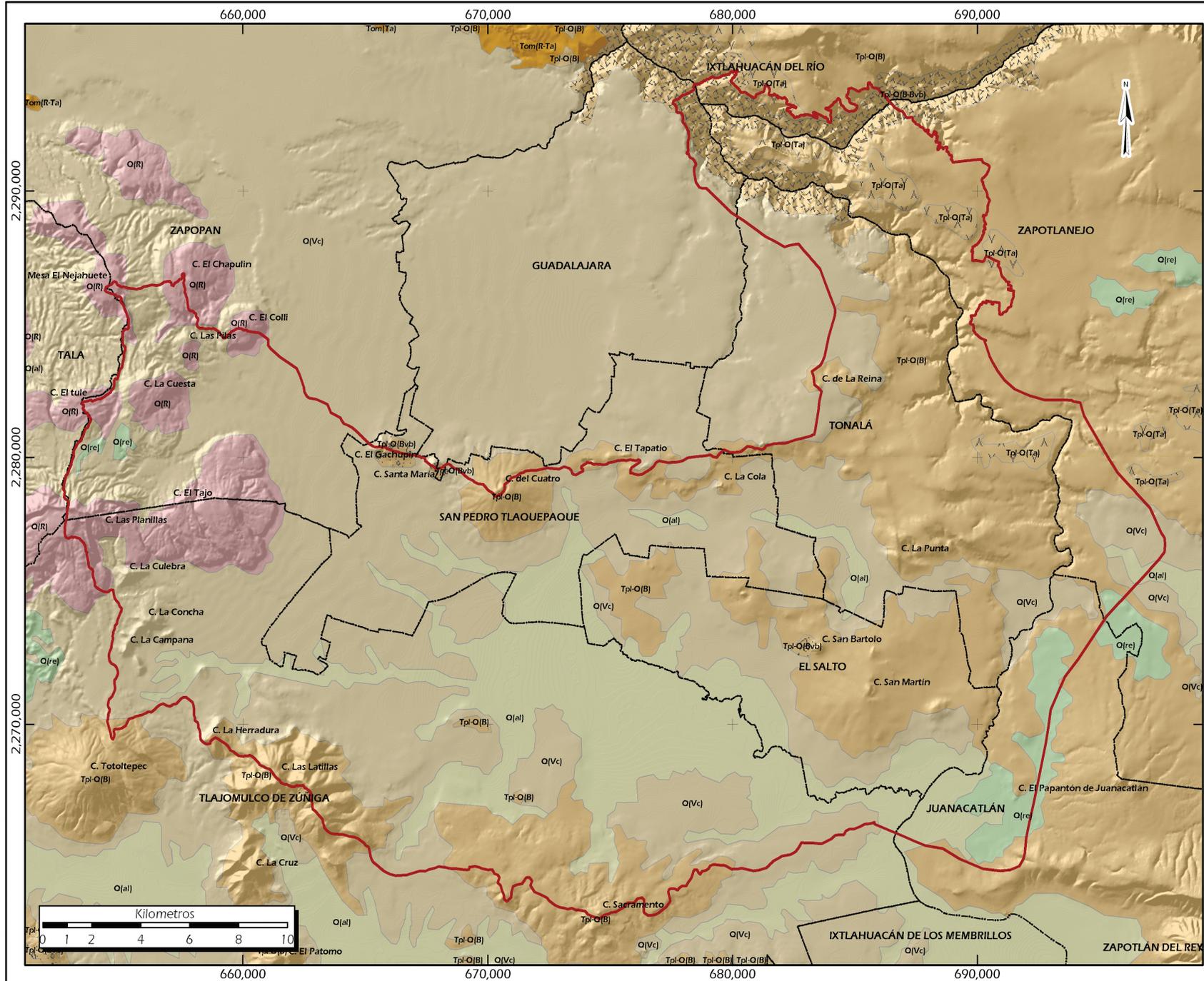
El piedemonte y planicies de la cuenca de El Ahogado y las terrazas en el Río Santiago están cubiertas por depósitos volcanoclásticos derivados de la actividad volcánica de la Sierra La Primavera que inició ~120 Ka; Por último, las secciones bajas en los canales de los Arroyo: Seco (Grande), La Teja, El Guayabo, El Mulato, El Cuervo, Presa Reventada (El Maleno) y De Enmedio, así como la planicie de inundación de la cuenca de El Ahogado están cubiertos por depósitos aluviales derivados del material de las estructuras entorno al POFA.

3.1.3. Geomorfología

La geomorfología estudia el origen y los procesos que producen los cambios del relieve sobre la superficie terrestre. Estos cambios se caracterizan por medio de la morfometría.

Mapa: 3.1

Geología



Simbología

Unidades litológicas

Pleistoceno

- Suelo residual -Q[re]-
- Suelo aluvial -Q[al]-
- Volcanoclásticos -Q[Vc]-
- Riolita -Q[R]-

Plioceno

- Basalto -Tpl-Q[B]-
- Basalto-Brecha volcánica -Tpl-Q[Bvb]-
- Brecha volcánica -Tpl-Q[Bvb]-
- Toba ácida -Tpl-Q[Ta]-

Mioceno

- Riolita-Toba ácida -Tom[R-Ta]-
- Toba ácida -Tom[Ta]-

Limite municipal

Polígono de Fragilidad Ambiental



Proyección cartográfica:
 Universal Transversa de Mercator (Zona 13N)
 Datum:
 International Terrestrial Reference Frame 1992

Fuente: INEGI, 1989. Carta geológica.
 Escala 1:250,000

Modelo Digital de Elevación (INEGI)



Entre los principales factores que inciden en la transformación de la topografía están los procesos tectónicos, la resistencia de las rocas, cambios estáticos y variaciones climáticas (Burbank y Anderson, 2001; Whipple, 2004; Wobus et al., 2006).

Los efectos de estos factores se reflejan directamente en los sistemas de cuenca, la cual se convierte en la unidad básica de estudio. Particularmente, las redes de drenaje representan uno de los elementos más sensibles a los cambios o contrastes morfológicos, por esto se vuelve importante su estudio.

Las cuencas del Río La Laja y Río Calderón son dos grandes sistemas localizados sobre la vertiente oriental del Río Santiago, aunque no están completamente dentro del área del POFA, si desembocan en él de forma directa, esto tiene relevancia por la contribución de caudales al Río Santiago.

La caracterización morfométrica expone el estado actual del sistema de subcuencas dentro de los límites del POFA, y contribuye significativamente al conocimiento geomorfológico aportando elementos de análisis que señalan los contrastes entre las condiciones actuales y las que se pudieron haber mantenido sin el crecimiento urbano.

a) Índices y parámetros geomorfológicos

Pendiente del terreno. El modelo de pendientes del terreno expone cambios significativos en la topografía del POFA (Mapa 3.2A). La mayor parte de su superficie presenta una pendiente predominante

menor a 3 grados de inclinación, manifestándose sobre la planicie de la Cuenca de El Ahogado y sobre una superficie de terrazas entorno al cauce del Río Santiago y extendiéndose hasta la localidad de Puente Grande.

La Barranca del Río Santiago y el entorno a las estructuras volcánicas del POFA presentan pendientes de mayor inclinación entre 30° y 45°, y en algunas superficies rebasan los 45°. La topografía de las paredes de la barranca se vuelve más escarpada conforme incrementa la incisión del Río Santiago. En el caso de los domos riolíticos de la Sierra La Primavera, la cima de estas estructuras está dominada por pendientes que van de 7° a 30° de inclinación.

Integral y curva hipsométrica. El análisis hipsométrico del POFA indica que las estructuras volcánicas de la Sierra La Primavera y parte de los sistemas volcánicos de los límites norte y sur han contribuido a la acumulación del volumen de masa en la sección alta de las subcuencas. La sección central de la cuenca de El Ahogado tiene una topografía semejante a la cuenca del Valle de Atemajac, estos dos sistemas están divididos por la Cadena Volcánica del Sur de Guadalajara.

No obstante sus similitudes, la dirección del flujo de drenaje y la incisión del Río Santiago son dos condiciones que marcan un contraste significativo en la morfología de ambos sistemas. La dirección del drenaje del Valle de Atemajac fluye hacia el norte, mientras que el drenaje de la cuenca de El Ahogado fluye al oriente.

La incisión del Río Santiago es más profunda en la parte donde desembocan los sistemas de drenaje del Valle de Atemajac, San Andrés, Osorio, San Gaspar y Coyula; la incisión es poco significativa en la parte alta del Río Santiago, justo donde desemboca la cuenca de El Ahogado (Mapa 3.2B). La integral hipsométrica indica un incremento del volumen de masa conforme nos movemos aguas abajo a través del cauce del Río Santiago. Esta distribución de masa confirma el marcado contraste en las condiciones de incisión de los sistemas de drenaje que descargan entre la parte baja y alta del Río Santiago (Figura 3.2).

En los primeros 27 kilómetros en dirección aguas abajo, se observan valores bajos que describen una morfología del tipo Monadnock (Strahler, 1952), estos valores caracterizan las superficies predominantemente semiplanas de la cuenca de El Ahogado y el sistema de terrazas que se desarrolla alrededor del Río Santiago (Figura 3.3-ABC).

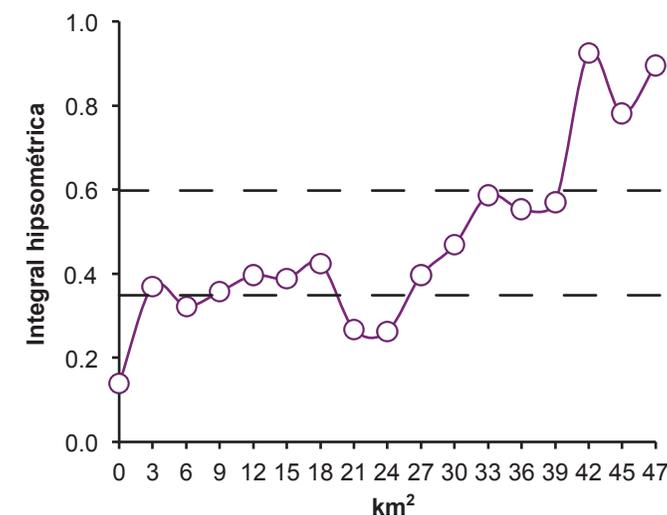
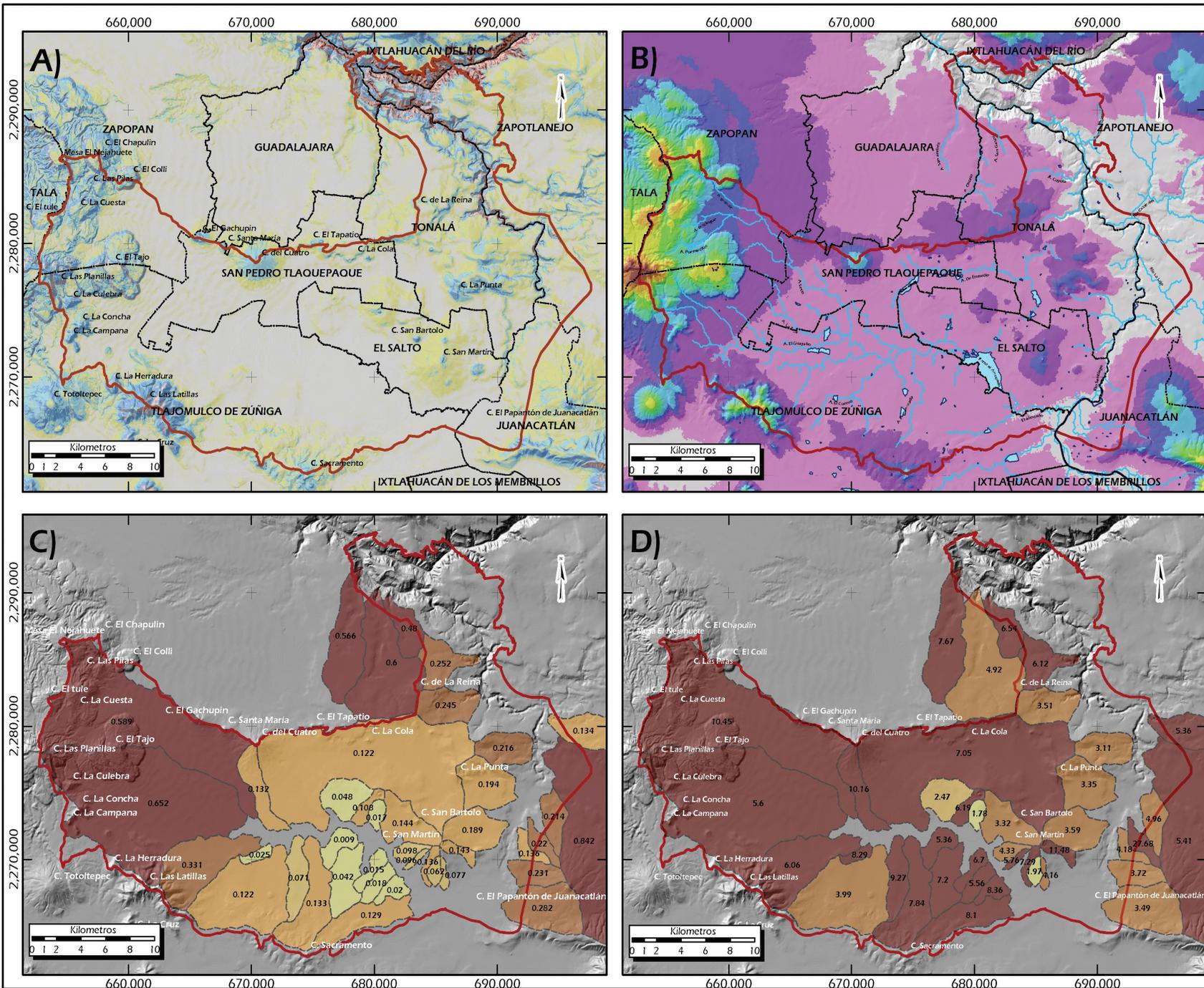


Figura 3.2. Valores de la integral hipsométrica a lo largo del cauce del Río Santiago.

Mapa: 3.2

Morfometría del Polígono de Fragilidad Ambiental (Terreno)



Simbología

A) Pendiente del terreno (grados)

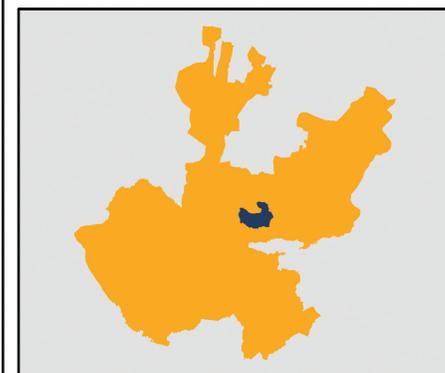
B) Integral hipsométrica

C) Relieve de subcuencas (km)

D) Elongación de Subcuencas

Legend:

- Límite municipal
- Polígono de Fragilidad Ambiental
- Límite de subcuenca
- Cuerpos de agua
- Escorrentamiento superficial



Proyección cartográfica:
 Universal Transversa de Mercator (Zona 13N)
 Datum:
 International Terrestrial Reference Frame 1992

Fuente de los datos:
 The Shuttle Radar Topography Mission, 2000.

Modelo Digital de Elevación (INEGI)



Más adelante entre los kilómetros 27 y 39, la integral hipsométrica exhibe subcuencas con alto grado de disección (39-59%) (Figura 3.3-DEF). Son subcuencas que tienen una morfología erosionada por el constante descenso del nivel base del Río Santiago.

Las subcuencas que desembocan en los últimos 8 kilómetros (km 39-47), en comparación con las subcuencas de la sección alta del Río Santiago, tienen un volumen de roca muy alto, (Figura 3.3-GHI), representan el volumen de masa de las secuencias estratigráficas del Bloque Jalisco y el Eje Neovolcánico Transmexicano.

La curva hipsométrica exhibe la pérdida de una pequeña cantidad de roca debido al proceso de disección del Río Santiago, ese volumen perdido derivó de las paredes del cañón adyacente al cauce del Santiago.

El descenso del nivel base del Río Santiago representa uno de los principales factores por los que la tasa de incisión del sistema de drenaje en las subcuencas tributarias se ha incrementado significativamente. La propagación del proceso de erosión aguas arriba es evidente en secciones de cauces donde la pendiente cambia abruptamente, estas secciones son conocidas como *knick points* (Burbank y Anderson, 2001).

El Salto de Juanacatlán es una sección representativa de estos *knick points*, expresa el avance de la incisión sobre el Río Santiago. A consecuencia de este proceso de propagación, el trabajo de la corriente del Río Santiago ha favorecido la formación de una

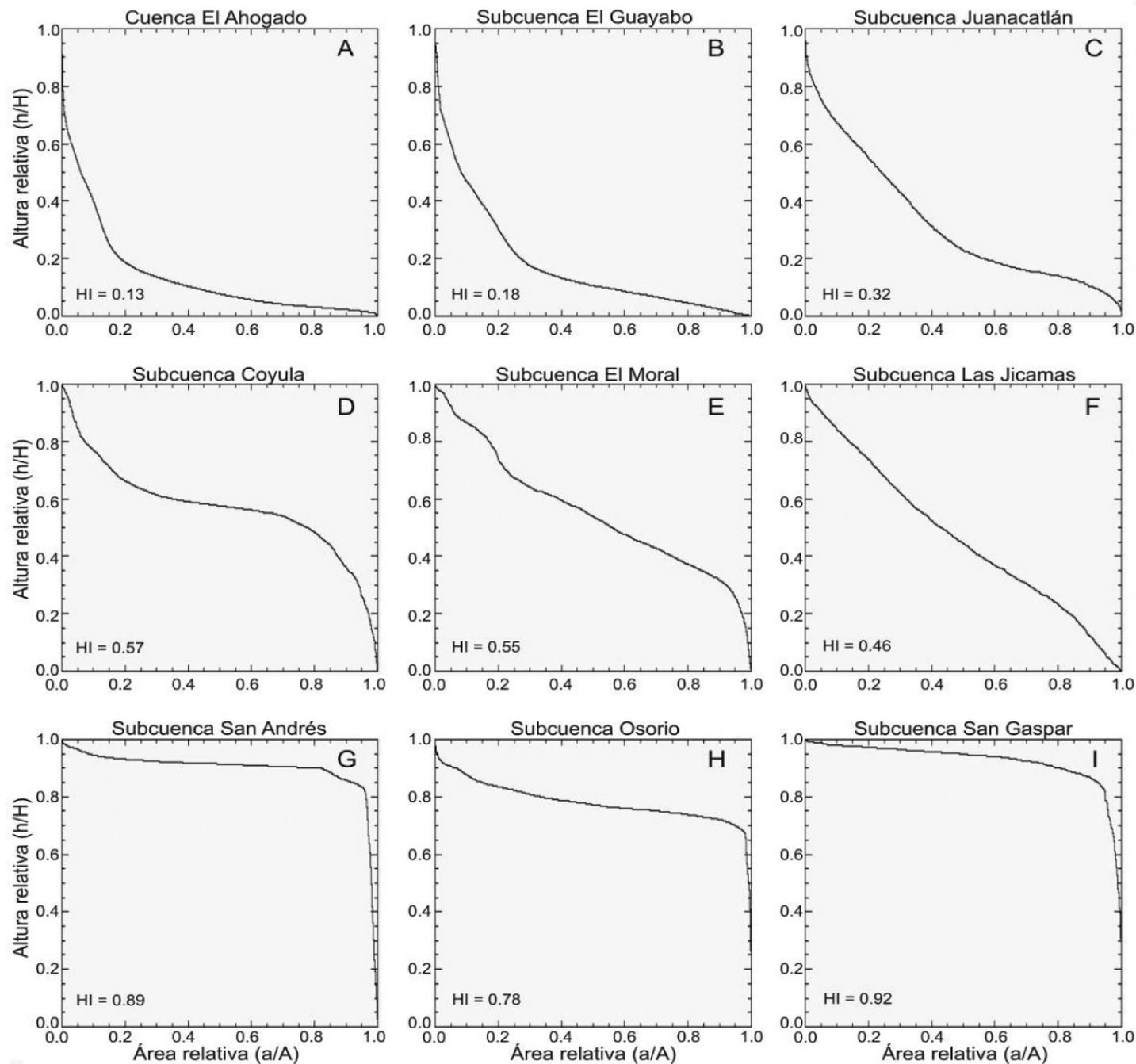


Figura 3.3. Curva y valores de la integral hipsométrica. Las gráficas A, B y C morfologías de la cuenca de El Ahogado y subcuencas en la parte cercana a las localidades de El Salto y Juanacatlán; D, E y F son subcuencas donde la erosión ya ha incidido sobre el relieve (estado de madurez); G, H e I son subcuencas con un relieve rejuvenecido por la actividad volcánica regional con un descenso causado por la erosión del Río Santiago.

morfología constituida por terrazas entorno al *knick point* denominado “El Salto de Juanacatlán”, las cuales fueron rellenadas por material volcanoclástico proveniente de la actividad volcánica de la región.

Relieve de subcuencas. Este parámetro se expresa como la diferencia de la elevación observada entre la parte más alta y la desembocadura de cada subcuenca. La mayoría de las subcuencas del POFA presentan un importante contraste morfológico, regularmente, zonas de ladera sobre las sierras y la barranca son dominadas por un relieve abrupto, mientras que zonas de planicie y piedemonte tienen una topografía suave.

Un conjunto de subcuencas con un relieve alto (~420 a 840 m) respecto al resto de las subcuencas del POFA, están asociadas con rasgos topográficos producidos por la actividad volcánica de la Sierra La Primavera, la Cadena Volcánica del Sur de Guadalajara, y por la acción erosiva del Río Santiago en la zona de la barranca (Mapa 3.2C).

En contraste hay un conjunto de subcuencas que presentan un relieve <210 m, la mayoría se localizan sobre las vertientes norte y sur de la cuenca de El Ahogado. Entre estas subcuencas, hay unas con un relieve <50 m que se desarrollan entorno al cuerpo de agua de la presa de El Ahogado. Este conjunto de subcuencas reflejan la morfología suave y somera de la parte central de la Cuenca de El Ahogado.

Razón de elongación. Los resultados derivados del análisis para cada subcuenca del POFA expresan que la gran mayoría de las subcuencas tienen una

elongación alta o muy alta (<3) (Mapa 3.2D). Estos valores altos señalan que en el área de estudio tiene un sistema de subcuencas con un drenaje eficiente ante eventos de precipitación. Sin embargo, la elongación de las subcuencas implica un problema para superficies con pendiente someras.

En el POFA existen secciones de cauces localizadas sobre superficies semiplanas que reciben las descargas de áreas extensas, manifestando problemas relacionados con la acumulación de grandes volúmenes de agua de escorrentía en corto tiempo.

Densidad de drenaje. Otro tipo de índices parten de la configuración y las propiedades del sistema de drenaje (Mapa 3.3A y B). Para calcular la densidad de drenaje se definieron cuadrantes de 1 km² que cubren toda la superficie del POFA. Los resultados de este indicador señalan valores altos de hasta 4.5 km/km² en la parte baja de la Cuenca de El Ahogado; en su parte central hay densidades de 3.8 km/km². Las subcuencas con los valores más altos son: Arroyo Seco, El Guayabo, De Enmedio, San José del Valle y El Cuervo (Mapa 3.3B).

Las zonas de alta densidad de drenaje tienen superficies con pendientes muy someras y funcionan como receptoras temporales de la escorrentía superficial del sistema de subcuencas que se desarrollan en la Cuenca de El Ahogado y la parte alta del Río Santiago. Densidades altas en zonas abruptas de la Barranca del Río Santiago son áreas susceptibles a la erosión por la acción del escurrimiento superficial.

Jerarquía de corrientes Horton-Strahler. El cauce del Río Santiago entre la localidad de La Capilla en el municipio de Ixtlahuacán de los Membrillos y su intersección con el Río Verde, constituye el sistema de subcuenca más grande del área de estudio, ambas representan las corrientes receptoras de los escurrimientos del subsistema de cuencas del POFA (Mapa 3.3C).

Índice de Pendiente-Área (SA). Este índice señala que las secciones de canal con mayor capacidad de erosión se encuentran sobre las laderas del sistema de domos de la Sierra La Primavera, donde la pendiente es el principal factor que incrementa su capacidad de erosión (Mapa 3.3D).

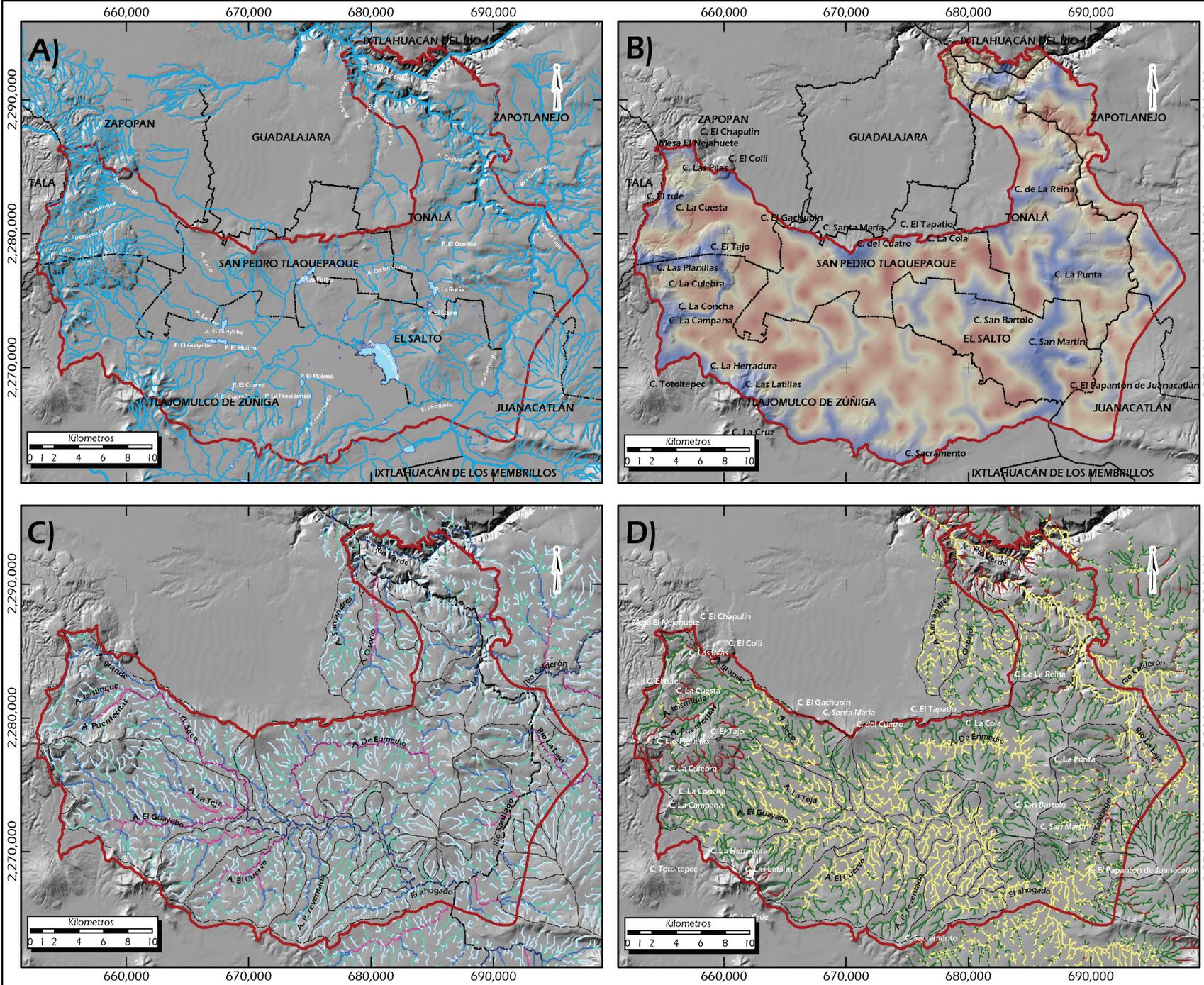
Otras secciones con valores semejantes se observan en la ladera occidental del cerro San Martín, la ladera oriental del cerro Las Latillas y las vertientes del Río Santiago, muy cerca de la incorporación del Río Verde. Los afluentes de los arroyos Seco, La Teja, El Guayabo, La Culebra, De Enmedio, Presa Reventada y El Cuervo, presentan capacidades de erosión moderadas.

También expone una muy baja capacidad de erosión de las corrientes que atraviesan la porción central de la Cuenca de El Ahogado o del cauce principal de algunas subcuencas, como el caso de la subcuenca De Enmedio, San José del Valle o El Cuervo.

La capacidad de erosión es baja en las corrientes en la parte central de la Cuenca de El Ahogado y las subcuencas De Enmedio, El Guayabo y El Cuervo.

Mapa: 3.3

Morfometría del Polígono de Fragilidad Ambiental (Sistema de drenaje)



Simbología

A) Hidrografía

- Cuerpo de agua
- Río

B) Densidad de drenaje km²/km²

- 4.50
- 2.25
- 0.00

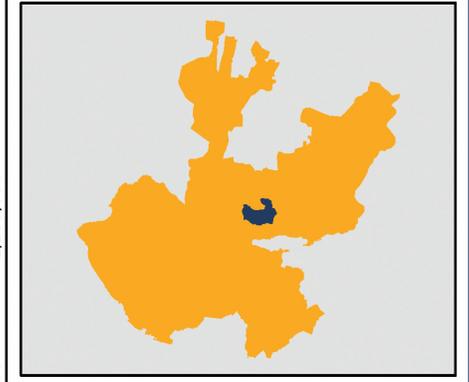
C) Orden Jerárquico (Horton-Strahler)

- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- 2
- 1

D) Índice SA (Pendiente-Área)

- 90 - 1200
- 10 - 90
- 0 - 10

- Limite municipal
- Polígono de Fragilidad Ambiental
- Limite de subcuenca



Proyección cartográfica:
 Universal Transversa de Mercator (Zona 13N)
 Datum:
 International Terrestrial Reference Frame 1992

Fuente de los datos:
 The Shuttle Radar Topography Mission, 2000.

Modelo Digital de Elevación (INEGI)



Las pendientes someras que se desarrollan en los valles de estos sistemas de cuenca impiden el incremento del poder de erosión de estas corrientes, sin embargo, un factor que si ha favorecido la erosión es el tamaño del área de aporte en esta sección de la cuenca.

Por otra parte, contrario a lo que se podría esperar dentro de la Barranca del Río Santiago, sólo se observan algunas secciones de canal donde la capacidad de erosión de las corrientes ha sido moderada.

b) Análisis geomorfológico

El análisis geomorfológico del POFA con tres modelos digitales de elevación a diferente resolución espacial expone los impactos de la actividad urbana sobre la topografía y su área, y demuestra una serie de cambios que modifican la morfología y el sistema de drenaje.

El conjunto de parámetros e índices geomorfológicos caracteriza y refleja las condiciones del terreno en el sistema de subcuencas, si el terreno estuviera en estado natural. El análisis morfométrico permite delimitar tres distintas morfologías en torno al POFA: Sierras volcánicas, Planicie de deposición de la cuenca de El ahogado y Barrancas y cañones del Río Santiago (Mapa 3.4).

Sierras volcánicas. Estos aparatos volcánicos de composición basáltica, andesítica y riolítica que circundan al POFA, se caracterizan por tener superficies elevadas y escarpadas. La pendiente en el

piedemonte de estas estructuras es baja (3-7°); en las laderas alcanza hasta 30° inclinación, y sólo en algunas secciones de laderas o la cima, presentan pendientes que rebasan los 45° de inclinación. Laderas con esta inclinación predominan en los Cerros Las Latillas, La Herradura, Totoltepec, La Cruz y El Patomo.

A excepción de estas estructuras, los domos riolíticos de la Sierra La Primavera presentan una morfología un tanto diferente, en su base hay pendientes altas o muy altas (>30°) principalmente sobre los cerros de El Colli, El Tajo, La Culebra, Las Planillas y El Chapulín, la cima de estas estructuras tiene pendientes de 7° a 30°. Esta distribución es característica de la morfología de los domos riolíticos de la Sierra La Primavera.

Las subcuencas que se desarrollan sobre las laderas de estas estructuras son muy elongadas y tienen relieve alto, sobre todo aquellas que provienen de la Sierra La Primavera o las principales estructuras volcánicas cercanas. Esto ha favorecido el crecimiento y desarrollo de sus sistemas de drenaje, según lo demuestra su densidad y el orden jerárquico de las corrientes.

El índice SA (pendiente-área) señala que en secciones de pendientes inclinadas, el poder de erosión de las corrientes es significativo. Los valores más altos de SA se observan en los cauces tributarios de los Arroyos Seco, La Teja y El Guayabo.

Planicie de deposición de la Cuenca de El Ahogado. Es una superficie localizada en la parte central de la Cuenca de El ahogado y en las terrazas del Río

Santiago. Se caracteriza por tener pendiente del terreno somera, lo que implica una disminución en la velocidad del flujo de los escurrimientos. La planicie representa el principal vaso captador del escurrimiento, tal como lo demuestran las elevadas densidades de drenaje. En esta zona se encuentra un gran número de embalses que son alimentados por la escorrentía que fluye por los cauces del sistema de subcuencas.

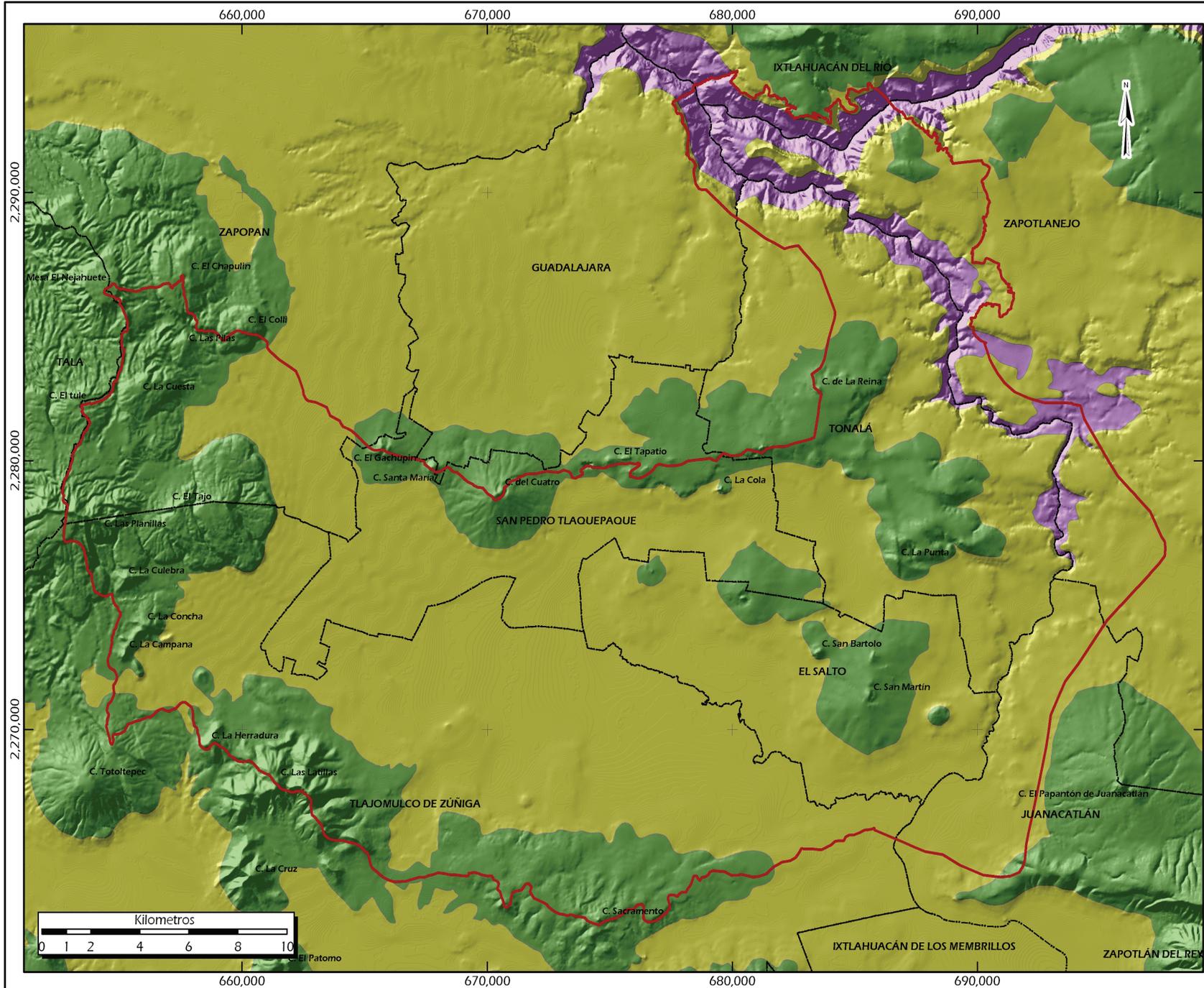
El relieve es bajo en las subcuencas que fluyen directo a la Presa de El Ahogado, y su sistema de drenaje está poco desarrollado. El índice SA señala que el poder de erosión de las corrientes es moderado sobre las laderas de los cerros entorno al POFA. Por otra parte, los escarpes de las terrazas en el Río Santiago tienen una topografía con pendientes muy someras (< 3°) que están bordeadas por laderas escarpadas con pendientes moderadas (< 15°).

Barranca y cañones del Río Santiago. La corriente del Río Santiago ha venido disectando los paquetes de rocas que yacen en la región, esto ha dado forma a la Barranca del Río Santiago, la cual tiene una morfología sobresaliente dentro del POFA.

En la sección más somera de la barranca, la pendiente dominante va de 7° a 30° de inclinación; entorno a la desembocadura del arroyo La Laja hacia el Río Santiago, predominan pendientes entre 15° y 45°. A partir de esta conjunción y aguas abajo, la pendiente dominante comienza a incrementar significativamente hasta superar los 45° en algunos escarpes de la barranca.

Mapa: 3.4

Unidades geomorfológicas



Simbología

Gemorfología

Unidades geomorfológicas

- Sierras Volcánicas
- Planicie de deposición de la cuenca de El Ahogado
- Barranca del Río Santiago
- Polígono de Fragilidad Ambiental
- Límite municipal



Proyección cartográfica:
 Universal Transversa de Mercator (Zona 13N)
 Datum:
 International Terrestrial Reference Frame 1992

Fuente de los datos:
 The Shuttle Radar Topography Mission, 2000.

Modelo Digital de Elevación (INEGI)



El Río Santiago comienza a disectar a partir de los ~1450 m, cerca de la localidad de Puente Grande, y se profundiza hasta alcanzar los ~1000 m en su bifurcación con el Río Verde. Las paredes de la barranca alcanzan hasta ~540 m de altura, son laderas con pendientes abruptas que rebasan los 30° de inclinación.

Esta condición ha causado la formación de un relieve alto en las subcuencas que se desarrollan sobre el Valle de Atemajac y subcuencas adyacentes que desembocan en la sección norte y oriental del POFA.

La densidad de drenaje y el orden jerárquico de las corrientes de estas subcuencas indican el desarrollo de un avanzado sistema de drenaje.

La elongación de estas subcuencas indica que estos sistemas de drenaje tiene la capacidad de desalojar grandes volúmenes de agua en un corto tiempo.

El poder de erosión de las corrientes es alto sólo dentro de la barranca del Río Santiago, en la sección norte del POFA. Esta capacidad disminuye por encima del escarpe.

c) Impacto de la actividad antrópica en el relieve del POFA

El modelo digital de elevaciones y el modelo de pendientes exhiben contrastes morfológicos que resaltan la topografía abrupta de algunas secciones de cauces en los principales arroyos que drenan a la cuenca de El Ahogado. Hay secciones de cauces donde la pendiente supera los 45° de inclinación,

éstas se observan en las laderas de las partes altas de la cuenca de El Ahogado, sobre los arroyos Grande, Teistínque, Puentecitas, La Culebra y Colorado. Otros canales como el del Arroyo Seco, La Teja, Presa Reventada, San José y La Soledad tienen laderas con pendientes entre 15° y 45°.

Este modelo también indica que gran parte de la superficie dentro de la cuenca de El Ahogado es semiplana. Los modelos manifiestan la presencia de infraestructura urbana existente hasta el año 2001, donde prevalecen las principales vías de comunicación (carreteras, puentes, avenidas, calzadas y nodos) y obras de infraestructura hidráulica (canales, presas y bordos), lo que ha modificado las condiciones morfológicas naturales principalmente en la cuenca de El Ahogado (Mapa 3.5).

3.2. Edafología

El suelo está definido como “la capa superficial de material mineral no consolidado que cubre las zonas terrestres, que además de servir como medio de sostén de muchos organismos, mantiene complejas interacciones dinámicas con la atmósfera y los estratos que se encuentran por debajo de él, permitiendo el mantenimiento de los servicios ambientales de los ecosistemas e influyendo en el clima y el ciclo hidrológico” (SSSA, 2009).

En el POFA, el municipio de El Salto es el que mayor contribución tiene en superficie de suelo, seguido de Tonalá, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga y Juanacatlán.

Los demás municipios tienen una aportación de <10%, de los cuales Tala e Ixtlahuacán del Río tienen los menores porcentajes en el POFA (0.01 y 0.99%) (Figura 3.4).

Generalmente los suelos del POFA tienen una clase textural de media a gruesa. El tipo de suelo dominante en el POFA es el Phaeozem (52.4%) encontrándose en la superficie de los municipios de Tlajomulco, Tonalá, San Pedro Tlaquepaque, Zapotlanejo, Zapopan, El Salto, Juancatlán, Ixtlahuacán del Río, Guadalajara y Tala.

En orden de dominancia le siguen el suelo Planosol (20.45%) en los municipios de Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Tonalá y Zapotlanejo; el Vertisol (12.1%) en Tonalá, Juancatlán, El Salto, Zapotlanejo y Tlajomulco de Zúñiga.

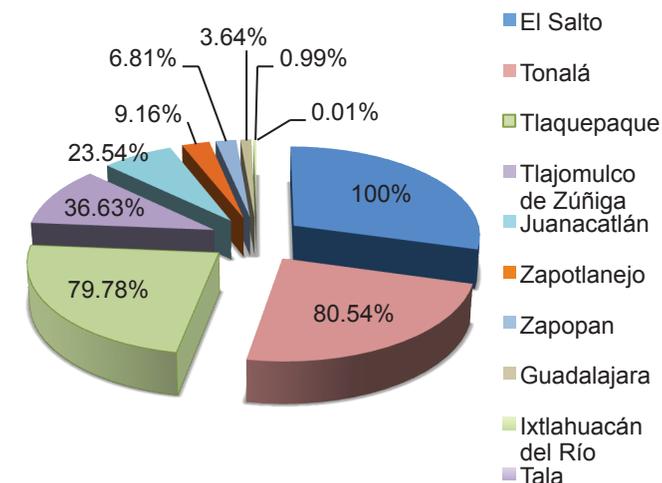
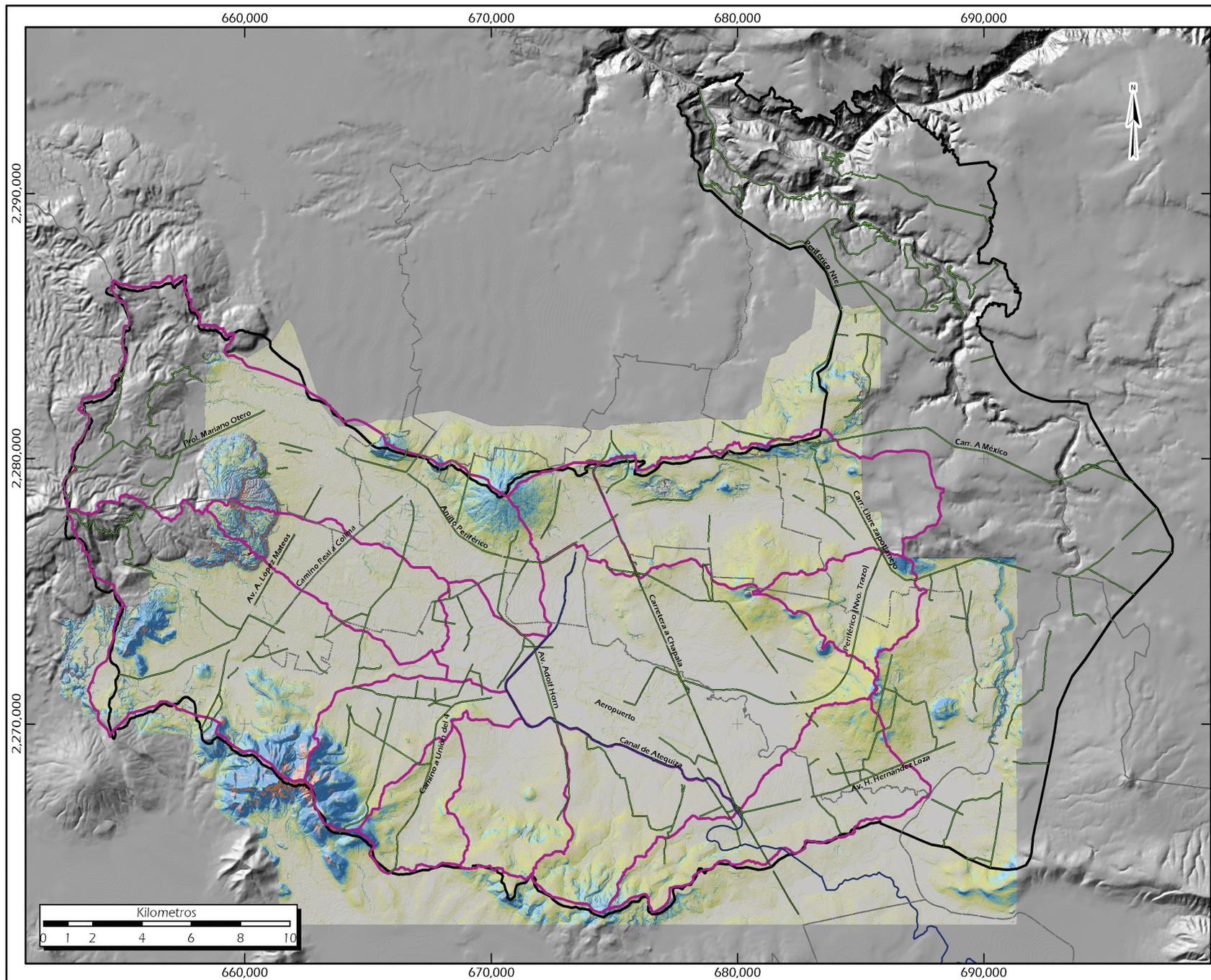


Figura 3.4. Porcentaje de superficie de suelo de los municipios que integran el POFA. Fuente: Elaboración con datos de INEGI 2007, Carta Edafológica Serie II.

Mapa: 3.5

Pendiente del terreno (Resolución espacial: 2.5 m)

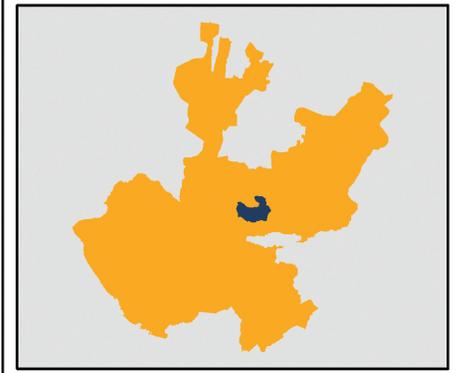


Simbología

Pendiente del terreno
Inclinación de la pendiente en grados

- 45 - 76
- 30 - 45
- 13 - 30
- 7 - 15
- 3 - 7
- 0 - 3

- Polígono de Fragilidad Ambiental
- Subcuencas (Plan Estatal de Microcuencas)
- Límite municipal
- Vías de Comunicación Terrestre
- Canal de Atequiza



Proyección cartográfica:
Universal Transversa de Mercator (Zona 13N)
Datum:
International Terrestrial Reference Frame 1992

Fuente de los datos: Datos vectoriales del IIT

Modelo Digital de Elevación (IIT-INEGI)



El suelo Luvisol (2.11%) en los municipios de San Pedro Tlaquepaque, El Salto, Zapotlanejo, Tonalá y Juanacatlán. (Figura 3.5 y Mapa 3.6). En menor grado se presentan suelos del tipo Regosol (1.41%) y Leptosol (0.16%), en los municipios de Zapopan y Tlajomulco de Zúñiga respectivamente (Figura 3.5).

También se localizan dentro del POFA Zonas Urbanas (9.94%) de los municipios de San Pedro Tlaquepaque, Zapopan, El Salto, Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga, Juanacatlán, Guadalajara y Zapotlanejo. Así como superficies de agua (1.44%) dentro de los municipios de El Salto, Tlajomulco, Tonalá y San Pedro Tlaquepaque (Mapa 3.6).

Los suelos de tipo Pheaeozem (H), del griego *phaeo*: pardo y del ruso *zemlja*: tierra; tierra parda, son suelos oscuros, suaves, ricos en materia orgánica y nutrientes.

Estos suelos son considerados como fértiles, se



Suelo Luvisol

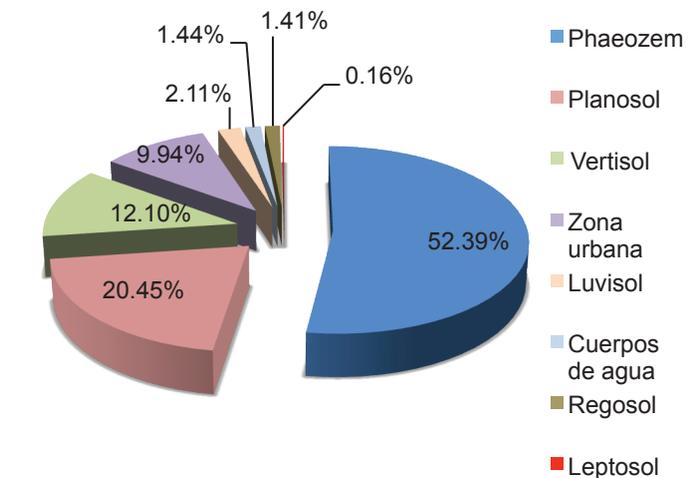


Figura 3.5. Unidades edafológicas (suelo) presentes en el POFA. Fuente: Elaboración con datos de INEGI 2007, Carta Edafológica Serie II.

forman sobre material no consolidado, son porosos y excelentes para la agricultura. Su profundidad suele ser menor de 50 cm, son pedregosos en su interior y manifiestan con frecuencia procesos de lixiviación de



Suelo Pheaeozem

arcilla, acumulación ligera de carbonatos y procesos importantes de humificación. Los suelos Pheaeozem presentan un horizonte A oscuro al ser rico en materia orgánica (>1%).

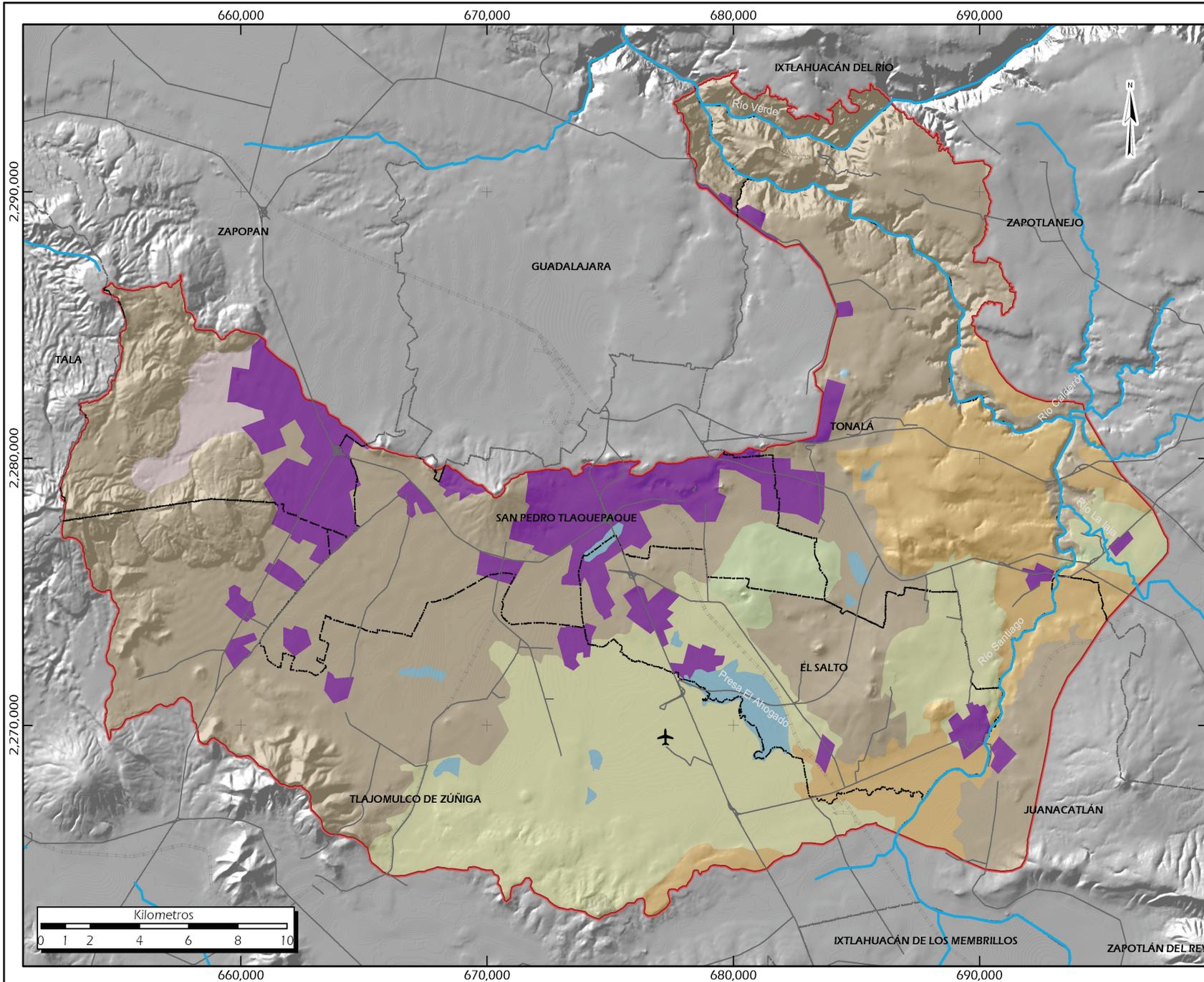
Los suelos Planosoles (W) del latín *planus*: plano; suelo llano, se desarrollan en zonas con topografía plana o en depresiones con mal drenaje, tienen un drenaje deficiente debido a que presentan en el subsuelo una capa de baja permeabilidad. Presentan un horizonte E del que se han removido arcilla y óxidos de Fe, de color claro, sobre un horizonte B enriquecido en arcillas, casi impermeable con estructura de migajón y poca materia orgánica. Los que predominan en el POFA pueden presentar grietas de más de 1 cm.

Los suelos Vertisoles (V) del latín *verto*: voltear; son suelos muy arcillosos, con grietas anchas y profundas cuando están secos y muy duros; si están húmedos son pegajosos y su drenaje es deficiente. Estos suelos son los más representativos de las zonas agrícolas de riego más productivas. Son suelos bien definidos, que se mezclan con arcillas predominantemente expandibles, por lo que presentan alta capacidad para retener humedad.

Se encuentran en lechos de lagos secos, de río, terrazas inferiores de ríos y otros sitios donde periódicamente están mojados en su estado natural. Su labranza suele ser difícil debido a su dureza durante la temporada de sequía y a que en la época de lluvias se saturan volviéndose pegajosos.

Mapa: 3.6

Edafología



Simbología

Unidades edafológicas

- Feozem
- Leptosol
- Luvisol
- Planosol
- Regosol
- Vertisol
- Cuerpo de agua
- Zona urbana

- Límite municipal
- Polígono de Fragilidad Ambiental
- Río
- Carretera
- Vía férrea
- Aeropuerto



Proyección cartográfica:
 Universal Transversa de Mercator (Zona 13N)
 Datum:
 International Terrestrial Reference Frame 1992

Fuente: INEGI, Conjunto de Datos Edafológicos Serie II, Escala 1:250 000

Modelo Digital de Elevación (INEGI)



Presentan sólo un horizonte (A) muy arcilloso con grietas de desecación notorias. Dentro del POFA se identifican los muy oscuros que son ricos en materia orgánica o bases (Ca, Mg, Na) dentro de los primeros 50 cm de profundidad.

Los Luvisoles (L) del latín *luvi*: lavar; suelo lavado, son suelos con un contenido de bases que va de moderado a elevado. Son muy fértiles y apropiados para usos agrícolas, se forman sobre materiales no consolidados como depósitos glaciares, eólicos, aluviales y coluviales, donde las arcillas se han acumulado en el subsuelo como resultado del lavado y la formación *in situ*. Son característicos de regiones templadas frescas y cálidas con estación seca y húmeda. Por esto se asocian con lugares planos o con ligera pendiente. Con horizontes arcillosos que evidencian un proceso continuo de lavado de sales. Los que predominan en el POFA tienen una subclase de tipo húmico (hu) que son oscuros y crómicos (cr) de color rojizo con el horizonte B de color pardo oscuro-rojo.

Los suelos Regosoles (R) del griego *rhegos*: manto, cobija; relativo a la capa de material suelto que cubre la roca. Son suelos someros, débilmente desarrollados en materiales no consolidados, de colores claros y pobres en materia orgánica, debido a esto son considerados suelos jóvenes, muy semejantes a la roca de la cual se originaron. Están extendidos en zonas erosionadas, en áreas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos.

Presentan un horizonte A muy claro o bien muy delgado o pobre en materia orgánica, o un horizonte A con varios colores, a más de 50 cm son de textura gruesa, sin acumulaciones de arcilla.

Los suelos Leptosoles (LP) del griego *leptos*: delgado; de espesor reducido, son suelos con menos de 25 cm de profundidad, muy someros que se generan sobre roca continua y son extremadamente gravosos y pedregosos. Estos suelos son asociados con cañadas o cañones o en sierras altas y complejas. Los encontrados en el POFA son de subclase hiperesquelético (hk) con más del 90% en peso de grava y fragmentos gruesos; y de tipo lítico (li) con roca dura dentro de los primeros 50 cm.

3.3. Clima

Las condiciones climáticas para el Estado de Jalisco son definidas por algunas características como la altitud sobre el nivel del mar y la influencia de masas de aire cargadas de humedad del Océano Pacífico.



Suelo Leptosol

Esto ha definido la existencia de tres principales tipos de climas: el semicálido y cálido subhúmedo con lluvias en verano y el templado subhúmedo con lluvias en verano, representando cada uno de ellos el 44.6%, 23.1% y 18.5% de la superficie del territorio estatal, respectivamente (INEGI, 2005). El área del POFA prácticamente en su totalidad se caracteriza por la predominancia de un clima cálido subhúmedo (SEMARNAT, 2006) o bien templado subhúmedo de acuerdo al INEGI (2006).

3.3.1. Variables climáticas

Las características particulares de cada tipo de clima están definidas por el comportamiento de variables atmosféricas como la temperatura y precipitación. La variación de estos elementos genera condiciones durante el año para la realización de actividades económicas (agricultura) y la proliferación y desarrollo de la vegetación natural, teniendo influencia en las poblaciones.

a) Precipitación

La precipitación acumulada mensual para el Estado de Jalisco en el período 2001-2011 (CONAGUA- Servicio Meteorológico Nacional), tuvo niveles menores de lluvia en 2011 y en 2004 alcanzó niveles arriba de los 1000 mm (Figura 3.6). La misma Figura muestra la variación de la precipitación en el POFA (período 2000-2009, datos obtenidos de la CONAGUA y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua para diez sitios en los alrededores del POFA).

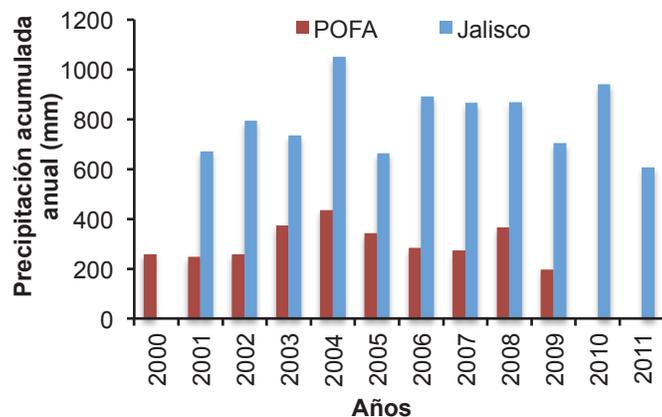


Figura 3.6. Precipitación acumulada anual (mm) en el Estado de Jalisco para el período 2001-2011 y para el POFA en el período 2000-2009.

Las Figuras 3.7a-e resaltan los niveles mensuales de precipitación registrados en el período Junio-Octubre (con datos de 1951 a 2000), destacándose la posición del área del POFA en cada una de ellas. Para el estado de Jalisco, se espera que la disminución de la precipitación anual total oscile entre un 5% y 10% para los años 2020 y 2050, mientras que para el año 2080 alcanzará entre un 5% y 15 %, bajo ciertos escenarios de patrones normales de precipitación.

b) Temperatura

La temperatura promedio anual para Jalisco (2001-2011) osciló entre los 20.3 y 21.2°C, ubicándolo con un clima cálido (CONAGUA). Durante el período 2001-2005 los promedios oscilaron entre 20.4 y 20.6°C, y a partir de 2006 (con excepción de 2010) se registró un ligero incremento en la temperatura alcanzando los 20.6 y 21.2°C (Figura 3.8a). El análisis de una serie de datos del período (1951-2000) a nivel estatal y del POFA permitió establecer la variación de la temperatura promedio mensual, resaltando el período entre Abril y Junio con los registros más altos.

En el POFA se alcanzan temperaturas mayores al acercarse el mes de Junio (Figuras 3.8b-d). Las temperaturas promedio máximas mensuales de este período alcanzaron sus niveles mayores durante Abril y Mayo (Figuras 3.9 a-b). En cuanto al cambio de los patrones normales de variación de la temperatura para el estado de Jalisco, bajo ciertos escenarios se espera que en el año 2020, la temperatura anual media se

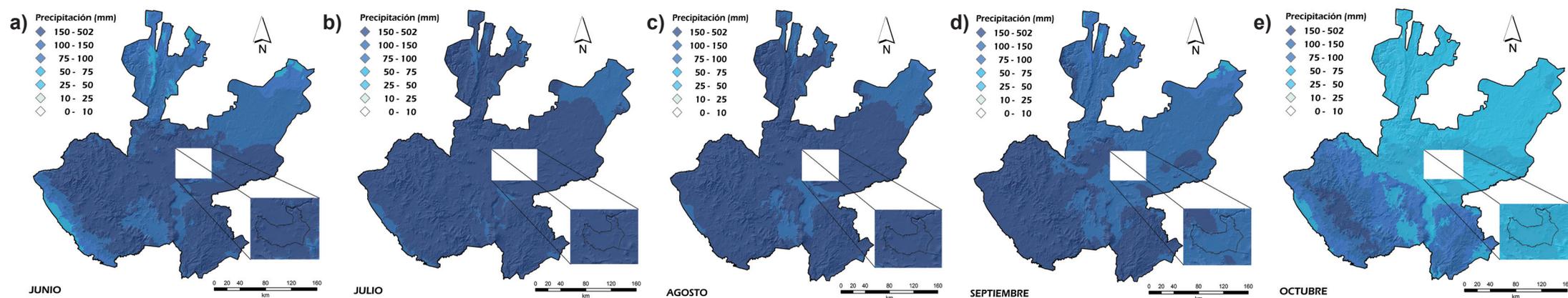
incremente entre 0.8 y 1.4°C, mientras que para el año 2050 aumentará entre 1.5 y 2.5°C. Este mismo fenómeno se acentúa en el pronóstico para el 2080 donde los incrementos de la temperatura anual media alcanzarán los 2 y 4°C.

c) Vientos dominantes

Como una aproximación al comportamiento (intensidad y dirección) de los vientos en el POFA se cuenta únicamente con la descripción de esta variable meteorológica para la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). El POFA y la ZMG son parte de la misma cuenca atmosférica y probablemente están influenciadas por patrones similares de esta variable.

En la ZMG, el viento dominante proviene del Oeste con un 15% de la frecuencia total, seguida de los vientos del Este con un 7.5%, con velocidades que oscilan entre los 5 y 20 km/h y en forma temporal pueden alcanzar intervalos de 21 a 35 km/h.

Figura 3.7. Variación de la precipitación mensual en Jalisco y en el POFA. a) Junio; b) Julio; c) Agosto; d) Septiembre; e) Octubre (1951-2000).



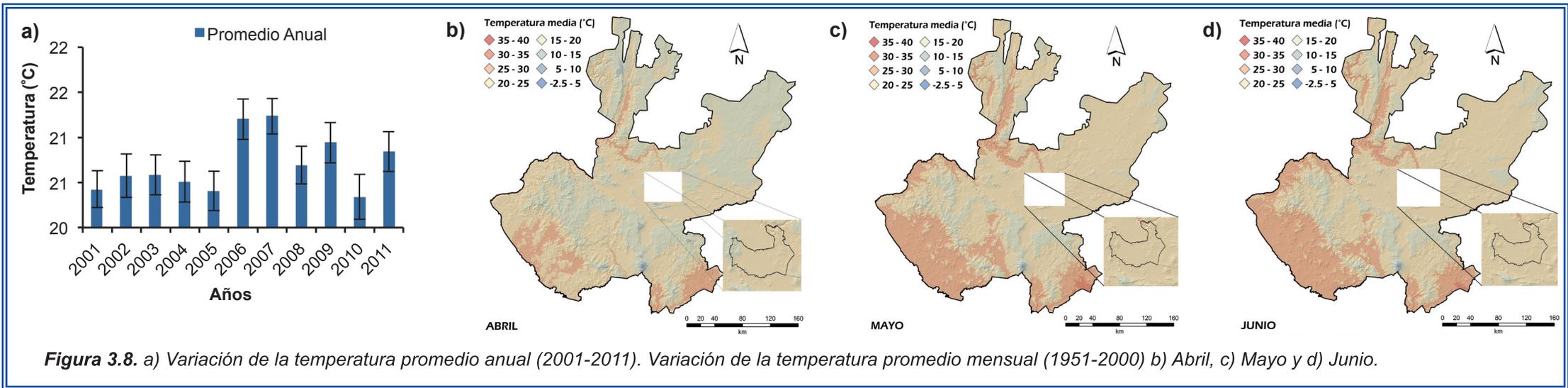


Figura 3.8. a) Variación de la temperatura promedio anual (2001-2011). Variación de la temperatura promedio mensual (1951-2000) b) Abril, c) Mayo y d) Junio.

También se han registrado períodos donde los vientos son muy débiles (< 4 km/h) e incluso temporadas donde se presenta la ausencia de vientos en un 44.3% de la frecuencia total. Esta condición sugiere el gran potencial de acumulación de los contaminantes atmosféricos por la falta de ventilación (Mendoza y García, 2009). La disminución de la velocidad de los vientos en parte está relacionado con el desarrollo de la ciudad y la construcción de edificios altos en torno

a las estaciones meteorológicas y la expansión de la zona urbana en general, originando un incremento del parámetro de rugosidad y fuerzas de fricción (Davenport 1963 en Davydova-Belitskaya et al., 1999).

Además, las montañas que rodean la zona constituyen una barrera física natural para la circulación del viento, impidiendo el desalojo de las masas de aire cargado de contaminantes de la zona (Gobierno del Estado de Jalisco, 1997).

Adicional a esto, la humedad aumenta debido al constante avance de ondas tropicales, lo que provoca lluvias intensas, cielos nublados y vientos de componente oriental (Mendoza y García 2009). Davydova-Belitskaya et al. (1999) hacen una descripción de esta variable para la misma zona considerando series de tiempo más largas y que sirven como una referencia más detallada.

3.3.2. Cuencas atmosféricas

Una cuenca atmosférica es una región geográfica delimitada por obstáculos topográficos de origen natural (líneas costeras, formaciones montañosas, etc.) dentro de ésta 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.

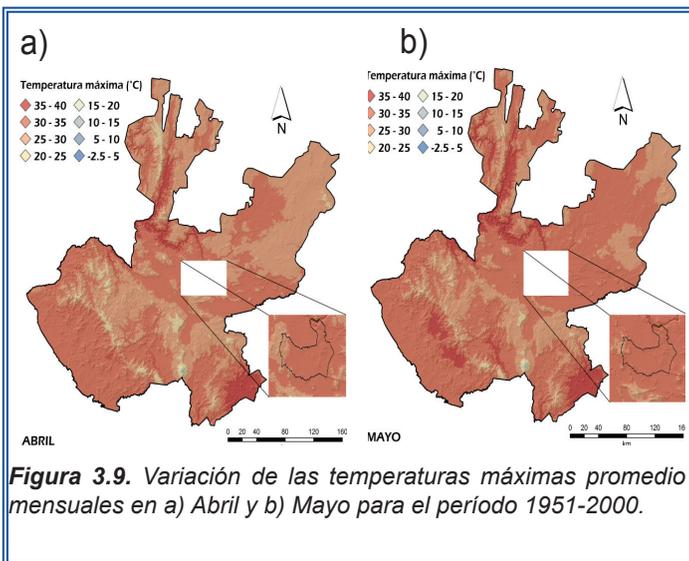


Figura 3.9. Variación de las temperaturas máximas promedio mensuales en a) Abril y b) Mayo para el período 1951-2000.

La ZMG recibe la influencia de aire marítimo tropical durante la mayor parte del año. Sistemas anticiclónicos provenientes del Golfo de México y del Océano Pacífico tienen un efecto sobre la región y generan una gran estabilidad atmosférica que imposibilita el mezclado vertical del aire. En verano el aire húmedo del Golfo de México, Océano Pacífico y del Mar Caribe provocan altas temperaturas que favorecen el movimiento vertical del aire, disminuyendo la presencia, intensidad y espesor de las inversiones térmicas.

Estos vientos locales determinan el transporte de las masas de aire dentro de la región; direccionando el transporte y los procesos de dispersión (o acumulación) de los contaminantes atmosféricos (Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco 2006).

Las siete cuencas atmosféricas en Jalisco, donde la cuenca II se subdivide en tres subcuencas (a, b y c), se presentan en la Tabla 3.2. Es probable que la Cuenca IV se integre por 3 o 4 subcuencas debido a la presencia de profundas barrancas en el norte del estado, que provocan el efecto de chimenea, pero la falta de información climatológica sobre los vientos dominantes y su variación mensual y anual no permite establecer estos límites.

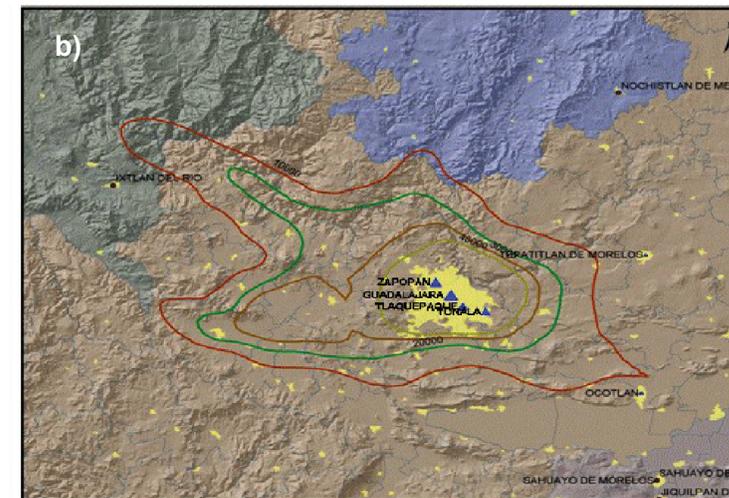
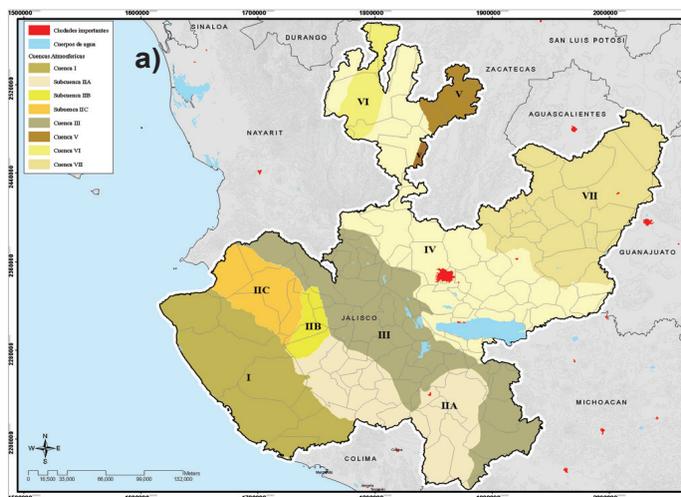


Figura 3.10. a) Delimitación de las cuencas atmosféricas para el estado de Jalisco (Tomado del PROAIRE 2007-2011); b) Límites probables (líneas de colores) de la extensión de la cuenca atmosférica de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Tomado de Magaña y Caetano (Informe INE/A1-011/2007).

Tabla 3.2. Cuencas atmosféricas establecidas para el estado de Jalisco.

Cuencas Atmosféricas	Descripción
I	Cuenca con vientos dominantes tipo brisa del mar-tierra (WSW-ENE).
II	Cuenca con vientos dominantes tipo brisa de montaña, donde la subcuenca IIa se caracteriza por los vientos brisa de montaña (vientos variables), con circulación turbulenta y formación de nubes de desarrollo vertical y abundantes lluvias; la subcuenca IIb presenta el mismo tipo de viento pero complicado por el fenómeno de foehn, vientos cálidos, que bajan de la montaña y secan la humedad en esta zona, de manera que este valle es relativamente más seco que las subcuencas IIa y IIc; la subcuenca IIc está delimitada a consecuencia de que los vientos dominantes tipo brisa de montaña estén influenciados por el efecto brisa del mar, es decir por un flujo dirigido del Suroeste (SW) que transporta masas de aire húmedas y cálida del mar y de esta forma acondiciona una zona templada y muy húmeda (la más húmeda de todo el estado).
III	Cuenca con vientos dominantes tipo brisa de valle y dirección dominante del viento Oeste-Suroeste (W-SW).
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.
V	Cuenca con la circulación dominante tipo brisa de montaña-valle.
VI	Cuenca con la circulación dominante tipo brisa de montaña-valle.
VII	Cuenca con la circulación dominante tipo brisa de montaña-valle.

Nota: Las cuencas V, VI y VII carecen de información climatológica en la zona por lo que el viento dominante anual no pudo determinarse.

La Figura 3.10a muestra la delimitación de las siete cuencas atmosféricas en Jalisco y permite observar que el POFA se ubica en la cuenca IV. La determinación de las actuales cuencas del Estado de Jalisco adolece del efecto de la gran variabilidad de los vientos bajo condiciones de eventos extremos como nortes, frentes fríos, inversiones térmicas, etc.

Otros grupos de investigadores al definir las cuencas atmosféricas de un área consideran que también deben incluirse factores de emisión de contaminantes y de la salud de la población, resultando así en una metodología mucho más compleja que el de la circulación atmosférica cerca de la superficie (INE/A1-011/2007). La Figura 3.10b representa los límites probables (líneas de colores) de la cuenca atmosférica para la ZMG según las densidades de las parcelas de aire que afectan la zona y el tamaño de la población. Los tres límites hacia el poniente, sur y oriente abarcan la mayor parte del territorio del POFA.

La información disponible sobre cuencas atmosféricas en el área de estudio coincide en señalar que tanto el POFA como la ZMG, se ubican en la misma cuenca atmosférica, y que esta última va más allá en extensión y en otras direcciones. Esto es de relevancia si se considera que la calidad del aire de toda la zona metropolitana requiere ser gestionada bajo criterios unificados.

3.4. Hidrología superficial y subterránea

3.4.1. Hidrología superficial

Desde el punto de vista hidrológico nacional, el área del POFA pertenece mayormente a la Región Hidrológica Lerma-Santiago (RH12) y en menor proporción a la Región Río Ameca (RH14).

Así, el POFA abarca parcialmente las siguientes cuencas hidrológicas: Río Santiago-Guadalajara (RH12-E), Río Verde Grande (RH12-I), Lago Chapala (RH12-D) Presa La Vega-Cocula (RH14-A). Además, tiene presencia en 8 subcuencas hidrológicas y 20 microcuencas (Tabla 3.3), con la distribución que se muestra en el Mapa 3.7.

Las corrientes que drenan el POFA fluyen por valles con pendientes que se tornan suaves, lo que ha permitido que los escurrimientos sean captados para posteriormente ser aprovechados para riego de cultivos o actividades pecuarias mediante una serie de pequeños embalses.

Durante la época de lluvias se forman una infinidad de escurrimientos de sección reducida y corta longitud que son captados por pequeños bordos y algunas presas como Las Pomas, El Molino, El Mulato, El Cuervo, El Cuatro, San José y El Maleno.

Los embalses de mayor importancia por su capacidad de almacenamiento son El Guayabo, Las Pintas y El Ahogado, siendo el municipio de Tlajomulco de Zúñiga el que cuenta con mayor número de este tipo de infraestructura, seguido por El Salto (Tabla 3.4).

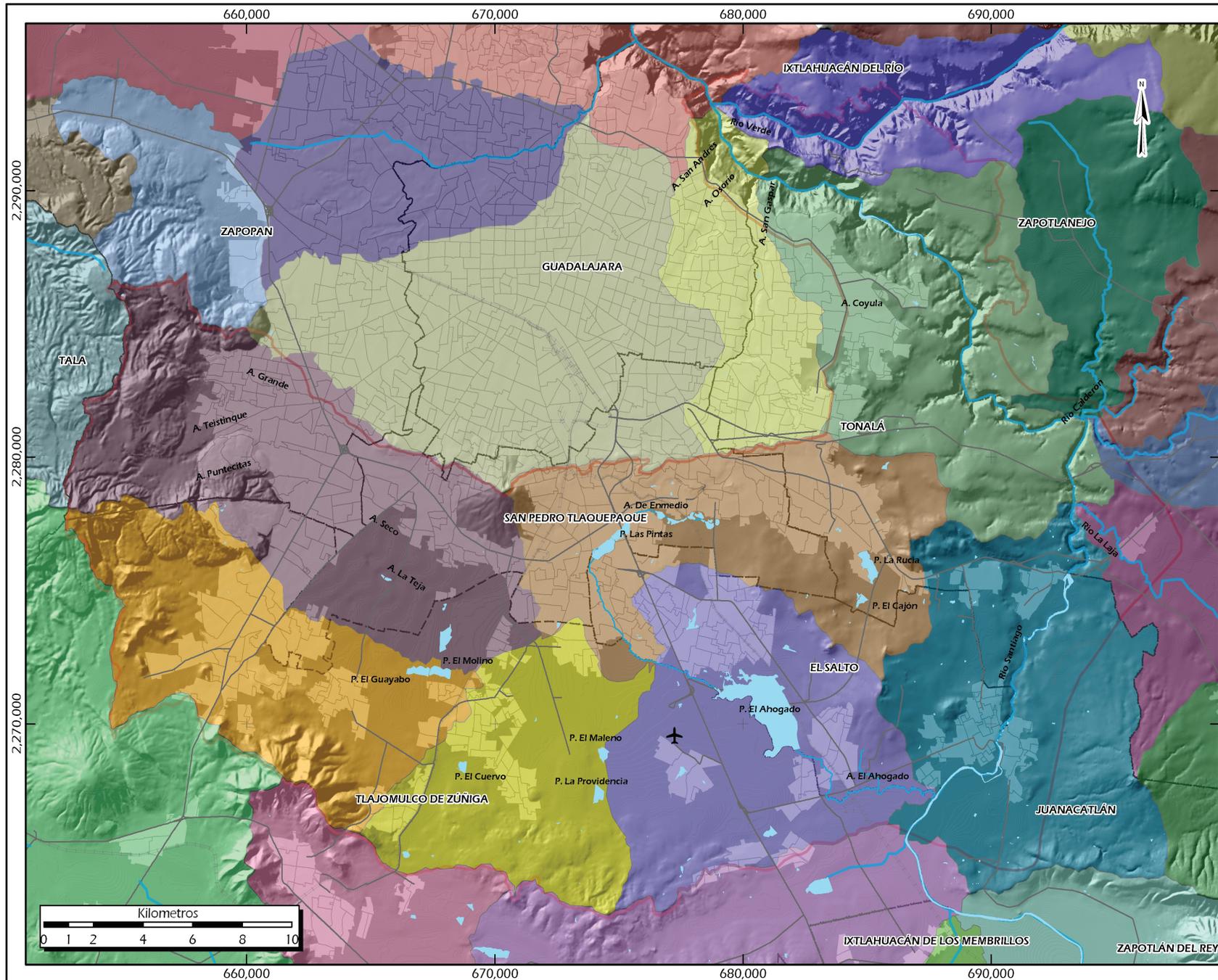
Tabla 3.3. Regiones hidrológicas y cuencas que incluye el POFA.

REGIÓN HIDROLÓGICA	CUENCA HIDROLÓGICA	SUBCUENCA HIDROLÓGICA	MICROCUENCA
Lerma-Santiago	Río Santiago Guadalajara	San Lucas Evangelista	Las Pintas, Las Pintitas, San Sebastián el Grande, Santa Anita, Santa Cruz del Valle Cajititlán, Tlajomulco Coyula,
		Palo Verde	El Rosario, El Salto, La Laja, La Purísima, Matatlán, Zapotlanejo
		La Soledad	Mascuala
		Juchipila	Rancho Contento
		Guadalajara	Guadalajara
		Río Verde Grande	Atengo
		Lago Chapala	Santa Cruz De Las Flores
		Río Ameca	Presa La Vega - Cocula

Fuente: Sistema de Información Territorial en Línea.

Mapa: 3.7

Hidrología y Microcuencas



Simbología

Microcuencas

ATONGO	MASCUALA
ATOTONILQUILLO	MATATLAN
CAJITILAN	POTRERILLOS
COYULA	RANCHO CONTENTO
EL ROSARIO	RIO BLANCO
EL SALTO	SAN ANTONIO DE LOS VAZQUEZ
GUADALAJARA	SAN SEBASTIAN EL GRANDE
LA LAJA	SANTA ANITA
LA PURISIMA	SANTA CRUZ DE LAS FLORES
LA VENTA DEL ASTILLERO	SANTA CRUZ DEL VALLE
LAGUNILLAS	SANTA FE
LAS PINTAS	TLAJOMULCO DE ZUÑIGA
LAS PINTITAS	ZAPOPAN
LAS TORTUGAS	ZAPOTLANEJO

	Limite municipal		Río
	Polígono de Fragilidad Ambiental		Carretera
	Zona urbana		Vía férrea
	Cuerpo de agua		Aeropuerto



Proyección cartográfica:
 Universal Transversa de Mercator (Zona 13N)
 Datum:
 International Terrestrial Reference Frame 1992

Fuente:
 Conjunto de Datos vectoriales. INEGI.
 Modelo Digital de Elevación (INEGI)





El Río Santiago a su paso por el antiguo puente de Arcediano

El embalse superficial más importante (por su capacidad) es la presa El Ahogado, teniendo una capacidad de almacenamiento de 6.0 Mm³ en un área de 750 hectáreas. Este embalse tiene una longitud de 5 km y un amplitud de 1.5 km, con una profundidad máxima de 6 m.

Las microcuencas de la porción central del POFA están conectadas con el cauce del Río Grande de Santiago a través del arroyo El Ahogado, que se origina en la vertiente sur del Cerro del Cuatro, ubicado a unos 7 km al sur de la ciudad de Guadalajara.

Sus aguas cruzan el Anillo Periférico a la altura de la colonia Las Pintitas y aguas abajo recibe los excedentes del vaso regulador o presa Las Pintitas, así como de los embalses que se ubican en el valle de Toluquilla.

Tabla 3.4. Principales embalses dentro del POFA.

PRESA	MUNICIPIO	CAPACIDAD (m ³)
Las Pomas	Tlaquepaque	1'300,000
El Molino	Tlajomulco	1'800,000
El Mulato	Tlajomulco	1'530,000
El Cuervo	Tlajomulco	1'600,000
La Providencia	Tlajomulco	1'500,000
El Maleno	Tlajomulco	1'200,000
El Guayabo	Tlajomulco	2'100,000
Las Pintitas	Tlaquepaque	3'075,000
El Cuatro	Tlaquepaque	450,000
El Ocotillo	Tonalá	1'500,000
La Rusia	El Salto	1'500,000
El Cajón	El Salto	900,000
Las Pintitas	El Salto	1'150,000
El Ahogado	El Salto	6'120,000
Las Hornillas	El Salto	550,000

Fuente: SIAPA, 2003.

Continúa su curso hacia el sureste, constituyéndose en el límite municipal de El Salto, recibiendo descargas de las áreas aledañas, para aguas abajo descargar a la presa de El Ahogado. A la salida del citado vaso el arroyo escurre por zonas habitacionales como La Alameda y El Muelle. Además de un sector del corredor industrial y campos dedicados a la agricultura, para finalmente descargar sus aguas al Río Grande de Santiago, a la altura del Fraccionamiento La Azucena (Mapa 3.7).

En el extremo oriente de la cuenca, se encuentra la corriente de agua más importante del estado: el Río Grande de Santiago o Río Santiago.

El POFA comprende un tramo entre del mismo, que va desde Rancho Nuevo hasta el sitio conocido como Arcediano, ubicado a 500 metros de su confluencia con el Río Verde, teniendo una longitud aproximada de 45 kilómetros.

3.4.2. Hidrología subterránea

Este importante recurso está constituido por el agua que se acumula en capas de tierra, arena y rocas, a partir de la infiltración de las lluvias y por aportes de cursos superficiales, esta acumulación de agua es conocida como acuífero. Técnicamente, un acuífero es una unidad hidrogeológica permeable que puede transmitir cantidades significativas de agua bajo condiciones de gradientes hidráulicos ordinarios (Freeze y Cherry, 1979).

El agua subterránea fluye a través de espacios vacíos o poros del material sólido que conforman el acuífero. La porosidad depende del arreglo y forma de las partículas que conforman el suelo, así como de su distribución por tamaño y grado de compactación; el material de estas partículas puede ser gravilla, arena, arenilla o piedra caliza. La facilidad o dificultad del movimiento del agua subterránea a través de los estratos depende de la permeabilidad del suelo.

En cuanto a la dirección del flujo del agua subterránea, ésta depende del potencial o carga hidráulica, es decir, del nivel del agua en diversos puntos, el flujo del agua iría del punto de mayor nivel al de menor (Iturbe Argüelles y Silva Martínez, 1992).

La importancia del agua subterránea se manifiesta en la magnitud del volumen utilizado por los principales usuarios del POFA, el 98% del volumen total concesionado para usos consuntivos pertenece a este origen (143.20 Mm³ de agua concesionada en el año 2011, CONAGUA, 2012).

Acuíferos

De acuerdo a la CONAGUA, el país está dividido en 653 acuíferos o unidades hidrogeológicas, conforme a lo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de Diciembre de 2001. El Sistema de Información Geográfica para el Manejo de las Aguas Subterráneas (SIGMAS) de la CONAGUA define claves para los distintos acuíferos (CONAGUA, 2008). En particular, el POFA está dentro del área de recarga de los acuíferos Toluquilla, Atemajac, Altos de Jalisco, Cajititlán, San Isidro y Cuquío.

Es importante resaltar que el acuífero Toluquilla representa aproximadamente el 79.03% de la superficie del POFA, seguido por los Altos de Jalisco (9.71%) y Atemajac (6.38%), los acuíferos San Isidro, Cajititlán, y Cuquío representan menos del 5%.

El Mapa 3.8 indica la localización de los acuíferos en los que se encuentra inscrito el POFA y la Tabla 3.5 hace una descripción general de cada uno de ellos.

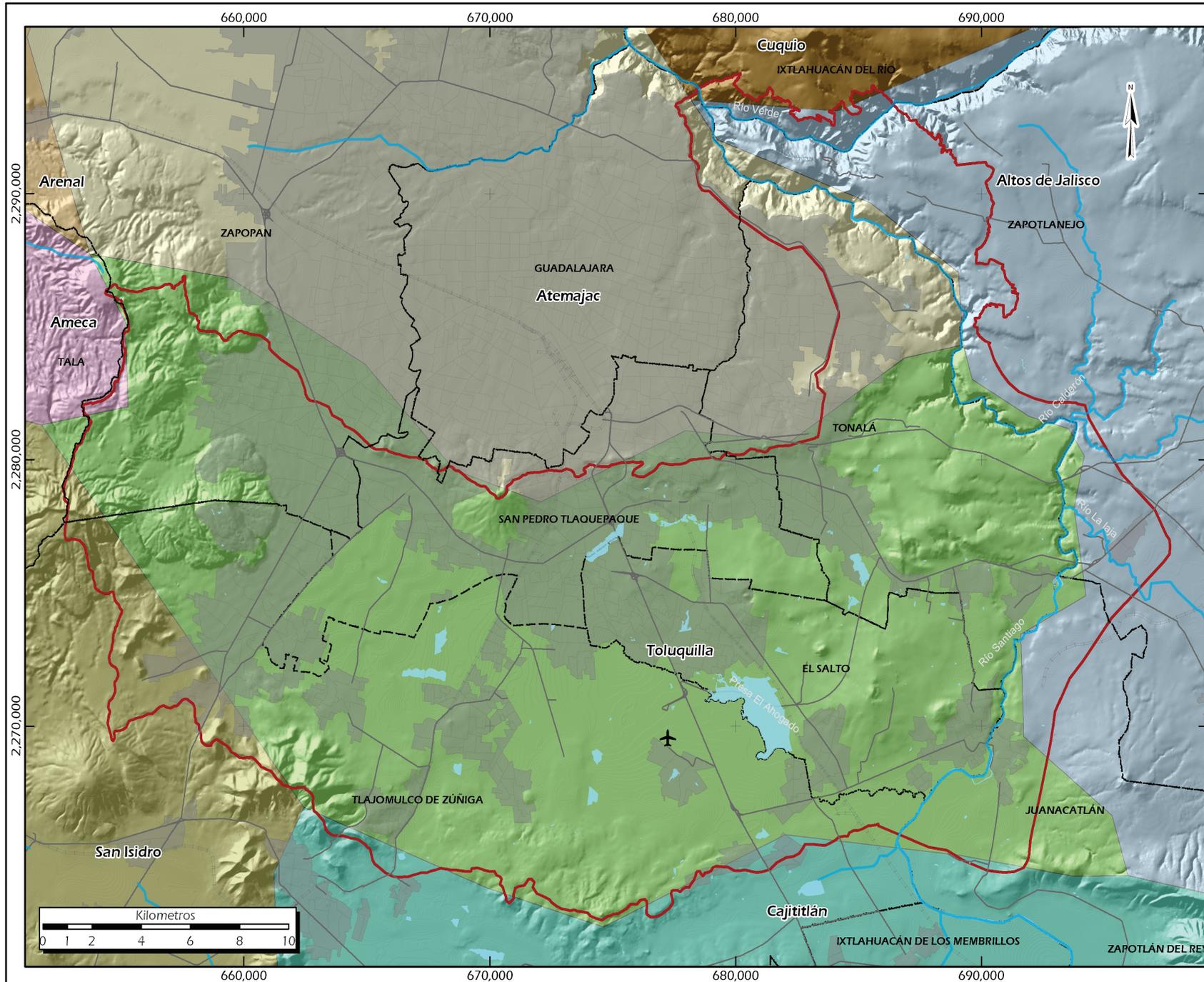
Tabla 3.5. Descripción de los acuíferos en la zona del POFA.

Acuífero	Clave	Ubicación	Superficie (km ²)	Acuíferos colindantes	Municipios que comprende
Toluquilla ^a	1402	Porción centro del estado de Jalisco, coordenadas 20° 28' y 20° 42' de latitud norte y entre los meridianos 103° 07' y 103° 34' de longitud oeste	632	Al norte con Atemajac, al sur con Cajititlán, al este con Altos de Jalisco y al oeste con San Isidro y Arenal	Parcialmente Zapopan, Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá y Juanacatlán, la totalidad de El Salto y porciones de Ixtlahuacán de los Membrillos y Zapotlanejo
Atemajac ^b	1401	Porción centro del estado de Jalisco entre los paralelos 20°35' y 20°56' y los meridianos 103°10' y 103°35'	736	Al norte con Arenal y Cuquío, al oriente con Altos de Jalisco, al sur con Ameca y Toluquilla	Totalmente en el municipio de Guadalajara y de manera parcial en Tonalá, Tlaquepaque y Zapopan
Altos de Jalisco ^c	1413	Noreste de Guadalajara, entre los paralelos 20° 27' y 21° 10' de latitud norte y los meridianos 102° 35' y 103° 17' de longitud oeste	1,519	Al norte con Cuquío, Yahualica y Tepatitlán, al este con Valle de Guadalupe, al oeste con Atemajac y Toluquilla y al sur con Ocotlán, Poncitlán y Cajititlán	Zapotlanejo, Tepatitlán de Morelos y Acatic, y porciones territoriales menores de Cuquío, Juanacatlán y Zapotlán del Rey, Yahualica, Tototlán, Ixtlahuacán del Río y Guadalajara
Cajititlán ^d	1403	Porción centro del estado de Jalisco, entre los paralelos 20° 20' y 20° 29' de latitud norte y los meridianos 103° 32' y 103°10' de longitud oeste	566	-	Parcialmente Ixtlahuacán de los Membrillos, Tlajomulco de Zúñiga, Jocotepec y Juanacatlán
San Isidro ^e	1450	Suroeste de Guadalajara, entre las latitudes norte 20°22' y 20°37' y 103°27' y 103°40' al oeste del meridiano de Greenwich	358	Cuenca de los ríos Vega y Cocula	Tlajomulco de Zúñiga, Tala, Acatlán de Juárez y Villa Corona
Cuquío ^f	1416	Porción centro-norte del estado de Jalisco, entre los paralelos 20° 43' y 21° 04' de latitud norte y los meridianos 102° 57' y 103° 25' de longitud oeste	923	Al norte con Los Puentes, al este con Yahualica, al sur con Altos de Jalisco y al oeste con Arenal y Atemajac	Cuquío e Ixtlahuacán del Río y en pequeñas porciones San Cristóbal de la Barranca, Guadalajara, Zapopan y Acatic

Fuente: a) CONAGUA, Junio 2010; b) CONAGUA, Agosto 28, 2009a); c) CONAGUA, Marzo 2009; d) CONAGUA, Agosto 28, 2009b); e) CONAGUA, Agosto 28, 2009c); f) CONAGUA, Junio, 2011.

Mapa: 3.8

Acuíferos



Simbología

Acuíferos

- Altos de Jalisco
- Ameca
- Arenal
- Atemajac
- Cajititlán
- Cuquío
- San Isidro
- Toluquilla
- Limite municipal
- Polígono de Fragilidad Ambiental
- Zona urbana
- Vía férrea
- Cuerpo de agua
- Aeropuerto
- Carretera
- Río



Proyección cartográfica:
 Universal Transversa de Mercator (Zona 13N)
 Datum:
 International Terrestrial Reference Frame 1992

Fuente: INEGI, Conjunto de Datos vectoriales.
 REPDA, Registro Público de Derechos de Agua.

Modelo Digital de Elevación (INEGI)



3.5. Biodiversidad

De acuerdo con la definición de Morrone y Escalante (2009), la biodiversidad, o diversidad biológica, se refiere a la variabilidad y variedad de seres vivos en su ambiente, incluyendo el número de especies, la variación genética dentro de las especies y la diversidad funcional. La diversidad biológica en el POFA, actualmente se encuentra distribuida en áreas muy específicas, al estar inmerso en la denominada Zona Conurbada de Guadalajara y el intenso proceso de urbanización que se ha desarrollado en los últimos años en esta zona.

Como consecuencia, han disminuido las superficies con cobertura vegetal nativa y por ende la disminución de hábitat y el desplazamiento de la fauna hacia áreas que les permitan su sobrevivencia. Reduciéndose a áreas que debido a sus características fisiográficas no han permitido el desarrollo urbano (barrancas del Río Santiago) y aquellas que por contar con un decreto de protección han podido ser conservadas (Bosque La Primavera).

Estas dos áreas son de suma importancia ecológica en el Polígono debido a la gran diversidad biológica que aún prevalece en ellas, como en la fracción del área natural protegida "Bosque La Primavera" que forma parte del POFA, principalmente en el Cerro Las Planillas.

En estas zonas están presentes la gran mayoría de las 961 especies de plantas vasculares registradas, así como las 53 especies de mamíferos, 186 especies

de aves y 25 especies de anfibios y reptiles, también registradas para el área natural protegida (Chávez, 2010).

Por otra parte en la Barranca del Río Santiago se han registrado más de 290 especies de plantas vasculares, 29 especies de mamíferos, 121 especies de aves y 53 especies de anfibios y reptiles (De la Rosa Campos et al., 2004).

3.5.1. Flora

De acuerdo a lo establecido por el INEGI en la carta de Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250 000 en su serie IV, los tipos de vegetación presentes actualmente en el POFA son la selva baja caducifolia (7,668 ha), bosque de encino (5,455 ha), pastizal inducido (5,757 ha) y vegetación hidrófila (680 ha) (Figura 3.11); las cuales se describen a continuación.

a) Selva baja caducifolia (Miranda & Hernández, 1963), también denominado Bosque tropical caducifolio de acuerdo al sistema de clasificación de Rzedowski (1978). Ésta la encontramos en la barrancas de los Ríos Santiago y Verde, así como en los Cerros Latillas, La Herradura y Sacramento; además de una parte del Cerro El Papantón (Mapa 3.9).

En las barrancas de los Ríos Santiago y Verde, se diferencia la Selva Baja Caducifolia representada por una gran variedad de componentes florísticos entre los que se encuentran: *Bursera copallifera*, *Bursera grandifolia*, *Bursera multijuga*, *Bursera penicillata*, *Bursera faganooides*, *Ceiba aesculifolia*, *Leucaena*

esculenta, *Euphorbia tanquahuete*, *Jatropha cordata*, *Pseudobombax palmeri*, *Lysiloma microphylla*, *Lysiloma acapulcense*, *Bahuinia pringlei*, *Annona longiflora*, *Thouinia acuminata*, *Haematoxylon brasiletto*, *Thevetia ovata*, *Amphyterigium adstringens*, *Hintonia latifolia*, *Ipomoe aintrapilosa*, *Karwinskia latifolia*, *Plumeria rubra*, *Stemmadenia palmeri*, *Cochlospermum vitifolium*, *Dalembertia polulifolia*, *Crataeva palmeri*, *Bunchosia palmeri*, *Forestiera tomentosa*, *Agonandra racemosa*, *Mastichodendron capiri*, *Alvaradoa amorphoides*.

Además, en las riberas del Río Santiago y sus tributarios se encuentra vegetación rarápica o de Galería, representados principalmente por: *Taxodium macronatum* (sabino), *Ficus insípida* (higuera blanca), *Salix bonplandiana* (sauce), *Salix taxifolia* (saucillo), *Baccharis salicifolia* (jara), *Arundo donax* (carrizo), *Heimias alicifolia* (jarilla ó escoba de río) y *Hamelia versicolor* (López, 2011). También se encuentran individuos que crecen en las rocas compactas y prácticamente desnudas, cuyo factor común es la falta de suelo.



Selva baja caducifolia en el interior de las barrancas del Río Santiago

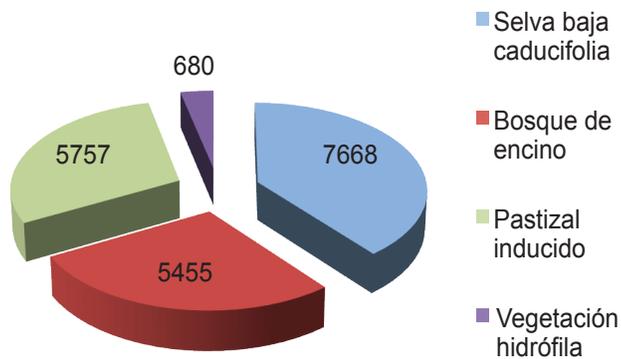


Figura 3.11. Superficie (ha) de los tipos de vegetación presentes en el POFA Fuente: Elaboración con datos de INEGI, 2007-2008. Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV, escala 1:250,000 y AGEBS 2011.

Dichas especies están adaptadas para vivir en las fisuras y por lo general enraízan en las paredes verticales de los acantilados, se denominan “rupícolas”, entre las que se encuentran: *Ficus petiolaris*, *Plumeria rubra*, así como especies de suculentas como: *Stenocereus dumortierii*, *Stenocereus quereteroensis*,



Diversidad biológica en la barranca del Río Santiago



Vegetación riparia o de galería en los márgenes del Río Santiago

Mammillaria scrippsiana, *Echeveria pringlei*, *Sedum bracteatum*, *Tillandsia capitata*, *Agave vilmoriniana*, *A. schidigera*, *A. angustifolia*, y las herbáceas *Selaginella pallescens* y *S. lepidophylla*.

b) Bosque de Encino, este tipo de vegetación se encuentra representado por diversas especies del género *Quercus*. Frecuentemente, los *Quercus* se encuentran asociados con especies del género *Pinus*, estableciendo los denominados bosques mixtos (Encino-Pino o Pino-Encino), dependiendo del género dominante.

En el POFA, el bosque de Encino y el de Encino-Pino están ubicados mayoritariamente en las estructuras cerriles que forman parte del área natural protegida “Bosque La Primavera” y colindantes a ésta, como los Cerros La Culebra, La Campana, La concha, La Cuesta, Las pilas, El Tule, Pelón o El Tajo, El Collí, El Chapulín, Mesa del Najahuete y Las Planillas. Con menor superficie de cobertura, se encuentra en la cima del cerro Las Latillas y áreas aledañas al Cerro La Punta (Mapa 3.9).



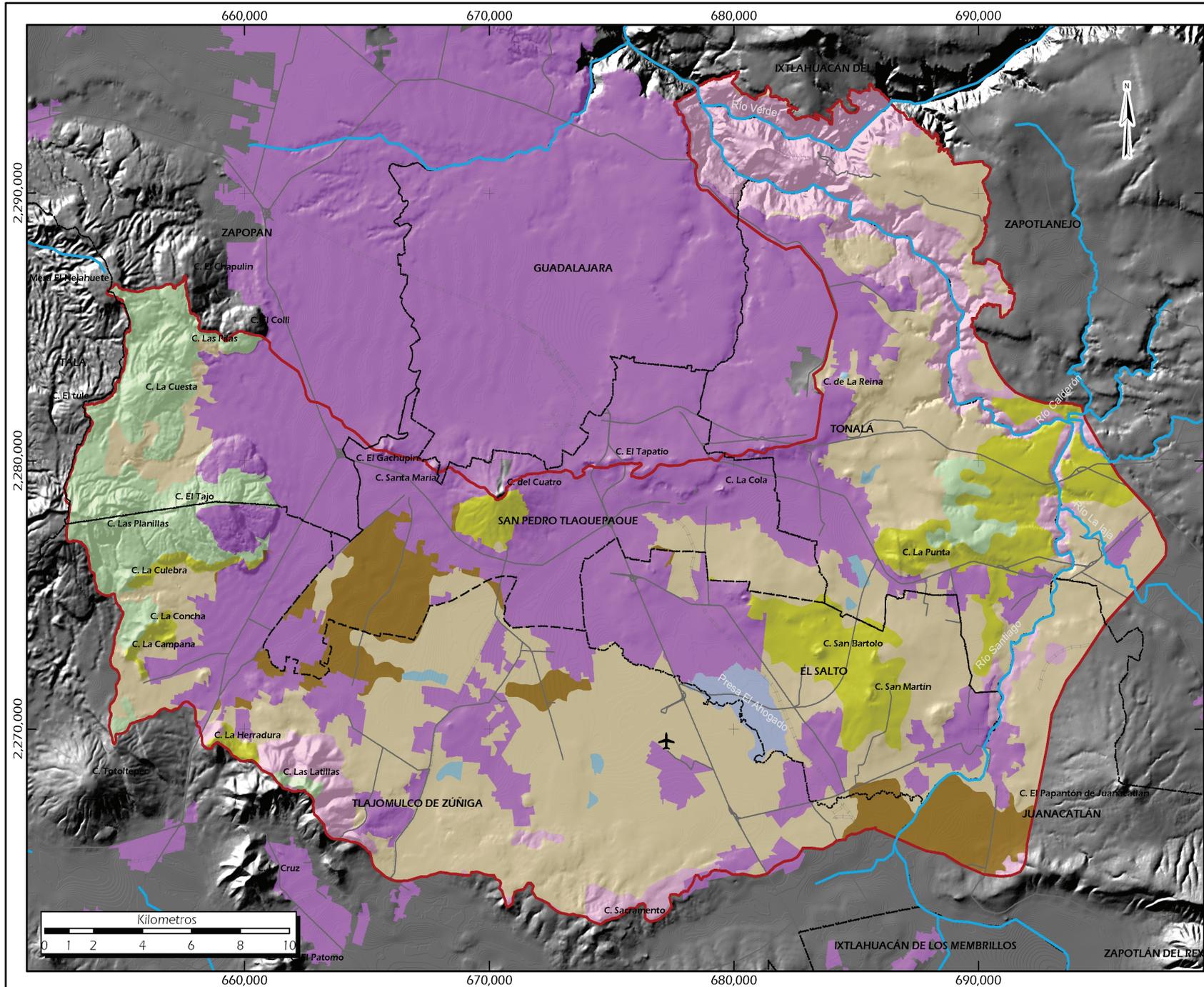
Bosque de Encino en la colindancia al Área Natural Protegida “La Primavera”

Las especies representativas del bosque de encino son: *Quercus resinosa* (roble), *Q. magnoliifolia* (Roble), *Q. laeta* (encino), *Q. castanea* (encino), *Q. obtusata* (encino), *Q. viminea* (encino) y *Q. praineana* (encino), así como *Arbutus glandulosa* (madroño) y *A. xalapensis* (madroño), *Clethra rosei* (malvaste), *Agarista mexicana*. En las zonas con bosque de encino-pino, además de las anteriores, se encuentran especies de *Pinus douglasiana*, *P. oocarpa* y *P. devoniana* (SEMARNAT, 2000).

c) Pastizal inducido, este tipo de vegetación se establece y perdura por efecto de un intenso y prolongado disturbio, ejercido a través de talas, incendios, el pastoreo y los cambios de usos de suelo, presentándose en sitios donde anteriormente existía otro tipo de vegetación como el bosque de encino y selva baja caducifolia y casi siempre se presentan en las cercanías de los poblados.

Mapa: 3.9

Uso de suelo y vegetación (Serie V)



Simbología

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

- Agricultura de riego
 - Agricultura de temporal
 - Asentamiento humano
 - Bosque
 - Cuerpo de agua
 - Pastizal inducido
 - Selva caducifolia
 - Vegetación hidrófila
 - Zona urbana
- Limite municipal
 - Polígono de Fragilidad Ambiental
 - Río
 - Carretera
 - Via férrea
 - ✈ Aeropuerto



Proyección cartográfica:
 Universal Transversa de Mercator (Zona 13N)
 Datum:
 International Terrestrial Reference Frame 1992

Fuente: INEGI, Conjunto de Datos
 Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación
 Serie II, Escala 1:250 000.
 Marco Geoestadístico 2010

Modelo Digital de Elevación (INEGI)





Pastizal inducido, parte alta de la ceja de la barranca del Río Santiago

Las especies más comunes de este tipo de vegetación pertenecen a las familias *Poaceae* y *Gramineae*, destacando: *Aristida adscensionis*, *A. shiedeana*, *Bouteloua gracilis*, *Cenchrus echinatus*, *Ctenium plumosus*, *Chloris virgata*, *Digitaria horizontalis*, *Elyonurus tripsacoides*, *Panicum bulbosum*, *Paspalum spp.*, *Achizachyrium cirratum* y *Trachypogon succundus*, además de diversas especies de la familia *compositae* (López, 2011 y Rzedowski, 1988).

El pastizal inducido dentro del POFA, se ubica en los cerros del Cuatro, San Bartolo y San Martín, en las laderas y faldas de los cerros La Herradura, La Campana, La Culebra y La Concha, así como en la mayor parte del cerro La Punta, extendiéndose hasta la barranca del Río Santiago (Mapa 3.9).

d) Vegetación hidrófila, este tipo de vegetación se desarrolla en las proximidades de cuerpos y corrientes de agua, quedan incluidas dentro de este tipo de vegetación, las plantas flotantes, las sumergidas y las emergentes de agua dulce.



Vegetación hidrófila en el embalse de la Presa El Ahogado

Estas comunidades de hábitat acuático pueden ser naturales o inducidas, dependiendo del origen del cuerpo de agua en donde están presentes (Chávez, 2010).

Para el POFA se consideran aquellas que se encuentran en canales, presas y bordos, la Presa y el Canal de El Ahogado; la presa y el Canal de Las Pintas; las presas La Rusia, El Cajón y El Ocotillo (Mapa 3.9). Las especies más representativas de este tipo de vegetación son: *Eichhornia crassipes* (lirio), *Typha dominguensis* (tule), *Typha latifolia* (junco), *lemna aequinoctialis* (lenteja de agua), *Lemna gibba* (lenteja de agua) y *Arundodonax* (carrizo).

3.5.2. Fauna

La diversidad faunística de un territorio está interrelacionada estrictamente con la vegetación y determinada por la variedad de microambientes conformados por la combinación de factores bióticos (vegetación) y abióticos (ambiente físico).

Además, la distribución de las especies de fauna depende de sus requerimientos para poder sobrevivir y desarrollarse, estableciéndose en diferentes ecosistemas.

Fauna potencial

La fauna potencial está representada por especies que han sido reportadas para los diferentes ecosistemas y que probablemente aún podrían encontrarse en ellos, para su determinación se tomaron en cuenta registros anteriores de las especies reportadas en literatura especializada (artículos científicos, libros, memorias de congresos, tesis, programas de manejo de áreas naturales protegidas, Programas de Ordenamientos Ecológicos Locales, entre otros).



Patos sobre vegetación hidrófila en el cauce del Río Santiago

a) Vertebrados terrestres

La riqueza faunística en el Polígono aunque se ha visto disminuida últimamente por la creciente presencia urbana e industrial es amplia y diversa, debido a ciertos factores como la complejidad ambiental expresada en serranías y barrancas; a la humedad por la presencia de cuerpos de agua importantes como el Río Santiago y la Presa El Ahogado. Así como a otros cuerpos cercanos como la laguna de Cajititlán y al Lago de Chapala.



Lagartija en la ribera del Río Santiago

Especies migratorias

De los vertebrados potenciales para el POFA, 170 especies de aves realizan migraciones, lo que equivale al 46% de las aves potenciales para el Polígono. El alto número de especies de aves migratorias reportadas se debe a que se encuentran dentro del área de influencia de dos importantes rutas migratorias: la Central y la del Pacífico.

Un gran número de especies transitan por esta zona utilizándola como refugio temporal o permanente durante la temporada de migración que abarca la época invernal que va de Noviembre a Marzo.

Tabla 3.6. Riqueza de vertebrados terrestres para el POFA.

Grupo	Especies	Familias	Órdenes
Anfibios	24	8	2
Reptiles	50	15	3
Mamíferos	107	22	8
Aves	371	61	18
Totales	552	106	31

La fauna local incluye especies migratorias, una importante cantidad de endémicas, en categorías de protección y especies representativas del Estado de Jalisco de ambientes mixtos, ecotonos y especies cosmopolitas en las zonas transformadas (Tabla 3.6). Especies bajo categorías de protección y endémicas. Bajo categoría de protección nacional se encontró un total de 75 especies de las cuales 7 se encuentran en peligro de extinción (P), 42 sujetas a protección especial (Pr) y 26 bajo categoría de amenazadas (A).

En peligro de extinción se encuentran, en reptiles la lagartija nocturna (*Xantusia sanchezi*), en mamíferos el Ocelote (*Leopardus pardalis*) y en aves el Águila solitaria (*Harpohaliaetus solitarius*), el Pato real (*Cairina moschata*), el Cisne de Tundra (*Cygnus columbianus*), el Vireo gorra negra (*Vireo tricapilla*) y el Loro corona lila (*Amazona finschi*). Existen una mayor proporción de especies endémicas de México (88) que de especies con protección por la NOM-059-ECOL -2010 (Tabla 3.7).

Los murciélagos solo cuentan con 3 especies migratorias: el Murciélago hocicudo de Curazao (*Leptonycteris curasoae*), el Murciélago hocicudo mayor (*Leptonycteris nivalis*) y el Murciélago cola suelta brasileño (*Tadarida brasiliensis*). Los reptiles y anfibios no poseen especies que realicen grandes desplazamientos.

Tabla 3.7. Número de vertebrados endémicos y en categoría de protección dentro del POFA.

Grupo	Especies	Especies endémicas	Especies con alguna categoría de protección		
			P	PR	A
Anfibios	24	14	-	3	2
Reptiles	50	28	1	10	10
Mamíferos	107	16	1	1	5
Aves	371	30	5	28	9
Totales	552	88	7	42	26

Fuente: NOM-059-ECOL-2010.

b) Ictiofauna

Para el POFA, aunque se desconocen las especies que habitan en la actualidad debido a las situaciones tan adversas, se tienen ya reportadas 17 especies de peces distribuidas en 5 órdenes y 7 familias.

Algunas secciones del Río Santiago alberga un subconjunto anidado de la fauna de Chapala (9 especies): *Yuriria alta*, *Y. chapalae*, *Ictalurus dugesii*, *Goodea atripinnis*, *Skiffia multipunctata*, *Xenoto cavariata*, *Zoogoneticus quitzeoensis*, *Poecilio psisinfans* y *Menidia jordani*.

El Río Verde tiene la fauna más rica de esta zona, con 13 especies, muchas de las cuales probablemente llegaron al río por captura de arroyos a medida que sus cabeceras avanzaban por erosión hacia la Mesa Central (e. g. *Algansea atincella*, *Hybopsis calientis*, *Allotoca dugesii*, *Xenotoca variata*, *Menidiaarge*, *Poecilio psisinfanse*, *Ictalurus dugesii*) o se mudaron al río a través del Santiago, después de que éste se conectó al sistema del Río Lerma (*Yuriria alta*, *Y. Chapalae*, *Scartomy zonaustrinus*, *Gobiesox fluviatilis*, *Goodea atripinnis*, *Atherinella crystallina*) (Miller, 2009).

Especies en categoría de protección y endémicas

De acuerdo a la NOM-059-ECOL-2010, especies como el Tiro (*Allotoca dugesii*) se encuentra en peligro de extinción, mientras el Bagre del Lerma (*Ictalurus dugesii*), el Tiro manchado (*Skiffia multipunctata*) y el Picote (*Zoogoneticus quitzeoensis*) se encuentran amenazados.

De las 17 especies presentes en el área del POFA, 8 son endémicas de México lo que representa el 47% lo que representa, la gran importancia de estos afluentes (Tabla 3.8).

Tabla 3.8. Riqueza de peces, especies endémicas y en categoría de protección pertenecientes al POFA.

No.	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Nombre común	NOM	Endemismo
1			<i>Algansea tincella</i>	Pupo del valle NT		MX
2	Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Hybopsis amecae</i>			
3			<i>Yuriria chapalae</i>	Carpa de Chapala		MX
4			<i>Yuriria alta</i>	Carpa blanca		
5	Siluriformes	Catostomidae	<i>Scartomyzon austrinus</i>			
6		Ictaluridae	<i>Ictalurus dugesii</i>	Bagre del Lerma	A	MX
7	Gobiesoformes	Gobiesocidae	<i>Gobiesox fluviatilis</i>			
8			<i>Allophorus robustus</i>	Chegua		MX
9			<i>Allotoca dugesii</i>	Tiro	P	MX
10	Cyprinodonti- formes	Goodeidae	<i>Goodea atripinnis</i>			
11			<i>Skiffia multipunctata</i>	Tiro manchado	A	MX
12			<i>Xenotoca variata</i>			
13			<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i>	Picote	A	
14		Poeciliidae	<i>Poeciliopsis infans</i>	Guapote del Lerma		MX
15			<i>Atherinella crystallina</i>			
16	Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Menidia arge</i>			
17			<i>Menidia jordani</i>	Charal		MX

Fuente: NOM-059-ECOL-2010. (P=En peligro de extinción, A=Amenazada, MX=Endémicas a México).

